

TRƯỜNG ĐẠI HỌC THỦY LỢI

GS. TS. NGÔ TRÍ VIÊNG (CHỦ BIÊN), PGS. TS. PHẠM NGỌC QUÝ

GS. TS. NGUYỄN VĂN MẠO, PGS. TS. NGUYỄN CHIẾN

PGS. TS. NGUYỄN PHƯƠNG MẬU, TS. PHẠM VĂN QUỐC

THỦY CÔNG

TẬP II



NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG



TRƯỜNG ĐẠI HỌC THỦY LỢI

GS.TS. NGÔ TRÍ VIỄN (CHỦ BIÊN), PGS. TS. PHẠM NGỌC QUÝ

GS. TS. NGUYỄN VĂN MẠO, PGS. TS. NGUYỄN CHIẾN

PGS. TS. NGUYỄN PHƯƠNG MẬU, TS. PHẠM VĂN QUỐC

THỦY CÔNG

TẬP II

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG

HÀ NỘI - 2005

LỜI NÓI ĐẦU

Bộ giáo trình Thủy công gồm 2 tập do Bộ môn Thủy công - Trường Đại học Thủy lợi biên soạn và được xuất bản năm 1988 - 1989 đã góp phần to lớn vào việc giảng dạy môn Thủy công cho các đối tượng sinh viên các ngành học khác nhau của Trường Đại học Thủy lợi. Mười lăm năm qua, nền khoa học kỹ thuật thủy lợi nước nhà tiếp tục có những bước phát triển mạnh mẽ và những đóng góp to lớn cho công cuộc công nghiệp hoá, hiện đại hoá đất nước, đặc biệt là trong lĩnh vực nông nghiệp và phát triển nông thôn. Nhiều công trình thủy lợi lớn đã và đang được xây dựng như thủy điện Yaly, Hàm Thuận - Đa Mi, hệ thống tiêu úng, thoát lũ đồng bằng sông Cửu Long, các hồ chứa Ya Yun hạ, Đá Bàn, Sông Quao v.v... Nhiều vấn đề khoa học kỹ thuật thủy lợi đang được tổng kết, hệ thống hoá; nhiều loại hình công trình, chủng loại vật liệu mới đã được áp dụng ở Việt Nam trong những năm qua; một số quy trình quy phạm mới đã được phổ biến và áp dụng.

Để không ngừng nâng cao chất lượng đào tạo chuyên môn, đáp ứng sự phát triển đa dạng và phong phú của kỹ thuật thủy lợi và tài nguyên nước trong giai đoạn mới, Bộ môn Thủy công Trường Đại học Thủy lợi tổ chức biên soạn lại giáo trình này. Khi biên soạn, các tác giả đã theo đúng phương châm "cơ bản, hiện đại, Việt Nam", dựa trên cơ sở của giáo trình cũ, cố gắng cập nhật các kiến thức, thông tin về các khái niệm và phương pháp tính toán mới, các loại vật liệu và hình thức kết cấu công trình mới.

Toàn bộ giáo trình thủy công gồm 5 phần và chia thành 2 tập.

Tập I gồm:

- Phần I: Công trình thủy lợi - kiến thức chung và các cơ sở tính toán;
- Phần II: Các loại đập.

Tập II gồm:

- Phần III: Các công trình tháo nước, lấy nước và dẫn nước;
- Phần IV: Các công trình chuyên môn;
- Phần V: Khảo sát, thiết kế, quản lý và nghiên cứu công trình thủy lợi.

Tham gia biên soạn tập II gồm:

GS. TS. Ngô Trí Viêng chủ biên và viết các chương 12, 22;

PGS. TS. Phạm Ngọc Quý viết chương 13, 14;

GS. TS. Nguyễn Văn Mạo viết chương 15, 16;

PGS. TS. Nguyễn Chiến viết chương 17;

PGS. TS. Nguyễn Phương Mậu viết chương 18, 19;

TS. Phạm Văn Quốc viết chương 20, 21.

Giáo trình này dùng làm tài liệu học tập cho sinh viên ngành Thủy lợi và là tài liệu tham khảo cho cán bộ khoa học kỹ thuật khi thiết kế và nghiên cứu các công trình thủy lợi.

Các tác giả xin chân thành cảm ơn lãnh đạo Vụ Khoa học công nghệ - Bộ Nông nghiệp và phát triển nông thôn, lãnh đạo Trường Đại học Thủy lợi và Nhà xuất bản Xây dựng đã khuyến khích và tạo mọi điều kiện để sách được xuất bản.

Chúng tôi mong nhận được những ý kiến đóng góp của quý bạn đọc. Các ý kiến xin gửi về Bộ môn Thủy công - Trường Đại học Thủy lợi.

Xin chân thành cảm ơn.

Các tác giả

Phần III

CÁC CÔNG TRÌNH THÁO NƯỚC, LẤY NƯỚC VÀ DẪN NƯỚC

Chương 12

CÔNG TRÌNH THÁO LŨ

§12.1. MỤC ĐÍCH YÊU CẦU

Khi xây dựng đầu mối công trình hồ chứa nước, ngoài đập, công trình lấy nước và một số công trình phục vụ cho mục đích chuyên môn, cần phải xây dựng công trình để tháo phân nước thừa trong mùa lũ hoặc tháo cạn một phần hay toàn bộ hồ chứa để kiểm tra sửa chữa, đảm bảo hồ chứa làm việc bình thường và an toàn.

Thiết kế công trình tháo lũ trước hết phải xác định lưu lượng thiết kế tháo qua công trình. Dựa vào quy phạm, xác định tần suất lũ thiết kế và qua tính toán điều tiết hồ, xác định được lưu lượng thiết kế phải tháo qua công trình tháo lũ. Lúc tính lưu lượng qua công trình tháo lũ, cần xét đến lưu lượng tháo qua các công trình khác như qua nhà máy thủy điện, âu thuyền v.v...

Trong các công trình đầu mối, có thể làm công trình ngăn nước và tháo nước kết hợp, cũng có thể làm riêng công trình tháo ở bên bờ. Đối với đập bê tông trọng lực và bê tông cốt thép, thường bố trí công trình tháo nước ngay trên thân đập. Đối với các đập dùng vật liệu tại chỗ, đập bản chống thì công trình tháo lũ thường được tách riêng gọi là đường tràn lũ bên bờ.

Đường tràn lũ có thể có cửa van khống chế, cũng có thể không có. Khi không có cửa van, cao trình ngưỡng tràn vừa bằng cao trình mực nước dâng bình thường. Lúc mực nước trong hồ bắt đầu dâng lên và cao hơn ngưỡng tràn thì nước trong hồ tự động chảy xuống hạ lưu. Khi đường tràn có cửa van khống chế, cao trình ngưỡng tràn thấp hơn mực nước dâng bình thường. Lúc đó cần có dự báo lũ, quan sát mực nước trong hồ chứa để xác định thời điểm mở cửa tràn và điều chỉnh lưu lượng tháo. Về giá thành của đường tràn lũ thì loại không có cửa van rẻ hơn loại có cửa van, việc quản lý khai thác cũng đơn giản. Nhưng tháo nước cùng một lưu lượng thì loại không có cửa van cần một mực nước trong hồ cao hơn. Muốn giảm thấp mực nước trong hồ cần phải tăng chiều rộng đường tràn, như vậy tăng khối lượng đào và giá thành của toàn bộ công trình đầu mối có thể tăng lên. Khi công tác dự báo lũ làm tốt, thiết kế đường tràn có cửa van khống chế có thể kết hợp dung tích phòng lũ với dung tích hữu ích, lúc đó hiệu quả công trình sẽ tăng lên.

Cho nên, với hệ thống công trình tương đối lớn, dung tích phòng lũ lớn, khu vực ngập ở thượng lưu rộng thì thường dùng loại đường tràn có cửa van khổng lồ. Đối với hệ thống công trình nhỏ, tổn thất ngập lụt không lớn, thường dùng đường tràn không có cửa van.

Khi thiết kế đầu mối thủy lợi, cần nghiên cứu nhiều phương án để chọn cách bố trí, hình thức, kích thước công trình tháo lũ cho hợp lý nhất về mặt kỹ thuật (tháo lũ tốt, an toàn, chủ động) và kinh tế (vốn đầu tư toàn bộ hệ thống ít nhất).

§12.2. PHÂN LOẠI

Có nhiều loại công trình tháo lũ. Căn cứ vào cao trình cửa vào công trình tháo lũ, có thể phân làm hai loại: công trình tháo lũ dưới sâu và công trình tháo lũ trên mặt.

I. Công trình tháo lũ dưới sâu

Công trình loại này được đặt ở đáy đập (cống ngầm), trong thân đập bê tông (đường ống), có thể đặt ở bờ (đường hầm) khi điều kiện địa hình, địa chất cho phép. Với loại này có thể tháo được nước trong hồ chứa với bất kỳ mực nước nào, thậm chí có thể tháo cạn hồ. Loại này không những dùng để tháo lũ, mà còn tùy cao trình, vị trí và mục đích sử dụng có thể dùng để dẫn dòng thi công lúc xây dựng, tháo bùn cát trong hồ, hoặc lấy nước tưới, phát điện. Do đó tùy điều kiện cụ thể mà có thể kết hợp nhiều mục đích khác nhau trong một công trình tháo nước dưới sâu.

II. Công trình tháo lũ trên mặt

Loại này thường đặt ở cao trình tương đối cao. Do cao trình ngưỡng tràn cao, nên chỉ có thể dùng để tháo dung tích phòng lũ của hồ chứa. Dựa vào hình thức, cấu tạo công trình tháo lũ trên mặt có thể phân thành đập tràn trọng lực, đường tràn dọc, đường tràn ngang (máng tràn bên), xi phông tháo lũ, giếng tháo lũ, đường tràn kiểu gáo v.v...

Đối với từng đầu mối công trình, chúng ta cần phân tích kỹ đặc điểm làm việc, điều kiện địa hình, địa chất và thủy văn, các yêu cầu về thi công, quản lý, khai thác ... để chọn công trình tháo lũ thích hợp.

Trong chương này, chủ yếu trình bày các công trình tháo lũ trên mặt, còn công trình tháo lũ dưới sâu trình bày ở chương 15.

§12.3. ĐẬP TRÀN TRỌNG LỰC

Đập tràn trọng lực là công trình vừa ngăn nước, vừa tháo nước, vì thế không cần xây dựng thêm các công trình tháo nước khác ngoài thân đập, đó là ưu điểm lớn của đập tràn trọng lực. Đập tràn trọng lực có khả năng tháo nước lớn, việc bố trí và đóng mở cửa van thuận tiện. Ngày nay, do sự phát triển về khoa học kỹ thuật thủy lợi hiện đại đã cho phép xây dựng các loại đập tràn cao đến 200m. Xây dựng được loại đập tràn cao do điều kiện

địa chất và kết cấu quyết định, ngoài ra cần phải giải quyết các vấn đề dòng chảy có lưu tốc lớn như dòng chảy hàm khí, mạch động, khí thực, tiêu năng hạ lưu v.v...

I. Bố trí đập tràn

Việc bố trí đập tràn tháo lũ trong đầu mỗi công trình có quan hệ đến điều kiện địa chất, địa hình, lưu lượng tháo, lưu tốc cho phép ở hạ lưu...

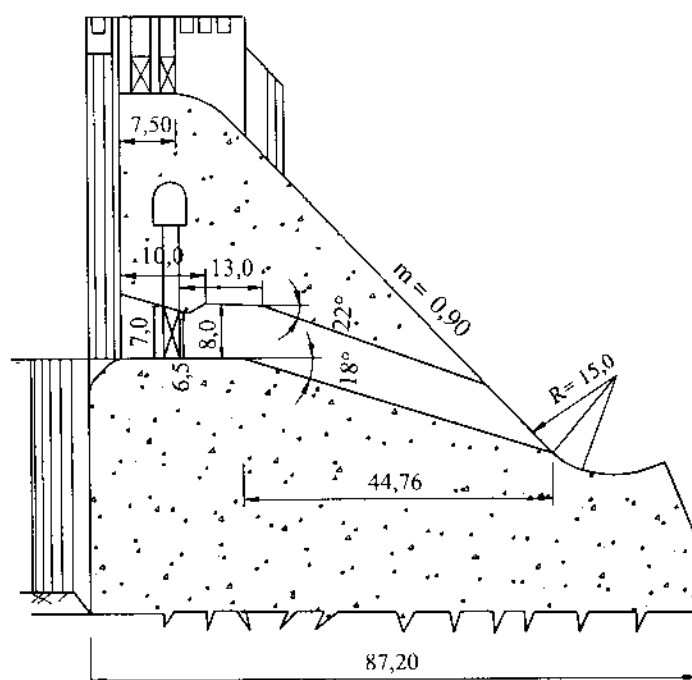
Khi lưu lượng tháo lớn, cột nước nhỏ, lòng sông không ổn định và nên không phải là đá có cấu tạo địa chất phức tạp thì hình thức bố trí đập tràn có ý nghĩa quyết định. Khi cột nước lớn, phải tiêu hao năng lượng lớn, việc chọn vị trí đập tràn có ý nghĩa quan trọng.

Khi thiết kế đập tràn, cần cố gắng thoả mãn các điều kiện sau đây:

1. Khi có nền đá, phải tìm mọi cách bố trí đập tràn trên nền đá. Nếu không có nền đá hoặc nền đá xấu thì cũng có thể xem xét bố trí trên nền không phải là đá.

2. Cần tạo cho điều kiện thiên nhiên của lòng sông không bị phá hoại, do đó trước tiên cần nghiên cứu bố trí đập tràn tại lòng sông hoặc gần bãi sông. Nếu rút ngắn chiều rộng đập tràn thì điều kiện thủy lực ban đầu có thể bị phá hoại, do đó phải có biện pháp tiêu năng phức tạp. Tuy nhiên, nhiều trường hợp, phương án rút ngắn chiều rộng đập tràn vẫn là kinh tế hơn. Nếu lưu lượng tháo nhỏ hoặc dòng chảy đã điều tiết tốt thì không nhất thiết phải bố trí đập tràn giữa lòng sông.

3. Bố trí đập tràn phải phù hợp với điều kiện tháo lưu lượng thi công và phương pháp thi công.



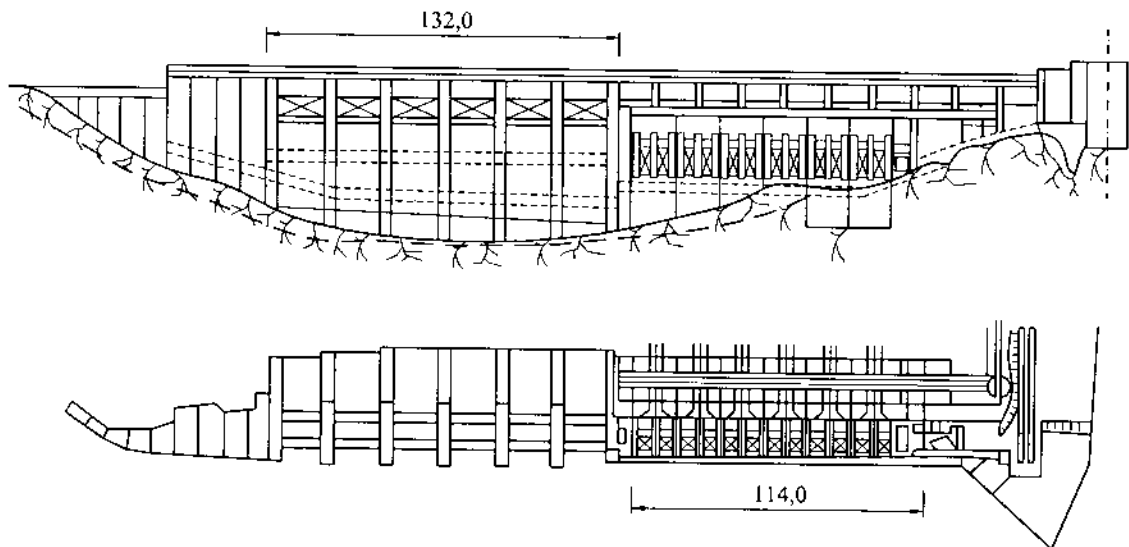
Hình 12-1. Đập tràn kết hợp xả sâu (kích thước trong hình vẽ: mét)

4. Khi phạm vi nền đá không rộng, đập không tràn không phải là đập bê tông, có thể dùng biện pháp tăng lưu lượng đơn vị để rút ngắn chiều rộng đập tràn, đồng thời có thể kết hợp hình thức xả mặt và xả đáy để tháo lũ (hình 12-1) và tận dụng khả năng tháo lũ qua nhà máy thủy điện, âu thuyền v.v... Ngoài ra cũng có thể xây dựng những đập mà nhà máy thủy điện nằm ngay trong đập và loại đập cho nước tràn qua đỉnh nhà máy thủy điện.

5. Khi có công trình vận tải thủy, việc bố trí đập tràn cần chú ý đảm bảo cho dòng chảy và lưu tốc ở hạ lưu không ảnh hưởng đến việc đi lại của tàu bè.

6. Bố trí đập tràn cần đảm bảo cho lòng sông và hai bờ hạ lưu không sinh ra xói lở, đảm bảo an toàn của công trình.

7. Đối với sông nhiều bùn cát, bố trí đập tràn cần tránh sinh ra bồi lắng nghiêm trọng.



Hình 12-2. Bố trí lỗ tràn

Cần chú ý rằng, một vấn đề quan trọng có liên quan đến vận hành của hệ thống là chọn vị trí và kích thước của lỗ tràn.

Bố trí mặt bằng của đập tràn phải xét đến sự bố trí chung của các công trình khác trong đầu mối, tình hình địa chất, địa hình, vấn đề thi công, tiêu năng v.v...

II. Kích thước đập tràn

1. Cao trình ngưỡng tràn

Đối với đập tràn không có cửa van thì cao trình ngưỡng bằng mực nước dâng bình thường. Khi có cửa van, cao trình ngưỡng tràn bằng hiệu số giữa mực nước lũ thiết kế và cột nước trên đỉnh tràn ứng với tần suất lũ thiết kế. Vấn đề có cửa van hay không phải dựa vào tính toán và so sánh kinh tế kỹ thuật các phương án để quyết định (xem §12.1).

2. Lưu lượng đơn vị qua đập tràn

Một trong những vấn đề quan trọng khi thiết kế đập tràn là xác định lưu lượng đơn vị cho phép. Nếu phần ngăn nước gồm đập đất và đập tràn bê tông thì thường cố gắng tăng lưu lượng đơn vị để giảm chiều rộng đập tràn. Lưu lượng đơn vị tăng thì việc tiêu năng ở hạ lưu khó khăn phức tạp và ngược lại.

Khi chọn lưu lượng đơn vị, cần xem xét kỹ cấu tạo địa chất của lòng sông, chiều sâu nước ở hạ lưu, lưu tốc cho phép, hình thức và cấu tạo bộ phận bảo vệ sau đập và trình tự đóng mở cửa van.

Xác định lưu lượng đơn vị và lưu tốc cho phép ở cuối sân sau, phải so sánh với lưu lượng đơn vị và lưu tốc lớn nhất lúc chưa xây dựng đập, đồng thời phải xét đến độ sâu xói cục bộ có khả năng sinh ra mà không ảnh hưởng đến an toàn của công trình. Lưu lượng đơn vị nhất định phải thích ứng với hình thức của bộ phận bảo vệ sau đập và khả năng bảo đảm cho công trình không bị xói lở. Do đó xác định chiều rộng đập tràn và các thiết bị nối tiếp phải xuất phát từ lưu lượng đơn vị q_p ở bộ phận bảo vệ sau sân tiêu năng. Nếu biết bề rộng B_p của lòng sông sau sân tiêu năng, lưu tốc cho phép $[v]$ ứng với chiều sâu nước h ở hạ lưu và lưu lượng sau đập tràn Q_p thì lưu lượng đơn vị để thiết kế sẽ được xác định như sau:

$$q_p = [v]h = \frac{Q_p}{B_p}; \quad (12-1)$$

Nhiều lúc phải dựa vào kinh nghiệm để xác định q_p , ví dụ: đập có cột nước vừa ($10 \div 25m$) với nền cát có thể lấy $q_p = 25 \div 40m^3/s.m$, nền sét $q_p = 50m^3/s.m$, nền đá $q_p = 50 \div 60m^3/s.m$ v.v...

Ngày nay đã thu được nhiều thành tựu về nghiên cứu tiêu năng nên lưu lượng đơn vị đã được nâng lên.

3. Bề rộng lỗ tràn

Bề rộng lỗ tràn phải đảm bảo được lưu lượng lớn nhất trong trường hợp hồ làm việc bình thường, ngoài ra cần xét đến yêu cầu tháo các vật nổi (cây, củi...) về hạ lưu. Có thể sơ bộ xác định bề rộng lỗ tràn như sau:

$$B = \frac{Q_{tr}}{q}; \quad (12-2)$$

trong đó:

q - lưu lượng đơn vị tháo qua đập tràn;

$$Q_{tr} = Q_{th} - \alpha Q_0; \quad (12-3)$$

Q_{th} - lưu lượng cần tháo (được xác định dựa vào tính toán điều tiết lũ);

Q_0 - lưu lượng tháo qua các công trình khác như trạm thủy điện, cống lấy nước, âu thuyền, lỗ xả đáy v.v...;

α - hệ số lợi dụng, có thể lấy $\alpha = 0,75 \div 0,9$ (vì xét đến trường hợp không phải tất cả tước bin đều làm việc, các lỗ tháo có thể bị sự cố cửa van v.v...).

Khi bề rộng lỗ tràn B lớn, người ta thường làm các trụ pin chia phần tràn thành nhiều khoang (xem hình 12-2). Trụ pin có tác dụng giữ cửa van hoặc cầu giao thông, cầu công tác. Kích thước của khoang cần xét đến điều kiện tiêu năng, quản lý, hình thức cửa van, máy đóng mở và dầm cầu v.v... Khi phần tràn không dài, số khoang ít thì tốt nhất lấy lẻ số khoang để tiện điều hành cho dòng chảy qua tràn được đối xứng.

4. Hình dạng mặt cắt đập tràn

Hình dạng mặt cắt của đập tràn có ảnh hưởng rất lớn đến hệ số lưu lượng. Đập thường dùng là loại không chân không kiểu Ôphixêrôp có hệ số lưu lượng từ $0,46 \div 0,50$ (hình 12-3a). Dựa vào mặt cắt cơ bản và mặt cắt kinh tế của đập không tràn (chương 8) đã được xác định, ta tiến hành xác định mặt tràn CD theo toạ độ Ôphixêrôp. Mặt tràn CD tiếp tuyến với mặt đập không tràn DE tại điểm D. Toạ độ các điểm của mặt tràn rất có thể vượt ra ngoài tam giác cơ bản AOE (hình 12-3b), bởi vì với đập tràn trên nền đá theo yêu cầu về ổn định và cường độ, chiều rộng đáy đập khá hẹp. Trường hợp đó cần dịch tam giác cơ bản về phía hạ lưu một đoạn sao cho mặt đập DE' của tam giác cơ bản A'O'E' tiếp tuyến với mặt tràn tại D. Như vậy mặt tràn CDE'F thoả mãn điều kiện thủy lực. Đối với điều kiện ổn định và cường độ, tam giác A'O'E' là đảm bảo, do đó có thể giảm bớt khối lượng ABB'A' (hình 12-3b), nhưng cần đảm bảo $h_1 \geq 0,4H_{tk}$ (H_{tk} - cột nước thiết kế trên đỉnh tràn) để khỏi ảnh hưởng đến khả năng tháo nước. Trường hợp đập tràn cần bố trí cửa van sửa chữa, trên đỉnh đập cần có một đoạn nằm ngang CC' (hình 12-3c) để dễ bố trí cửa van. Lúc đó toạ độ các điểm của mặt tràn từ điểm C trở đi phải dời một đoạn đến cuối đoạn nằm ngang. Chú ý rằng, trên đỉnh tràn có đoạn nằm ngang như vậy thì hệ số lưu lượng sẽ giảm. Nối tiếp mặt hạ lưu đập với sân sau bằng mặt cong có bán kính R:

$$R = (0,2 \div 0,5) (P + H); \quad (12-4)$$

trong đó:

P - chiều cao đập;

H - cột nước trên đỉnh tràn.

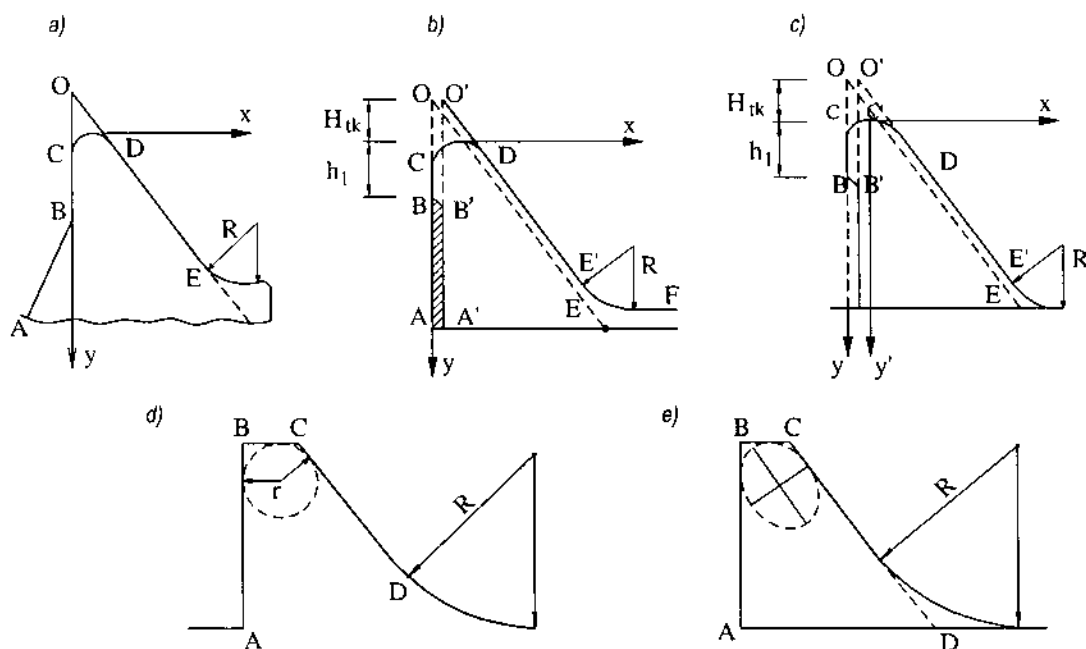
Nếu nối tiếp với mũi phun, bán kính R có thể xác định:

$$R = (6 \div 10)h_c; \quad (12-5)$$

trong đó: h_c - độ sâu co hẹp trên mũi phun.

Mặt tràn có thể làm theo dạng mặt cắt chân không (hình 12-3d, e), đỉnh là hình tròn hoặc elíp. Hình thức này có hệ số lưu lượng tương đối lớn, có thể đạt từ $0,55 \div 0,57$. Khi

cùng tháo một lưu lượng thì cột nước trên đỉnh tràn của loại này sẽ nhỏ hơn, vì vậy có thể hạ thấp một phần độ cao đập không tràn. Nhưng loại này khi nước chảy qua dễ sinh áp lực chân không, gây chấn động và khi áp lực chân không đạt quá 6m cột nước có thể sinh ra khí thực, phá hoại mặt tràn. Vì vậy đối với đập cao, ít dùng loại này.



Hình 12-3. Hình dạng mặt cắt đập tràn

III. Khả năng tháo nước của đập tràn

Trường hợp đỉnh đập không có cửa van khống chế, lưu lượng chảy qua đập tràn có mặt cắt thực dụng tính theo công thức:

$$Q_{tr} = \sigma_n \epsilon m B \sqrt{2g} \cdot H_0^{3/2}; \quad (12-6)$$

trong đó:

B - tổng chiều rộng tràn nước; $B = \sum b$;

b - chiều rộng mỗi khoang tràn;

σ_n - hệ số ngập (trường hợp không ngập $\sigma_n = 1$);

ϵ - hệ số co hẹp bên;

m - hệ số lưu lượng;

H_0 - cột nước trên đỉnh tràn có kể đến cột nước lưu tốc tiến gần.

Các hệ số σ_n , ϵ , m được xác định trong các sách chuyên đề thủy lực.

Nếu trên đỉnh đập có cửa van, khi mở cửa với một độ mở a nào đó (hình 12-4), lưu lượng tháo qua đập được tính theo công thức:

$$Q_{lr} = \varepsilon \varphi B a \sqrt{2g(H_0 - \alpha a)}; \quad (12-7)$$

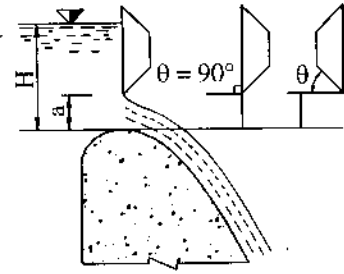
trong đó:

a - độ mở cửa van;

α - hệ số co hẹp đúng do ảnh hưởng độ mở;

$$\varphi = 0,65 - 0,186 \frac{a}{H} + (0,25 - 0,357) \frac{a}{H} \cos \theta \quad (12-8)$$

Các ký hiệu khác xem hình (12-4). Khi cửa van mở hoàn toàn, công thức tính lưu lượng trở về dạng (12-6).

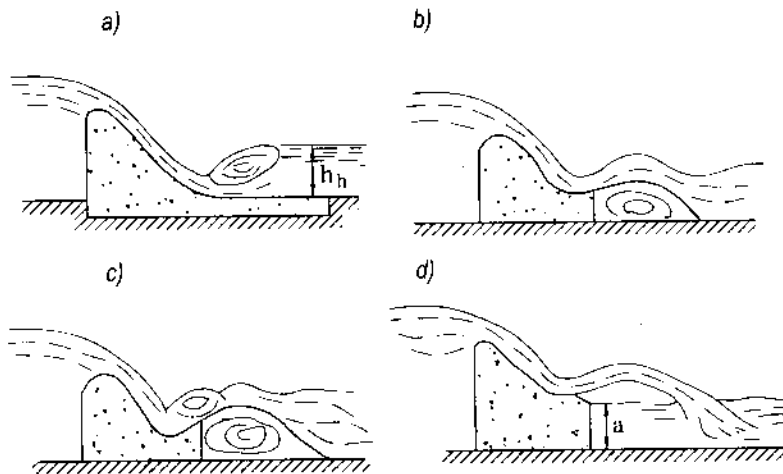


Hình 12-4. Sơ đồ nước chảy qua đập tràn có cửa van

IV. Tiêu năng sau đập tràn

Dòng chảy sau khi chảy qua đập tràn xuống hạ lưu có năng lượng rất lớn. Năng lượng đó được tiêu hao bằng nhiều dạng khác nhau: một phần năng lượng này phá hoại lòng sông và hai bờ gây nên xói lở cục bộ sau đập, một phần tiêu hao do ma sát nội bộ dòng chảy, phần khác do ma sát giữa nước và không khí. Sức cản nội bộ dòng chảy càng lớn thì tiêu hao năng lượng do xói lở càng nhỏ và ngược lại. Vì vậy thường dùng biện pháp tiêu hao năng lượng bằng ma sát nội bộ dòng chảy và dùng hình thức phóng xa làm cho nước xáo trộn với không khí gây ma sát có tác dụng tiêu hao năng lượng và giảm xói lở. Để đạt được những mục đích trên thường dùng các hình thức tiêu năng sau đây: tiêu năng dòng đáy (hình 12-5a), tiêu năng dòng mặt (hình 12-5b), tiêu năng dòng mặt ngập (hình 12-5c), tiêu năng phóng xa (hình 12-5d).

Nguyên lý cơ bản của các hình thức tiêu năng là làm cho năng lượng tiêu hao bằng ma sát nội bộ, phá hoại kết cấu dòng chảy bằng xáo trộn với không khí, khuếch tán để giảm lưu lượng đơn vị. Các hình thức tiêu năng có liên quan lẫn nhau.

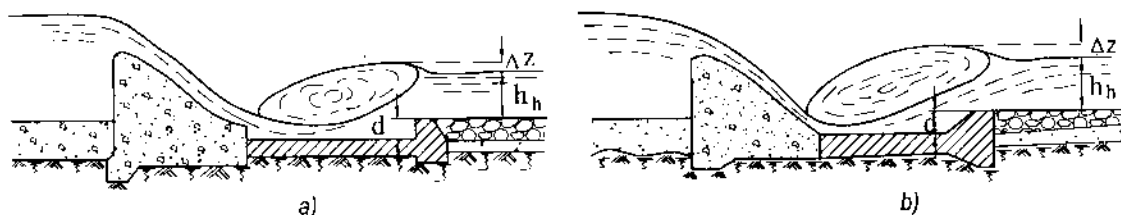


Hình 12-5. Các hình thức nối tiếp dòng chảy ở hạ lưu

Khi mực nước hạ lưu thay đổi, các hình thức đó có thể chuyển hoá lẫn nhau.

I. Tiêu năng dòng đáy

Đặc điểm tiêu năng dòng đáy là lợi dụng sức cản nội bộ của nước nhảy để tiêu năng. Điều kiện cơ bản của hình thức tiêu năng này là chiều sâu nước cuối bể phải lớn hơn chiều sâu liên hiệp thứ hai của nước nhảy ($h_b > h_c''$) để đảm bảo sinh nước nhảy ngập và tiêu năng tập trung. Trong tiêu năng đáy, lưu tốc ở đáy rất lớn, mạch dòng mãnh liệt, có khả năng gây xói lở, vì thế trong khu vực nước nhảy cần bảo vệ bằng bê tông (xây sân sau). Khi nền đá xấu, đoạn nối tiếp qua sân sau (sân sau thứ hai) cần được bảo vệ thích đáng. Muốn tăng hiệu quả tiêu năng, thường trên sân sau có xây thêm các thiết bị tiêu năng phụ như mố, ngưỡng để cho sự xáo trộn nội bộ dòng chảy càng mãnh liệt và ma sát giữa dòng chảy với các thiết bị đó cũng có thể tiêu hao một phần năng lượng. Biện pháp này có hiệu quả tốt và được ứng dụng rộng rãi. Tiêu năng dòng đáy thường dùng với cột nước thấp, địa chất nền tương đối kém.



Hình 12-6. Hình thức bể tiêu năng

Khi cột nước cao, h_c'' rất lớn, như vậy phải hạ thấp đáy và bảo vệ kiên cố sân sau. Lúc đó, hình thức tiêu năng đáy không kinh tế.

Người ta thường dùng các biện pháp như đào bể, xây tường hoặc bể, tường kết hợp và các thiết bị tiêu năng khác để tạo ra nước nhảy ngập sau đập tràn. Dưới đây sẽ giới thiệu các biện pháp đó.

a) Bể tiêu năng (hình 12-6)

Sau khi xây bể làm tăng mực nước trên sân sau và thoả mãn yêu cầu:

$$h_b = d + h_h + \Delta Z > h_c'' ; \quad (12-9)$$

Chiều dài sân sau L_s lúc có bể hoặc tường tiêu năng được tính từ mặt cắt co hẹp ngay sát chân đập tràn. Trong thực tế, trên sân sau khi có bể hoặc tường sẽ hình thành nước nhảy không tự do nên chiều dài của nó nhỏ hơn chiều dài nước nhảy tự do (l_n). Theo đề nghị của M.Đ.Tsétouxốp như sau:

$$L_s = \beta l_n ; \quad (12-10)$$

trong đó:

β - hệ số thực nghiệm, lấy bằng $0,7 \div 0,8$;

l_n - được tính theo thực nghiệm:

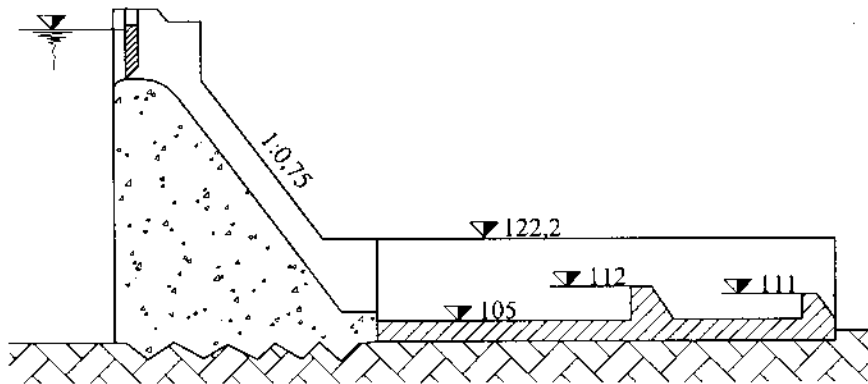
$$l_n = 5(h_c'' - h_c); \quad (12-11)$$

hoặc: $l_n = 4,5 h_c''; \quad (12-12)$

Hình dạng bể tiêu năng trong mặt phẳng thẳng đứng là hình chữ nhật (hình 12-6a) thì hiệu quả tiêu năng tốt. Nhưng do dòng chảy có thể bào mòn cạnh và góc, nhất là khi nước có nhiều bùn cát, nên thường thiết kế bể có dạng hình thang (hình 12-6b).

b) Tường tiêu năng (hình 12-7)

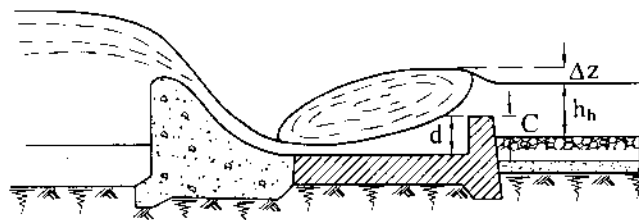
Khi do điều kiện kết cấu và thi công, bể tiêu năng không thích hợp thì nên dùng tường tiêu năng. Tường có thể dâng mực nước hạ lưu và giảm khối lượng đào. Sau tường tiêu năng không cho phép nước nhảy xa. Chiều cao của tường cũng giống như chiều sâu bể được tính với nhiều cấp lưu lượng khác nhau để tìm được chiều cao tường lớn nhất. Sau khi xác định được kích thước của tường cần phải kiểm tra xem sáu tường có nước nhảy xa nữa không. Nếu có thì phải thiết kế thêm tường tiêu năng thứ hai. Hình dạng tường tiêu năng thường làm mặt cắt tròn và thuận để tránh phá hoại do bào mòn, (hình 12-7).



Hình 12-7. Tường tiêu năng

c) Bể và tường tiêu năng kết hợp (hình 12-8)

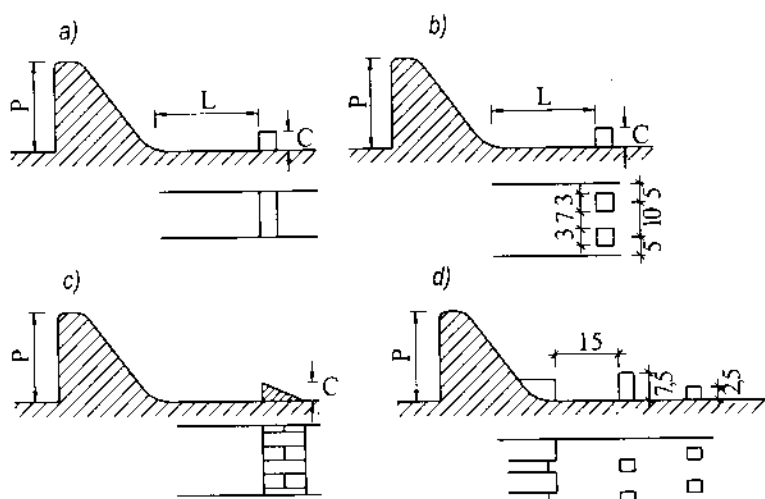
Khi dùng bể tiêu năng có khối lượng đào lớn và cao trình đáy đập phải thấp, do đó khối lượng đập tăng; nếu dùng tường tiêu năng thì phải quá cao, sau tường có thể sinh nước nhảy xa và cần thêm tường tiêu năng thứ 2, làm tăng khối lượng bảo vệ. Lúc đó cần dùng bể và tường kết hợp (hình 12-8) để giảm khối lượng đào, khối lượng đập và thiết bị bảo vệ.



Hình 12-8. Bể và tường tiêu năng kết hợp

d) Các thiết bị tiêu năng trên sân sau

Trên sân sau thường bố trí các thiết bị để tiêu hao năng lượng dòng chảy như mố, ngưỡng v.v... (hình 12-9) làm cho dòng chảy gây ra lực phản kích lại và giảm được h_c'' , rút ngắn chiều dài sân sau. Thí nghiệm chứng minh rằng, nếu bố trí thích hợp các thiết bị đó có thể giảm được $(20\% \div 30\%) h_c''$.

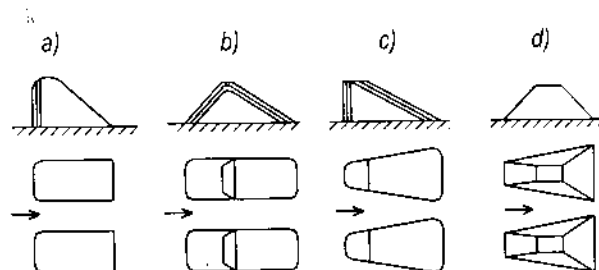


Hình 12-9. Hình thức các thiết bị tiêu năng
(kích thước trong hình ghi theo m)

- Ngưỡng tiêu năng (hình 12-9a) ngập trong nước nhảy, góc nghiêng mái thượng lưu ngưỡng nhỏ hơn 90° và lớn hơn 60° thì không ảnh hưởng đến hiệu quả tiêu năng. Vị trí ngưỡng nên đặt chính giữa chiều dài sân sau.

- Mố tiêu năng (hình 12-9b, c, d) thường bố trí gần nơi bắt đầu của sân sau, tại khu vực dòng chảy có lưu tốc cao, cách chân đập một đoạn dài hơn chiều sâu phân giới của dòng chảy. Kích thước và vị trí mố có ảnh hưởng lớn đối với dòng chảy. Theo thí nghiệm, kích thước mố nên lấy như sau:

Chiều cao mố $d_m = (0,75 \div 1,0)h_c$, chiều rộng mố $b_m = (0,5 \div 1)d_m$, khoảng cách B_m giữa mép của hai mố gần nhau $B_m < b_m$. Nếu bố trí hai hàng mố, hiệu quả tiêu năng tốt hơn so với một hàng. Khoảng cách giữa hai hàng mố $L_m = (2 \div 3)d_m$, bố trí các mố theo hình hoa mai. Chọn số hàng mố còn phụ thuộc vào hình thức mố; đôi khi phải bố trí hai hàng, nhưng trường hợp này lưu tốc phân bố không tốt. Có nhiều hình thức



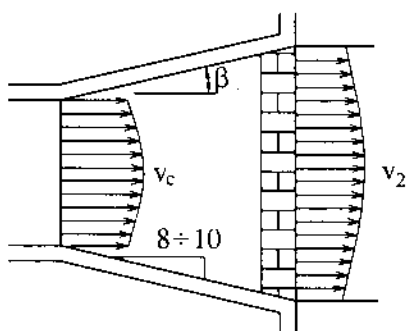
Hình 12-10. Các hình thức mố tiêu năng

mố tiêu năng (hình 12-10). Để cải thiện điều kiện thủy lực, ở cạnh mép mố thường vát cong để phòng hiện tượng khí thực.

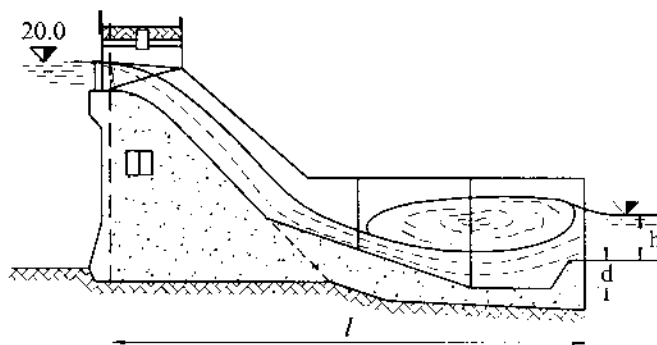
- Mố phân dòng có thể làm cho dòng chảy có lưu tốc cao ở chân đập chuyển thành trạng thái dòng chảy có lợi. Nói chung sau mố phân dòng nên có mố tiêu năng (hình 12-9d); do ở giữa các mố phân dòng có dòng chảy tập trung, sau đó gặp phản kích của mố tiêu năng càng làm cho hiệu quả tiêu năng tăng thêm.

e. Các biện pháp tiêu năng khác

- Sân sau mở rộng dần (hình 12-11): dòng chảy được khuếch tán sang hai bên, giảm được lưu lượng đơn vị, do đó giảm được h_c'' .



Hình 12-11. Bể tiêu năng khuếch tán



Hình 12-12. Sân tiêu năng có độ dốc thuận

Góc khuếch tán β không nên lớn quá, nếu lớn quá dòng chảy bị tách khỏi tường bên và tạo nên dòng xoáy hoặc chảy xiên gây xói lở.

$$\beta < \frac{1}{10} \div \frac{1}{8}; \quad (12-13)$$

- Sân sau dốc thuận: Khi độ sâu nước hạ lưu lớn rất nhiều so với h_c'' thì dòng chảy khó khuếch tán theo phương thẳng đứng, gây nên dòng chảy ngập có lưu tốc lớn ở đáy, lòng sông có thể bị xói lở. Trường hợp này nên làm sân sau dốc thuận (hình 12-12) để với mọi mực nước và lưu lượng đều có nước nhảy với độ ngập không lớn lắm. Sân sau có độ dốc thuận nên trọng lượng nước có thành phần song song với đáy, hướng về hạ lưu làm tăng h_c'' . Theo định luật động lượng, h_c'' có thể tính như sau:

$$h_c'' = \frac{h_c}{2 \cos \alpha} \left(\sqrt{1 + \frac{8q^2}{gh_c^3} \cdot \frac{\cos^3 \alpha}{1 - 2 \sin \alpha}} - 1 \right); \quad (12-14)$$

trong đó:

α - góc nghiêng của đáy sân sau với mặt phẳng nằm ngang;

ϕ - hệ số điều chỉnh của áp lực nước lên mặt nghiêng đối với thành phần lực nằm ngang, khi độ dốc đáy bằng $0,05 \div 0,30$ thì:

$$\phi = 3,75 + 25\text{tg}\alpha - 15\text{tg}^2\alpha; \quad (12-15)$$

Khi $\alpha = 0$, công thức (12-14) trở thành công thức nước nhảy thông thường. Dòng chảy trên dốc thuận bất kỳ lưu lượng lớn hay bé đều có nước nhảy để hạn chế dòng ngập có lưu tốc cao ở đáy. Độ dốc đáy không được dốc hơn $1 : 4$.

- Sân sau dốc ngược: khi chiều sâu nước hạ lưu rất bé thì sân sau có thể làm hình thức dốc ngược. Bắt đầu tại mặt cắt co hẹp được đào sâu xuống và sau đó sân sau làm theo độ dốc ngược khiến cho dòng chảy có phản lực trở lại và tạo thành nước nhảy.

Như vậy, khi thiết kế sân sau ngoài việc xét lưu lượng thiết kế qua đập tràn, còn cần phải xét tình hình làm việc của sân sau ứng với các lưu lượng khác nhau để đảm bảo bất kỳ với một lưu lượng nào cũng sinh ra nước nhảy ngập thích hợp. Độ ngập thích hợp nhất $\eta = \frac{h_h}{h_c} = 1,2 \div 1,3$.

2. Tiêu năng mặt: Dòng chảy của hình thức tiêu năng này ở trạng thái chảy mặt (hình 12-5b, c). Kinh nghiệm cho biết, hiệu quả tiêu năng này so với tiêu năng đáy không kém hơn nhiều, nhưng chiều dài sân sau ngắn hơn $\frac{1}{5} \div \frac{1}{2}$ lần, đồng thời lưu tốc ở đáy nhỏ nên chiều dày sân sau bé, thậm chí trên nền đá cứng không cần làm sân sau. Ngoài ra có thể tháo vật nổi qua đập mà không sợ hỏng sân sau.

Tuỳ theo mực nước hạ lưu, trạng thái dòng chảy sẽ phân thành dòng chảy mặt không ngập và dòng chảy mặt ngập.

Khi $h_{gh1} < h_h < h_{gh2}$ có dòng chảy mặt không ngập.

Khi $h_h > h_{gh2}$ sẽ sinh ra dòng mặt ngập.

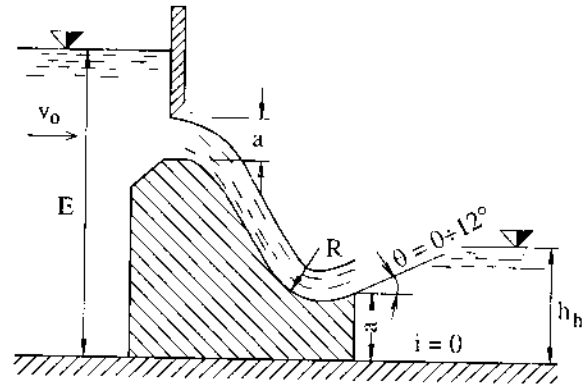
Ở đây h_{gh1} , h_{gh2} gọi là độ sâu giới hạn thứ nhất và độ sâu giới hạn thứ hai. Việc xác định h_{gh1} và h_{gh2} bằng lý thuyết đưa đến biểu thức phức tạp, T.N.Axtafitseva đề nghị công thức thực nghiệm như sau:

$$h_{gh1} = 0,82a + \left(2,44 - 2\frac{a}{C_h} \right) h_{pg}; \quad (12-16)$$

$$h_{gh2} = 1,22a + \left(2,50 - 2,55\frac{a}{C_h} \right) h_{pg}; \quad (12-17)$$

trong đó: h_{pg} - chiều sâu phân giới.

Các ký hiệu khác như hình (12-13), công thức (12-16) và (12-17) được dùng cho trường hợp khi cửa van trên đỉnh đập mở hoàn toàn, cột nước trên đỉnh $H \leq \frac{2}{3} C_h$ và cũng có thể tính gần đúng cho trường hợp mở cửa van với một độ mở nào đó. Công thức (12-16) chỉ đúng với điều kiện $\frac{a}{C_h} \geq 0,2$ là trường



hợp thường dùng nhất. Nếu $\frac{a}{C_h} < 0,2$,

Hình 12-13. Trạng thái chảy ở hạ lưu đập có bậc

T.N.Axtafitsêva đề nghị:

$$h_{ghl} = 0,82a + \left(3,44 - 7 \frac{a}{C_h} \right) h_{pg}; \quad (12-18)$$

Dòng mặt không ngập yêu cầu $h_h > h_c$ của nước chảy đáy, đồng thời $h_h > a$, thường dùng chiều cao $a = (0,25 \div 0,35)$ chiều cao đập. Góc nghiêng θ ở chân đập có ảnh hưởng đến trạng thái chảy, θ lớn quá có thể sinh chảy phóng xa, bé quá có thể xuất hiện dòng chảy đáy. Thường dùng $\theta < 10^\circ \div 15^\circ$ là thích hợp.

Hình thức tiêu năng mặt có một số nhược điểm là làm việc không ổn định khi mực nước hạ lưu thay đổi nhiều, ở hạ lưu có sóng ảnh hưởng đến sự làm việc của các công trình khác như thủy điện, âu tàu và xói lở bờ sông.

3. Tiêu năng phóng xa (hình 12-5d)

a) Đặc điểm:

Hình thức tiêu năng phóng xa là lợi dụng mũi phun ở chân đập hạ lưu để dòng chảy có lưu tốc lớn phóng xa khỏi chân đập. Dòng chảy được khuếch tán trong không khí, sau đó đổ xuống lòng sông. Do dòng chảy được tiêu hao năng lượng rất lớn trong không khí nên giảm năng lực xói lòng sông và giảm ảnh hưởng nguy hại đến an toàn đập. Ở hình thức này, năng lượng dòng chảy được tiêu hao trong không khí và một phần ở lòng sông. Dòng chảy phóng xuống hạ lưu và gây ra hố xói có độ sâu nhất định nào đấy thì năng lượng thừa của dòng chảy được hoàn toàn tiêu hao bằng ma sát nội bộ, cho nên nếu chiều sâu nước hạ lưu càng lớn, càng giảm được xói lở lòng sông.

Độ dài phóng xa càng lớn càng có lợi. Đập tràn càng cao, độ dài phóng xa lấy càng lớn. Trái lại, đập thấp thì chiều dài phóng xa càng ngắn, nếu dùng hình thức tiêu năng này sẽ bị hạn chế.

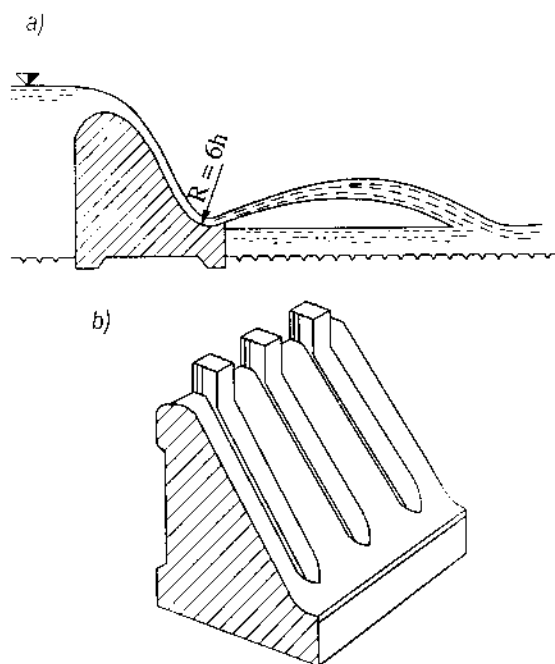
Để đạt được hiệu quả tiêu năng cao, chúng ta muốn chiều dài phóng xa lớn, mà yêu cầu xói lở lại ít, nhưng thực tế chiều dài phóng xa càng lớn thì khả năng xói lở càng lớn, do đó trong thiết kế thường dùng tỷ số $\frac{t_0}{L}$ làm tiêu chuẩn khống chế, trong đó t_0 - chiều sâu lớn nhất của hố xói, L - khoảng cách từ đáy hố xói đến chân đập. Tốt nhất chọn tỷ số $\frac{t_0}{L}$ là nhỏ nhất. Độ phóng xa của dòng phun chủ yếu phụ thuộc: lưu tốc trên mũi phun, góc phun, cao trình mũi phun, bán kính cong mặt tràn gần mũi phun v.v... Chiều sâu và phạm vi xói lở phụ thuộc: độ sâu nước hạ lưu, địa chất lòng sông, chênh lệch mực nước thượng hạ lưu (lưu tốc), lưu lượng đơn vị, tình hình khuếch tán của dòng chảy.

b) Các hình thức kết cấu mũi phun:

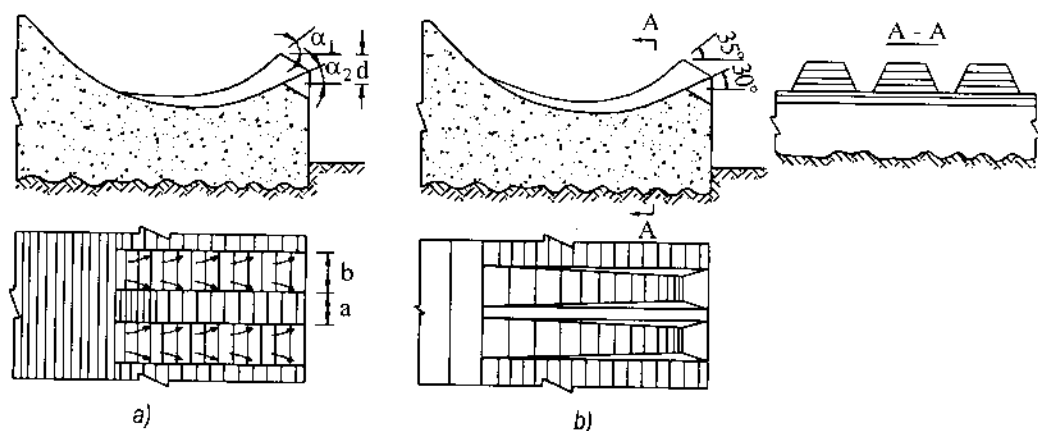
- Mũi phun liên tục (hình 12-14)

Với quan điểm chiều dài phun lớn thì người ta dùng hình thức này (hình 12-14a). Ưu điểm là cấu tạo đơn giản, khoảng cách phóng xa lớn, nhưng dòng chảy khuếch tán kém và xói lở lòng sông nhiều. Có thể làm các tường phân dòng nối liền trụ pin kéo dài đến phần mũi phun (hình 2-14b) để cho dòng chảy tập trung ở trên mặt tràn và giảm tổn thất thủy lực. Như vậy chiều dài dòng phun tăng và mức độ khuếch tán dòng chảy trên mặt bằng cũng được mở rộng. Khi thiết kế mũi phun liên tục cần chú ý: góc nghiêng α của mũi phun thường dùng $30^\circ \div 35^\circ$ là hợp lý, bán kính cong R của ngưỡng phun không nên lấy $R < 6h$, phải đảm bảo $R > (8 \div 10)h$ (h - độ sâu nước trên ngưỡng), cao trình ngưỡng phun càng thấp thì góc nghiêng của dòng nước đổ xuống mặt nước hạ lưu càng nhỏ, hố xói càng nông. Vì vậy cao trình ngưỡng càng thấp càng có lợi, nhưng phải cao hơn mực nước lớn nhất ở hạ lưu khoảng $1 \div 2m$.

- Mũi phun không liên tục (hình 12-15) là loại cải tiến của mũi phun liên tục. Dòng chảy trên mũi phun được phân thành các phần trên đỉnh răng và ở giữa các khe răng. Theo phương thẳng đứng dòng chảy được khuếch tán nhiều hơn so với mũi phun liên tục, đồng thời có sự va chạm các tia dòng nên có thể tiêu hao một phần năng lượng, giảm khả năng xói, chiều sâu hố xói có thể giảm được 35% so với mũi phun liên tục, nhưng chiều dài phóng xa kém hơn.



Hình 12-14. Mũi phun liên tục



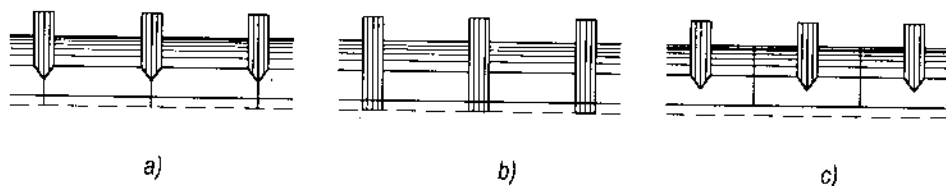
Hình 12-15. Mũi phun không liên tục

Theo thí nghiệm, kích thước hợp lý đối với mũi phun không liên tục có răng hình chữ nhật (hình 12-15a) như sau:

$\alpha_1 - \alpha_2 \approx 5 \div 10^\circ$, tỷ số giữa chiều rộng khe a và chiều rộng răng b là $\frac{a}{b} \approx \frac{1}{3} \div \frac{1}{2}$, tỷ số giữa độ lệch của mũi d và độ sâu nước trên mũi phun h thường khống chế vào khoảng $0,5 < \frac{d}{h} < 1,0$ là thích hợp, khi lưu tốc lớn hơn 20m/s. Nhược điểm của mũi phun kiểu răng chữ nhật là dòng chảy ở giữa các khe rất tập trung, khó khuếch tán, nên người ta thường dùng mũi phun lệch hình thang (hình 12-15b) để khắc phục.

V. Cấu tạo đập tràn

1. Khe lún và khe nhiệt độ: Trong đập tràn cần bố trí khe lún và khe nhiệt độ (hình 12-16). Xác định khoảng cách giữa khe cần xét đến sự phối hợp giữa trụ pin và lỗ tràn, thường dùng các hình thức như hình (12-16).



Hình 12-16. Bố trí khe lún và khe nhiệt độ

- Khe ở giữa trụ pin (hình 12-16a) chia trụ pin thành hai phần bằng nhau. Lúc nền lún không đều, không ảnh hưởng đến sự làm việc của cửa van.

- Khe ở hai bên trụ pin (hình 12-16b) làm cho trụ pin và thân đập làm việc độc lập với nhau, trụ pin có thể làm mỏng hơn, thích hợp với việc dẫn dòng thí công. Khuyết điểm là lúc lún không đều sẽ ảnh hưởng đến thao tác cửa van.

- Khe ở giữa lỗ tràn (hình 12-16c) chia lỗ tràn thành hai phần. Ở hai bên trụ pin nên có khe nhiệt độ để thích hợp với sự biến hoá nhiệt độ của bộ phận trên thân đập; khe này không cần thông suốt xuống đến nền.

2. Trụ pin: Phân đập thành nhiều khoang để tiện bố trí cửa van và cầu công tác, cầu giao thông v.v... Chiều cao trụ pin quyết định bởi hình thức cửa van và máy đóng mở. Chiều cao trụ pin h_p kể từ đỉnh đập trở lên có thể tính như sau:

- Khi cửa van mở bằng hình thức hạ xuống:

$$h_p = h_v + d ; \quad (12-19)$$

- Khi cửa van mở bằng hình thức kéo lên:

- Trường hợp máy đóng mở cố định:

$$h_p = H + h_v + d ; \quad (12-20)$$

- Trường hợp máy đóng mở di động:

$$h_p = H + 0,6h_v ; \quad (12-21)$$

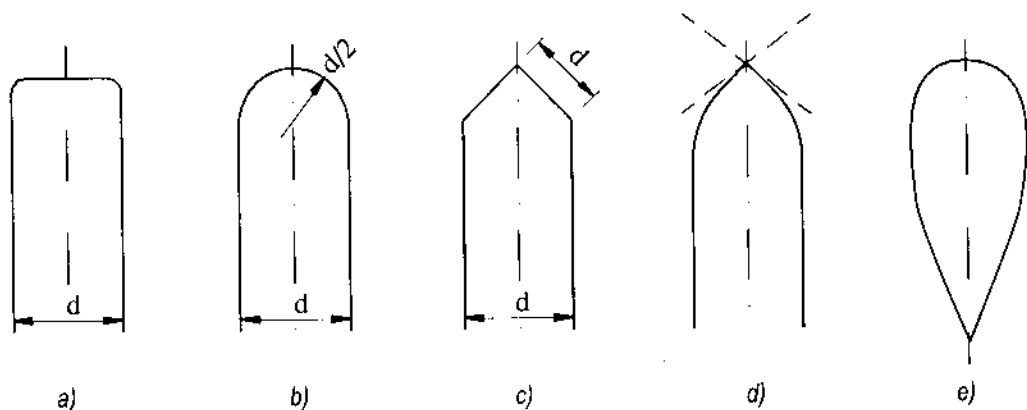
trong đó:

h_v - chiều cao cửa van;

H - cột nước lớn nhất trên cửa van;

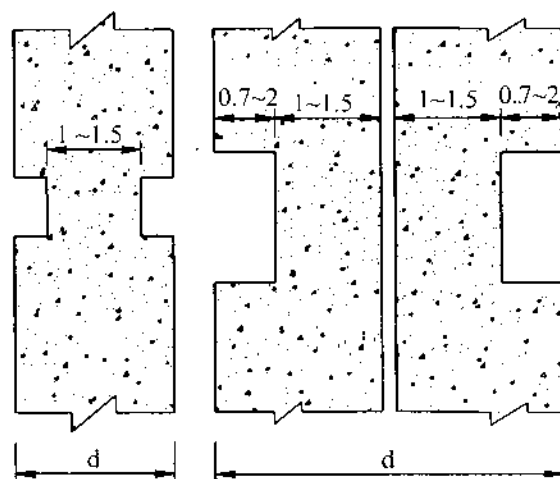
d - độ cao an toàn, thường lấy $1 \div 2m$.

Ngoài ra chiều cao trụ pin còn phụ thuộc vào cao trình cầu công tác. Chiều dài trụ pin cần đảm bảo để bố trí cầu công tác, cầu giao thông, máy đóng mở v.v... Hình dạng trụ pin nên thiết kế sao cho nước chảy qua đập tràn được thuận. Hình (12-17) là các loại trụ pin, thường dùng nhất là loại b và d, lúc trụ pin kéo dài về phía thượng lưu có thể dùng loại a (để thi công), loại e ít ảnh hưởng nhất đến khả năng tràn nước, nhưng thi công phức tạp.



Hình 12-17. Các hình thức trụ pin

Chiều dài trụ pin phụ thuộc vào kích thước khe van và bố trí khe lún (hình 12-18); đối với cửa van phẳng chính thì khe van sâu $0,7 \div 2\text{m}$, rộng $1 \div 4\text{m}$; đối với van cung có thể không dùng khe hoặc dùng khe rất nông; đối với cửa van sửa chữa, kích thước khe van thường $0,5 \times 0,5\text{m}$; chiều dày chỗ mỏng nhất của trụ pin không được nhỏ hơn $1 \div 1,5\text{m}$, vì thế chiều dày trụ pin nói chung thường $2 \div 2,5\text{m}$ trở lên. Nếu giữa trụ pin có khe lún, thì chiều dày trụ pin có thể đến $6 \div 7\text{m}$.



Hình 12-18. Kích thước trụ pin (ghi theo m)

Cửa van chính thường bố trí chỗ cao nhất của đỉnh tràn. Khoảng cách lưu không giữa cửa van chính và cửa van sửa chữa nên đảm bảo $1,5 \div 2,0\text{m}$ để tiện sửa chữa.

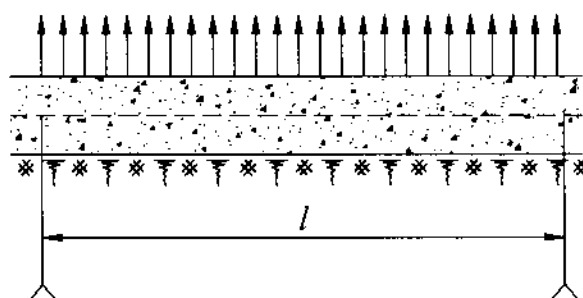
3. Bố trí cốt thép trong trụ pin và thân đập

Ngoài việc bố trí thép chịu lực trong trụ pin theo tính toán kết cấu, còn cần phải bố trí thép phân bố, thường dùng loại $\phi 8 \div 10$, khoảng cách giữa các thép $25 \div 30\text{cm}$. Đỉnh tràn chịu tải trọng cửa van và chịu tải trọng động khi đóng mở van, nên cần có cốt thép gia cố. Ở mặt tràn và mũi phun do dòng chảy lưu tốc cao, tác dụng mạch động nên cần có cốt thép cấu tạo.

4. Cấu tạo sân sau

Việc tính toán chiều dày sân sau trên nền đá vẫn chưa có công thức lý luận, đại bộ phận xác định theo kinh nghiệm, nhỏ nhất là 1m , $\phi 2 \div 4\text{m}$. Khi thiết kế, thường khó khăn chủ yếu là khó xác định tải trọng tác dụng lên sân sau; tải trọng đó bao gồm trọng lượng bản thân, độ chênh áp lực nước trên và dưới sân sau, áp lực thấm, mạch động và áp lực do các thiết bị trên sân sau truyền xuống, chủ yếu là lực đẩy ngang. Các lực đó làm sân sau bị trượt, đẩy nổi, bị cuốn đi hoặc bị phá hoại do cường độ. Vì thế cần có biện pháp kết cấu và các biện pháp cấu tạo khác để liên kết chặt chẽ giữa sân sau và nền.

a) *Thép néo*: Dùng để liên kết chặt chẽ giữa nền đá và sân sau. Khi tính có thể bỏ qua tác dụng liên kết giữa bê tông và đá nền. Khoảng cách l giữa các thép néo (hình 12-19) cần so sánh chọn cho



Hình 12-19. Sơ đồ lực và bố trí thép néo trên sân sau

thích hợp, thường lấy bằng $1 \div 2\text{m}$ là kinh tế, đường kính cốt thép $25 \div 40\text{mm}$, chiều sâu thép neo chôn vào đá, tốt nhất không vượt quá $3 \div 5\text{m}$.

b) Cấu tạo sân sau

Diện tích sân sau lớn, cần bố trí khe nhiệt độ và khe lún, khoảng cách giữa các khe $15 \div 25\text{m}$, bề rộng khe $1 \div 2\text{cm}$, giữa khe có nhựa đường. Mặt sân sau cần có lớp bảo vệ chống bào mòn như lớp phủ bê tông lưới thép có cường độ cao. Ở gần chân đập hạ lưu nên bố trí lỗ thoát nước để giảm áp lực thấm. Nếu có hệ thống thoát nước hoàn thiện thì áp lực thấm dưới sân sau rất bé.

§12.4. ĐƯỜNG TRÀN DỌC

Đây là loại đường tràn thường gặp trong đầu mối công trình có đập không tràn bằng vật liệu tại chỗ và đập có trụ chống. Đặc điểm chủ yếu của nó là thường nằm trên bờ hồ chứa nước và có nhiều ưu điểm: thi công và quản lý đơn giản, xây dựng được trong nhiều điều kiện địa hình khác nhau, yêu cầu về địa chất không cao, an toàn về tháo lũ v.v...

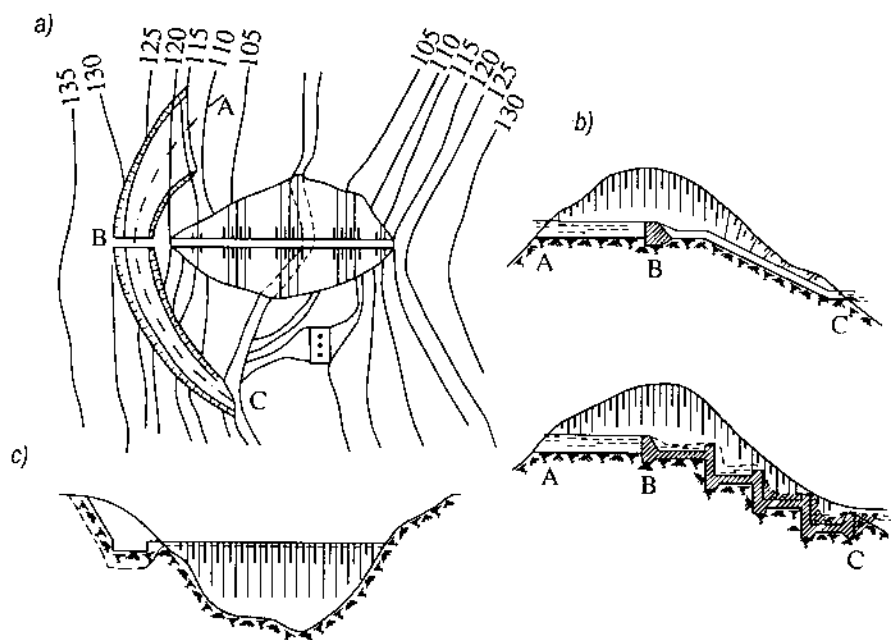
I. Chọn vị trí đường tràn

Khi chọn vị trí của đường tràn phải theo các nguyên tắc sau đây:

1. Phải xét đến điều kiện địa chất để tránh bị sạt lở, ảnh hưởng tới an toàn của công trình.

2. Lợi dụng điều kiện địa hình để giảm tối đa khối lượng đào đắp đất, đá, bê tông. Khi bờ sông tương đối bằng phẳng hoặc có eo núi, lợi dụng chỗ lõm có cao độ gần bằng mực nước dâng bình thường của hồ chứa để bố trí đường tràn là tốt nhất. Lợi dụng đất, đá đào đi có thể dùng làm vật liệu, sử dụng cho việc xây dựng công trình, thì dù có phải đào cũng vẫn hợp lý.

3. Vị trí và hướng bộ phận vào và ra của đường tràn phải thích hợp để không làm xói lở đập và công trình khác, bảo đảm làm việc bình thường cho toàn bộ hệ thống. Đường tràn nên tách khỏi đập dâng để sự nối tiếp giữa công trình bê tông (của đường tràn) với đập dâng bằng vật liệu địa phương đỡ phức tạp và giảm được khối lượng tường chắn đất. Đặc biệt phần cửa vào và cửa ra phải cách xa đập (riêng phần cửa ra phải cách chân đập hạ lưu ít nhất 60m). Tuy nhiên đường tràn cũng không nên cách đập quá xa làm ảnh hưởng đến việc khống chế mực nước trong hồ hoặc đặt quá sâu vào bờ làm khối lượng đào sẽ tăng (hình 12-20). Nói chung, trừ những trường hợp đặc biệt, để việc quản lý và thi công được tập trung nên bố trí đường tràn ở một bên bờ và cách đập không xa lắm.



Hình 12-20. Đường tràn dọc

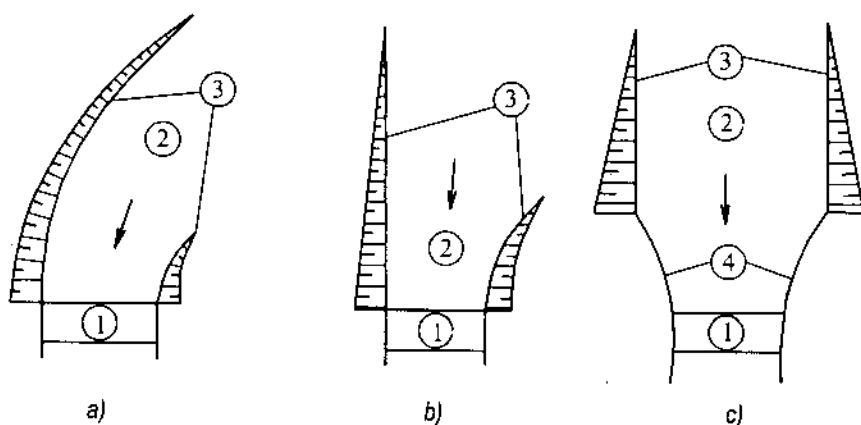
a) Mặt bằng tổng thể; b) Mặt cắt dọc; c) Mặt cắt ngang

II. Các bộ phận chủ yếu của đường tràn dọc

Đường tràn dọc gồm ba bộ phận chính: kênh dẫn vào, ngưỡng tràn và kênh tháo.

1. Kênh dẫn vào

Kênh dẫn có nhiệm vụ hướng nước chảy thuận dòng vào ngưỡng tràn. Tùy vị trí ngưỡng tràn, phía thượng lưu đường tràn, có kênh dẫn dài, ngắn hoặc không có kênh dẫn, nhưng cần có tường cánh hướng dòng. Trên mặt bằng, kênh dẫn có thể là đường thẳng hoặc đường cong (hình 12-21).



Hình 12-21. Kênh dẫn ở thượng lưu

1. Ngưỡng tràn; 2. Kênh dẫn; 3. Bờ kênh; 4. Tường hướng dòng

Đáy kênh có độ dốc $i = 0$ hoặc $i < 0$ theo chiều dòng chảy.

Mặt cắt ngang của kênh có thể hình chữ nhật (nền đất, có tường bên) hoặc hình thang (nền đá). Mặt cắt kênh tương đối lớn và thu hẹp dần về phía ngưỡng tràn đảm bảo tháo được lưu lượng với lưu tốc không lớn lắm để không sinh ra xói lở, đồng thời giảm được tổn thất cột nước ở phần vào. Đoạn gần ngưỡng tràn, lưu tốc tăng, cần bảo vệ đáy và bờ bằng lát đá, đá xây hoặc bê tông v.v... Đường viền hai bờ kênh ảnh hưởng lớn đến chế độ làm việc của kênh dẫn, cho nên khi thiết kế cần chú ý chọn hình dạng hợp lý.

2. Ngưỡng tràn

Ngưỡng tràn có thể là đập tràn thực dụng hoặc đập tràn đỉnh rộng, trên đỉnh có hoặc không có cửa van. Trên nền đất, thường ngưỡng thấp nên theo hình thức đỉnh rộng. Trên nền đá để tăng thêm khả năng tháo nước và giảm chiều rộng đường tràn có thể dùng đập tràn thực dụng (ở §12-3 đã giới thiệu kỹ về đập tràn thực dụng).

Ngưỡng tràn nói chung là thẳng để cho dòng nước chảy vào được thuận lợi và thẳng góc với ngưỡng. Cũng có trường hợp bố trí ngưỡng tràn thành đường cong, thậm chí có lúc thành đường gẫy để tăng thêm chiều dài tràn nước. Trường hợp này, dòng chảy sau ngưỡng thường rối loạn, nên người ta cũng ít dùng. Sau ngưỡng tràn có thể bố trí thiết bị tiêu năng hoặc nối tiếp ngay với kênh tháo. Đập tràn đỉnh rộng có chiều rộng đỉnh ngưỡng C theo chiều nước chảy trong phạm vi:

$$(3 \div 10)H > C > (2 \div 3)H; \quad (12-22)$$

Nếu $C \gg H$ thì dòng chảy qua đập giống như qua kênh hở đáy nằm ngang.

Nếu $C < 2H$, hệ số lưu lượng không ổn định và lớn hơn của đập tràn đỉnh rộng (biến thành đỉnh nhọn), trong đó H - cột nước tràn.

Đập tràn đỉnh rộng làm việc theo chế độ chảy không ngập hoặc chảy ngập. Trường hợp chảy ngập, khả năng tháo giảm đi rất nhiều, do đó ngưỡng tràn của đường tràn dọc thường thiết kế theo chế độ chảy không ngập.

Theo R.R.Tsugaep, tiêu chuẩn chảy không ngập là:

$$h_n < nH_0; \quad (12-23)$$

trong đó:

h_n - chiều sâu nước hạ lưu so với đỉnh tràn;

H_0 - cột nước tràn;

n - hệ số, lấy bằng $0,75 \div 0,85$.

Lưu lượng tính theo công thức (12-6) với $\sigma_n = 1$:

$$Q = \epsilon m B \sqrt{2g} H_0^{3/2};$$

Trường hợp chảy ngập xảy ra khi:

$$h_n > nH_0; \quad (12-24)$$

và lưu lượng được tính theo công thức (12-6):

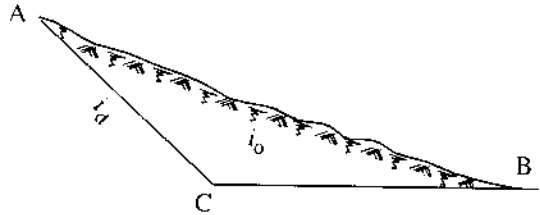
$$Q = \sigma_n \epsilon m B \sqrt{2gH_0^{3/2}};$$

3. Kênh tháo

Kênh tháo nối tiếp sau ngưỡng tràn để chuyển nước xuống hạ lưu. Kênh tháo thường là dốc nước hoặc bậc nước. Nó được bố trí dựa vào địa hình thiên nhiên để giảm khối lượng đào đắp.

a) Dốc nước:

Dốc nước là loại kênh hở có độ dốc lớn, được xây dựng trên nền đất hoặc đá. Khi thiết kế, cần so sánh độ dốc i_d ứng với lưu tốc cho phép lớn nhất với độ dốc của địa hình tự nhiên i_0 (hình 12-22).



Hình 12-22. AB - Địa hình tự nhiên i_0 ;

AC - Giới hạn độ dốc cho phép i_d .

$$i_d = \frac{[v]^2}{C^2 R}; \quad (12-25)$$

trong đó:

$[v]$ - lưu tốc cho phép của vật liệu làm dốc nước;

R - bán kính thủy lực mặt cắt của dốc nước;

C - hệ số Sêđi.

Nếu $i_0 < i_d$ thì nên dùng độ dốc địa hình tự nhiên và đảm bảo cho lưu tốc trên dốc không vượt quá lưu tốc cho phép. Thực tế có thể cho độ dốc dốc nước thay đổi từ i_0 đến i_d . Nếu càng dốc, khối lượng đào càng tăng, nhưng chiều dài dốc nước giảm, cần phải so sánh về kinh tế.

Nếu $i_0 > i_d$ thì không thể dùng độ dốc tự nhiên, nếu không có biện pháp đặc biệt. Lúc đó, tùy theo tình hình cụ thể mà có thể tăng độ nhám hoặc làm hai dốc nước nối tiếp có độ dốc khác nhau v.v...

- Trường hợp dốc nước (hình 12-23) xây dựng trên nền đất hoặc đá xấu, đáy dốc phải được gia cố bằng bê tông, bê tông cốt thép hoặc đá xây. Mặt cắt ngang thường là hình thang (hình 12-24a) có mái dốc 1 : 1 đến 1 : 1,5, cũng có khi là hình chữ nhật hai bờ là tường trọng lực (hình 12-24b). Độ dày của đáy tùy tính chất của đất nền và lưu tốc dòng chảy mà xác định: đáy bằng bê tông có thể dày 0,3 ÷ 0,80m, bằng bê tông cốt thép 0,15 ÷ 0,50m. Các bản và tường đều có khe lún đặt cách nhau 4 ÷ 25m; chiều rộng

$$h_n > nH_0; \quad (12-24)$$

và lưu lượng được tính theo công thức (12-6):

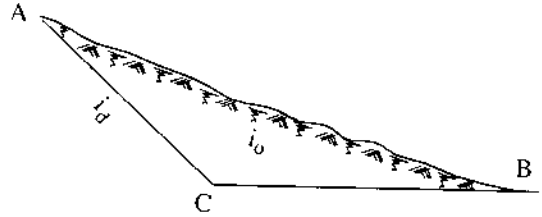
$$Q = \sigma_n \epsilon m B \sqrt{2gH_0^{3/2}};$$

3. Kênh tháo

Kênh tháo nối tiếp sau ngưỡng tràn để chuyển nước xuống hạ lưu. Kênh tháo thường là dốc nước hoặc bậc nước. Nó được bố trí dựa vào địa hình thiên nhiên để giảm khối lượng đào đắp.

a) Dốc nước:

Dốc nước là loại kênh hở có độ dốc lớn, được xây dựng trên nền đất hoặc đá. Khi thiết kế, cần so sánh độ dốc i_d ứng với lưu tốc cho phép lớn nhất với độ dốc của địa hình tự nhiên i_0 (hình 12-22).



Hình 12-22. AB - Địa hình tự nhiên i_0 ;

AC - Giới hạn độ dốc cho phép i_d .

$$i_d = \frac{[v]^2}{C^2 R}; \quad (12-25)$$

trong đó:

$[v]$ - lưu tốc cho phép của vật liệu làm dốc nước;

R - bán kính thủy lực mặt cắt của dốc nước;

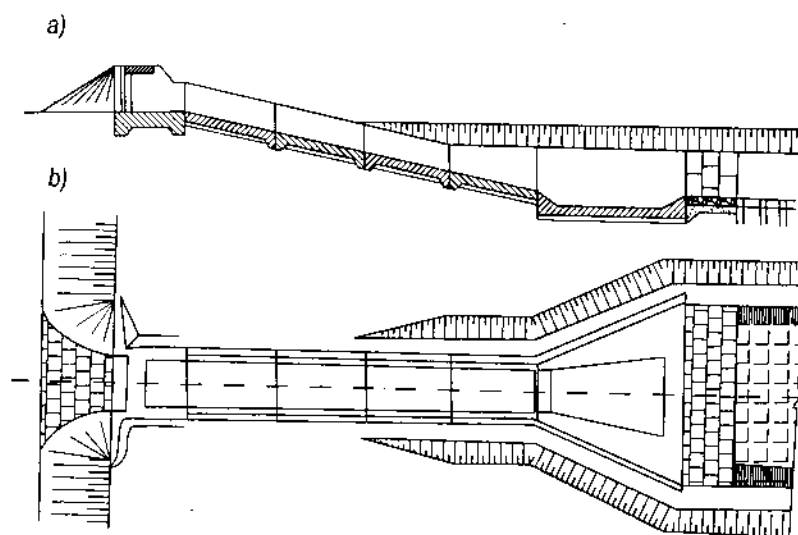
C - hệ số Sêdi.

Nếu $i_0 < i_d$ thì nên dùng độ dốc địa hình tự nhiên và đảm bảo cho lưu tốc trên dốc không vượt quá lưu tốc cho phép. Thực tế có thể cho độ dốc dốc nước thay đổi từ i_0 đến i_d . Nếu càng dốc, khối lượng đào càng tăng, nhưng chiều dài dốc nước giảm, cần phải so sánh về kinh tế.

Nếu $i_0 > i_d$ thì không thể dùng độ dốc tự nhiên, nếu không có biện pháp đặc biệt. Lúc đó, tùy theo tình hình cụ thể mà có thể tăng độ nhám hoặc làm hai dốc nước nối tiếp có độ dốc khác nhau v.v...

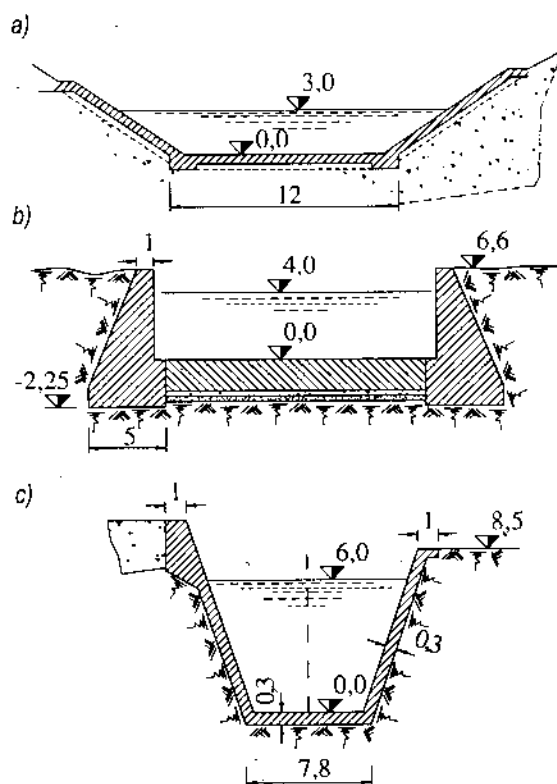
- Trường hợp dốc nước (hình 12-23) xây dựng trên nền đất hoặc đá xấu, đáy dốc phải được gia cố bằng bê tông, bê tông cốt thép hoặc đá xây. Mặt cắt ngang thường là hình thang (hình 12-24a) có mái dốc 1 : 1 đến 1 : 1,5, cũng có khi là hình chữ nhật hai bờ là tường trọng lực (hình 12-24b). Độ dày của đáy tùy tính chất của đất nền và lưu tốc dòng chảy mà xác định: đáy bằng bê tông có thể dày 0,3 ÷ 0,80m, bằng bê tông cốt thép 0,15 ÷ 0,50m. Các bản và tường đều có khe lún đặt cách nhau 4 ÷ 25m; chiều rộng

khe khoảng 1cm, trong đó có đồ nhựa đường, dưới khe có thể bố trí thiết bị thoát nước để giảm áp lực thấm.



Hình 12-23. Dốc nước

a) Mặt cắt dọc; b) Hình chiếu bằng.



Hình 12-24. Mặt cắt ngang của dốc nước

a, b) Trên nền đất; c) Trên nền đá (kích thước ghi theo m)

- Trường hợp dốc nước xây dựng trên nền đá, độ dốc đáy cho phép lớn hơn, có thể tới 50% và có thể thay đổi thích ứng với điều kiện địa hình, địa chất để giảm khối lượng đào. Mặt cắt ngang là hình chữ nhật hoặc hình thang với mái rất dốc (hình 12-24c). Đáy dốc có chiều dày $0,15 \div 0,6m$ và nếu độ dốc lớn cần có neo thép vào đá để tăng cường sự liên kết giữa đá và tấm bê tông.

- Tuyến của dốc nước có thể thẳng hoặc cong tùy theo điều kiện địa hình, địa chất, bảo đảm khối lượng công trình hợp lý và dòng chảy ở phần tiêu năng không gây tác hại đối với đập và bờ.

- Chiều rộng của dốc nước có thể không đổi trong suốt cả chiều dài hoặc để tiết kiệm khối lượng công trình thì ở đầu dốc nước có thể làm đoạn thu hẹp hoặc làm dốc nước thu hẹp dần; trong tất cả các trường hợp đều phải đảm bảo lưu lượng đơn vị ở cuối dốc không được vượt quá lưu lượng đơn vị cho phép đối với mỗi loại nền.

Sơ đồ bố trí dốc nước có nhiều dạng khác nhau, mặt khác dòng chảy trong dốc là chảy xiết, nên khi thiết kế phải đề cập đến các vấn đề thủy lực phức tạp và có biện pháp công trình thích hợp sau đây:

- Đường mặt nước tại chỗ uốn cong, do lực ly tâm nên mặt nước bờ lõm cao hơn bờ lồi, vì thế bên bờ lõm có tường bên cao (hình 12-25a), hoặc để giảm khối lượng công trình, tại đoạn cong theo hướng ngang của dốc nước làm đáy nghiêng về bờ lồi một góc β (hình 12-25b); góc β thường nhỏ hơn góc nghiêng α của mặt nước do lực ly tâm gây ra;

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v^2}{gR} ; \quad (12-26)$$

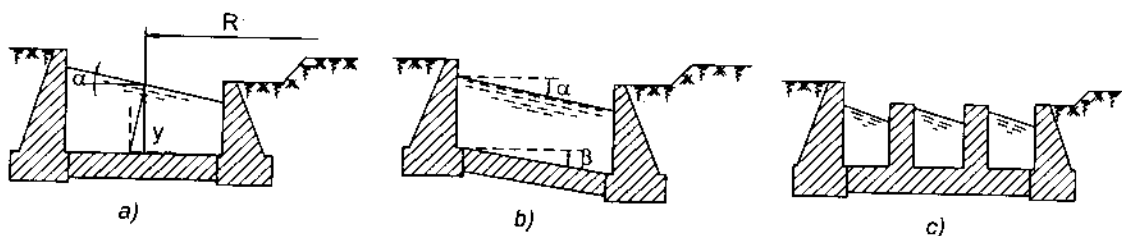
trong đó:

v - lưu tốc trung bình của dòng chảy tại đoạn cong;

R - bán kính cong của trục dốc tại đoạn cong;

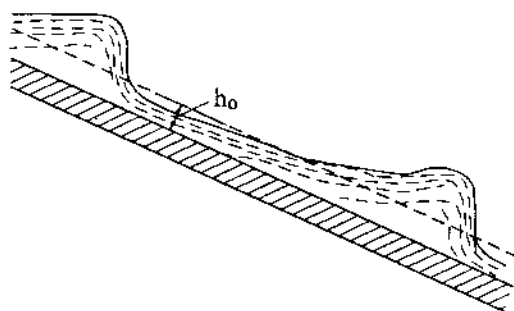
g - gia tốc trọng trường.

Nếu bề rộng dốc và lưu tốc trong dốc lớn, có thể làm tường phân dòng để phân dòng chảy trong dốc nước thành nhiều luồng nhằm giảm độ nghiêng của mặt nước (hình 12-25c).



Hình 12-25. Mặt cắt ngang dốc nước tại đoạn cong

- Vấn đề sóng trong dốc nước. Do dòng chảy có độ xiết lớn có thể xảy ra hiện tượng sóng truyền từ trên xuống dưới theo chu kỳ (hình 12-26). Chiều cao sóng khá lớn, vượt quá độ cao an toàn bờ dốc, gây áp lực động lên bản đáy, ảnh hưởng đến sự làm việc của bể tiêu năng và kênh tháo sau bể tiêu năng. Nguyên nhân chủ yếu phát sinh sóng là tỷ lệ giữa chiều rộng dốc nước và chiều sâu nước lớn, do độ dốc của dốc nước lớn, do ảnh hưởng của độ nhám đáy dốc, lớp nước gần đáy hầu như bị giữ lại, còn lớp nước phía trên bị trượt đi với tốc độ lớn. Hình dạng mặt cắt ngang của dốc là parabol, hình tam giác hoặc đa giác có tỷ lệ giữa chiều rộng và chiều sâu nước trong dốc là bé thì giảm được hiện tượng sóng.



Hình 12-26. Sóng trong dốc nước

- Vấn đề hàm khí trong dốc nước. Khi dòng chảy có lưu tốc lớn, lớp không khí ở gần mặt nước bị hút vào nước, các bọt khí đó pha trộn vào nước trên vùng mặt, chuyển động cùng với dòng chảy làm cho chiều sâu nước trên dốc tăng so với tính toán khi không có hàm khí. Do đó tường bên của dốc nước phải cao hơn. Chiều sâu nước ngậm khí có thể tính theo công thức:

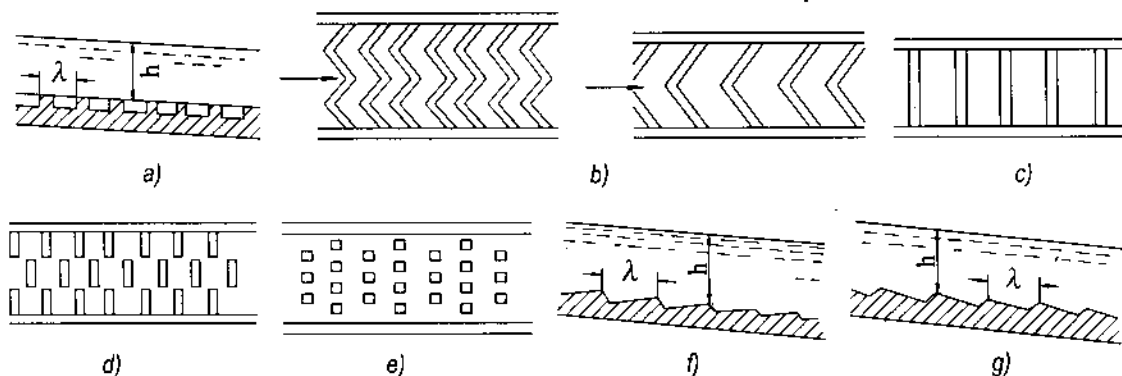
$$h_{nk} = h \left(1 + \frac{v}{100} \right); \quad (12-27)$$

trong đó:

h - chiều sâu nước khi không có ngậm khí;

v - lưu tốc dòng chảy, với $v > 3\text{m/s}$ thì dòng nước bắt đầu ngậm khí.

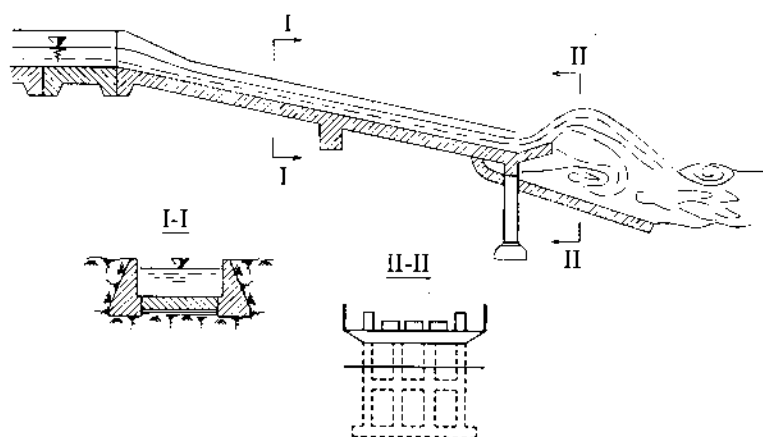
Ngoài ra có thể tính theo phương pháp của T.G.Vônhitr -Xianôjenxki và phương pháp của N.B.Itxatrencô [10].



Hình 12-27. Các loại mố nhám nhân tạo

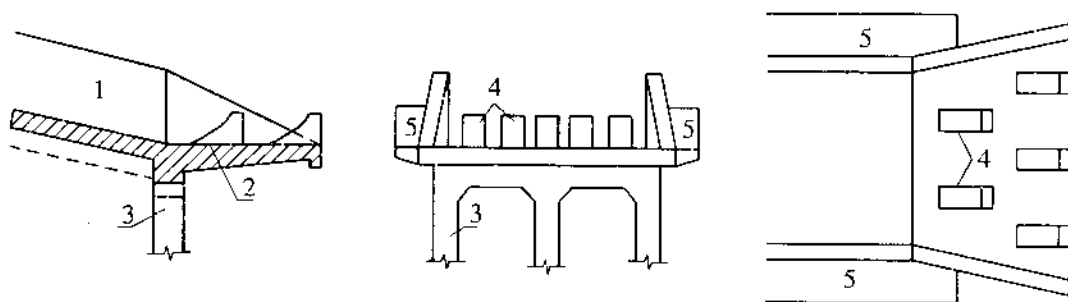
- Trường hợp lưu tốc của dòng chảy trong dốc nước lớn hơn lưu tốc cho phép làm vật liệu dốc nước thì cần làm mố nhám nhân tạo để tăng chiều sâu dòng chảy, giảm lưu tốc và làm nhiệm vụ tiêu năng dọc theo dốc (hình 12-27). Việc tính toán dốc nước có mố nhám nhân tạo chủ yếu dựa vào yêu cầu khống chế lưu tốc, chọn loại mố nhám cần thiết và sau đó tính được các yếu tố thủy lực của dốc.

- Tiêu năng cuối dốc nước thường dùng các hình thức như tiêu năng đáy (xem §12-3 mục IV) và các thiết bị tiêu năng phụ như biện pháp tiêu năng sau đập tràn; trường hợp địa hình dốc và thay đổi đột ngột dùng hình thức máng phun (hình 12-28) làm cho dòng chảy sau khi rời mũi phun sẽ hút vào không khí, bị khuếch tán hai chiều và rơi xuống hạ lưu, lưu tốc sẽ giảm rất nhiều nên hạn chế được khả năng xói lở hạ lưu.



Hình 12-28. Tiêu năng kiểu máng phun

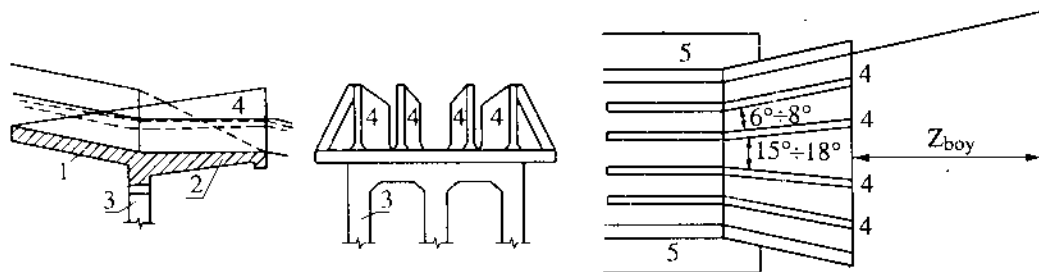
Máng phun cũng có thể xây dựng cả trên nền đất. Nếu chiều sâu nước hạ lưu lớn thì hố xói sẽ không phát triển rộng. Tuy nhiên để đảm bảo an toàn, cần gia cố và làm sẵn hố xói. Trường hợp xây trên nền đá, địa hình dốc, máng phun là hình thức được xem là hợp lý và kinh tế. Để giảm bớt năng lượng dòng nước phun ra, cuối máng người ta có thể bố trí các mố phun nước (hình 12-29) làm cho tia dòng phóng ra sẽ ngậm khí nhiều hơn và khuếch tán nhanh.



Hình 12-29. Mố phun nước cuối máng

1. Đáy dốc; 2. Công xon; 3. Trụ đỡ; 4. Mố phun; 5. Cầu công tác.

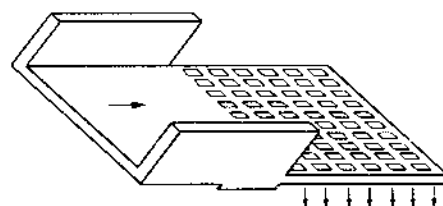
Muốn giảm lưu lượng đơn vị, ở cuối máng người ta dùng tường hướng dòng mở rộng (hình 12-30).



Hình 12-30. Tường hướng dòng cuối máng phun

1. Đáy dốc; 2. Công xon; 3. Trụ đỡ; 4. Tường hướng dòng; 5. Cầu công tác

Cũng có thể dùng kiểu máng phun không có tường bên và ở đáy có lỗ (hình 12-31), khoảng $\frac{1}{3}$ lưu lượng sẽ rơi xuống qua các lỗ, còn lại phun xuống hạ lưu theo ba hướng. Dùng hình thức này có thể giảm chiều sâu hố xói từ 3 ÷ 3,5 lần so với máng phun bình thường.



Hình 12-31

b) Bậc nước

Lúc địa hình rất dốc, kênh tháo dùng hình thức bậc nước nhiều cấp có thể giảm được khối lượng đào đắp. Các bậc nước có tác dụng tiêu hao năng lượng trong suốt chiều dài dòng chảy và bộ phận tiêu năng cuối kênh tháo sẽ đơn giản hơn (hình 12-32).

Mặt cắt ngang của bậc nước là hình thang hoặc chữ nhật. Bậc bao gồm nhiều cấp; khi thiết kế, phải đảm bảo cho trong mỗi cấp đều có nước nhảy ngập ổn định. Vì vậy cuối mỗi cấp thường có tường tiêu năng, chiều dài mỗi bậc không nên quá 20m. Trong một hệ thống bậc nước, chiều dài và chiều cao các cấp đều bằng nhau để dễ tính toán và thi công, tỷ lệ giữa chiều dài và chiều cao mỗi cấp không nhỏ hơn 2.

Chiều cao mỗi cấp như sau:

$$P = \frac{P_0}{n} + d ; \quad (12-28)$$

trong đó:

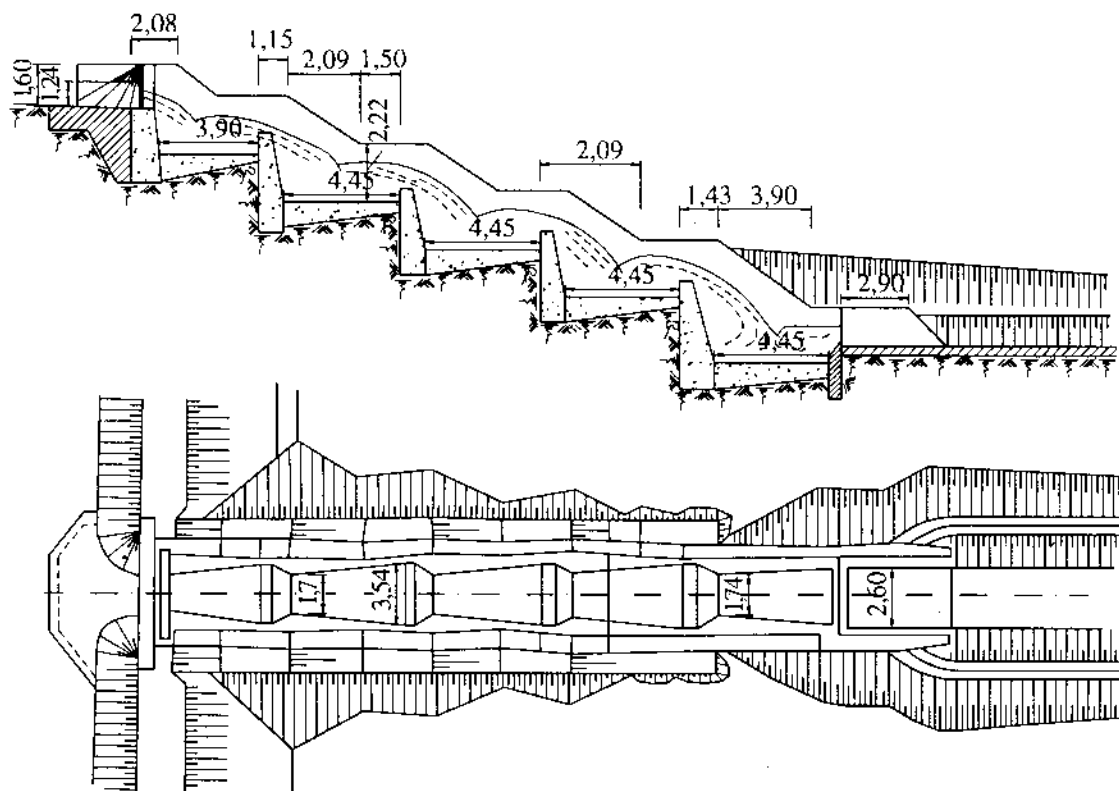
P_0 - chiều cao toàn bộ bậc nước nhiều cấp;

n - số cấp;

d - chiều sâu bể tiêu năng, sơ bộ lấy bằng $\frac{1}{3}P$.

Mỗi cấp gồm có tường chắn, bản đáy và tường bên.

Tường chắn làm việc như một đập tràn, nó là loại tường trọng lực, có khe lún tách khỏi bản đáy. Sau tường chắn có thiết bị thoát nước để giảm áp lực thấm.



Hình 12-32. Bậc nước

Bản đáy trong mỗi cấp làm nhiệm vụ như bản đáy của bể tiêu năng chiều dày sơ bộ tính theo kinh nghiệm:

$$t = 0,25\sqrt{q\sqrt{P}} ; \quad (12-29)$$

q - lưu lượng đơn vị ($m^3/s.m$);

P - chiều cao mỗi cấp (m).

Các kích thước khác của bậc, có thể tính theo thủy lực học.

Để tháo cạn nước trong bể tiêu năng khi bậc nước không làm việc, người ta bố trí các lỗ tròn hoặc vuông dưới tường tiêu năng.

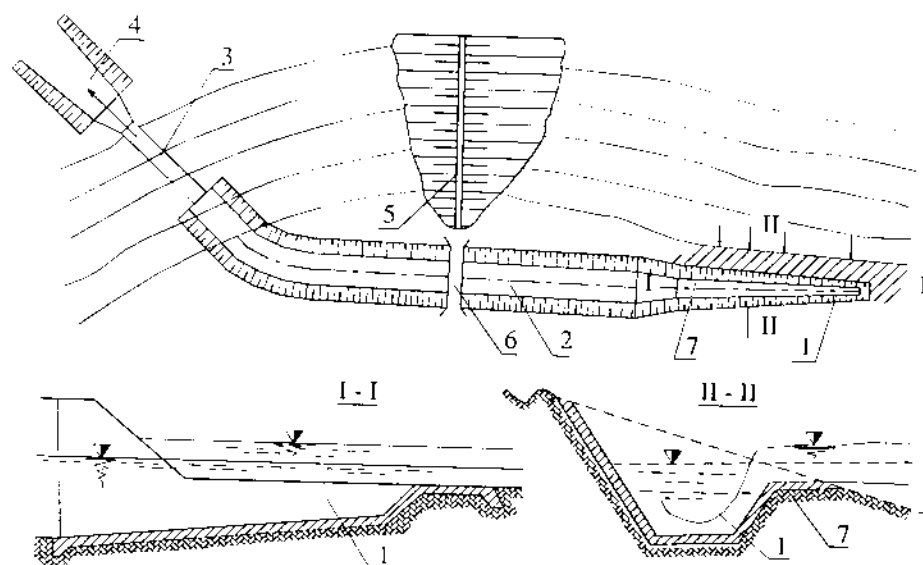
Tường bên của bậc nước là tường trọng lực.

§12.5. ĐƯỜNG TRÀN NGANG

I. Điều kiện sử dụng và đặc điểm làm việc

Trường hợp ở đầu mỗi công trình không có vị trí thích hợp để làm đường tràn dọc, nhất là lúc địa hình dốc và hẹp thì nên dùng đường tràn ngang.

Đường tràn ngang cũng là loại đường tràn hở gồm các bộ phận: ngưỡng tràn, máng bên nằm trực tiếp sau ngưỡng tràn, kênh tháo (hình 12-33).



Hình 12-33. Đường tràn ngang

1. Máng bên; 2. Kênh tháo; 3. Công trình nối tiếp;
4. Kênh dẫn; 5. Đập; 6. Cầu; 7. Ngưỡng tràn

Đặc điểm chủ yếu của đường tràn ngang là sau khi chảy qua ngưỡng tràn vào máng bên, dòng nước sẽ chuyển theo phương vuông góc hoặc gần vuông góc với phương dòng chảy trên ngưỡng tràn. Dòng chảy trong máng bên là dòng biến lượng, xoắn ốc khá phức tạp. Trong điều kiện địa hình dốc, sườn núi đá làm đường tràn ngang có nhiều ưu điểm: có thể bố trí ngưỡng tràn theo đường đồng mức của sườn núi, chiều dài ngưỡng tràn bảo đảm tháo hết lưu lượng lũ cần thiết với cột nước trên ngưỡng thấp mà khối lượng đào đất đá hợp lý. Độ dốc kênh tháo tương đối lớn nên mặt cắt kênh có thể giảm nhỏ, do đó khối lượng công trình giảm. Cũng do cột nước trên ngưỡng tràn thấp mà có thể giảm độ cao của đập và giảm được tổn thất ngập lụt thượng lưu.

Đường tràn ngang có thể dùng cho tất cả các loại công trình lớn, vừa và nhỏ. Đường tràn ngang thích hợp đối với nền đá. Với nền mềm cũng có thể dùng loại này, nhưng từ sau ngưỡng tràn trở đi cần gia cố do đó vốn đầu tư có thể lớn.

II. Tính toán thủy lực đường tràn ngang

Việc tính toán thủy lực đường tràn ngang bao gồm: tính toán khả năng tháo, tính toán thủy lực máng bên, kênh tháo và tiêu năng hạ lưu. Phần tính toán thủy lực kênh tháo và tiêu năng cũng như kích thước, cấu tạo các bộ phận được trình bày trong §12.4.

1. Ngưỡng tràn

Có thể dùng hình thức ngưỡng đỉnh rộng hay thực dụng. Qua so sánh chọn được cao trình ngưỡng tràn và cột nước H trên đỉnh ngưỡng. Độ sâu nước trong máng bên kể từ đỉnh ngưỡng trở lên không nên vượt quá $0,4H$ để tránh chảy ngập.

Chiều rộng ngưỡng tràn có thể tính theo công thức (12-6):

$$B = \frac{Q}{\sigma_n \epsilon m \sqrt{2gH_0^{3/2}}}.$$

2. Tính toán thủy lực máng bên

Dòng nước chảy trong máng bên rất phức tạp, nước qua ngưỡng sẽ chảy dọc theo tuyến máng bên qua kênh tháo xuống hạ lưu. Thiết kế mặt cắt máng bên thoả mãn yêu cầu tháo lũ, cần phải xác định được đường mặt nước trong máng bên và từ đó xác định cao trình đáy máng bên.

Dòng chảy trong máng bên là dòng biến lượng ba hướng phức tạp, cho đến nay vẫn chưa được giải quyết triệt để. Ở đây chỉ giới thiệu một số phương pháp gần đúng.

a) Phương pháp đơn giản của giáo sư E.A.Zamarin:

Coi dòng chảy trong máng bên là dòng đều, trình tự tính toán như sau:

- Xác định lưu tốc trong máng bên. Nếu nối tiếp sau máng là đường dẫn kín thì thường khống chế $v \approx v_{cp}$, trong đó v_{cp} là lưu tốc cho phép của vật liệu máng. Nếu nối tiếp sau máng là đường dẫn hở thì thường khống chế $v \leq v_k$, trong đó v_k là lưu tốc của dòng chảy phân giới ở mặt cắt cuối máng.

- Chia máng bên ra từng đoạn, với khoảng cách của các mặt cắt kể từ đầu máng bên là $x_1, x_2, \dots, x_n$.

- Lưu lượng qua các mặt cắt x được xác định là:

$$Q_x = m\sqrt{2g}H^{3/2}; \quad (12-30)$$

- Xác định chiều rộng b của đáy và độ dốc mái của mặt cắt ngang máng bên. Biết Q_x , nên có thể tính được chiều sâu trung bình h tại mặt cắt x . Đến đây sơ bộ ta đã tính ra chiều rộng của đáy và chiều sâu ở các mặt cắt của máng bên. Nhưng quan hệ giữa các mặt cắt thì phải qua tính toán đường mặt nước mới xác định được.

- Xác định độ dốc thủy lực:

$$i = \frac{v^2}{C^2 R} = \frac{v^2 n^2}{R^{4/3}} ; \quad (12-31)$$

trong đó:

R - bán kính thủy lực;

n - hệ số nhám của máng bên.

- Xác định độ dốc trung bình cho 2 mặt cắt lân cận:

$$i_{tb} = \frac{1}{2}(i_n + i_{n+1}) ; \quad (12-32)$$

- Coi độ chênh mực nước giữa hai mặt cắt bằng tổn thất cột nước giữa hai mặt cắt:

$$h_w = l \cdot i_{tb} ;$$

trong đó: l - khoảng cách giữa hai mặt cắt.

Như vậy toàn bộ đường mặt nước trong máng bên được xác định. Ta biết được độ sâu tại mỗi mặt cắt, do đó có thể xác định cao trình đáy toàn bộ máng bên (có thể lập thành bảng để tính cho dễ).

Do xuất phát từ giả thiết dòng chảy trong máng bên là dòng đều, nên kết quả tính ra chỉ là gần đúng để sơ bộ xác định kích thước máng bên. Sau đó cần kiểm tra bằng các phương pháp chính xác khác.

b) Phương pháp dòng biến lượng

Giả thiết dòng chảy là ổn định, dùng công thức sau đây để vẽ đường mặt nước trong máng bên:

$$d\left(\frac{\alpha_0 v^2}{2g}\right) + \frac{dp}{\gamma} + dz + i_r dx + \frac{\alpha_0 (v - \theta)}{gQ} v dQ = 0 ; \quad (12-33)$$

trong đó:

v - lưu tốc trung bình của dòng chảy tại mặt cắt đã định;

Q - lưu lượng tại mặt cắt;

z và p - toạ độ và áp lực thủy động tại 1 điểm của mặt cắt;

i_r - độ dốc ma sát (có thể xác định theo dòng chảy đều);

θ - hình chiếu của lưu tốc dòng nhập vào lên phương của dòng cơ bản trong máng bên;

α_0 - hệ số sửa chữa lưu tốc.

Công thức (12-33) có thể viết dưới dạng:

$$-d\left(\frac{p}{\gamma} + z\right) = d\left(\frac{\alpha_0 v^2}{2g}\right) + \frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R} dx + \frac{\alpha_0 \left(1 - \frac{\theta}{v}\right)}{g\omega^2} QdQ; \quad (12-34)$$

Gọi y là toạ độ của mặt nước tại mặt cắt x so với mặt chuẩn nằm ngang:

$$y = z + \frac{p}{\gamma}; \quad (12-35)$$

Lấy hai mặt cắt tương đối gần nhau, cách nhau một đoạn Δx , viết phương trình (12-34) dưới dạng sai phân ta có:

$$y_1 - y_2 = \frac{\alpha_0 (v_2^2 - v_1^2)}{2g} + \frac{Q_{tb}^2}{C_{tb}^2 \omega_{tb}^2 R_{tb}} \Delta x + \alpha_0 \left(1 - \frac{\theta}{v_{tb}}\right) \frac{Q_2^2 - Q_1^2}{2g\omega_{tb}^2}; \quad (12-36)$$

Ở đây chỉ số "tb" dùng để chỉ trị số trung bình cho cả đoạn, tức là trung bình cộng của 2 trị số ở 2 mặt cắt. Trường hợp dòng nhập vào thẳng góc với trục của dòng cơ bản trong máng bên thì $\theta = 0$, lúc đó phương trình (12-36) có dạng:

$$y_1 - y_2 = \frac{\alpha_0 (v_2^2 - v_1^2)}{2g} + \frac{Q_{tb}^2}{C_{tb}^2 \omega_{tb}^2 R_{tb}} \Delta x + \alpha_0 \frac{Q_2^2 - Q_1^2}{2g\omega_{tb}^2}; \quad (12-37)$$

Chúng ta có thể tính đường mặt nước một cách dễ dàng bằng máy tính hoặc tính bằng cách lập bảng theo phương pháp thử dần (bảng 12-1).

Gọi h_1 là chiều sâu tại mặt cắt thứ nhất đã biết, giả thiết h_2 là chiều sâu tại mặt cắt thứ hai mà ta cần tính và sẽ tính theo thứ tự trong bảng (12-1). Nếu đẳng thức:

$$y_1 - y_2 = \Delta h + i_0 \Delta x; \quad (12-38)$$

được thoả mãn (theo yêu cầu chính xác của thiết kế) thì việc giả thiết h_2 là đúng; Nếu không, cần giả thiết lại h_2 .

Trong công thức (12-38):

$y_1 - y_2$ là độ chênh mực nước ở 2 mặt cắt tính toán gần nhau tính theo công thức (12-37);

$\Delta h = h_1 - h_2$;

i_0 - độ dốc đáy máng bên;

Δx - khoảng cách giữa hai mặt cắt.

Bảng 12-1. Tính toán đường mặt nước trong máng bên theo phương pháp thử dần

Số thứ tự của mặt cắt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Khoảng cách kể từ đầu x (m)		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lưu lượng tại mặt cắt tính toán Q_x (m ³ /s)		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Bộ sâu h (m)		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Chiều rộng máng bên b (m)		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Diện tích mặt cắt ω (m ²)		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lưu tốc v (m/s)		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Chu vi ướt χ (m)		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Bán kính thủy lực R (m)		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Hệ số Sédil C		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
v^2		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Q^2		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
$\alpha_0 \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}$		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
$Q_{\text{tr}}^{\text{tr}}$		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
$Q_{\text{tr}}^{\text{tr}}$		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
$Q_{\text{tr}}^{\text{tr}}$		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Δx		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
$\frac{Q_0^2}{C_0^2 \omega_0^3 R_0} \Delta x$		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
$\alpha_0 \frac{Q_2^2 - Q_1^2}{2g\omega_0^2}$		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
$Y_1 - Y_2$		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
$Y_1 - Y_2 = \Delta h + i_0 \Delta x$		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cao trình đáy (m)		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cao trình mặt nước (m)		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Thường việc tính thử bắt đầu từ mặt cắt cuối cùng của máng bên (mặt cắt đầu tiên của kênh tháo). Độ sâu của mặt cắt này là điều kiện biên quan trọng mà ta cần xác định, tùy thuộc vào quan hệ giữa độ dốc máng bên và kênh tháo. Trường hợp thường gặp nhất là độ dốc đáy máng bên nhỏ hơn độ dốc phân giới và độ dốc kênh tháo lớn hơn độ dốc phân giới. Trong trường hợp đó, theo kết quả thí nghiệm, có thể lấy độ sâu của mặt cắt cuối máng bên bằng chiều sâu phân giới ứng với lưu lượng tính toán tại mặt cắt đó.

Những kết quả tính theo phương pháp này vẫn là tương đối chính xác, vì dòng chảy trong máng bên là dòng biến lượng ba hướng, phức tạp. Mặt nước tại một mặt cắt cũng không nằm ngang, mực nước tại thành đối diện với ngưỡng tràn thường cao hơn mực nước tại các điểm khác trên cùng một mặt cắt.

c) Các phương pháp khác:

- Xuất phát từ nguyên lý động lượng, cho b không đổi T.R.Camp và W.E.Howlond rút ra công thức:

$$\Delta y = 2\Delta \left(\frac{v^2}{2g} \right) + \frac{2v_{tb}^2}{2g} \cdot \frac{\Delta \omega}{\omega_{tb}} ; \quad (12-39)$$

Các ký hiệu như trên.

- Xuất phát từ nguyên lý động năng, I.M.Konovalop rút ra phương trình cơ bản dòng biến lượng như sau:

$$\Delta h = \frac{ig\omega_{tb}^3 - 2\omega_{tb}q^2x_{tb}}{g\omega_{tb}^3 - q^2x_{tb}^2b} \Delta x ; \quad (12-40)$$

hoặc:

$$\Delta y = \Delta \left(\frac{v^2}{2g} \right) + \frac{v_{tb}^2}{2g} \left(\frac{2\Delta x}{x_{tb}} \right) ; \quad (12-41)$$

Các ký hiệu khác như trên.

§12.6. XI PHÒNG THÁO LŨ

I. Điều kiện sử dụng

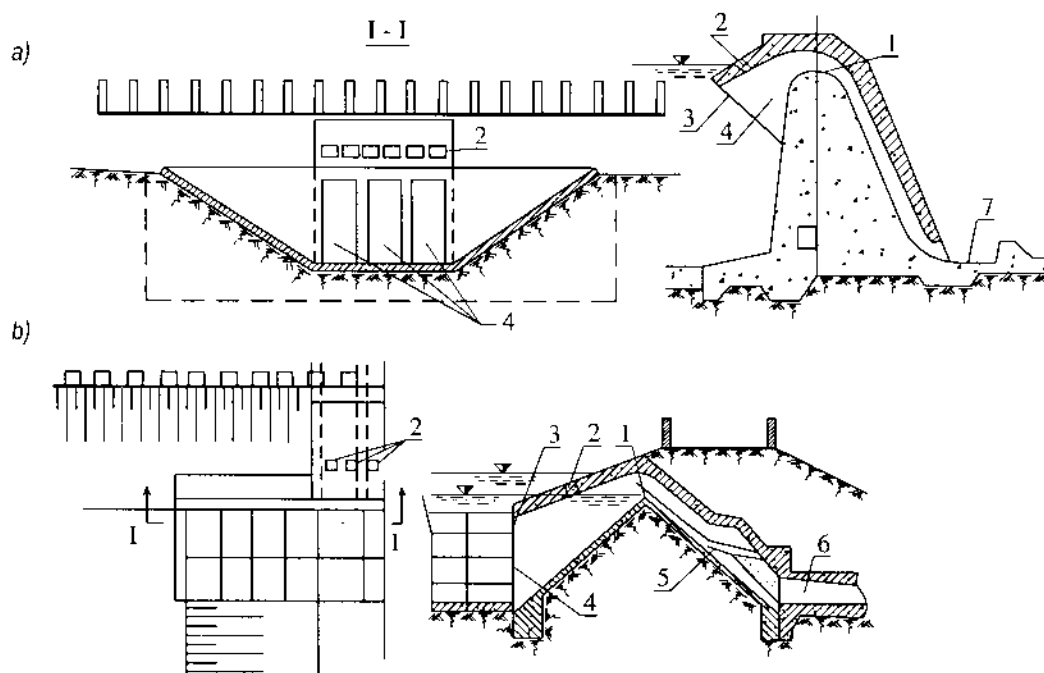
Khi xây dựng hồ chứa nước, vốn đầu tư xây dựng công trình tháo lũ khá lớn. Các công trình tháo lũ phải làm việc lâu dài, vững chắc, đơn giản trong quản lý và thoả mãn điều kiện kinh tế. Một trong những công trình thoả mãn điều kiện đó là xi phòng. Ở những nơi nước lũ về nhanh khi có mưa, việc ứng dụng xi phòng tháo lũ có tác dụng lớn vì nó làm việc tự động và đảm bảo tháo lũ nhanh chóng (hình 12-34).

Xi phòng được ứng dụng rộng rãi và được xây dựng trong các đập bê tông, trong những đập đất không lớn lắm. Xi phòng có những ưu điểm sau đây:

- Tự động tháo nước: khi lũ về, mực nước trong hồ vượt quá mức nước dâng bình thường một trị số nào đó, xi phong có thể bắt đầu làm việc có áp hoàn toàn.

- Rẻ tiền: lưu lượng tháo của xi phong lớn nên chiều rộng xi phong nhỏ hơn so với các công trình tháo lũ kiểu hở. Sự chênh lệch đó càng lớn khi công trình có lưu lượng lũ thiết kế lớn.

- Không cần có cửa van và các thiết bị đóng mở, do đó không cần nhân viên phục vụ.



Hình 12-34. a) Xi phong tháo lũ trong đập bê tông; b) Xi phong trong đập đất.

1. Đỉnh ngưỡng tràn; 2. Lỗ thông khí; 3. Tấm che; 4. Cửa vào;

5. Lưỡi gà hút nước; 6. Ống dẫn; 7. Bể tiêu năng.

II. Đặc điểm cấu tạo và làm việc

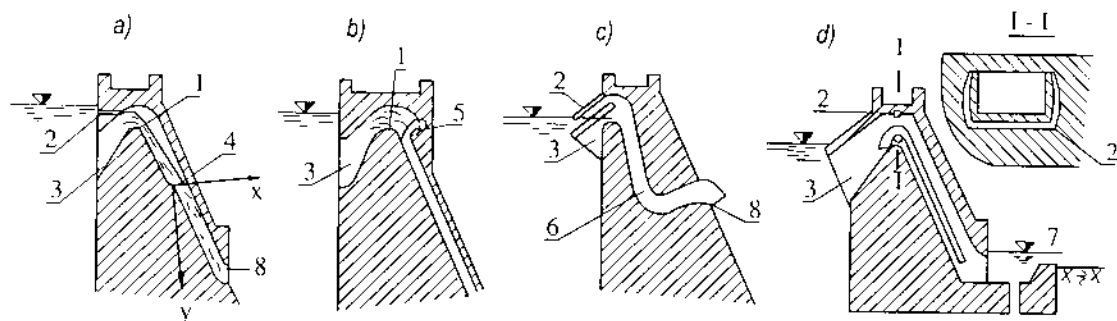
Xi phong là một loại công trình tháo lũ kiểu kín. Do tự động làm việc và lưu lượng đơn vị lớn so với công trình tháo lũ kiểu hở nên được ứng dụng rộng rãi.

Trên thế giới, xi phong tháo lũ có nhiều hình dạng kết cấu khác nhau. Sự phát triển về kết cấu với mục đích tìm hình dạng hợp lý về mặt thủy lực, đồng thời đảm bảo chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của công trình.

Mặt cắt ngang của xi phong thường là hình chữ nhật, hình vuông hay hình tròn.

Cửa vào xi phong được thu hẹp dần theo mặt phẳng thẳng đứng để lưu tốc vào nhỏ, giảm tổn thất cột nước. Diện tích cửa vào thường bằng 2 ÷ 3 lần diện tích mặt cắt ngang ở đỉnh. Mép trên của miệng vào đặt dưới mực nước dâng bình thường khoảng 0,7 ÷ 1,0m

để xi phòng làm việc ổn định, khi tháo lũ thì trước cửa không có xoáy, không khí không bị lọt vào miệng đồng thời tránh được các vật nổi không trôi vào xi phòng. Phía trên của mép vào, ngang với mực nước dâng bình thường, bố trí lỗ thông khí (hình 12-35a) hoặc dùng ống thông khí riêng thông với đỉnh xi phòng (hình 12-35d) và miệng vào của ống thông khí đặt ngang với mực nước dâng bình thường. Diện tích lỗ thông khí bằng $3 \div 10\%$ diện tích mặt cắt ngang ở đỉnh xi phòng. Lỗ thông khí có tác dụng làm cho xi phòng ngừng làm việc. Khi mực nước lũ hạ xuống bằng mực nước dâng bình thường thì miệng lỗ thông khí được lộ ra tiếp xúc với không khí và dẫn khí từ ngoài vào làm cho xi phòng ngừng làm việc.



Hình 12-35. Kết cấu các bộ phận xi phòng

1. Đỉnh tràn; 2. Lỗ thông khí; 3. Cửa vào; 4. Lưới gà hắt nước;
5. Đường dẫn nước; 6. Đoạn ống cong ngược; 7. Bể tiêu năng; 8. Cửa ra.

Đỉnh xi phòng đặt ở cao trình mực nước dâng bình thường. Khi lũ về, nước trong hồ bắt đầu dâng cao hơn mực nước dâng bình thường, nước bắt đầu tràn qua đỉnh và ngập lỗ thông khí. Mực nước trong hồ tiếp tục dâng, nước chảy trong ống cuốn theo không khí đi ra ngoài tạo thành chân không trong xi phòng, nước sẽ chảy đầy ống, xi phòng thực sự bắt đầu làm việc có áp.

Muốn xi phòng nhanh chóng bắt đầu làm việc có áp hoàn toàn, khi mực nước thượng lưu dâng quá đỉnh không lớn lắm, cần phải tạo trong xi phòng một độ chân không cần thiết. Bằng biện pháp thủy lực đẩy không khí từ trong ống ra ngoài, đồng thời ngăn không cho không khí ở hạ lưu vào bằng cách tạo thành lớp nước đệm hoặc màng nước chắn trong giới hạn nhánh ống hạ lưu ngăn cách với không khí. Việc đẩy không khí trong ống ra ngoài được thực hiện do nước chảy trong xi phòng tự động kéo theo không khí đi ra hạ lưu. Thiết bị để tạo màng nước chắn không cho không khí ở hạ lưu vào thường là lưới gà hắt nước cố định hoặc di động 4 (hình 12-35a), đường dẫn nước riêng 5 tạo nên lớp nước chắn khí (hình 12-35b), đoạn ống cong ngược 6 tạo thành lớp nước ngăn cách không khí (hình 12-35c), hoặc cửa ra hạ lưu ngập trong bể tiêu năng (hình 12-35d) v.v...

III. Khả năng tháo nước

Xi phông tháo lũ cần đảm bảo tháo lưu lượng thay đổi từ 0 đến $Q_{\max}$ ứng với mực nước thượng lưu từ mực nước dâng bình thường đến mực nước lớn nhất trong hồ.

Có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến khả năng tháo nước của xi phông, trong đó chủ yếu là kết cấu và kích thước, cột nước, tỷ số giữa lưu lượng tháo và $Q_{\max}$, điều kiện vào và ra của dòng chảy, áp lực khí trời v.v...

Kết cấu và kích thước, độ cong ở đỉnh, tính chất thay đổi mặt cắt ngang của ống là những yếu tố chủ yếu ảnh hưởng đến sự phân bố áp lực và lưu tốc trong mặt cắt ngang và theo chiều dài của ống, do đó ảnh hưởng đến trị số chân không và khả năng tháo nước.

Lưu lượng chảy qua xi phông được tính như sau:

$$Q = \mu \omega_r \sqrt{2gH_0} ; \quad (12-42)$$

trong đó:

μ - hệ số lưu lượng;

ω_r - diện tích mặt cắt ra của ống xi phông;

H_0 - cột nước có kể đến lưu tốc tiến gần;

$$H_0 = H + \frac{\alpha v_0^2}{2g} ;$$

Cột nước H và μ được tính như sau:

- Trường hợp cửa ra của ống xi phông không ngập:

H là độ chênh mực nước thượng lưu và trung tâm mặt cắt ra của ống xi phông;

và:

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \sum \xi_i K_i^2}} ; \quad (12-43)$$

trong đó: $K_i = \frac{\omega_r}{\omega_i}$ - tỷ số giữa diện tích mặt cắt cửa ra và diện tích mặt cắt đang xét, tại

vị trí có hệ số tổn thất cột nước ξ_i .

- Trường hợp cửa ra của ống xi phông ngập dưới mực nước hạ lưu:

H là độ chênh cột nước thượng hạ lưu;

và:

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{K_h^2 + \sum \xi_i K_i^2}} ; \quad (12-44)$$

$K_h = \frac{\omega_r}{\omega_h}$ - tỷ số giữa diện tích mặt cắt cửa ra và diện tích mặt cắt dòng chảy ở bề

tiêu năng;

ξ_i, K_i như trên, nhưng có kể đến hệ số tổn thất từ mặt cắt ra đến mặt cắt dòng chảy ở hạ lưu.

Khi mặt cắt ngang của ống xi phông không thay đổi, công thức (12-43) sẽ là:

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \sum \xi_i}} ; \quad (12-45)$$

và công thức (12-44) là:

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{K_h^2 + \sum \xi_i}} ; \quad (12-46)$$

IV. Biện pháp giảm áp lực chân không và tránh xâm thực

Khi chênh lệch cột nước thượng hạ lưu lớn, muốn giảm nhỏ lưu tốc trong xi phông không vượt quá lưu tốc cho phép, có thể dùng các biện pháp như mở rộng diện tích trong ống, thu hẹp cửa ra hoặc cho cửa ra không bị ngập để giảm chênh lệch cột nước, hoặc có thể hạn chế độ chân không lớn nhất có thể sinh ra ở đỉnh xi phông (lưu tốc càng lớn, độ chân không càng cao). Lưu tốc trong xi phông thường không nên vượt quá $15 \div 20$ m/s và lưu lượng đơn vị không nên vượt quá $20 \div 25$ m³/s.m.

Để trong xi phông không xuất hiện khí thực, khi thiết kế phải khống chế độ chân không luôn luôn nhỏ hơn độ chân không cho phép. Trị số chân không cho phép phụ thuộc nhiều yếu tố, trong đó có áp lực khí trời. Áp lực khí trời phụ thuộc cao độ địa hình và các yếu tố khí tượng khác. Ví dụ, tại độ cao địa hình + 0,00, độ chân không không nên vượt quá 3,5m cột nước, tại độ cao + 3000m thì độ chân không không được vượt quá 6m cột nước.

Để điều tiết hồ chứa tốt và điều hoà tháo lũ cũng như tránh hiện tượng rung động mạnh khi xi phông làm việc, người ta có thể thiết kế nhiều ống xi phông và cho các ống đó bắt đầu làm việc ở những thời điểm khác nhau. Khi lưu lượng lũ đến nhỏ thì cho một hoặc hai ống làm việc, khi lưu lượng lũ đến lớn thì cho nhiều ống làm việc. Với mục đích đó, cao trình các lỗ thông khí và đỉnh các ống được đặt ở các cao độ khác nhau. Cũng có thể thiết kế hệ thống thông khí thích hợp để điều chỉnh lượng không khí vào xi phông và đảm bảo xi phông tháo với lưu lượng tương ứng với lưu lượng đến trong hồ.

Ngoài các biện pháp trên để đảm bảo độ chân không nhỏ hơn độ chân không cho phép, kết cấu phân vào và thiết bị thông khí hợp lý, độ cong ở đỉnh xi phông không được lớn quá.

Xi phông có nhiều ưu điểm, nhưng nó cũng có những nhược điểm: độ chân không lớn dễ gây xâm thực, khi tháo lũ sinh ra chấn động ảnh hưởng tới ổn định công trình, cấu tạo tương đối phức tạp.

§12.7. GIẾNG THÁO LŨ

I. Điều kiện sử dụng

Giếng tháo lũ là công trình tháo lũ trên mặt, thường được xây dựng ngoài thân đập, nằm ở ven bờ hồ chứa. Nước chảy vào miệng tràn, qua phân giếng đứng xuống đường

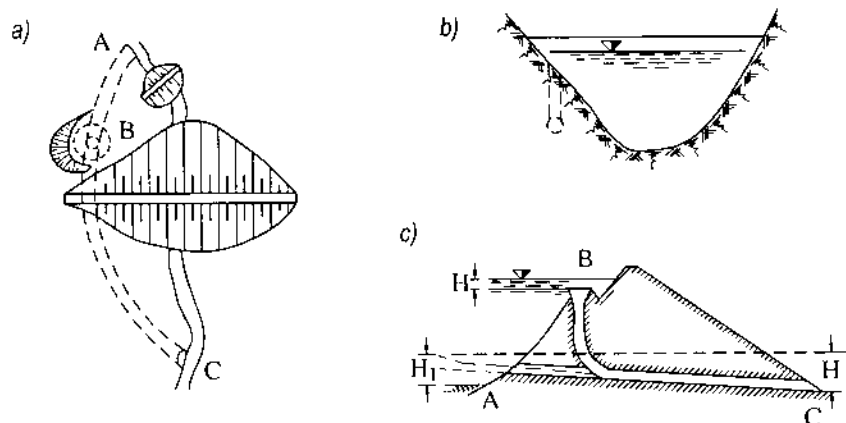
hầm nằm ngang và chảy ra hạ lưu. Giếng tháo lũ được xây dựng trong những trường hợp sau đây:

- Bờ hồ là đá, có địa hình dốc và hẹp không thuận lợi để xây dựng các công trình tháo lũ khác.

- Bản thân đường hầm tháo lũ là đường hầm dẫn dòng lúc thi công.

Giếng tháo lũ thường được xây dựng trong đầu mối công trình có đập dâng bằng vật liệu địa phương (hình 12-36), cũng có trường hợp đập dâng là đập vòm hay bản chống và phải tháo lũ thi công bằng đường hầm.

Giếng tháo lũ không những xây dựng ở bờ hồ mà có trường hợp xây dựng trong thân đập đất.



Hình 12-36. Giếng tháo lũ

a) Mặt bằng; b) Cắt ngang tuyến đập; c) Mặt cắt dọc giếng.

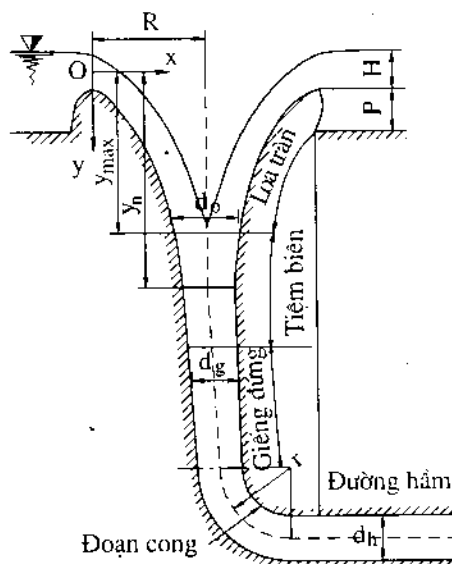
II. Các bộ phận

Giếng tháo lũ gồm các bộ phận sau đây (hình 12-37)

1. Miệng tràn: trên mặt bằng, miệng tràn có dạng hình tròn đồng tâm với giếng đứng. Trong một số trường hợp, do địa hình hạn chế, phải bố trí lệch tâm. Lúc bờ rất dốc, miệng tràn có thể là hình dạng bầu dục hoặc là một phần của hình tròn.

Miệng hình loa, là đập tràn tuyến tròn kiểu thực dụng hoặc đỉnh rộng.

2. Giếng đứng: là phần nối tiếp loa tràn có trục thẳng đứng kiểu giếng tròn, chỉ khi do điều kiện bố trí đường tràn, hoặc sự nối tiếp giữa giếng với đường hầm dẫn nước có khó khăn mới bắt buộc đặt giếng hơi nghiêng.



Hình 12-37. Các bộ phận của giếng tháo lũ

3. Đường hầm: thường bố trí nằm ngang và nối tiếp với giếng đứng bằng đoạn cong có bán kính $r > (2,5 \div 4)d$ (d - đường kính của đoạn nối tiếp). Đường kính của đường hầm được thiết kế theo yêu cầu dẫn dòng thi công và được kiểm tra lại với lưu lượng tháo lũ.

Ngoài ra, đoạn nối tiếp từ loa tràn với giếng đứng có dạng hình nón cụt.

Cũng giống như các công trình tháo lũ khác, giếng tháo lũ còn có kết cấu hướng dòng ở thượng lưu và tiêu năng sau đường hầm.

Trên đỉnh tràn có thể không có cửa van hoặc có cửa van; cửa van thường dùng là van phẳng, van cung, van trụ vòng; đa số trường hợp dùng không có cửa van vì tuyến tràn tròn, chiều dài tràn nước lớn, có khả năng tháo lưu lượng lớn với cột nước thấp.

III. Khả năng tháo nước

Khả năng tháo nước của giếng tháo lũ trước hết phụ thuộc chế độ làm việc của miệng loa tràn. Nếu miệng loa làm việc theo chế độ tràn không ngập, khả năng tháo phụ thuộc vào dạng và kích thước loa tràn, nếu giếng làm việc theo chế độ ngập thì được tính như trường hợp đường hầm có áp hoặc bán áp.

1. Trường hợp chảy không ngập: Lưu lượng tháo qua giếng được tính theo công thức (12-6) với $\sigma_n = 1$ và chiều dài tràn nước $2\pi R$ (R - bán kính của loa tràn):

$$Q = m2\pi R \sqrt{2gH_0^{3/2}} ; \quad (12-47)$$

2. Trường hợp chảy ngập: Khi loa tràn chảy ngập thì lưu lượng chảy qua giếng như chảy qua ống có áp theo công thức (12-42):

$$Q = \mu\omega_n \sqrt{2gH_0} ; \quad (12-48)$$

trong đó:

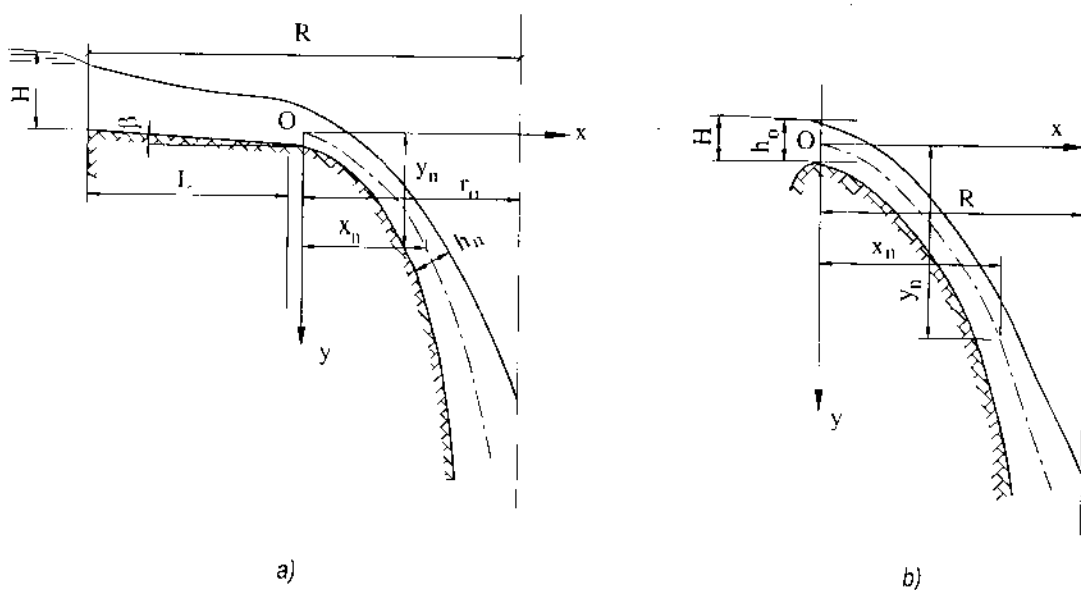
μ - tính theo công thức (12-45) và (12-46);

ω_n - diện tích mặt cắt ngang của đường hầm;

H_0 - tính theo chỉ dẫn của công thức (12-42).

IV. Đặc điểm làm việc và hình thức kết cấu

1. Loa tràn: Là đập tràn tuyến tròn, ngưỡng tràn thực dụng hoặc đỉnh rộng. Việc thiết kế loa tràn không những xác định dạng ngưỡng, mà phải tính đến nối tiếp từ ngưỡng đến giếng. Giếng tháo lũ có 2 loại loa tràn: ngưỡng có mặt phẳng nghiêng (hình 12-38a) và ngưỡng không có mặt phẳng nghiêng (hình 12-38b).



Hình 12-38. Hình dạng loa tràn
a) Ngưỡng có mặt phẳng nghiêng; b) Ngưỡng không có mặt phẳng nghiêng.

a) Loa tràn có mặt phẳng nghiêng (hình 12-38a)

Đoạn phẳng nghiêng có tác dụng như đập tràn đỉnh rộng, đặt nghiêng một góc $\beta = 6^\circ \div 8^\circ$ để đưa nước vào thuận; hệ số lưu lượng giống đập tràn đỉnh rộng $m = 0,36$; bán kính ngoài của mép tràn R , thường $R \geq (6 \div 8)H$ và chiều dài của đoạn nghiêng $L = (3 \div 4)H \approx (0,4 \div 0,5)R$.

$$R = \frac{Q}{m2\pi\sqrt{2g}H_0^{3/2}}; \quad (12-49)$$

Nếu trên đỉnh có n trụ pin, chiều dày mỗi trụ δ :

$$R = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{Q}{\varepsilon m \sqrt{2g} H_0^{3/2}} + n\delta \right); \quad (12-50)$$

Chiều sâu dòng chảy ở cuối đoạn phẳng nghiêng bằng $0,6H_0$ và lưu tốc ở đó là:

$$v_0 = \frac{Q}{2\pi r_0 (0,65H_0)}; \quad (12-51)$$

trong đó: r_0 - bán kính của loa;

$$r_0 = R - L - \frac{h_0}{2} \sin \beta; \quad (12-52)$$

Đường viền của loa thoả mãn yêu cầu không có hiện tượng tách dòng khỏi đáy. Đường viền đó có thể là dạng hình elíp, nhưng thích hợp nhất là dạng parabol theo

phương trình đường tia nước với lưu tốc ban đầu v_0 có xét tới hướng của vectơ lưu tốc nghiêng một góc β so với mặt nằm ngang.

b) Loa tràn không có mặt phẳng nghiêng (hình 12-38b):

Trường hợp này thường gặp khi có ngưỡng tràn cao, dạng đập tràn thực dụng, dùng trong trường hợp $R \leq 5H$, hệ số lưu lượng sơ bộ lấy $m = 0,46$. Chiều sâu trên ngưỡng tràn $0,75H_0$, lưu tốc tại đó là:

$$v_0 = \frac{Q}{2\pi r_0 (0,75H_0)} ; \quad (12-53)$$

trong đó: $r_0 = R$ và vectơ lưu tốc có hướng ngang.

Đường viền của loa tràn cũng được tính toán như trường hợp trên, nhưng đơn giản hơn.

2. Đoạn tiệm biến: thông thường đường kính giếng đứng bằng đường kính của đường hầm ($d_g = d_h$). Nếu đường kính tại mặt cắt tận cùng của loa tràn d_0 lớn hơn của giếng đứng d_g ($d_0 > d_g$) sẽ có đoạn tiệm biến thu nhỏ dần từ d_0 đến d_g . Góc thu hẹp không nên quá đột ngột, thường lấy trong phạm vi $8^\circ \div 10^\circ$, và trong phạm vi đoạn tiệm biến ngắn, dòng chảy được xem là dòng không áp.

3. Giếng đứng: là phần từ cuối đoạn tiệm biến đến phần uốn cong sang đường hầm. Nước trong giếng chảy với lưu tốc lớn, gần như rơi tự do và xem như trong giếng tồn thất năng lượng không đáng kể, vì vậy lưu tốc sẽ tăng dần. Có trường hợp giếng được thiết kế có tiết diện thu hẹp dần.

4. Đường hầm: nằm ngang có đường kính bằng đường hầm thi công.

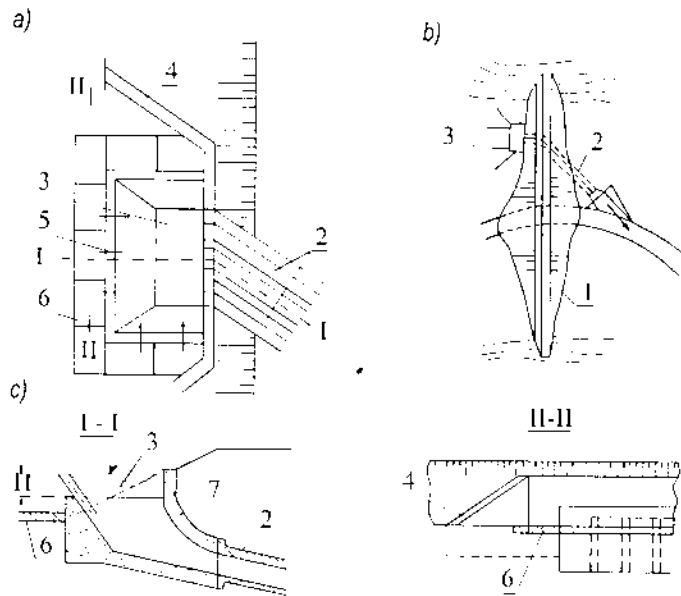
Chế độ dòng chảy trong đường hầm có thể có áp, không áp hoặc bán áp. Thông thường được thiết kế cho dòng chảy có áp hoặc không áp hoàn toàn.

§12.8. ĐƯỜNG TRÀN LŨ KIỂU GÁO

Đây là công trình tháo lũ kiểu kín, có thể đặt ở bờ sông hay thân đập. Các bộ phận của công trình này bao gồm: Ngưỡng tràn, các ống tháo và thiết bị tiêu năng hạ lưu (hình 12-39).

Ngưỡng tràn ba phía có dạng mặt cắt thực dụng hoặc mặt cắt hình thang đỉnh mỏng. Qua ngưỡng tràn, nước chảy vào gáo rồi được tháo theo các ống xuống hạ lưu. Cao trình đỉnh ngưỡng tràn bằng mực nước dâng bình thường. Cột nước trên đỉnh tràn thường từ $1 \div 1,5m$ nên chiều dài ngưỡng tràn tương đối dài.

Ngưỡng tràn ở mặt chính diện phải đủ dài để có thể bố trí miệng vào của các ống tháo nước. Miệng vào của các ống được mở rộng dần để dòng chảy vào thuận. Mặt cắt các ống tháo có dạng tròn hoặc vuông. Các ống này thường làm bằng bê tông cốt thép. Tại cửa ra của ống, bố trí các thiết bị tiêu năng.



Hình 12.39. Đường tràn kiểu gáo

1. Đập đất; 2. Ống tháo; 3. Gáo; 4. Tường hướng dòng;
5. Ngưỡng tràn; 6. Lớp bảo vệ; 7. Đoạn quá độ

Chiều dài toàn bộ ngưỡng tràn có thể tính theo công thức đập tràn. Từ chiều dài toàn bộ, ta có thể xác định được chiều dài của phần chính diện và chiều dài của hai phần bên hông để tiện bố trí miệng vào các ống tháo.

Kích thước và số lượng ống tháo, dựa vào công thức tính cho đường ống có áp:

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gH_0} \quad ; \quad (12-54)$$

trong đó:

ω - diện tích mặt cắt ống tháo;

H_0 - cột nước tính toán, tính theo chỉ dẫn ở công thức 12-42;

μ - hệ số lưu lượng, tính theo công thức (12-45) và (12-46).

Đường tràn lũ kiểu gáo chỉ dùng đối với các công trình loại nhỏ và vừa.

Chương 13

CÔNG TRÌNH LẤY NƯỚC

§13.1. MỤC ĐÍCH, YÊU CẦU, PHÂN LOẠI

I. Mục đích xây dựng công trình lấy nước

Công trình lấy nước được xây dựng để lấy nước từ sông, kênh, hồ chứa... phục vụ các yêu cầu dùng nước khác nhau như: tưới, phát điện, cung cấp nước cho sinh hoạt, cho công nghiệp, du lịch, v.v... Công trình lấy nước thường được xây dựng cùng với các công trình khác như đập, bể lắng cát, cống xả cát, các công trình điều chỉnh dòng sông... tại vị trí đặt cửa lấy nước và gọi đó là đầu mối công trình.

II. Yêu cầu

Các công trình lấy nước từ sông, suối phải đạt được các yêu cầu cơ bản sau:

1. Thường xuyên lấy đủ nước theo yêu cầu của các hộ dùng nước:

Hộ dùng nước ở đây có thể là trạm thuỷ điện, nhà máy, xí nghiệp, cụm dân cư, khu tưới, trại chăn nuôi gia súc, khu du lịch, dịch vụ.

Yêu cầu dùng nước của hộ là bao gồm cả về số lượng và chất lượng. Mỗi hộ dùng nước có yêu cầu chất lượng và số lượng khác nhau. Ngay trong một hộ dùng nước, yêu cầu đó cũng thay đổi theo thời gian. Hơn nữa yêu cầu dùng nước cũng luôn được phát triển theo đòi hỏi của sự phát triển kinh tế, xã hội, đời sống con người. Mặt khác sự đáp ứng yêu cầu đó còn phải tính đến nguồn nước được bảo vệ chống ô nhiễm, khai thác bền vững trong mối liên quan hài hoà với các nguồn tài nguyên khác.

2. Đảm bảo ổn định cho công trình lấy nước, chống bùn cát lắng đọng:

Công trình lấy nước chỉ có thể đảm bảo yêu cầu lấy đủ nước nếu từng hạng mục công trình cũng như toàn bộ công trình không bị dịch chuyển, không bị nghiêng hoặc lún vượt quá cho phép, không bị nứt hoặc biến dạng quá giới hạn cho phép.

Đặc biệt là cửa lấy nước không bị bùn cát lấp đầy, dẫn đến chất lượng lấy nước không đảm bảo.

3. Ngăn chặn vật nổi vào kênh.

4. Thuận lợi cho thi công, quản lý, áp dụng được các tiến bộ kỹ thuật như điện khí hoá, tự động hoá, v.v...

5. Tạo cảnh quan hài hoà, giữ gìn bảo vệ môi trường, phát triển du lịch, sử dụng tổng hợp nguồn nước.
6. Có kết cấu đơn giản và giá thành hợp lý.

III. Phân loại công trình lấy nước

Trong thực tế có nhiều cách phân loại công trình lấy nước khác nhau.

1. Theo phương tách dòng chảy khỏi dòng chính vào công trình lấy nước

- Công trình lấy nước bên cạnh: phương của dòng chảy vào công trình lấy nước hợp với phương của dòng chảy trong sông chính một góc xấp xỉ 90° .
- Công trình lấy nước chính diện: phương của dòng chảy vào công trình lấy nước gần như song song với phương của dòng chảy trong sông chính.

2. Theo hình thức có đập hay không có đập

- Công trình lấy nước có đập (ví dụ như công trình lấy nước Thạch Nham).
- Công trình lấy nước không đập (như công trình lấy nước Liên Mạc).

3. Theo khả năng điều tiết lưu lượng

- Công trình lấy nước không cống.
- Công trình lấy nước có cống.

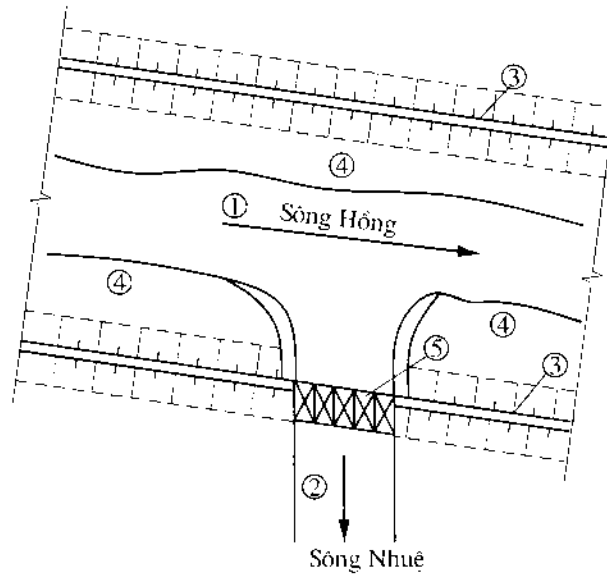
§13.2. CÔNG TRÌNH LẤY NƯỚC KHÔNG ĐẬP

I. Khái niệm

Công trình lấy nước không đập là công trình lấy nước đặt trực tiếp trên một bờ sông mà không cần đập ngăn sông. Công trình lấy nước không đập thường được dùng rộng rãi trong các hệ thống thủy lợi phục vụ các nhu cầu dùng nước khác nhau (như tưới, phát điện, cấp nước sinh hoạt, cấp nước công nghiệp, v.v...). Dọc theo sông Hồng, chúng ta có rất nhiều công trình lấy nước không đập (chiếm tới 40% các công trình trên đê), trong đó có cống lấy nước Liên Mạc - Hà Nội (hình 13-1). Cống xây dựng năm 1941 với bề mặt rộng 18 mét được chia thành 5 cửa (trong đó có một cửa qua thuyền rộng). Nhiệm vụ của cống là lấy nước vào sông Nhuệ để tưới 6100 ha với lưu lượng lớn nhất $Q_{\max} = 41 \text{ m}^3/\text{s}$.

Công trình lấy nước không đập được dùng trong trường hợp lưu lượng và mực nước sông đảm bảo lấy đủ lượng nước yêu cầu vào kênh.

Công trình lấy nước không đập (có thể có hoặc không có cống) có kết cấu đơn giản, giá thấp, song chịu ảnh hưởng trực tiếp của dòng chảy tự nhiên, chất lượng nước lấy tương đối thấp, quản lý khai thác khó khăn, tốn kém.



Hình 13-1. Sơ đồ mặt bằng cống lấy nước Liên Mạc

1. Sông Hồng; 2. Sông Nhuệ; 3. Đê sông Hồng; 4. Bãi sông Hồng; 5. Cống Liên Mạc

II. Điều kiện làm việc của công trình lấy nước không đập

1. Cửa lấy nước ở đoạn sông cong

Dòng nước trong sông thường mang theo bùn cát, sự phân bố bùn cát trong sông phụ thuộc vào sự phân bố lưu tốc dòng chảy. Trên đoạn sông thẳng có độ dốc trung bình, tính chất đất đồng nhất và tải với một lưu lượng nhất định thì mặt cắt ngang của lòng sông thường phát triển thành dạng cong đối xứng (mặt cắt I - I hình 13-2); phương lưu tốc nói chung song song với trục sông và trị số lớn nhất của nó ở chỗ giữa sông, do đó tại giữa sông dòng chảy có sức chuyển bùn cát lớn nhất. Trong thiên nhiên những đoạn sông thẳng rất ít chỉ chiếm khoảng 10 ÷ 20% chiều dài sông, phần còn lại là những đoạn sông cong.

Tại đoạn sông cong hướng chảy luôn thay đổi và khối nước ở đoạn sông cong chịu tác động của lực ly tâm (hình 13-3). Lấy một khối nước đơn vị thì lực ly tâm là:

$$P_{lt} = \frac{\alpha m v^2}{R} = \frac{\gamma H \alpha v^2}{gR} ; \quad (13-1)$$

trong đó:

m - khối lượng nước chuyển động ở vị trí uốn cong với lưu tốc v;

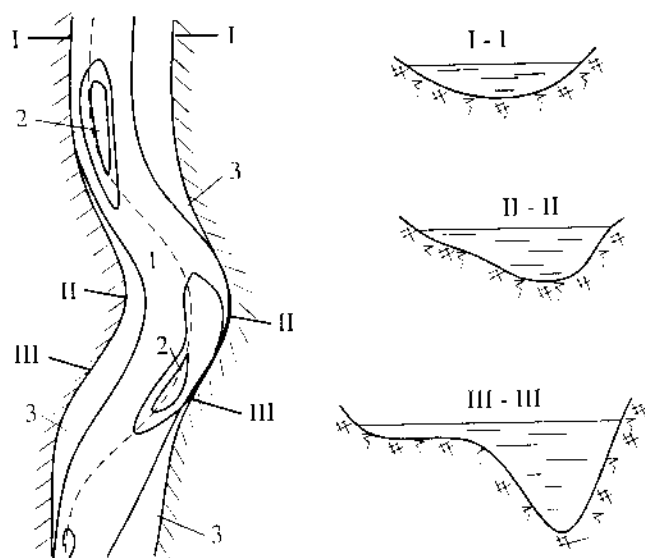
H - chiều cao cột nước có diện tích ngang bằng một đơn vị;

γ - trọng lượng riêng của nước;

R - bán kính cong của khối nước tách ra;

g - gia tốc trọng trường;

α - hệ số phân bố lưu tốc.



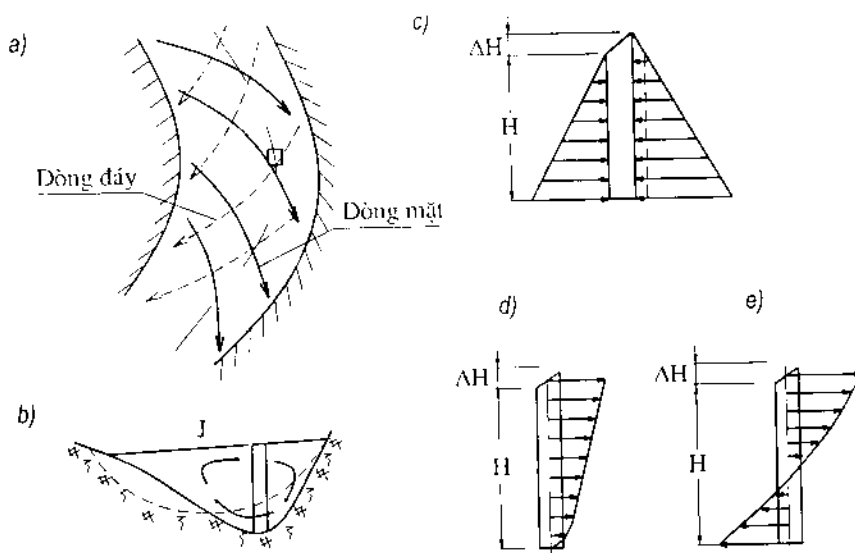
Hình 13-2. Hình thái một đoạn sông

1. Đoạn bồi cạn; 2. Vực; 2-I-2-I. Tuyến lạch; 3. Bãi bồi

Có lực ly tâm, bên bờ lõm nước dâng lên, bên bờ lồi mực nước hạ xuống. Sự chênh lệch mực nước này tạo nên chênh lệch áp lực thủy tĩnh là $\gamma \Delta H \cdot H$, lực này cân bằng với lực ly tâm, nghĩa là:

$$\frac{\gamma H \alpha v^2}{gR} = \gamma \Delta H \cdot H \Rightarrow \Delta H = \frac{\alpha v^2}{gR}$$

Do đó độ dốc hướng ngang: $J_y = \frac{\Delta H}{l} = \frac{\alpha v^2}{gR}$; (13-2)



Hình 13-3. Sơ đồ dòng chảy ở đoạn sông cong

Phân bố của p_h như ở hình 13-3d, hợp với sự chênh lệch áp lực nước hình 13-3c ta có biểu đồ áp lực tổng hợp ở hình 13-3e. Từ 13-3c ta nhận thấy nước là chất lỏng khi chịu lực sẽ chuyển động và biểu đồ lưu tốc có dạng tương tự như biểu đồ phân bố lực: phía trên dòng chảy hướng sang bờ lõm, phía dưới dòng chảy xô sang bờ lồi. Nghĩa là xuất hiện dòng chảy vòng hướng ngang. Mặt khác có chảy dọc nên một chất điểm nước sẽ chuyển động theo hình xoáy tròn ốc.

Do có dòng chảy vòng, bờ lõm sẽ bị xói và bùn cát theo dòng chảy đáy mang sang bờ lồi.

Đặc điểm trên của dòng chảy trong đoạn sông cong chính là điều kiện làm việc của công trình lấy nước nếu được bố trí tại đoạn sông cong.

2. Cửa lấy nước ở đoạn sông thẳng

Đối với đoạn sông thẳng khi có cửa lấy nước đặt ở bờ, do trạng thái thủy lực của dòng sông thay đổi, trước cửa lấy nước phát sinh hiện tượng chảy vòng hướng ngang. Dòng chảy không gian trước cửa lấy nước hình thành các xoáy với trục nằm ở mép thượng lưu cửa lấy nước. Tại trục xoáy thường có áp suất thấp, lõi cuốn dòng đáy tới gây nên sự bồi lắng ở mép thượng lưu cửa lấy nước.

Điều đáng chú ý là phạm vi ảnh hưởng của dòng đáy vào cửa lấy nước lớn hơn phạm vi ảnh hưởng của dòng mặt (hình 13-4). Căn cứ vào kết quả thí nghiệm, giáo sư V.A.Saumian đã tìm được bề rộng của dòng chảy đáy B_d và dòng chảy mặt B_m bị lôi cuốn vào cửa lấy nước khi góc lấy nước từ $30 \div 90^\circ$ là:

$$\left. \begin{aligned} B_d &= 1,17(K + 0,40)B_k \\ B_m &= 0,73(K + 0,05)B_k \end{aligned} \right\}; \quad (13-3)$$

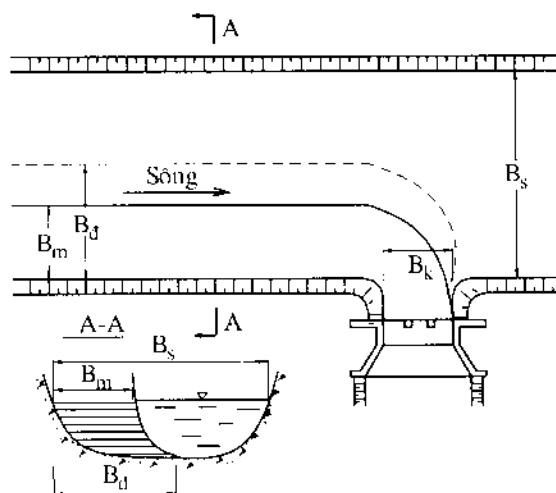
trong đó: $K = \frac{q_s}{q_k}$;

B_k - chiều rộng cửa lấy nước;

q_s - lưu lượng đơn vị dòng chảy trong sông;

q_k - lưu lượng đơn vị dòng chảy trong kênh.

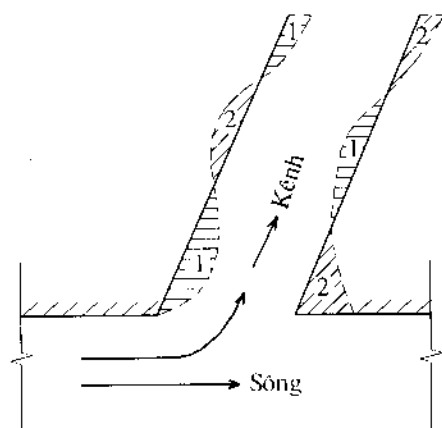
Hình 13-4. Dòng chảy ở đoạn sông thẳng có cửa lấy nước



Từ kết quả nghiên cứu nêu trên, ta thấy B_d gần gấp đôi B_m , lượng bùn cát đáy vào kênh rất lớn, ví dụ nếu lấy từ 12÷15% lưu lượng của sông vào kênh thì bùn cát đáy vào cửa lấy nước có thể tới 25÷30% lượng bùn cát đáy của sông.

3. Cửa lấy nước ở đoạn sông có bờ không ổn định

Khi có công trình lấy nước ở bờ, dòng chảy vòng hướng ngang trong sông xuất hiện (với đoạn sông thẳng) hoặc phát triển mạnh hơn (với đoạn sông cong). Điều đó khuấy động bùn cát ở mép hạ lưu cửa lấy nước, chuyển một lượng bùn cát đáy sang bùn cát lơ lửng và theo dòng chảy vào kênh hoặc chuyển sang mép thượng lưu lắng đọng lại. Do đó nếu cửa lấy nước ở những đoạn sông nằm trong vùng đất yếu, cửa lấy nước sẽ bị biến dạng mạnh. Mép trên cửa lấy nước thường xuyên bị bồi lấp, còn mép dưới bị xói lở dần (hình 13-5). Kết quả cửa lấy nước không ngừng dịch chuyển về phía hạ lưu, đoạn kênh đầu bị uốn khúc gây bất lợi cho khả năng lấy nước của công trình và làm mất ổn định công trình lấy nước.



Hình 13-5. Cửa lấy nước ở bờ không ổn định
1. Vùng bồi lắng; 2. Vùng xói lở.

4. Chọn vị trí đặt cửa lấy nước

Chọn vị trí đặt cửa lấy nước là công việc đầu tiên và quan trọng trong thiết kế công trình lấy nước. Từ đặc điểm làm việc và yêu cầu của công trình lấy nước không đập, thì tốt nhất đặt nó ở đoạn sông cong phía bờ lõm, nhưng ở vị trí nào là có lợi nhất? Chỗ sông bắt đầu cong có cường độ chảy vòng nhỏ, sau tăng dần, đến chỗ nước sâu nhất (vực) của đoạn sông cong thì cường độ chảy vòng lớn nhất. Tại đây bùn cát bị khuấy động mạnh. Từ đó trở về sau, cường độ dòng chảy vòng yếu dần. Do đó, không nên đặt cửa lấy nước ở chỗ có cường độ dòng chảy vòng lớn nhất mà nên bố trí lui về phía hạ lưu một đoạn để hạn chế bùn cát có hại vào kênh, nhưng vẫn đảm bảo yêu cầu nước lấy.

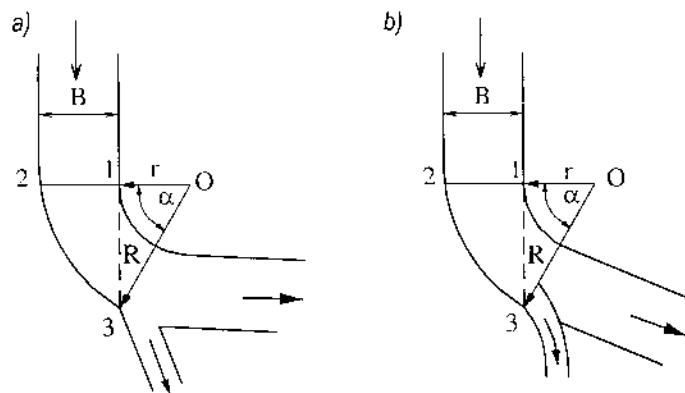
Đã có nhiều tác giả nghiên cứu về vấn đề vị trí đặt cửa lấy nước như: Farg, M.V Pôtápốp, S.T.Altunhin v.v... nhưng hoàn chỉnh nhất là công trình nghiên cứu của giáo sư N.F. Danhêliia.

Theo kết quả nghiên cứu của N.F.Danheliia, vị trí đặt cửa lấy nước được xác định như sau:

+ Mép thượng lưu (điểm 3) của cửa lấy nước (hình 13-6a) là giao của tiếp tuyến bờ lồi với bờ lõm ứng với vết lũ có tần suất $p = 1 \div 5\%$.

+ Độ dài đoạn cong L_{2+3} xác định theo công thức:

$$L_{2+3} = \frac{\pi R \cdot r \cos \frac{\alpha}{2}}{180} ; \quad (13.4)$$



Hình 13-6. Chọn vị trí đặt cửa lấy nước theo N.F.Danheliia

+ Khi lấy nước chính diện (hình 13-6b) cửa vào bố trí thẳng góc với hướng bán kính 3-0.

Góc lấy nước φ là góc hợp bởi phương dòng chảy trong sông và phương dòng chảy vào cửa lấy nước. Góc lấy nước có ảnh hưởng đến lưu lượng lấy nước trong kênh, ảnh hưởng đến bùn cát vào kênh, nói chung tốt nhất chọn $\varphi = 15^\circ \div 30^\circ$. Sơ bộ có thể xác định φ theo công thức:

$$\cos \varphi = \frac{v_s}{v_k} ; \quad (13-5)$$

trong đó:

v_s - lưu tốc dòng chảy trong sông;

v_k - lưu tốc dòng chảy vào cửa lấy nước.

Ngoài những điều kiện trên, cửa lấy nước cần bố trí trên đoạn sông có điều kiện địa chất ở bờ tốt và có dòng sông ổn định. Nếu không thoả mãn các yêu cầu đó cần tiến hành chỉnh trị lòng sông đảm bảo cửa lấy nước không bị xói lở, không bị bồi lấp và cũng không hình thành các bãi cát trong đoạn sông có cửa lấy nước.

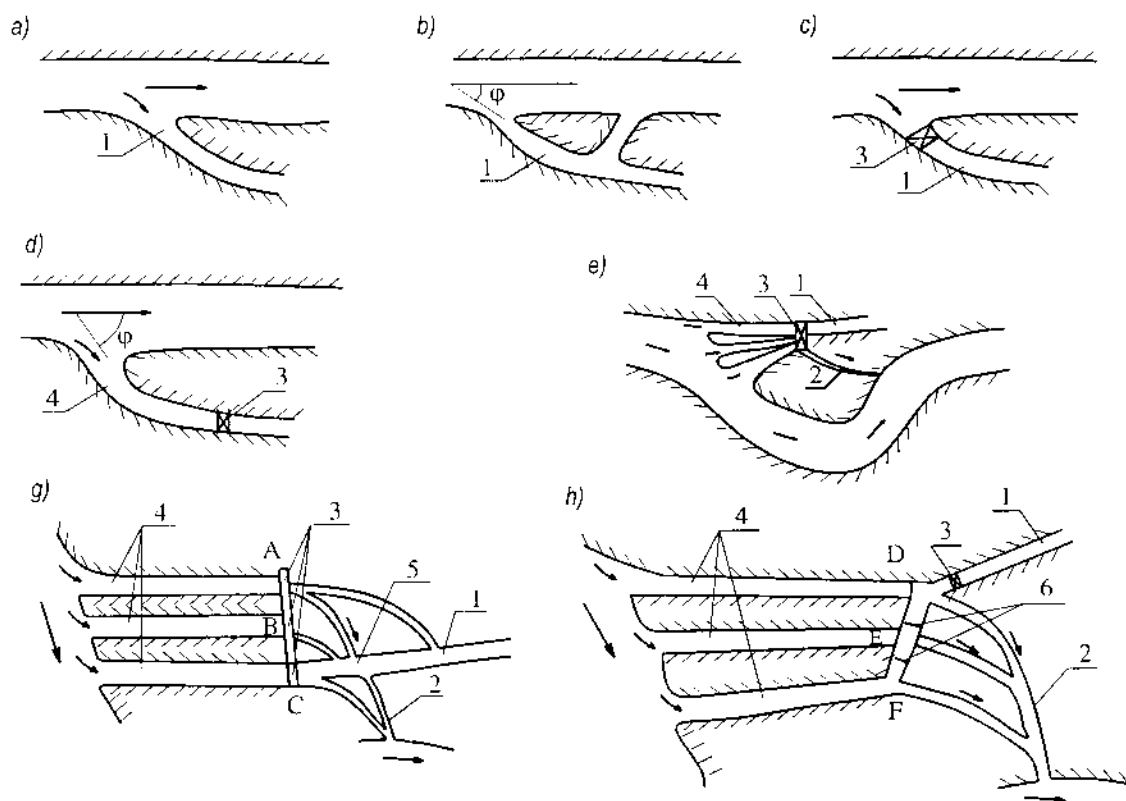
III. Các hình thức bố trí công trình lấy nước không đập

1. Lấy nước bên cạnh

Lấy nước bên cạnh (hình 13-7) được sử dụng khi mực nước sông đủ đảm bảo yêu cầu dẫn nước vào kênh và lưu lượng lấy vào kênh không vượt quá 20% lưu lượng nước trong sông. Có hai hình thức lấy nước bên cạnh là không có cống và có cống.

a) Hình thức lấy nước bên cạnh không có cống (hình 13-7a, b)

Đây là hình thức đơn giản nhất, nó chỉ có một kênh dẫn nước từ sông đến khu dùng nước. Nhược điểm cơ bản nhất của loại này là không khống chế được lưu lượng lấy, đầu kênh bị bùn cát bồi lắng nhanh, lòng sông bị biến dạng và đầu kênh thường bị dịch chuyển xuống hạ lưu (hình 13-5). Để khắc phục một phần nhược điểm đó người ta có thể làm nhiều cửa kênh lấy nước. Loại này có thể khống chế phần nào lưu lượng lấy bằng cách khi có lũ chỉ cho một cửa làm việc, các cửa khác đắp lại, khi lũ xuống tùy yêu cầu lấy nước ta có thể khơi thêm một hoặc tất cả các cửa đã bị đắp khi có lũ, ngoài ra còn có thể luân phiên nạo vét bùn cát và sửa chữa cửa lấy nước.



Hình 13-7. Sơ đồ các hình thức lấy nước bên cạnh không đập

1. Kênh lấy nước; 2. Kênh xả; 3. Cống; 4. Bể lắng cát kết hợp kênh dẫn;

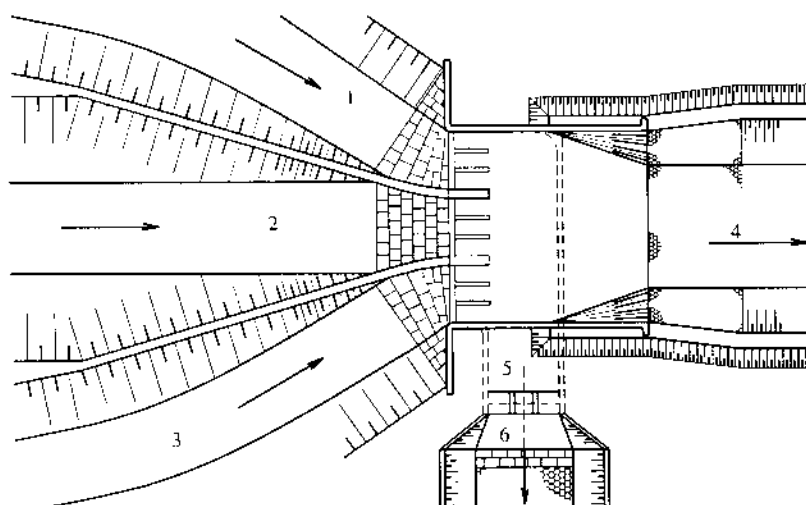
5. Cống luồn; 6. Cầu máng hoặc ống dẫn nước.

b) Hình thức lấy nước bên cạnh có cống

Lấy nước có cống là hình thức tương đối hoàn thiện khống chế lưu lượng vào kênh theo đúng yêu cầu. Hình 13-7c biểu thị cống đặt ở bờ sông. Hình 13-7d biểu thị cống cách bờ sông một đoạn.

Để hạn chế bùn cát vào kênh, thường đặt cống xa bờ sông 1÷2km. Đoạn kênh dẫn vào kết hợp làm bể lắng cát, thường làm từ 3 đến 4 bể (hình 13-7e). Trong thời gian lũ chỉ cho một bể làm việc, khi mực nước sông thấp các bể còn lại làm việc, còn bể đầu tiên nghỉ để nạo vét. Sơ đồ hình (13-7e) là do V.V.Saumian đề nghị, nó gồm một số kênh kết hợp bể lắng cát dẫn nước đến một cống. Hình (13-8) biểu thị các kết cấu cống lấy nước của sơ đồ này.

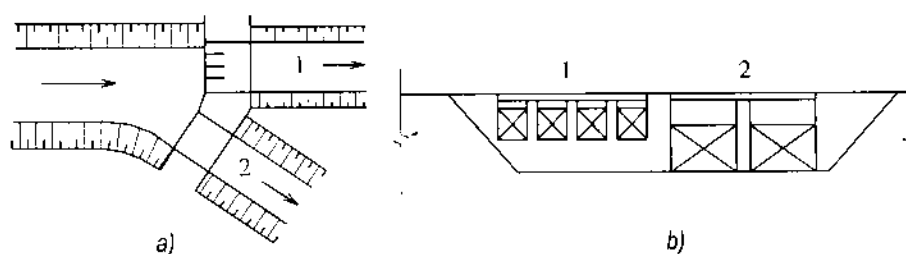
Ưu điểm của sơ đồ này là phần lớn bùn cát được xói xuống sông bằng phương pháp thủy lực, hạn chế được nhiều bùn cát có hại vào kênh lấy nước, tuy nhiên khi nước sông lên cao thì việc tháo xả bùn cát gặp khó khăn.



Hình 13-8. Sơ đồ bố trí lấy nước kiểu V.V. Saumian

1, 2, 3. Kênh dẫn kết hợp bể lắng cát; 4. Kênh lấy nước; 5. Cống xả cát; 6. Kênh xả cát.

Sơ đồ hình (13-7g) có 3 đoạn kênh dẫn kết hợp 3 bể lắng cát đưa nước vào các nút A, B, C, tại mỗi nút là một cặp cống hở, trong đó một cống để lấy nước, một cống để xả cát. Mặt bằng và mặt trước của nút A và C được biểu thị trên hình 13-9.



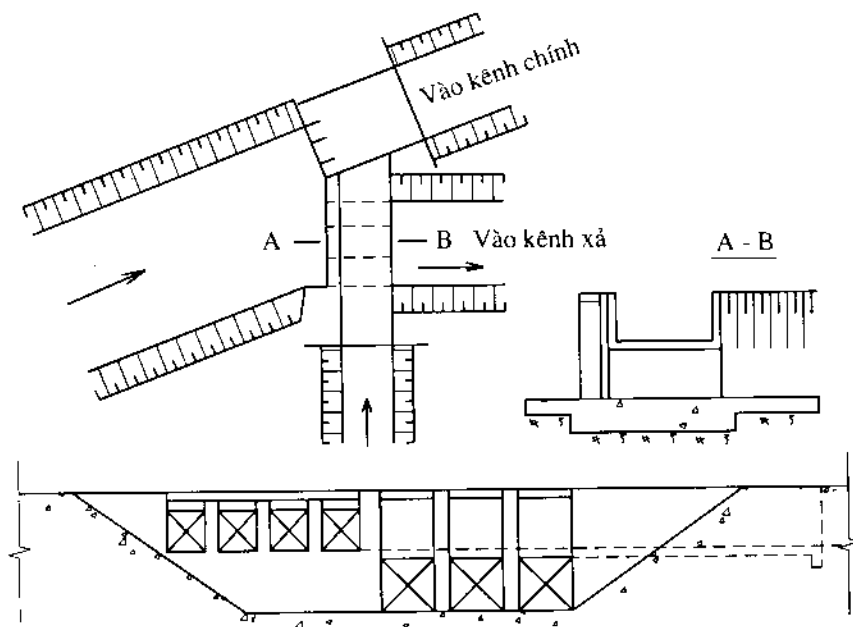
Hình 13-9. Mặt bằng (a) và chính diện (b) tại nút A và C.

1. Kênh lấy nước; 2. Kênh xả cát

Tại nút A và C thì cống xả nằm bên phải, cống lấy nước nằm bên trái, tại nút B thì ngược lại.

Sơ đồ này có ưu điểm của sơ đồ 13-7e ngoài ra do cống xả cát hồ nên tồn thất cột nước bé hơn, tăng được hiệu quả xói bùn cát.

Sơ đồ hình 13-7h cũng gồm 3 đoạn kênh dẫn kết hợp 3 bể lắng cát đưa nước vào các nút D, E, F. Tại các nút D, F gồm một cống lấy nước hở phía trái, một cống xả cát kín ở phía phải và một máng chuyển nước trên cống xả cát đưa nước từ F và E vào kênh chính. Hình 13-10 biểu thị các công trình tại nút D.

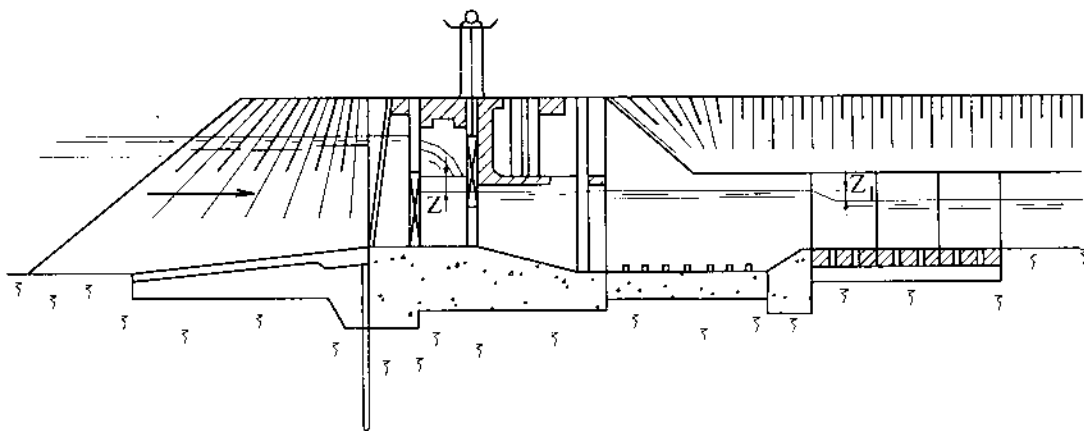


Hình 13-10. Mặt bằng, mặt chính và mặt cắt của các công trình tại nút D.

Cống lấy nước có thể có một hoặc nhiều khoang tùy yêu cầu dùng nước, điều kiện thủy lực cống và kích thước cửa van. Nếu cống chỉ có một khoang thì khi xảy ra sự cố cửa van hoặc máy đóng mở cũng làm cho hệ thống ngừng làm việc. Nếu cống có hai khoang, trong mùa lũ có thể chỉ có một khoang làm việc và như vậy sẽ hình thành dòng xiên trong kênh, không có lợi cho ổn định bờ và lòng kênh. Vì vậy cống lấy nước nên làm ba khoang hoặc nhiều hơn.

Để chống bùn cát có hại vào kênh, ngoài việc chỉnh trị lòng sông, cống cũng phải có những kết cấu thích hợp. Ví dụ trước cửa van lấy nước làm thêm một hàng phai (hình 13-11).

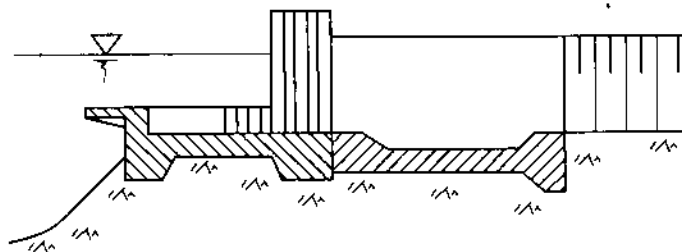
Trong thời kỳ lũ do mực nước sông cao để lấy được lưu lượng yêu cầu ta chỉ cần mở cửa van với một độ mở nào đó và nước được lấy là các lớp nước đáy mang nhiều bùn cát thô. Để khắc phục hiện tượng đó người ta thả một số phai chắn dòng đáy và lấy lớp nước phía trên có chất lượng tốt hơn vào kênh (hình 13-11).



Hình 13-11. Mặt cắt dọc cống lấy nước

Để gạt dòng đáy ra khỏi cửa lấy nước, tăng chất lượng nước lấy, giảm bồi lắng trước cửa lấy nước và trong kênh, ta có thể làm ngưỡng kiểu công son tại chỗ tiếp giáp giữa sân trước của cống và bờ sông (hình 13-12). Biện pháp này rất phù hợp khi cống lấy nước đặt ở chỗ sông cong, nó tăng cường độ của dòng chảy vòng, gạt mạnh dòng đáy sang bờ đối diện và đưa dòng mặt vào cửa lấy nước.

Hiện nay trong thiết kế chưa xét được đầy đủ ảnh hưởng của bản thân công trình đến sự thay đổi trạng thái của sông. Bởi vậy, khi thiết kế các công trình lấy nước lớn, chúng ta phải kiểm tra sự làm việc của nó trên mô hình để có thể sửa chữa các kết cấu của cống cho gần phù hợp với điều kiện thực tế của công trình.



Hình 13-12. Cống lấy nước đặt ở bờ sông có ngưỡng ngăn cát

Hình thức lấy nước không đập bên cạnh có ưu điểm: đơn giản, khi lưu lượng yêu cầu nhỏ thì kinh tế. Tuy nhiên nó có những nhược điểm:

- Lưu lượng lấy được nhỏ (không vượt quá 20% lưu lượng tự nhiên trong sông).
- Lượng bùn cát bồi lắng nhiều trước cửa lấy nước.
- Hạn chế khả năng điều chỉnh lưu lượng lấy vào kênh do mực nước sông thay đổi nhiều.
- Cửa lấy nước có thể bị dịch chuyển làm công trình lấy nước kém ổn định. Phí tổn nạo vét kênh lớn.

Để khắc phục nhược điểm trên, có thể làm hệ thống lái dòng Potapốp, đặt cống lấy nước ở bờ lõm, làm ngưỡng vào cống, bố trí góc lấy nước hợp lý.

2. Lấy nước chính diện

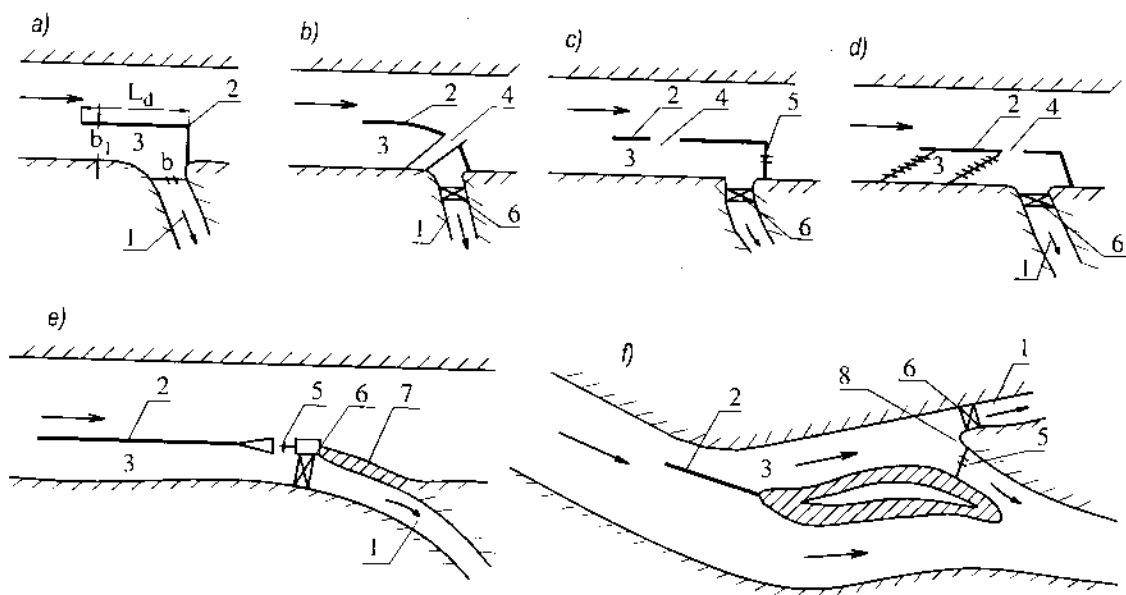
Hình thức lấy nước chính diện không đập là hình thức lấy được lưu lượng lớn hơn so với hình thức lấy nước bên cạnh. Nó được dùng khi Q_k lớn hơn 20% Q_s nhưng không lớn hơn nhiều quá, mực nước sông không vượt quá cao so với mực nước yêu cầu.

Các hình thức kết cấu lấy nước chính diện cũng giống như hình thức lấy nước bên cạnh (hình 13-13) nhưng có thêm: xây tường hoặc đê quai để nâng mực nước thượng lưu và giảm bùn cát, bố trí tháo nước thừa dọc đê quai, xây thêm công trình tháo xả bùn cát. Chiều dài tường hoặc đê quai L_d , chiều rộng b_1 từ tường tới bờ được xác định qua bề rộng kênh lấy nước b và theo công thức (13-6):

$$\left. \begin{aligned} L_d &= (1,5 \div 3)b \\ b_1 &= 1,5b \end{aligned} \right\}; \quad (13-6)$$

So với lấy nước bên cạnh, lấy nước chính diện có những ưu điểm hơn và được dùng khi:

1. Mực nước sông thấp không đủ khả năng tự chảy vào cửa lấy nước đáp ứng yêu cầu dùng nước.
2. Lưu lượng cần lấy vào kênh Q_k lớn hơn 15÷20% lưu lượng trong sông Q_s .
3. Cần giảm bớt bùn cát lắng đọng vào kênh.



Hình 13-13. Các hình thức lấy nước chính diện không đập.

1. Kênh dẫn; 2. Tường hoặc đê hướng dòng; 3. Đoạn sông dẫn;
4. Phần tháo nước; 5. Công trình xả cát; 6. Cửa cống; 7. Đê; 8. Ngưỡng ở đáy.

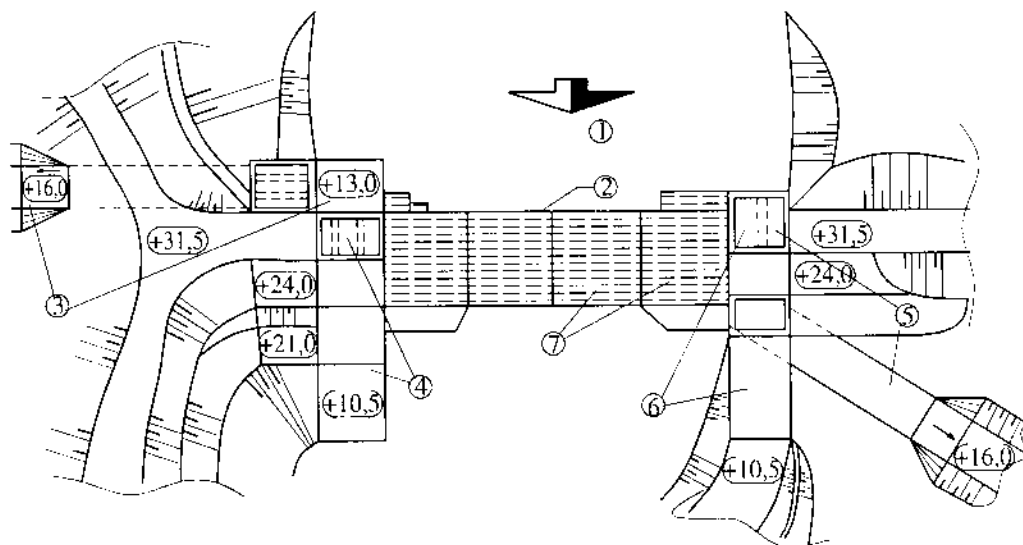
§13.3. CÔNG TRÌNH LẤY NƯỚC CÓ ĐẬP

I. Khái niệm và điều kiện sử dụng

Lấy nước có đập là hình thức lấy nước đặt ở bờ sông phía thượng lưu đập chắn ngang lòng sông. Nó được dùng khi mực nước sông không cho phép lấy đủ lưu lượng yêu cầu bằng hình thức lấy nước không đập hoặc đủ để lấy nước không đập nhưng ta vẫn dùng lấy nước có đập khi:

- 1) Lấy nước theo hình thức có đập kinh tế hơn.
- 2) Cần lấy nước ở cả hai bờ và Q_k khá lớn.
- 3) Cần đảm bảo giao thông thủy.
- 4) Ở nơi lấy nước, trên sông có thác ghềnh.
- 5) Cần nâng cao chất lượng lấy nước vào kênh.

Hình (13-14) là sơ đồ lấy nước có đập ở công trình Thạch Nham xây dựng tháng 2/1985, hoàn thành tháng 5/1990. Đập Thạch Nham xây dựng trên sông Trà Khúc dâng nước tưới 50000 ha của tỉnh Quảng Ngãi. Đập dâng tràn dạng Ôphixêrôp bằng bê tông, dài 200m, cao trình đỉnh tràn +19,50. Cụm cống bờ Nam có cống lấy nước (kiểu bên cạnh) 3 cửa với $b \times h = 2,85 \times 3,0$ (m), cao trình đáy cống +16,00. Cống xả cát (kiểu chính diện) gồm 3 cửa với $b \times h = 2,5 \times 2,5$ (m), cao trình đáy +13,00. Cụm cống bờ Bắc có cống lấy nước hai cửa (kiểu chính diện) với $b \times h = 2,5 \times 2,5$ (m), cao trình đáy cống +16,00; phía dưới là cống xả cát (kiểu chính diện) gồm 2 cửa với $b \times h = 2,5 \times 2,5$ (m), cao trình đáy +13,0.



Hình 13-14. Sơ đồ mặt bằng tổng thể đầu mối công trình lấy nước Thạch Nham.

1. Sông Trà Khúc; 2. Đập dâng tràn bê tông trọng lực; 3. Cống lấy nước bờ Nam; 4. Cống xả cát bờ Nam; 5. Cống lấy nước bờ Bắc; 6. Cống xả cát bờ Bắc; 7. Khe lún của đập

II. Sự diễn biến lòng sông sau khi xây đập

Sau khi xây đập, dòng sông sẽ thay đổi về bản chất. Ở thượng lưu bùn cát đáy, bùn cát lơ lửng cỡ lớn và trung bình đều lắng đọng lại trong vùng nước dâng theo thứ tự hạt thô lắng đọng trước, hạt nhỏ lắng đọng sau, càng gần đập bùn cát lắng đọng có kích thước càng nhỏ dần; bùn cát rất nhỏ được mang xuống hạ lưu.

Bùn cát bồi lắng càng nhiều, mực nước thượng lưu càng dâng cao và kéo dài thêm khu nước dâng về phía thượng lưu (hình 13-14). Trong thời kỳ lũ, chiều sâu và độ dốc dòng chảy tăng lên, một phần bùn cát đã lắng đọng bị xói xuống hạ lưu. Kết quả điều tra thực địa đã cho thấy ở những đập không cao ($2 \div 3\text{m}$) trên các sông miền núi khoảng $3 \div 5$ năm bùn cát đã bồi lấp đến cao trình đỉnh tràn. Do đáy thượng lưu được nâng cao mà mực nước trước đập cũng dâng lên. Do đó khi thiết kế các công trình hoặc chỉnh trị đoạn sông phía thượng lưu cần xét đến sự thay đổi này. Khi tính toán thủy lực đập tràn dâng nước, hệ số lưu lượng của đập cũng phải xét đến ảnh hưởng của đáy sông trước đập sau khi đã bị nâng lên. Hệ số lưu lượng của đập tràn trong trường hợp này bằng hoặc gần bằng hệ số lưu lượng của đập tràn đỉnh rộng.

Trên các sông đồng bằng có độ dốc nhỏ, bùn cát lơ lửng và bùn cát đáy tương đối ít, cho nên sự bồi lắng ở thượng lưu chậm hơn so với các sông miền núi.

Nếu đập tràn dâng nước có cửa van ở đỉnh thì kinh nghiệm quản lý cũng cho thấy rằng việc lắng đọng ở thượng lưu cũng gần như khi đập tràn không có cửa van. Khi nước lũ được tháo trong thời gian dài qua các lỗ ở đáy, sự bồi lắng ở thượng lưu sẽ hạn chế được nhiều.

Như đã biết, phía thượng lưu bị bồi lắng dần làm cho đáy có độ dốc thoải hơn so với độ dốc hàng ngày trước khi xây dựng đập (hình 13-15a) do đó các yếu tố thủy lực (độ dốc mặt nước, chiều sâu, lưu tốc, bề rộng, v.v...) và khả năng vận chuyển bùn cát của đoạn nước dâng đều thay đổi. Theo A.Sôcôlich, khi độ cao lớp bùn cát được dâng lên bằng độ cao nước dâng thì khả năng vận chuyển của dòng chảy ở vùng nước dâng sẽ khôi phục gần giống như tình hình trước khi xây đập. Chiều dài L của đường nước dâng gần đúng có thể tính theo công thức của S. T. Altunhin:

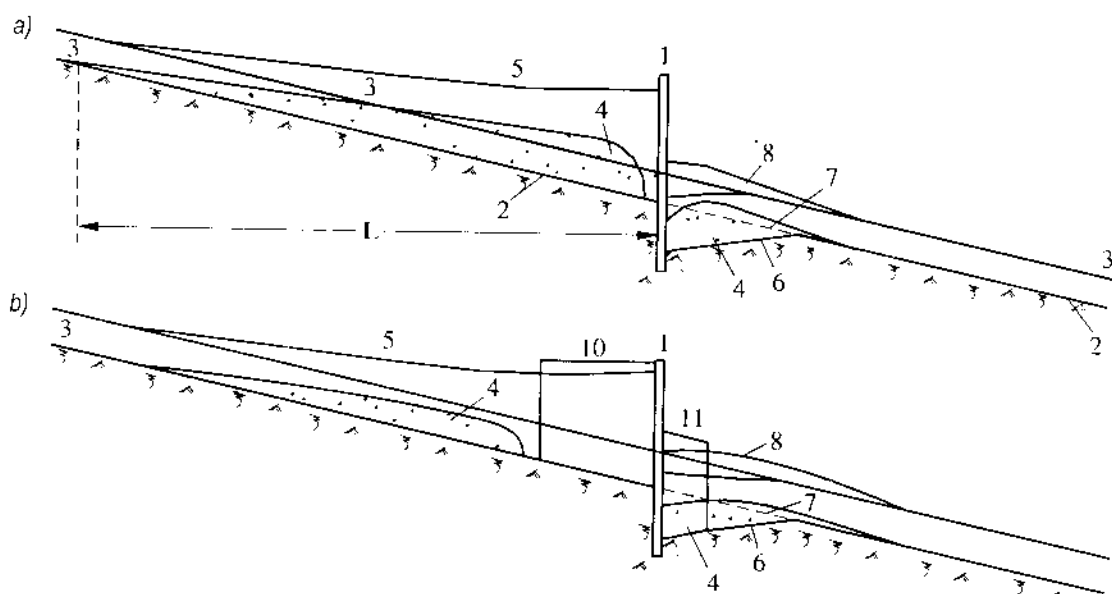
$$L = K \frac{\Delta H}{i} ; \quad (13-7)$$

trong đó :

K - hệ số lấy bằng 10;

ΔH - chênh lệch giữa mực nước sau khi có đập với mực nước cạn thường ngày ở tuyến đập;

i - độ dốc đáy sông trước khi xây đập.



Hình 13-15. Mặt cắt dọc sông vùng đập

a) Không có công trình hướng dòng; b) Có công trình hướng dòng;

1. Đập; 2, 3. Đáy sông và mặt nước sông cũ; 4. Bùn cát lắng đọng;

5. Mặt nước dâng; 6. Xói lở ban đầu; 7, 8. Đáy sông và mực nước phía hạ lưu ở thời kỳ cuối;

9. Đường mặt nước tương ứng với thời kỳ bị xói ban đầu; 10, 11. Công trình hướng dòng ở thượng lưu và hạ lưu.

Do lòng sông thượng lưu được nâng lên, các yếu tố thủy lực vùng nước dâng bị thay đổi, do đó nếu lòng sông thượng lưu không được chỉnh trị sẽ tự hình thành lòng sông mới, các bãi cát, đảo làm cho việc tháo nước xuống hạ lưu gặp khó khăn và việc chống bùn cát bồi lấp cửa lấy nước cũng như việc hạn chế bùn cát vào hệ thống lấy nước trở nên phức tạp. Vì vậy việc tiến hành cải tạo lòng sông ở thượng lưu là cần thiết.

Lòng sông phía hạ lưu đập cũng bị biến đổi mạnh, nhất là mấy năm đầu khi công trình bắt đầu làm việc. Do nước đổ xuống hạ lưu có hàm lượng bùn cát nhỏ (vì đã lắng một phần ở thượng lưu), năng lượng lớn, mặt khác do tháo nước tập trung qua các lỗ của đập, lưu tốc của dòng chảy tăng, làm cho phía hạ lưu đập bị xói lở nghiêm trọng. Đối với những đập dâng không cao, trên các sông miền núi có nhiều cuội sỏi ở lòng sông, quá trình xói lở có thể kéo dài 10 ÷ 12 năm sau khi xây đập, độ sâu xói có thể đến 3m khi lưu lượng đơn vị là $4 \div 5 \text{ m}^3/\text{s.m}$ và đến 4 ÷ 6m khi lưu lượng đơn vị bằng $12 \text{ m}^3/\text{s.m}$.

Ở các lòng sông chứa đất cát hạt nhỏ, độ sâu xói lở sau đập có thể đạt tới 3 ÷ 4m khi lưu lượng đơn vị bằng $11 \text{ m}^3/\text{s.m}$.

Chiều dài của lòng sông bị xói mạnh ở sau đập trên các sông miền núi đạt tới 1,0 ÷ 1,5km.

Sau khi thượng lưu đập đã bị bồi lắng khá dày, bùn cát được mang xuống hạ lưu và lắng đọng lại ở những đoạn đã bị xói và nâng đáy sông sau đập đến vị trí bình thường. Nếu ở thượng lưu đập có biện pháp chống bùn cát vào kênh đạt hiệu quả tốt thì nước

chảy xuống hạ lưu đập có hàm lượng bùn cát lớn hơn thường ngày khi chưa xây đập nên vị trí ổn định của đáy sông sau đập có thể cao hơn thường ngày. Phía sau các lỗ xả cát có thể hình thành các bãi bồi. Tất cả những thay đổi đó phải được xét đến khi định cao trình đáy đập, cao trình ngưỡng các lỗ tháo nước và cao trình các cống xả cát.

Nói chung sau khi xây đập, lòng sông diễn biến rất phức tạp, cần tiến hành chỉnh trị lòng sông, đảm bảo công trình làm việc được an toàn, đảm nhiệm được nhiệm vụ mà quy hoạch, thiết kế đã đề ra.

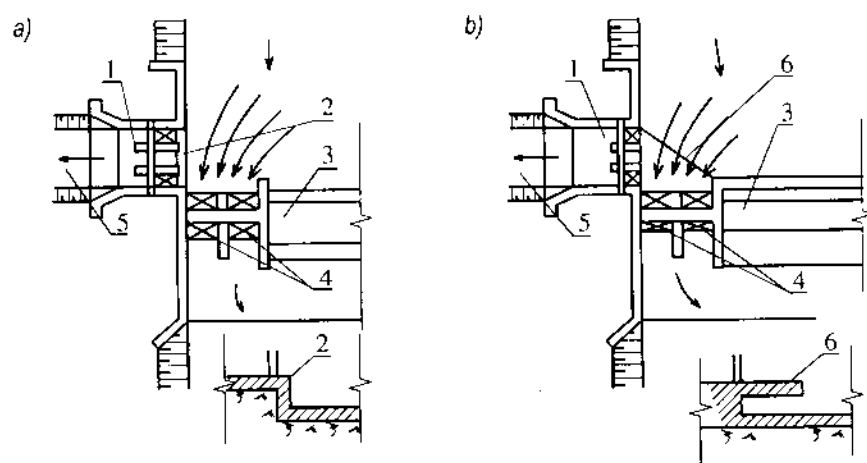
III. Các hình thức bố trí công trình lấy nước có đập

1. Lấy nước bên cạnh

Hình thức này thường bố trí cạnh đập, sát bờ hoặc cuối đoạn dẫn cong trước đập. Bùn cát được tháo xả theo các lỗ trong thân đập hoặc đáy cửa lấy nước.

Hình 13-16 là sơ đồ lấy nước bên cạnh tháo xả bùn cát qua các lỗ đặt ở thân đập (còn gọi là tháo xả bùn cát chính diện). Hình 13-16a có đặt một ngưỡng thẳng đứng trước cống để hướng bùn cát lắng đọng đến lỗ xả cát.

Hình 13-16b là ngưỡng bản công son do A.V. Tróitski đề nghị có tác dụng phân tầng lấy nước, lớp nước trên tương đối trong đi vào cửa lấy nước. Lớp nước nhiều bùn cát đáy được đưa ra qua cống xả cát.



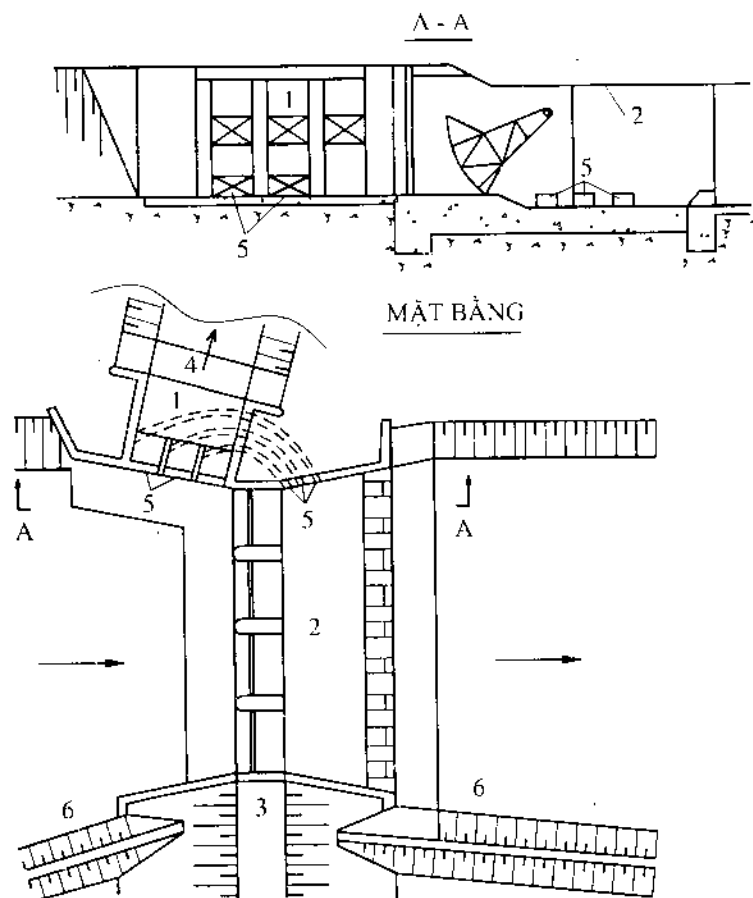
Hình 13-16: Hình thức lấy nước bên cạnh, bùn cát xả qua lỗ đặt ở thân đập

1. Cống lấy nước; 2. Ngưỡng thẳng đứng; 3. Đập tràn; 4. Lỗ xả cát;
5. Kênh dẫn; 6. Bản công son.

Hình (13-17) là sơ đồ lấy nước bên cạnh tháo xả bùn cát qua cống dưới đáy (tháo xả bùn cát bên cạnh). Theo hình thức này người ta đặt nhiều hay ít lỗ hoặc đường hầm tháo xả bùn cát luôn dưới ngưỡng cống lấy nước và tháo xả về hạ lưu. Số lượng và vị trí đường hầm nên phân tích lựa chọn hợp lý.

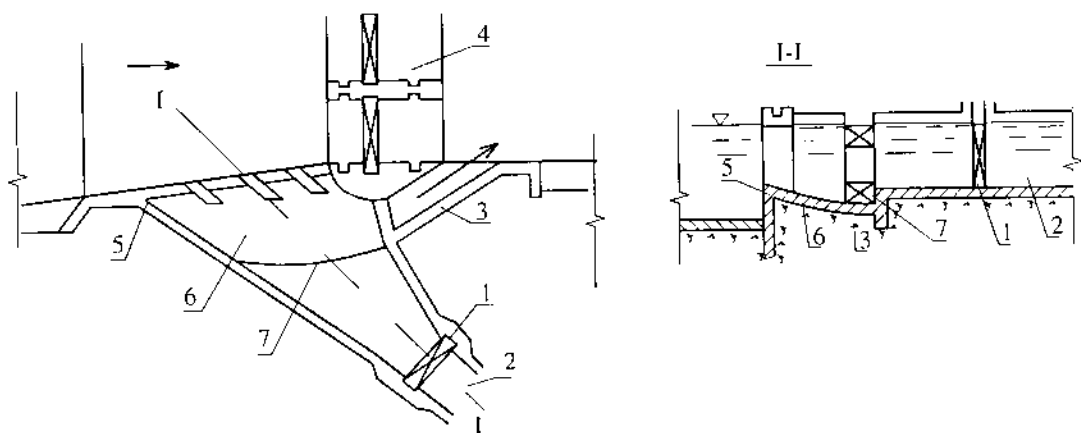
Hình thức lấy nước bên cạnh có thêm túi chứa cát (hình 13-18) gồm có ngưỡng vào 5 đặt cuối túi đựng cát. Bùn cát đáy được giữ lại trước ngưỡng 5 sẽ được xói theo chu kỳ

qua các lỗ xả đặt trong thân đập, còn bùn cát lắng đọng ở trong túi chứa cát sẽ được xả qua lỗ 3.



Hình 13-17: Hình thức lấy nước bên cạnh cống đáy xả cát.

1. Cống lấy nước; 2. Đập có cửa van; 3. Đập dốt; 4. Kênh; 5. Cống đáy xả cát; 6. Đê hướng dòng.



Hình 13-18: Hình thức lấy nước bên cạnh có túi chứa cát.

1. Cống lấy nước; 2. Kênh; 3. Đường hầm xả cát; 4. Đập; 5. Ngưỡng vào; 6. Túi chứa cát phía trước; 7. Ngưỡng túi chứa.

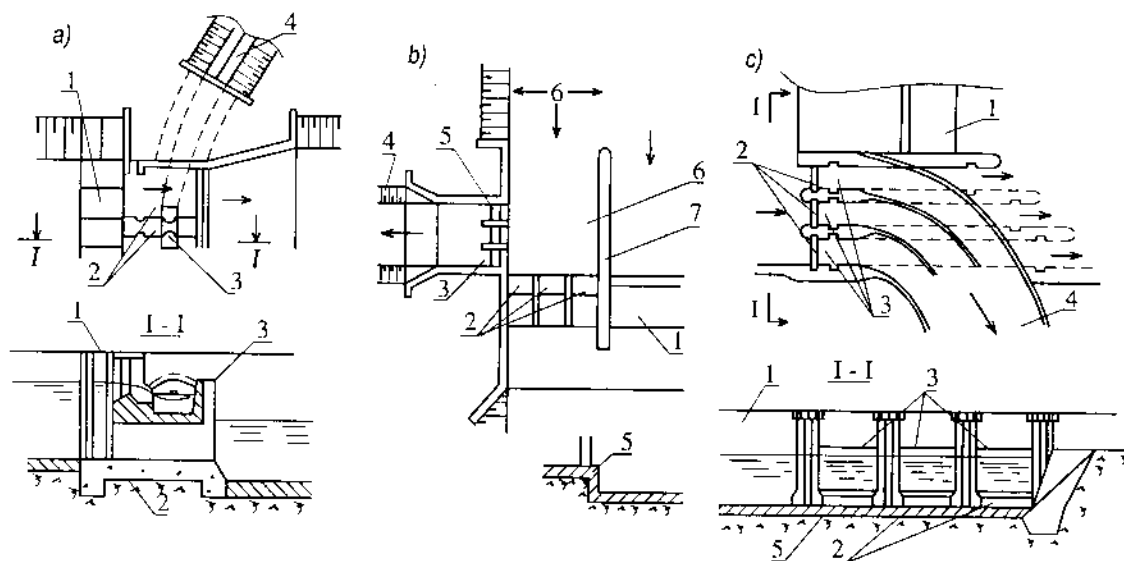
2. Lấy nước chính diện

Lấy nước chính diện dựa trên nguyên lý phân tầng lấy nước. Lớp nước ở trên được lấy đưa vào kênh, lớp nước phía dưới mang nhiều bùn cát đáy, được xả xuống hạ lưu qua các lỗ xả. Hình 13-19 là lấy nước chính diện, tháo xả bùn cát chính diện.

Hình 13-19a là kiểu lấy nước có máng dẫn. Loại này thường dùng ở sông vùng trung du, miền núi, khi lưu lượng không lớn lắm. Lớp nước trên được lấy vào máng dẫn 3, rồi vào kênh lấy nước. Lớp nước dưới mang nhiều bùn cát được xả trực tiếp về hạ lưu qua các lỗ xả 2.

Hình 13-19b là kiểu lấy nước có túi lắng cát (hay còn gọi là khoang lắng) được dùng nhiều trong các công trình tưới. Kiểu này (được gọi là kiểu Ấn Độ) có những nhược điểm: khi lòng sông sâu và rộng thì gây khó khăn cho việc lấy nước, khi túi đựng cát hẹp và ngắn thì không đủ lắng đọng bùn cát; dòng chảy vào kênh ngoặt 90° gây nên xáo động và bùn cát có thể vào kênh; khi tháo xả bùn cát phải đóng cửa lấy nước. Để khắc phục nhược điểm, người ta dùng bản phân tầng ở trước cửa lấy nước hoặc xây thêm tường phân nước ngập ở đáy.

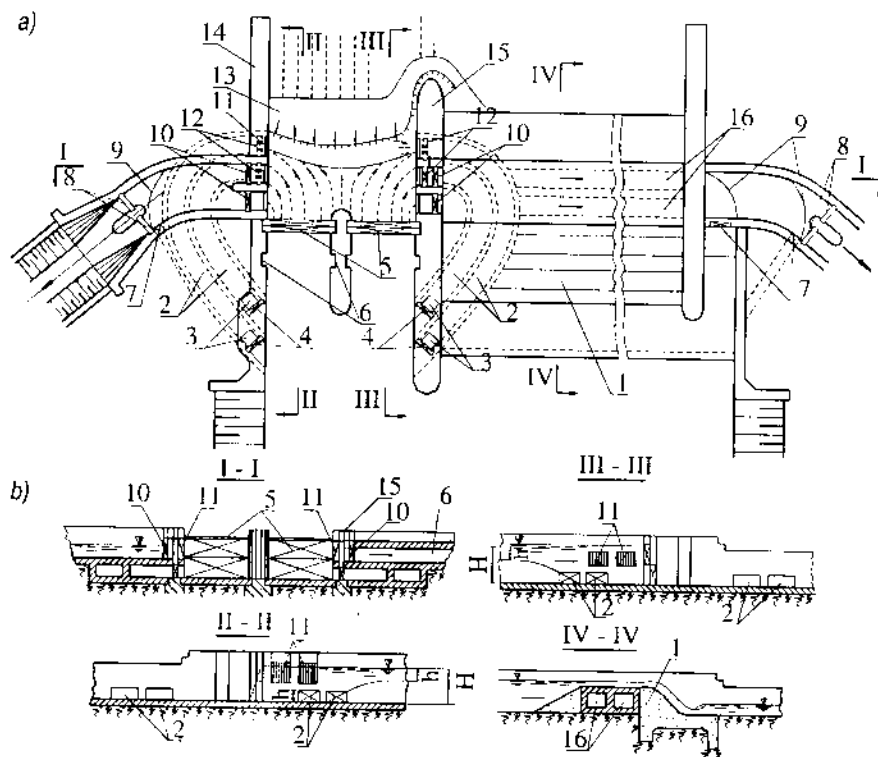
Hình 13-19c, cũng là hình thức lấy nước chính diện có máng dẫn nước vào kênh lấy nước, còn bùn cát được xả qua lỗ xả 2.



Hình 13-19: Hình thức lấy nước chính diện có lỗ xả cát chính diện

1. Đập; 2. Lỗ xả cát; 3. Máng dẫn; 4. Kênh; 5. Ngưỡng vào;
6. Túi lắng cát; 7. Tường cánh; 8. Cổng lấy nước.

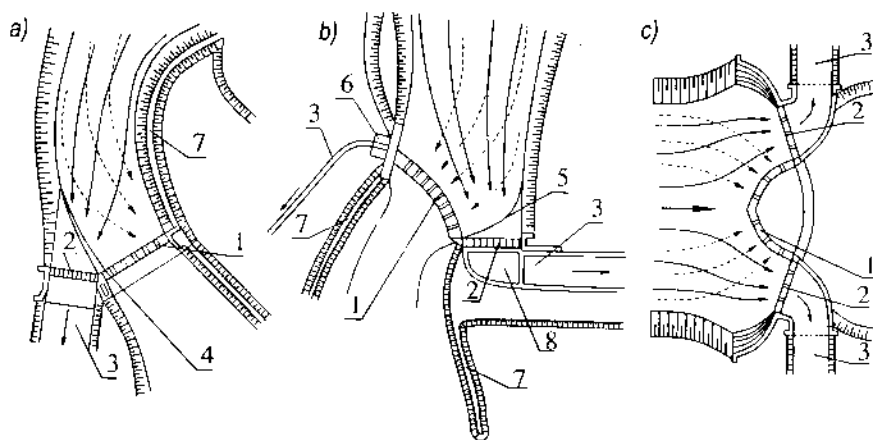
Hình 13-20 mô tả hình thức lấy nước chính diện có đường hầm tháo xả bùn cát bên cạnh. Nó thường được sử dụng ở các sông có nhiều bùn cát, lấy nước một phía hoặc cả hai phía. Hình thức này do giáo sư N.F. Danheliia đề nghị.



Hình 13-20: Hình thức lấy nước chính diện hai bên có đường hầm xả cát.

1. Đập tràn; 2. Đường hầm xả cát; 3. Giếng quan sát; 4. Cửa van cuối đường hầm;
5. Cửa van xả cát qua đập; 6. Rãnh phai; 7. Cửa xối cát trước cống lấy nước;
8. Cống lấy nước trước kênh; 9. Ngưỡng thẳng đứng; 10. Cống lấy nước ở cửa vào;
11. Lưới chắn rác; 12. Cửa van ở miệng vào đường hầm; 13. Túi lắng cát;
14. Tường hướng dòng; 15. Tường cánh; 16. Đường ống lấy nước.

Hình 13-21, thể hiện hình thức lấy nước chính diện, tháo xả bùn cát qua đập tràn. Thuộc về loại này có kiểu lấy nước Phecgan (hình 13-21a), kiểu lấy nước có đập bố trí theo hình cung (hình 13-21b) và kiểu lấy nước hai bên có đập hình chữ V (hình 13-21c).



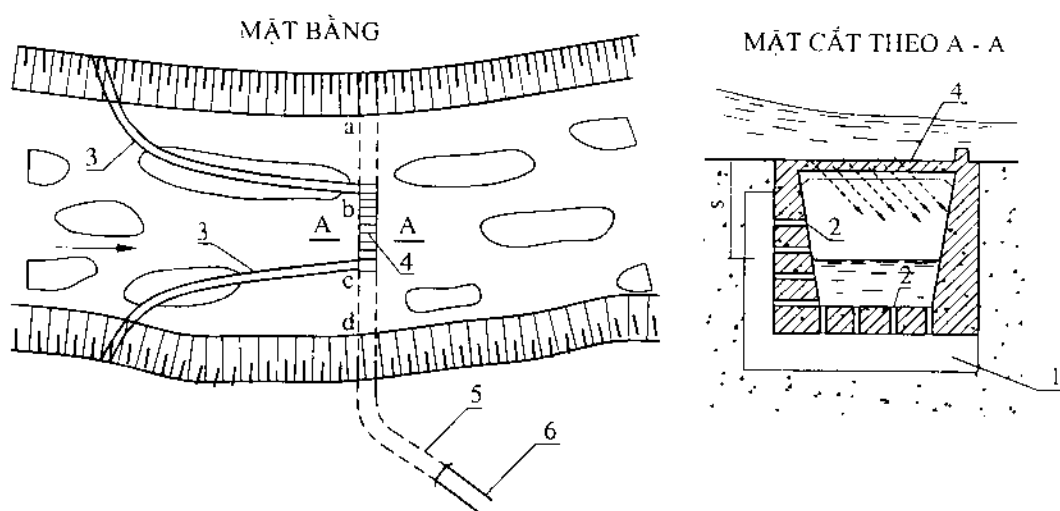
Hình 13-21. Hình thức lấy nước chính diện, bùn cát được xả qua đập tràn.

1. Đập; 2. Cống lấy nước; 3. Kênh; 4, 5. Ngưỡng cong; 6. Cống luồn;
7. Đê hướng dòng; 8. Bể tiêu năng.

3. Lấy nước qua các lưới chắn

Lấy nước qua các lưới chắn thường được sử dụng ở các đoạn sông miền núi và có tác dụng ngăn đá, sỏi, cuội vào cửa lấy nước. Thuộc về hình thức này có các loại sau:

Hình thức lấy nước kiểu Kapkaz (hình 13-22) được sử dụng trên các sông có bãi bồi phát triển và trong mùa cạn hầu như không có nước mặt. Công trình lấy nước gồm một đường hầm abcd xây ngang qua sông, trong đó thành trước và đáy của đường hầm có các lỗ 2 để lấy nước ngầm. Trên đoạn ab và cd đường hầm được chôn sâu dưới mặt đất một khoảng lớn hơn chiều sâu xói (sâu hơn $0,5 \div 1\text{m}$); đoạn bc, đường hầm được xây hở và được phủ bằng tấm thép có đục lỗ, đường kính lỗ $5 \div 10\text{ mm}$, cũng có thể đặt lưới chắn 4 với các rãnh rộng $5 \div 10\text{ mm}$ thay thế cho tấm thép. Các thanh lưới hoặc các tấm thép có độ dốc $5 \div 10\%$.



Hình 13-22: Hình thức lấy nước kiểu Kapkaz

1. Tầng lọc; 2. Các lỗ; 3. Các đê hướng dòng; 4. Lưới chắn đáy; 5. Ống; 6. Kênh.

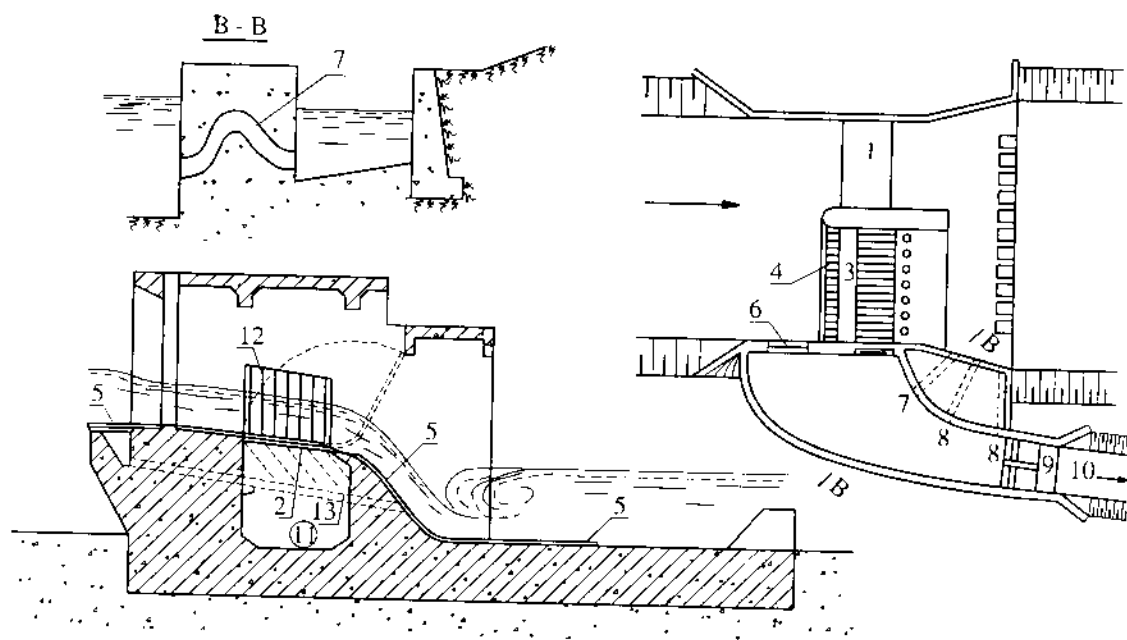
Cát và đá sỏi nhỏ có thể lọt qua lưới chắn, do đó độ dốc của ống 5 cần đủ để lưu tốc trong đó có thể cuốn cát, đá, sỏi nhỏ vào kênh và sẽ được xả cùng với lưu lượng thừa trong thời gian lũ.

Để hướng dòng chảy về mùa cạn vào đoạn bc người ta làm đê hướng dòng 3 không cao, đê này thường bị ngập trong thời gian lũ.

Nếu trong trường hợp lưu lượng lấy không lớn, đường hầm không cần làm dài thì chúng ta cắt bỏ đoạn ab và lúc đó cần làm tường bằng đất sét chôn dưới đất trong phạm vi đoạn đó để mùa cạn nước ngầm không bị thấm mất.

Hình thức lấy nước có lưới chắn đặt ở đỉnh đập (hình 13-23) được dùng rộng rãi ở miền núi. Hình thức lấy nước này bao gồm đập tràn 1, đoạn đập lấy nước cao khoảng $1,5 \div 3\text{ m}$ và có lưới chắn đặt trên đỉnh. Cao trình đập tràn cao hơn cao trình đỉnh của đập

lấy nước một đoạn đủ để có thể lấy được lượng nước yêu cầu vào kênh trong mùa cạn, thường cao hơn khoảng 0,5m. Đoạn đập lấy nước gồm hào lấy nước 11, trên nó có hệ thống lưới chắn với các khe rộng $8 \div 10$ mm, khi nước chảy qua đoạn đập lấy nước, một phần lượng nước sẽ rơi qua khe lưới xuống hào lấy nước và chảy vào kênh. Độ dốc của các thanh lưới bằng $0,1 \div 0,2$. Để nâng cao chất lượng nước lấy, ở mép thượng lưu của đoạn đập lấy nước người ta làm hào thu bùn cát 4. Trên nó cũng có hệ thống lưới nằm ngang, các khe lưới này rộng hơn so với khe lưới trên hào thu bùn cát bằng $1,5 \div 2$ lần. Theo P.A.Pônêrô, nếu lưu lượng vào hào thu bùn cát bằng $5 \div 10\%$ lưu lượng sông qua đoạn đập lấy nước thì lượng bùn cát vào hào thu bùn cát chiếm đến 98% lượng bùn cát có kích thước nhỏ hơn khe lưới bị cuốn vào đoạn đập lấy nước, sau khi rơi xuống, bùn cát theo các ống 13 xả xuống hạ lưu một cách liên tục, đường kính của các ống này bằng $4 \div 5$ lần chiều rộng của các khe lưới.

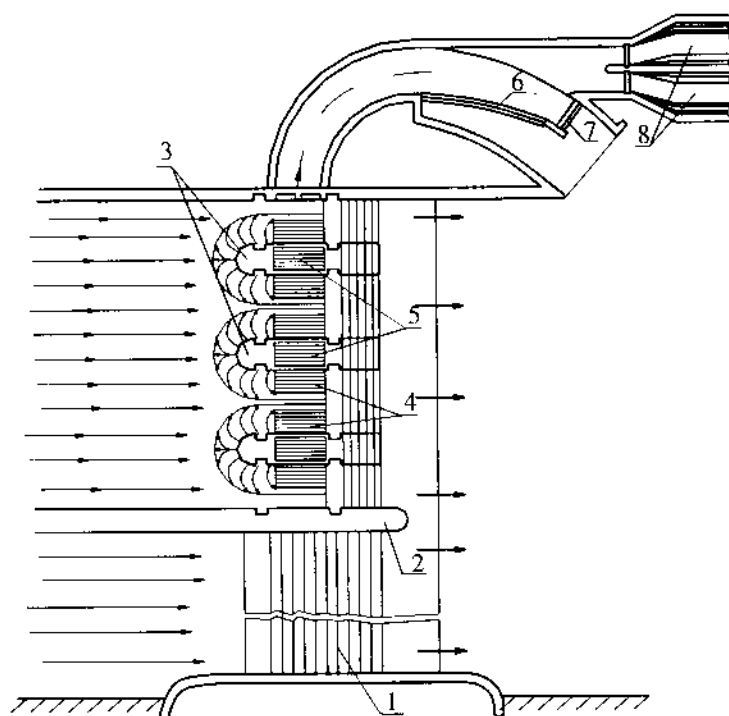


Hình 13-23: Công trình lấy nước có lưới chắn đặt ở đỉnh đập

1. Đập tràn; 2. Lưới chắn; 3. Đoạn đập lấy nước; 4. Hào thu bùn cát; 5. Thép bảo vệ; 6. Cổng lấy nước ở bờ; 7. Xi phòng; 8. Cổng xả cát đáy; 9. Cổng lấy nước đầu kênh; 10. Kênh lấy nước; 11. Hào lấy nước; 12. Lưới chắn ở mép trụ; 13. Ống tháo bùn cát.

Tại khu đầu mối còn có cổng lấy nước 6 ở bờ sông, cổng lấy nước 9 đầu kênh dẫn và bể lắng cát (hình 13-23). Trong mùa kiệt hoặc trong thời gian sửa chữa hào lấy nước thì cổng lấy nước đặt ở bờ sông có nhiệm vụ cấp nước vào kênh.

Về mùa lũ người ta điều chỉnh lưu lượng lấy bằng cách: đóng bớt một số khoang trước hào lấy nước; xả nước thừa qua xi phòng 7 hoặc cũng có thể làm những đập tràn không chế mực nước. Kết hợp xả lớp nước mang bùn cát đáy thì dùng xi phòng là tốt hơn.



Hình 13-24: Kiểu lấy nước có lưới chắn

1. Đập tràn; 2. Tường cánh; 3. Trụ; 4. Lưới chắn tầng dưới; 5. Lưới chắn trên đỉnh trụ;
6. Tràn bên không chế mực nước vào kênh; 7. Cổng xả cát; 8. Bể lắng cát đầu kênh lấy nước.

Công trình lấy nước từng lớp có lưới chắn (hình 13-24) dựa trên cơ sở sử dụng đặc tính của dòng phản kích. N.F Danheliia đã đề nghị nhằm lấy được nước có chất lượng tốt, còn nước mang bùn cát đáy được xả xuống hạ lưu.

Trong đoạn đập lấy nước, các trụ 3 không cao được đặt trên hào lấy nước, bố trí trong thân đập. Khi nước chảy đến đầu trụ phát sinh dòng phản kích làm cho dòng nước chảy ngược. Khi gặp dòng chính trong sông, dòng đáy mang nhiều bùn cát thô tập trung ở giữa các khoang, chảy xuống hạ lưu, phía chính diện và dọc theo mép trụ là dòng chảy không mang bùn cát đáy. Bởi vậy các phần khoang sát mép trụ, người ta đặt những lưới chắn 4 với khe hở giữa các thanh lưới $6 \div 10$ mm, phần giữa các khoang nơi bùn cát đáy chuyển động, được đặt kín không cho dòng đáy rơi xuống hào lấy nước. Ở đỉnh trụ dòng chảy trong hơn nên người ta đặt các lưới 5 thô hơn, khe hở giữa các thanh lưới bằng $10 \div 40$ mm.

§13.4. CHỈNH TRỊ ĐOẠN SÔNG CÓ CÔNG TRÌNH LẤY NƯỚC

I. Đoạn sông có công trình lấy nước không đập

Sau khi xây dựng công trình lấy nước, trạng thái của dòng sông thay đổi. Để đảm bảo lưu lượng lấy nước và chất lượng nước lấy cần chỉnh trị đoạn sông có công trình lấy

nước. Chính trị đoạn sông có công trình lấy nước không đập nhằm mục đích lái dòng chủ lưu đến gần cửa lấy nước đồng thời loại trừ bùn cát vào kênh.

1. Lái dòng đáy tách khỏi cửa lấy nước

Đặt cửa lấy nước ở bờ lõm của sông hoặc dùng hệ thống lái dòng của giáo sư M.V.Pôtapốp (hình 13-25) có tác dụng lái dòng đáy tách khỏi cửa lấy nước.

Hệ thống lái dòng có tác dụng hướng dòng chảy mật vào cửa lấy nước và đẩy bùn cát đi (hình 13-25a,b), hoặc thay đổi dòng chủ lưu ở đoạn sông cong (hình 13-25c), hoặc bảo vệ bờ khỏi xói (hình 13-25d).

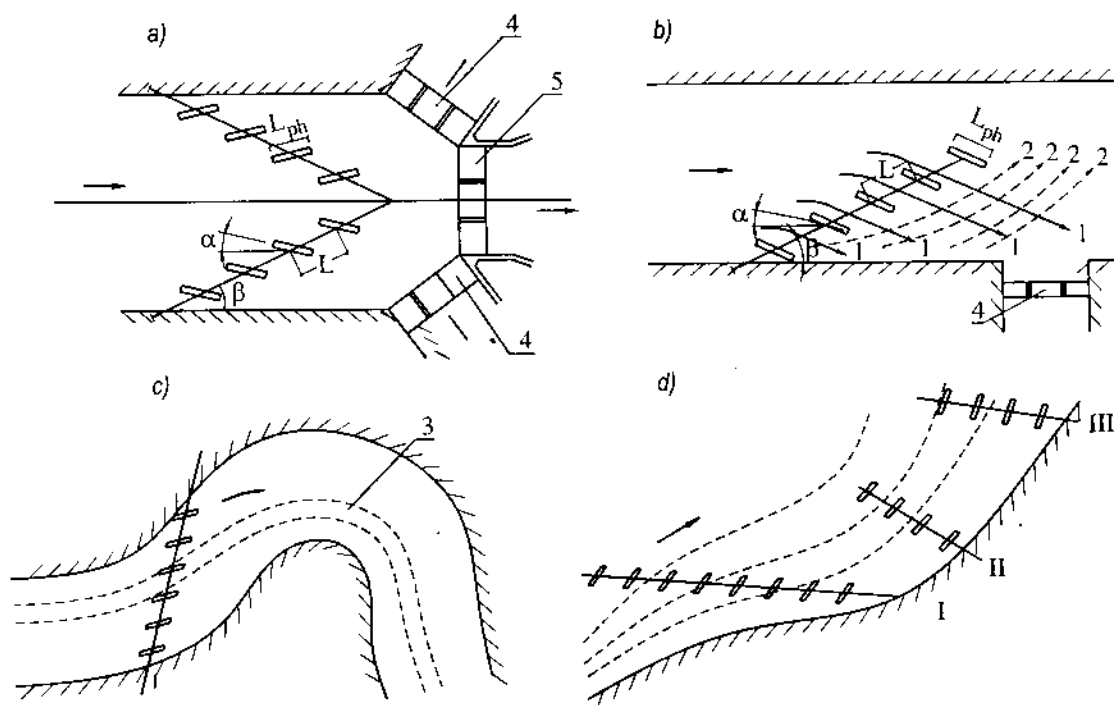
Chiều dài của hệ thống lái dòng là:

$$L = \frac{B_d}{\sin \beta} ; \quad (13-8)$$

trong đó:

B_d - chiều rộng của dòng đáy, ảnh hưởng đến cửa lấy nước;

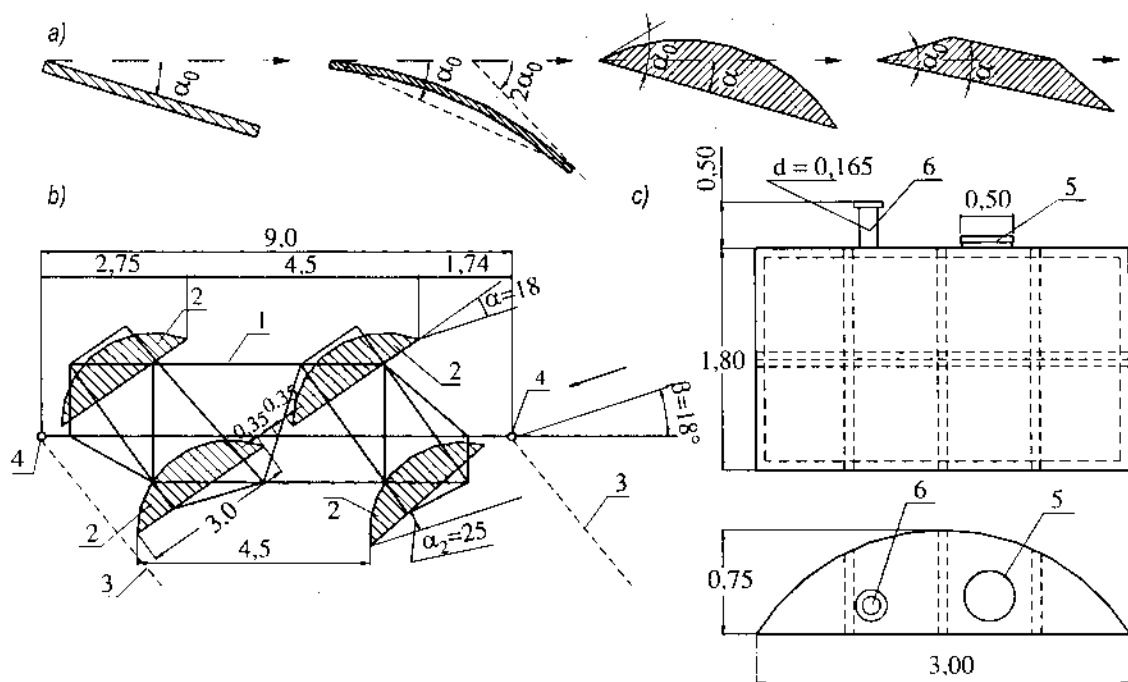
β - góc hợp bởi trục lái dòng với phương dòng chảy, có thể chọn từ $15^\circ \div 20^\circ$.



Hình 13-25: Hệ thống lái dòng M.V.Pôtapốp

1. Dòng mật; 2. Dòng đáy; 3. Lạch sông; 4. Cửa lấy nước; 5. Đập tràn.

Kết cấu của hệ thống lái dòng biểu thị ở hình 13-26.



Hình 13-26. Kết cấu của hệ thống lái dòng

a) Hình dạng phao trên mặt bằng; b) Hệ thống lái dòng hai hàng phao;

c) Kết cấu của một phao dạng cung

1. Khung thép; 2. Phao; 3. Dây neo; 4. Mắt nối; 5. Lỗ quan sát; 6. Ống đổ nước vào phao.

Phao thường là thùng thép mật cắt chữ nhật hoặc hình cung có dạng như hình 13-26a, c. Các phao này liên kết thành một hay hai hàng (hình 13-26b) gọi là hệ thống lái dòng. Các phao được đổ nước để ngập xuống một độ sâu cần thiết. Kích thước phao và vị trí tối ưu của phao có thể chọn theo giáo sư H.F.Danhêliia như sau:

$$\alpha = 20^\circ; l_{ph} = (1,5 \div 2)h; h_{ph} = 0,33h; l = 0,9h;$$

trong đó:

h - chiều sâu nước tại vị trí đặt phao;

l_{ph} - chiều dài mỗi phao;

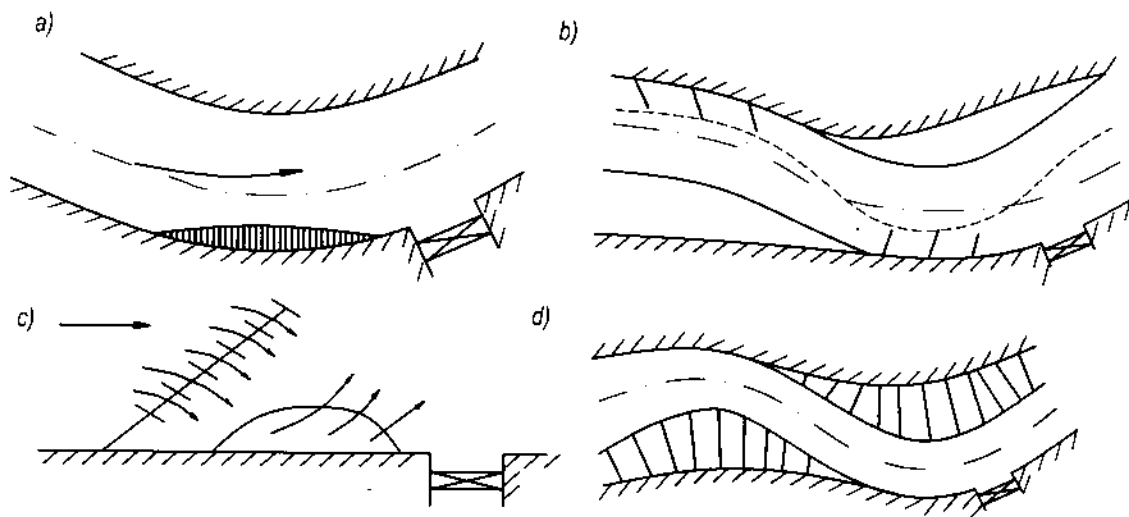
h_{ph} - chiều cao của phao;

l - khoảng cách giữa các phao.

2. Giữ cho chủ lưu luôn đi sát cửa lấy nước

Tuỳ từng trường hợp mà có thể áp dụng:

- Đào vát cong ở đoạn bờ sông bị lồi ở phía thượng lưu cửa lấy nước (hình 13-27a).
- Làm đập mở hàn để uốn lại chủ lưu (hình 13-27b).
- Dùng hệ thống lái dòng để xói bãi bồi (hình 13-27c).
- Kè bảo vệ những đoạn sông cong (hình 13-27d).

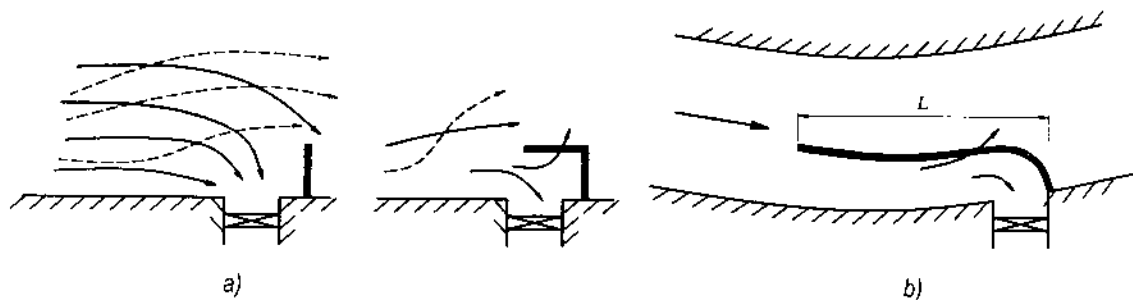


Hình 13-27. Biện pháp giữ và hướng chủ lưu đi sát cửa lấy nước không đập.

3. Giữ và nâng cao mực nước trước cửa lấy nước

- Xây mỏ hàn hoặc đê hướng dòng ngắn (hình 13-28a). Hình thức mỏ hàn chẳng những có lợi cho việc nâng cao mực nước trước cửa cống mà còn có lợi cho việc ngăn chặn bùn cát đáy vào kênh.

- Xây đê hoặc tường hướng dòng dài (hình 13-28b) để nâng cao mực nước trước cửa kênh.



Hình 13-28. Biện pháp nâng cao mực nước trước cửa lấy nước.

II. Đoạn sông có công trình lấy nước có đập

Việc chỉnh trị đoạn sông có công trình lấy nước có đập là đảm bảo cho đoạn sông đó được ổn định, lấy được lượng nước yêu cầu, loại trừ được bùn cát đáy vào kênh và xả chúng xuống hạ lưu một cách thuận lợi.

Khi nghiên cứu chỉnh trị đoạn sông có công trình lấy nước có đập, S.T.Altunhin và I.A.Buzunốp đã đề ra một số nguyên tắc cơ bản sau:

- Khi tạo đoạn sông cong ở thượng lưu và hạ lưu đập, bán kính cong (hình 13-29a) lấy như sau:

Ở thượng lưu: $R_1 = 7B$; $R_2 = 3,5B$.

Ở hạ lưu: $R_1 = 7B_1$; $R_2 = 3,5B_1$.

- Chiều rộng B lòng sông chính trị gần cửa lấy nước xác định ứng với lũ tần suất $3 \div 10\%$ và theo công thức:

$$B = A \frac{Q^{0,5}}{J^{0,2}} ; \quad (13-9)$$

trong đó:

Q - lưu lượng tạo lòng;

J - độ dốc dọc của đường mặt nước sông;

A - hệ số, lấy như sau:

Với sông miền núi $A = 0,75 \div 0,9$;

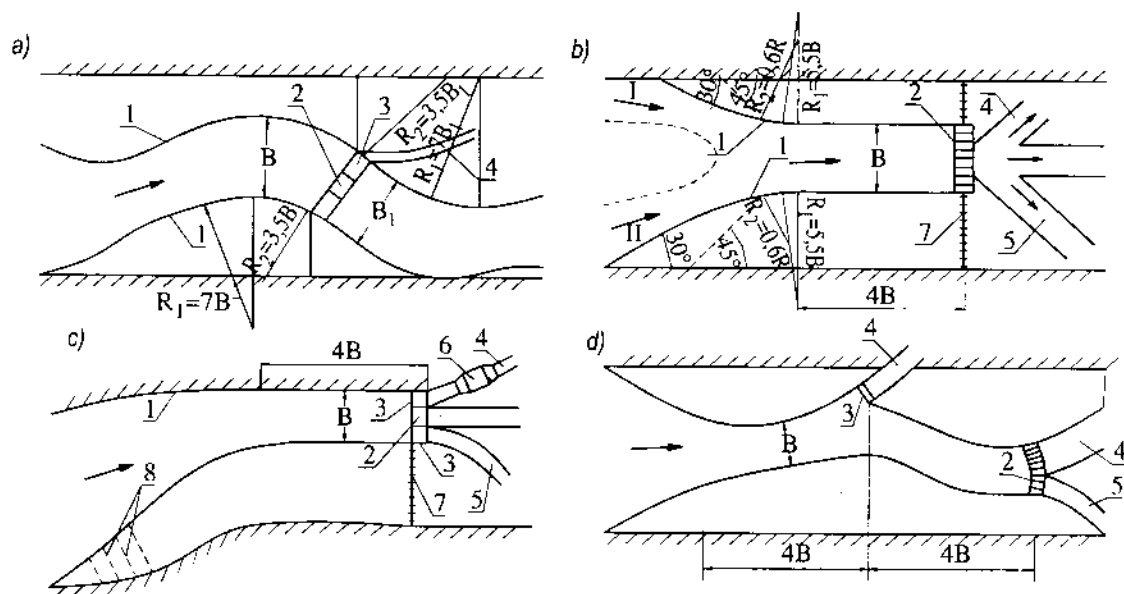
Với sông miền trung du $A = 1,0$;

Với sông miền đồng bằng $A = 1,1$;

Vùng cửa sông $A = 1,3 \div 1,7$.

- Chiều dài đoạn sông chính trị phụ thuộc vào hình thức bố trí cửa lấy nước.

Khi lấy nước một bên, chiều dài đoạn sông chính trị ở thượng lưu không nhỏ hơn $(5 \div 6)B$, ở hạ lưu không nhỏ hơn $(4 \div 5)B_1$; khi lấy nước cả hai bên thì ở thượng lưu không nhỏ hơn $(6 \div 7)B$, ở hạ lưu $(3 \div 4)B_1$; khi lấy nước theo trình tự hai phía, ở thượng lưu không nhỏ hơn $(8 \div 10)B$, ở hạ lưu $(4 \div 5)B_1$, trong đó: B và B_1 - chiều rộng ổn định của lòng sông thẳng ở thượng lưu và hạ lưu.



Hình 13-29. Sơ đồ chỉnh trị đoạn sông có cửa lấy nước có đập

a) Cửa lấy nước một phía; b, c) Cửa lấy nước hai phía; d) Cửa lấy nước theo trình tự hai phía.

1. Đê hướng dòng; 2. Đập; 3. Cửa lấy nước; 4, 5. Kênh lấy nước; 6. Bể lắng cát; 7. Đê ngăn.

Chương 14

CỐNG LỘ THIÊN

§14.1. KHÁI NIỆM VÀ PHÂN LOẠI

I. Khái niệm

Cống lộ thiên là một loại công trình thủy lợi hở được xây dựng để điều tiết lưu lượng và khống chế mực nước nhằm đáp ứng các yêu cầu cấp nước, phân lũ, tiêu úng, ngăn triều, giữ ngọt, ngăn mặn. Cổng lộ thiên được dùng rộng rãi nhất là ở vùng đồng bằng, vì vậy còn gọi là "cổng đồng bằng" hay cổng hở.

II. Phân loại

Theo mục đích sử dụng cổng lộ thiên được chia thành những loại sau đây:

1. Cổng lấy nước

Cổng được xây dựng để lấy nước từ sông, kênh hoặc từ hồ chứa phục vụ các yêu cầu dùng nước.

Chúng ta gặp cổng lấy nước kiểu cổng lộ thiên ở nhiều nơi, ví dụ cổng lấy nước Trung Trang đặt ở xã Bát Trang, huyện An Lão, Hải Phòng. Cổng lấy nước từ sông Văn Úc tưới cho 18250 ha, tạo nguồn tưới 420 ha, cấp nước cho sinh hoạt, công nghiệp và các ngành kinh tế khác; cổng này có 4 cửa, mỗi cửa rộng 8m, $Q_{lk} = 111 \text{ m}^3/\text{s}$; cổng dùng van phẳng thép đóng mở tời điện TD 6.2, cổng xây dựng năm 1980.

2. Cổng điều tiết

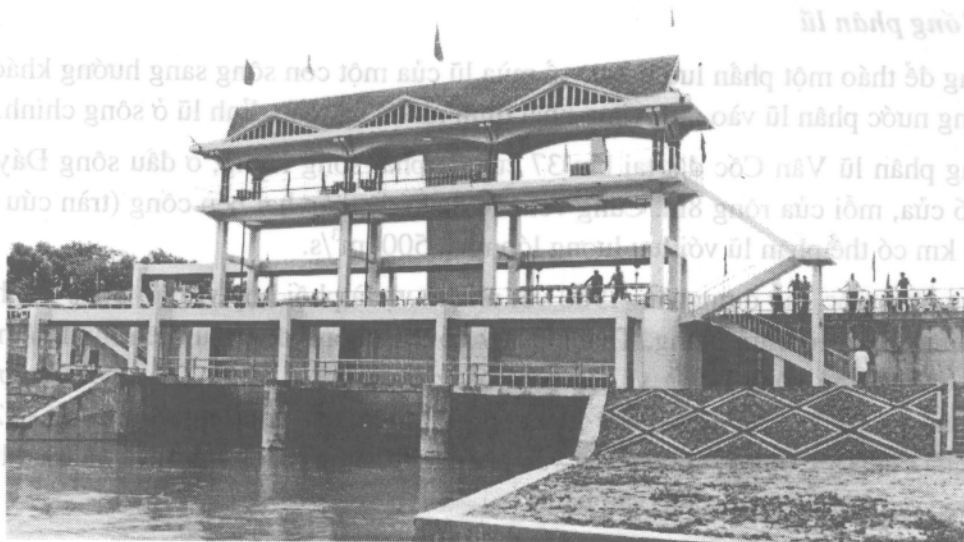
Loại này được xây dựng trên sông, kênh để dâng cao mực nước tạo điều kiện lấy nước cho các công trình phía thượng lưu.

Trên hệ thống sông Nhuệ sau cổng đầu mối Liên Mạc có nhiều cổng điều tiết được xây dựng trên sông để toàn bộ hệ thống đảm bảo nhiệm vụ cấp nước, tiêu úng và an toàn cho mỗi công trình. Trong đó có cổng hạ lưu Liên Mạc là cổng điều tiết xây dựng năm 2001 có các nhiệm vụ:

- Dâng nước ở hạ lưu cổng Liên Mạc, khi mực nước sông Hồng vượt +12.95 để đảm bảo ổn định cho cổng Liên Mạc.
- Đảm bảo giao thông (đoàn tải trọng H30) qua hai bờ sông Nhuệ.
- Đảm bảo lấy nước tưới cho hệ thống (60000 ha) như thiết kế ban đầu.

- Tạo điều kiện thuận lợi cho việc tiêu nước đầu vụ phân diện tích ở hạ lưu cống thuộc địa phận Hà Nội, Hà Tây.

Cống hạ lưu Liên Mạc gồm 3 cửa mỗi cửa rộng 6m trong đó có cửa qua thuyền (hình 14-1).



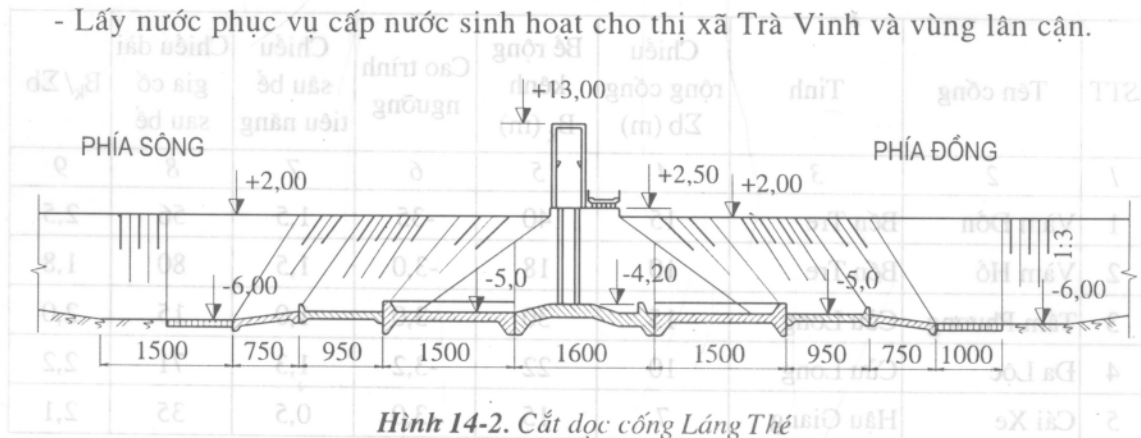
Hình 14-1. Cống hạ lưu Liên Mạc

3. Cống tiêu

Dùng tháo nước, chống úng cho một vùng nhất định trên một hệ thống, bên cạnh nhiệm vụ tiêu, cống còn đảm nhận các nhiệm vụ khác:

Cống Láng Thè (hình 14-2) đặt tại rạch Láng Thè, xã Đại Phước, huyện Cần Long, tỉnh Trà Vinh. Cống có 7 cửa dùng van phẳng, mỗi cửa rộng 8,5m. Nhiệm vụ của cống là:

- Tiêu úng cho 58940 ha;
- Ngăn mặn cho 31140 ha;
- Tạo nguồn nước ngọt cho 51128 ha;
- Kết hợp cải thiện giao thông thủy bộ, bố trí địa bàn dân cư;
- Lấy nước phục vụ cấp nước sinh hoạt cho thị xã Trà Vinh và vùng lân cận.



Hình 14-2. Cắt dọc cống Láng Thè

Cống Cổ Thiêu III (huyện Kiến Thụy - Hải Phòng) 4 cửa, mỗi cửa rộng 7,5m, van cung xây dựng năm 2000 để tiêu úng cho 9174 ha.

Cống Cầu Xe (Hải Dương) tiêu cho khu vực Bắc Hưng Hải, gồm 7 cửa, mỗi cửa 8m, lưu lượng tiêu thiết kế $230\text{m}^3/\text{s}$.

4. Cổng phân lũ

Dùng để tháo một phần lưu lượng về mùa lũ của một con sông sang hướng khác, hoặc tập trung nước phân lũ vào một vùng nhất định nhằm hạ thấp đỉnh lũ ở sông chính.

Cổng phân lũ Văn Cốc đặt tại km 37 của đê phải sông Hồng, ở đầu sông Đáy, cống gồm 26 cửa, mỗi cửa rộng 8m. Cùng với các đoạn đê thấp hai bên cống (trên cứu hộ đê) dài 8,6 km có thể phân lũ với lưu lượng lớn nhất $5000\text{m}^3/\text{s}$.

Cổng Văn Cốc xây dựng năm 1966 với nhiệm vụ là phối hợp với hồ Thác Bà, hồ Hoà Bình, vùng phân lũ Tam Nông, Thanh Thủy có thể chống được lũ điển hình năm 1945, bảo vệ đồng bằng sông Hồng và Hà Nội, bảo vệ vùng bãi Phúc Thọ, Đan Phượng khi chưa phân lũ. Cổng Văn Cốc thuộc loại cống lộ thiên, cao trình ngưỡng cống +12,0 lưu lượng qua cống $2330\text{m}^3/\text{s}$, cống dùng van phẳng, đóng mở bằng tời điện, và mùa lũ cống luôn luôn ở tình trạng sẵn sàng vận hành.

5. Cổng ngăn triều

Xây dựng ở cửa sông ven biển, chịu ảnh hưởng trực tiếp của thủy triều. Ở một thời kỳ nhất định, khi thủy triều dâng, cống mở để các công trình lấy nước ngọt vào đồng (do triều đẩy dôn lên). Khi triều rút vào mùa lũ, lợi dụng chân triều thấp cống mở tháo tiêu nước từ đồng ra. Vào mùa khô cống đóng để ngăn triều giữ ngọt. Ngoài ra cống còn có tác dụng thay đổi nước trong đồng nhằm thau chua rửa mặn.

Ví dụ: cống Nghi Quang (Nghệ An) được xây dựng để tiêu úng, ngăn triều, giữ ngọt, ngăn mặn, gồm 12 cửa mỗi cửa có bề rộng qua nước 3,2m và một cửa qua thuyền rộng 6m, cống sử dụng cửa van tự động trục đứng.

Thống kê một số cống vùng triều được thể hiện qua bảng 14-1.

Bảng 14-1. Thông số chính một số cống vùng triều

STT	Tên cống	Tỉnh	Chiều rộng cống Σb (m)	Bề rộng kênh B_k (m)	Cao trình ngưỡng	Chiều sâu bể tiêu năng	Chiều dài gia cố sau bể	$B_k/\Sigma b$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Vàm Đôn	Bến Tre	15	40	-35	1,5	56	2,5
2	Vàm Hồ	Bến Tre	10	18	-3,0	1,5	80	1,8
3	Tầm Phương	Cần Long	15	30	-3,0	1,0	15	2,0
4	Đa Lộc	Cần Long	10	22	-3,2	1,3	71	2,2
5	Cái Xe	Hậu Giang	7	15	-3,0	0,5	35	2,1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	Cái Oanh	Hầu Giang	14	26	-3,0	0,5	35	1,8
7	Gò Công	Tiền Giang	16	32	-3,7	1,8	80	2,0
8	Xuân Hoà	Tiền Giang	28	44	-3,5	0,6	70	1,6
9	Trị Yên	Long An	15,6	30	-3,0	0,5	60	1,9
10	Đôi Ma	Long An	13,2	20	-2,4	1,77	35	1,5
11	Mỹ Trung	Quảng Bình	80	110	-4,0	0,5	29	1,4
12	Diễn Thành	Nghệ An	40	84	-3,0	1,3	46	2,1
13	Lân I	Thái Bình	30	48	-3,5	0,5	34	1,6
14	Cầu Xé	Hải Dương	56	90	-4,0	0,5	52	1,6
15	Lân II	Thái Bình	32	50	-3,5	1,0	40	1,56

6. Cống tháo cát

Để xói rửa bùn cát lắng đọng phía trước các công trình dâng và điều tiết nước.

III. Các bộ phận của cống

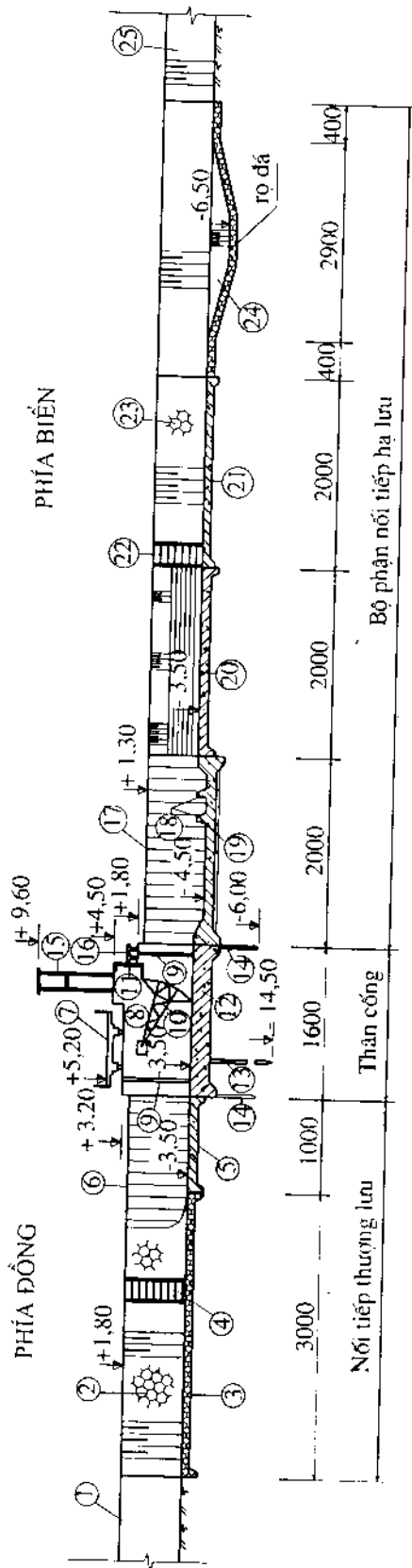
Cống lộ thiên gồm ba phần: Bộ phận nối tiếp thượng lưu, thân cống và bộ phận nối tiếp hạ lưu. Hình 14-3 là cắt dọc cống Lân II (Thái Bình), cống có 4 cửa, mỗi cửa 8m, dùng van cung. Cống có nhiệm vụ tiêu 12361 ha với $Q_{lk} = 95m^3/s$; $Q_{max} = 163,5m^3/s$; cống xây dựng năm 1996.

1. Bộ phận nối tiếp thượng lưu

Bộ phận nối tiếp thượng lưu phải bảo đảm nước chảy vào cống ổn định, thuận dòng, tổn thất cột nước ít. Bộ phận này có tường cánh thượng lưu để hướng dòng chảy vào thuận, tác dụng chống xói, chống thấm quanh bờ. Sân phủ làm bằng vật liệu ít thấm nước như đất thịt, đất sét, tấm bê tông cốt thép, v.v... Nếu dùng các tấm bê tông cốt thép thì thường tấm được néo chặt với bản đáy cống. Đối với sân phủ bằng đất ít thấm nước thì trên mặt cần có lớp bảo vệ chống xói và nứt nẻ. Lớp bảo vệ này thường là lớp đá xếp khảm đặt lên một lớp đệm bằng cát sỏi. Ngoài ra có khi thay thế hoặc kết hợp với sân phủ còn đóng cừ để chống thấm dưới nền.

2. Bộ phận thân cống

Bộ phận này có tác dụng điều tiết lưu lượng, khống chế mực nước và liên kết với bờ hoặc công trình thủy lợi khác ở bên cạnh. Bộ phận này có cửa van để khống chế mực nước và điều tiết lưu lượng. Cầu công tác để đặt thiết bị đóng mở cửa van và là nơi điều khiển các thiết bị đó. Cầu giao thông bắc qua các mố cống. Mố giữa phân cống thành nhiều khoang làm giảm bớt chiều rộng cửa van, tiện cho việc quản lý. Ngoài ra mố còn đỡ cầu công tác, cầu giao thông. Mố bên có một số tác dụng như mố giữa, song nó còn để nối thân cống với bờ hoặc các công trình khác bên cạnh, để chắn đất và chống thấm vòng quanh bờ. Ở đầu mố giữa và mố bên có bố trí khe van, khe phai. Khi cần thiết sửa chữa van hay một số bộ phận thân cống sẽ thả hàng phai chắn nước.



Hình 14-3. Cắt dọc công Lân II (Thái Bình - Xây dựng 1996)

1. Kênh dẫn thượng lưu; 2. Bảo vệ mái thượng lưu; 3. Sân trước hàng đá xây; 4. Cầu thang mái kênh thượng lưu; 5. Sân trước hàng bê tông CT; 6. Tường cánh thượng lưu; 7. Cầu giao thông; 8. Mổ trụ; 9. Khe phai; 10. Cửa van; 11. Tường ngực; 12. Bản đáy cống; 13. Cọc bê tông cốt thép; 14. Cừ chống thấm; 15. Cầu công tác; 16. Cầu thả phai; 17. Tường cánh hạ lưu; 18. Mổ tiêu năng; 19. Bản đáy bể tiêu năng; 20. Sân sau hàng bê tông CT; 21. Sân sau hàng đá xây; 22. Cầu thang mái kênh hạ lưu; 23. Bảo vệ mái hạ lưu; 24. Hồ xối dư phòng; 25. Kênh hạ lưu.

Ghi chú: Kích thước cm

Bản đáy có tác dụng truyền lực của các bộ phận ở thân cống, phân bố tương đối đều đặn lên nền, đồng thời tạo ra lực ma sát với nền, giữ ổn định cho thân cống. Bản đáy còn có tác dụng chống xói, chống thấm ở nền. Có trường hợp người ta kết hợp bản đáy với sân sau thứ nhất làm một, lúc đó bản đáy còn có tác dụng như sân sau thứ nhất.

Ở một số cống còn dùng tường ngực để chắn nước giảm chiều cao cửa van, hạ thấp cao trình đặt cầu công tác. Tường ngực còn có tác dụng làm tăng ổn định hướng ngang của các mối.

3. Bộ phận nối tiếp hạ lưu

Bộ phận nối tiếp hạ lưu là đoạn quá độ để dòng nước từ thân cống chảy ra kênh được dễ dàng và khuếch tán đều đặn. Ở bộ phận này cần có kết cấu tiêu hao năng lượng của dòng chảy từ cống ra, không gây xói ở hạ lưu.

Tường cánh hạ lưu có tác dụng phân bố đều và hướng dòng chảy từ thân cống ra kênh. Ngoài ra, tường và bộ phận đá lát ở hai bên bờ còn có tác dụng bảo vệ bờ kênh khỏi bị xói lở. Sân sau thứ nhất có tác dụng bảo vệ đáy kênh. Tại đây bố trí các thiết bị tiêu năng (tường, bể tiêu năng) và các thiết bị tiêu năng phụ, thiết bị hướng dòng (ngưỡng, mố...) để tiêu hao năng lượng dòng nước và phân bố dòng chảy vào kênh đều đặn, ở sân sau thứ nhất nhiều khi còn bố trí các lỗ thoát nước thấm để giảm áp lực thấm tác dụng lên đáy cống, dưới đáy sân cần bố trí tầng lọc ngược. Sân sau thứ hai có tác dụng tiêu hao tiếp tục phần năng lượng dòng chảy mà ở sân sau thứ nhất chưa tiêu hao hết, đồng thời cũng là bộ phận bảo vệ, chống xói cho đáy kênh. Đôi khi ở cuối sân sau thứ hai còn đào hố chống xói nhằm tăng cường việc phân bố lại dòng chảy, chống xói cho kênh.

§14.2. XÁC ĐỊNH KÍCH THƯỚC LỖ CỐNG

I. Xác định mực nước thiết kế thượng hạ lưu cống

Căn cứ vào nhiệm vụ công trình xác định được cấp công trình, từ đó có mức đảm bảo. Ứng với mức đảm bảo thiết kế, qua tính toán thủy lực, thủy văn sẽ xác định được mực nước thượng hạ lưu thiết kế.

1. Mực nước hạ lưu (Z_h)

a) Với cống lấy nước:

Căn cứ và mực nước cần ở nơi dùng, vẽ đường mực nước trong kênh, chúng ta có mực nước thiết kế đầu kênh, tức là Z_h .

b) Với cống phân lũ, cống tiêu:

Dựa vào tính toán thủy văn để xác định, ví dụ: một con sông có lưu lượng là Q , một nhánh đổ vào một lưu lượng Q_1 thì lưu lượng trong sông là $Q_1 + Q$ (hình 14-4) tra quan hệ $Z_h \sim Q$ ứng với $(Q + Q_1)$ ta sẽ có mực nước hạ lưu cần tìm.

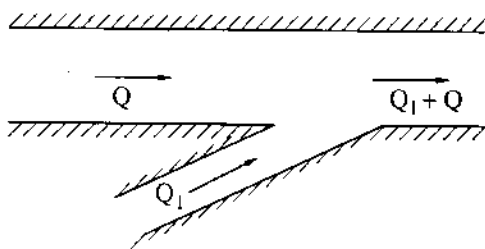
Với cống tiêu vùng triều: mực nước hạ lưu thiết kế chọn theo chân triều, đỉnh triều và dạng triều thiết kế.

2. Mực nước thượng lưu (Z_1)

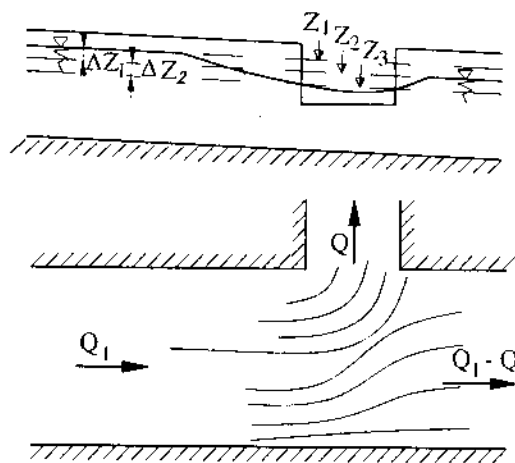
a) Với cống lấy nước:

Từ một con sông có lưu lượng Q_1 chúng ta lấy nước với lưu lượng Q thì lưu lượng trong sông còn lại là $Q_1 - Q$ (hình 14-5). Từ Q_1 và $Q_1 - Q$ tra quan hệ $Z_1 = f(Q)$ ta có mực nước trong sông phía trên và phía dưới cửa lấy nước là Z_1, Z_2 . Từ đó ta có tổn thất cột nước:

$$\Delta Z_1 = Z_1 - Z_2 \quad (14-1)$$



Hình 14-4



Hình 14-5

Mặt khác do nước chảy vào cống mà mực nước hạ xuống một giá trị là ΔZ_2 tính theo công thức (14-2):

$$\Delta Z_2 = \frac{3}{2} \cdot \frac{Kv^2}{(1-K)2g}; \quad (14-2)$$

với: $K = \frac{Q}{Q_1}$; $v = \frac{Q_1 - Q}{\Omega_2}$;

Ω_2 - diện tích mặt cắt ướt của sông phía dưới cống lấy nước.

Như vậy mực nước thượng lưu cống là:

$$Z_1 = Z_1 - \sum \Delta Z_i, \quad (14-3)$$

với: $\sum \Delta Z_i = \Delta Z_1 + \Delta Z_2$.

Nếu cống đặt cách bờ sông một đoạn kênh thì dòng chảy trong kênh từ sông vào đến cống có tổn thất cột nước là ΔZ_3 và khi đó:

$$\sum \Delta Z_i = \Delta Z_1 + \Delta Z_2 + \Delta Z_3.$$

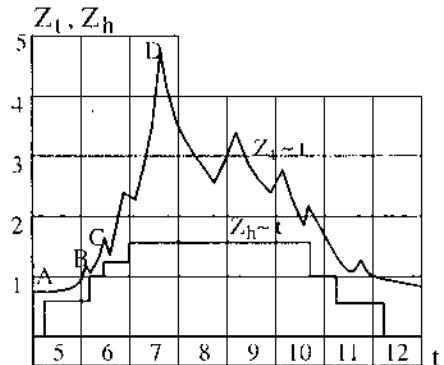
Gọi Z_{pg} là cao trình mực nước phân giới của sóng. Nếu $Z_i > Z_{pg}$ thì Z_i được chọn theo (14-3), nếu $Z_i < Z_{pg}$ thì Z_i lấy bằng Z_{pg} .

b) Đối với cống tiêu, cống phân lũ: căn cứ vào mực nước phải khống chế trong vùng, tiến hành tính toán thủy văn, thủy lực để xác định Z_t .

3. Lựa chọn cặp (Z_t, Z_h) thiết kế

Phân trên nêu cách xác định mực nước thượng, hạ lưu cống ứng với một thời điểm nhất định. Trong thực tế Q, Z_t, Z_h biến đổi theo thời gian. Vì vậy cần xác định cặp Z_t, Z_h và lưu lượng tương ứng bất lợi nhất cho mỗi mục tiêu thiết kế để tính toán đảm bảo lấy đủ lưu lượng và an toàn cho công trình, đồng thời đảm bảo yêu cầu kinh tế.

Ví dụ đối với cống lấy nước, dựa vào tần suất đảm bảo theo yêu cầu dùng nước ta xác định được đường quá trình mực nước Z_t, Z_h và Q tương ứng tại mỗi thời điểm (hình 14-6).



Hình 14-6. Đường quá trình mực nước thượng hạ lưu cống

Trên hình vẽ ta thấy, tại điểm A, B, C, giá trị ($Z_t - Z_h$) nhỏ, dựa vào đường quá trình lưu lượng ta có lưu lượng tương ứng của thời điểm trên, đây là các trường hợp để xác định kích thước lỗ cống trong điều kiện bất lợi nhất. Tại điểm D chênh lệch ($Z_t - Z_h$) là lớn nhất. Ta dùng trường hợp này để tính toán tiêu năng phòng xói cho hạ lưu cống.

II. Lựa chọn kiểu ngưỡng cống và lưu lượng đơn vị

1. Lưu lượng đơn vị chảy qua cống

Vấn đề chọn lưu lượng đơn vị chảy qua cống rất quan trọng, cần phải xét ngay từ đầu vì nó ảnh hưởng đến giá thành xây dựng và điều kiện làm việc an toàn của cống và kênh.

Khi chọn lưu lượng đơn vị lớn, kích thước cống được giảm nhỏ, song tiêu năng sau cống sẽ phức tạp. Nếu chọn lưu lượng đơn vị nhỏ thì ngược lại. Vì vậy trong khi thiết kế cần phải so sánh lựa chọn để giải quyết cho thoả đáng và bảo đảm các yêu cầu kinh tế kỹ thuật. Khi chọn lưu lượng đơn vị cần tham khảo các số liệu kinh nghiệm thực tế, và nên chú ý đến một số mặt sau:

- Khi chênh lệch mực nước thượng hạ lưu lớn, năng lượng dòng chảy qua cống lớn nên chọn lưu lượng đơn vị nhỏ.

- Khi chiều sâu nước sau cống nông nên chọn lưu lượng đơn vị nhỏ để giảm nhẹ vấn đề tiêu năng.

- Khi nền yếu, khả năng chống xói kém nên chọn lưu lượng đơn vị bé.
- Khi cống có quy mô lớn, nước chảy ra sau cống không đều, khó khuếch tán dễ dẫn đến hiện tượng chảy tập trung, cũng nên chọn lưu lượng đơn vị nhỏ.

Để đảm bảo dòng chảy từ cống ra kênh khuếch tán tương đối đều, theo đề nghị của V.M. Đômborôpski, lưu lượng đơn vị sau bể tiêu năng không lớn hơn $1,5 \div 2$ lần lưu lượng đơn vị trong kênh và nói chung nhỏ hơn $10 \text{ m}^3/\text{s.m}$.

Theo kinh nghiệm thực tế thì cống dùng phân lũ trên nền cát $q = 10 \div 15 \text{ m}^3/\text{s.m}$. Cống tiêu $q = 4 \div 11 \text{ m}^3/\text{s.m}$ nếu đất nền có tính dính có thể lấy lớn hơn một chút. Cống lấy nước $q = 4 \div 9 \text{ m}^3/\text{s.m}$ và lưu tốc qua cống $v = 1 \div 2 \text{ m/s}$ để tổn thất cột nước qua cống không quá lớn.

2. Lựa chọn kiểu ngưỡng cống

Hình thức ngưỡng cống có ảnh hưởng đến khả năng dẫn nước qua cống, ảnh hưởng đến việc xác định kích thước lỗ cống và một số kết cấu khác của cống. Phần lớn các cống đã xây dựng ở nước ta chọn loại ngưỡng bằng, có tác dụng như ngưỡng đỉnh rộng. Ngoài loại ngưỡng bằng có thể chọn hình thức ngưỡng mặt cắt thực dụng không chân không.

Trong các trường hợp sau đây thường dùng ngưỡng đỉnh rộng:

- Khi cần hạ thấp cao trình đỉnh ngưỡng để đảm bảo khả năng dẫn nước qua cống. Ví dụ cống tiêu, cao trình mặt nước đường tiêu thường thấp, chiều sâu nước lại yêu cầu lớn để có thể nhanh chóng tiêu nước đọng.

- Khi lưu lượng đơn vị đã xác định nhưng không đòi hỏi hệ số lưu lượng lớn.

- Khi thời gian thi công gấp rút, một số yêu cầu khác đã thoả mãn thì chọn loại ngưỡng này đơn giản, thi công dễ.

Tuỳ theo tình hình cụ thể như yêu cầu chiều sâu nước chảy, yêu cầu về hệ số lưu lượng, v.v... mà cao trình đỉnh ngưỡng chỗ dòng nước vào cống có thể làm bằng hoặc cao hơn đáy kênh một chút.

Trường hợp yêu cầu có hệ số lưu lượng lớn hoặc khi mực nước thượng lưu và đáy kênh chênh nhau quá nhiều, cần hạn chế lưu lượng đơn vị thì nên dùng ngưỡng thực dụng để nâng cao trình ngưỡng lên, giảm cột nước chảy trên ngưỡng tràn, đồng thời giảm được chiều cao cửa van.

III. Xác định kích thước lỗ cống

Kích thước lỗ cống phải đảm bảo thực hiện được nhiệm vụ tháo nước, lấy nước của cống (mặt khác bề rộng mỗi cửa được lựa chọn còn phải chú ý đến yêu cầu lắp đặt, đóng mở cửa van và yêu cầu cấu tạo chung).

1. Trường hợp mở cửa van hoàn toàn

a) Chảy tự do

Khi cửa van mở hoàn toàn, dòng chảy hở thoáng, mực nước hạ lưu thấp hơn đỉnh ngưỡng hoặc cao hơn đỉnh ngưỡng nhưng chưa xảy ra chảy ngập thì lưu lượng tính theo công thức đập tràn chảy không ngập:

$$Q = \varepsilon m \Sigma b \sqrt{2g} \cdot H_0^{3/2}; \quad (14-4)$$

trong đó:

m - hệ số lưu lượng, phụ thuộc vào hình thức ngưỡng cống;

ε - hệ số co hẹp bên do các móng trụ gây nên;

Σb - tổng bề rộng qua nước của các khoang cống;

H_0 - cột nước tràn có kể đến lưu tốc tới gần.

Hệ số lưu lượng m với ngưỡng đỉnh rộng được xác định theo hình dạng cửa vào và hình dạng đầu ngưỡng tràn. Với ngưỡng thực dụng:

$$m = m_{tc} \sigma_{hd} \sigma_H; \quad (14-5)$$

với: m_{tc} - hệ số lưu lượng tiêu chuẩn;

σ_{hd} - hệ số kể đến hình dạng ngưỡng thực dụng;

σ_H - hệ số kể đến ảnh hưởng của cột nước tràn tính toán.

Hệ số co hẹp bên ε , với ngưỡng đỉnh rộng:

$$\varepsilon = \frac{\Sigma b}{\Sigma b + \Sigma d}; \quad (14-6)$$

trong đó: Σd - tổng chiều dày các móng trụ.

Với ngưỡng thực dụng tính theo:

$$\varepsilon = 1 - 0,2 \frac{\xi_{mb} + (n-1)\xi_{mt}}{n} \cdot \frac{H_0}{b}; \quad (14-7)$$

trong đó:

ξ_{mb} - hệ số co hẹp của móng bên;

ξ_{mt} - hệ số co hẹp của móng trụ;

n - số khoang cống.

b) Chảy ngập

• Đối với ngưỡng thực dụng (hình 14-7) chảy ngập xảy ra khi thoả mãn cả hai điều kiện:

$$h_n = h_H - P > 0; \quad (14-8)$$

và:

$$\frac{Z}{P} < \left(\frac{Z}{P} \right)_{pg} \quad ; \quad (14-9)$$

trong đó:

Z - chênh lệch mực nước thượng hạ lưu;

P - chiều cao của ngưỡng;

h_n - chiều sâu dòng chảy từ mực nước hạ lưu đến đỉnh ngưỡng;

h_n - chiều sâu mực nước hạ lưu.

Trị số $\left(\frac{Z}{P} \right)_{pg}$ phụ thuộc vào hệ số lưu lượng m và tỷ số $\frac{H}{P}$ (với H là cột nước tràn) và

có thể tham khảo bảng 14-2.

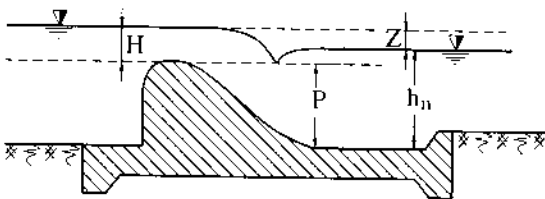
Bảng 14-2. Trị số $\left(\frac{Z}{P} \right)_{pg}$

m	H/P								
	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00
0,35	0,92	0,89	0,87	0,86	0,84	0,86	0,87	0,96	1,05
0,385	0,91	0,86	0,84	0,82	0,80	0,79	0,80	0,83	0,90
0,42	0,89	0,81	0,80	0,73	0,76	0,75	0,73	0,75	0,72
0,46	0,88	0,82	0,78	0,76	0,74	0,71	0,70	0,73	0,79
0,48	0,86	0,80	0,76	0,74	0,71	0,68	0,67	0,67	0,78

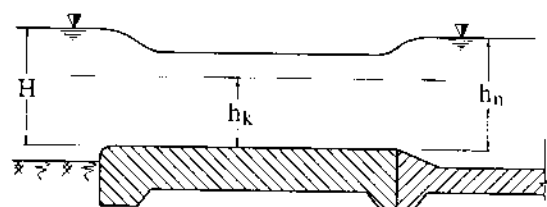
Khi thỏa mãn điều kiện chảy ngập thì lưu lượng tính theo:

$$Q = \sigma_n \epsilon m \Sigma b \sqrt{2g} H_0^{3/2} \quad ; \quad (14-10)$$

với: σ_n - hệ số ngập, phụ thuộc vào $\frac{h_n}{H_0}$.



Hình 14-7. Sơ đồ tính thủy lực đập tràn thực dụng.



Hình 14-8. Sơ đồ tính thủy lực đập tràn đỉnh rộng.

- Đối với ngưỡng đỉnh rộng chỉ tiêu ngập xác định như sau:

$$\frac{h_n}{H_0} > \left(\frac{h_n}{H_0} \right)_{pg} ; \quad (14-11)$$

hoặc:

$$\frac{h_n}{h_k} > \left(\frac{h_n}{h_k} \right)_{pg} ; \quad (14-12)$$

trong đó:

h_k - độ sâu phân giới trên ngưỡng;

$\left(\frac{h_n}{H_0} \right)_{pg}$ - gần đúng lấy khoảng $0,7 \div 0,8$; $\left(\frac{h_n}{h_k} \right)_{pg}$ gần đúng bằng $1,2 \div 1,4$.

Khi thỏa mãn điều kiện chảy ngập, công thức tính lưu lượng có dạng:

$$Q = \varphi_g \varphi_n \cdot \sum b \cdot h \sqrt{2g(H_0 - h)} ; \quad (14-13)$$

trong đó: h - chiều sâu dòng chảy trên ngưỡng tràn:

$$h = h_n - Z_{hp} ; \quad (14-14)$$

Z_{hp} - độ cao hồi phục khi dòng chảy ra khỏi cống;

φ_n - hệ số lưu tốc chảy ngập, có thể tham khảo bảng 14-3.

Bảng 14.3. Hệ số φ_n theo m

m	0,30	0,31	0,32	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38
φ_n	0,76 0,78*	0,81	0,84	0,87	0,90	0,93	0,96	0,98	0,99

(* ứng với trường hợp $\frac{h}{H_0} < 0,85$)

φ_g - hệ số lưu tốc khi xét co hẹp bên, khi $\varepsilon \geq 0,8$ thì có thể tính theo CR.R.Trugacp:

$$\varphi_g = 0,5\varepsilon + 0,5; \quad (14-15)$$

Khi cống không có mố trụ $\varphi_g = 1$.

2. Trường hợp cửa van mở một phần

Khi cần khống chế lưu lượng qua cống, ta dùng cửa van mở một phần. Nếu hạ lưu có nước nhảy phóng xa, nhảy tại chỗ ($h_c'' \geq h_n$) thì mặt cắt co hẹp C - C không bị ngập (hình 14-9) thì Q tính theo (14-16):

$$Q = \varphi \alpha a b \sqrt{2g(H_0 - \alpha a)}; \quad (14-16)$$

trong đó:

φ - hệ số lưu tốc, phụ thuộc vào hình dạng, mức độ thuận dòng ở cửa vào. Khi $P = 0$, cửa vào có tường cánh lượn tròn hoặc xiên thì $\varphi = 0,95 \div 1,0$. Khi $P > 0$, cửa vào không thuận thì $\varphi = 0,85 \div 0,95$;

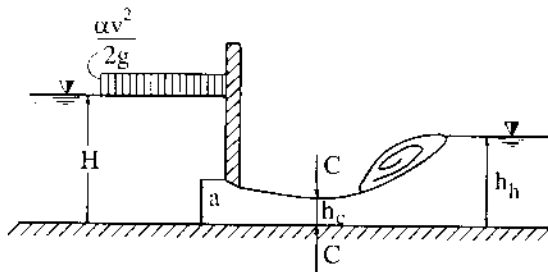
α - hệ số co hẹp đứng, có thể xác định theo N.E.Giacopski (bảng 14-4) theo a/H ;

a - độ mở cổng;

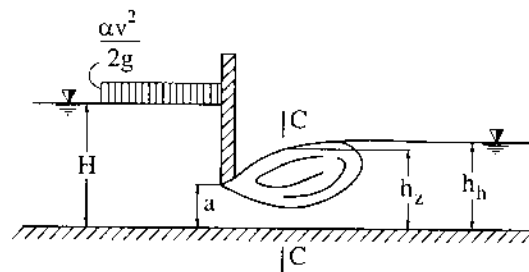
h_c - độ sâu dòng chảy tại mặt cắt co hẹp C - C, $h_c = \alpha a$.

Bảng 14.4. Bảng tính hệ số co hẹp đứng α

a/H	α	a/H	α	a/H	α
0,00	0,611	0,30	0,625	0,550	0,650
0,10	0,615	0,35	0,628	0,609	0,660
0,15	0,618	0,40	0,632	0,65	0,672
0,20	0,620	0,45	0,638	0,70	0,690
0,25	0,622	0,50	0,645	0,75	0,705



Hình 14-9. Sơ đồ chảy tự do



Hình 14-10. Sơ đồ chảy ngập

Khi nối tiếp bằng nước nhảy ngập, tại mặt cắt co hẹp độ sâu mực nước là $h_z > h_c$. Công thức tính lưu lượng như sau:

$$Q = \alpha \varphi a b \sqrt{2g(H_0 - h_z)}; \quad (14-17)$$

trong đó:

$$h_z = \sqrt{h_h^2 - M \left(H_0 - \frac{M}{4} \right)} + \frac{M}{2}; \quad (14-18)$$

$$M = 4\mu^2 a^2 \frac{h_h - h_c}{h_h h_c}; \quad (14-19)$$

$\mu = \alpha \varphi$ là hệ số lưu lượng.

Các ký hiệu khác xem (14-10).

§14.3. THIẾT KẾ TIÊU NĂNG PHÒNG XÓI

I. Đặc điểm dòng chảy qua cống

Dòng chảy qua cống nói chung có những đặc điểm sau:

- Dòng chảy qua cống có lưu tốc trung bình lớn, phân bố không đều; mạch động lưu tốc và mạch động áp lực xảy ra với mức độ lớn.
- Mức nước thượng lưu (Z_t), mức nước hạ lưu (Z_h) và lưu lượng qua cống luôn thay đổi theo thời gian, vì vậy trạng thái chảy qua cống cũng thay đổi.
- Dòng chảy ở hạ lưu khuyếch tán không đều do các cửa van đóng mở không đồng bộ và không đều.
- Bề rộng cống (Σb) nhỏ hơn nhiều so với bề rộng kênh (B_k), tỷ lệ $B_k/\Sigma b$ lớn (bảng 14-1); cống lại thường xây dựng trên nền đất yếu.

Ngoài đặc điểm chung trên, các cống vùng triều còn có những đặc điểm sau:

- + Cống vùng triều thường làm việc với mực nước hạ lưu lớn, nối tiếp sau cống ở chế độ chảy ngập với mức độ ngập lớn, nếu theo tính toán thông thường.
- + Các cống vùng biển chịu ảnh hưởng trực tiếp của thủy triều (ở miền Bắc là nhật triều, ở miền Nam là bán nhật triều, ở miền Trung là bán nhật triều không đều). Ở lưu vực kín, thủy triều ảnh hưởng một phía cống. Ở lưu vực mở (phần lớn thuộc đồng bằng Nam bộ, mạng lưới kênh rạch chằng chịt) thủy triều ảnh hưởng và quyết định chế độ mực nước ở cả hai phía cống.
- + Dòng chảy sau khi qua khỏi ngưỡng cống thường xuất hiện nước nhảy sóng và sóng đứng chảy vọt qua bể, tạo ra nước nhảy không ổn định, vì vậy hiệu quả của bể tiêu năng kém và quá trình tiêu năng phần lớn diễn ra sau bể.
- + Cống đặt trên nền mềm yếu và phức tạp.

II. Thiết kế bể tường tiêu năng

Xây bể hoặc tường hay bể tường kết hợp nhằm tạo ra nước nhảy ngập ngay sau cống. Bằng cách đó năng lượng thừa được tiêu hao từ 40 ÷ 70%. Đây là hình thức tiêu năng dùng với cột nước thấp, nền đất. Vì vậy nó trở thành thiết bị chủ yếu để tiêu hao năng lượng dòng chảy sau cống lộ thiên.

Việc xác định kích thước của các thiết bị này, với bài toán phẳng đã được trình bày trong giáo trình thủy lực học.

Trường hợp bể tiêu năng mở rộng dần, cần tính theo nước nhảy ba chiều, E.A.Zamarin đã lập phương trình:

$$\frac{\alpha_1 q_1 b_1 v_1}{g} + \frac{b_1 h_1^2}{2} = \frac{\alpha_2 q_2 b_2 v_2}{g} + \frac{b_2 h_2^2}{2}; \quad (14-20)$$

trong đó:

h_1, b_1, v_1, q_1 - chiều sâu, chiều rộng, lưu tốc và lưu lượng đơn vị tại mặt cắt đầu nước nhảy;

h_2, b_2, v_2, q_2 - chiều sâu, chiều rộng, lưu tốc và lưu lượng đơn vị tại mặt cắt sau nước nhảy;

α_1, α_2 - hệ số sửa chữa động lượng tại hai mặt cắt trên.

Lấy $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$, dùng thông số động năng $\pi_{dn1} = \frac{v_1^2}{gh_1}$ và $v_1 b_1 h_1 = v_2 b_2 h_2$, ta được:

$$\pi_{dn1} + \frac{1}{2} = \pi_{dn1} \cdot \frac{b_1 h_1}{b_2 h_2} + \frac{1}{2} \left(\frac{h_2}{h_1} \right)^2 \left(\frac{b_2}{b_1} \right); \quad (14-21)$$

Từ (14-21) tính được chiều sâu nước nhảy.

Chiều dài bể tiêu năng với nước nhảy ba chiều có thể xác định như sau:

Khi: $3 < \pi_{dn1} < 6$ thì $l_n = (1 \div 0,6 \pi_{dn1}) h_2$

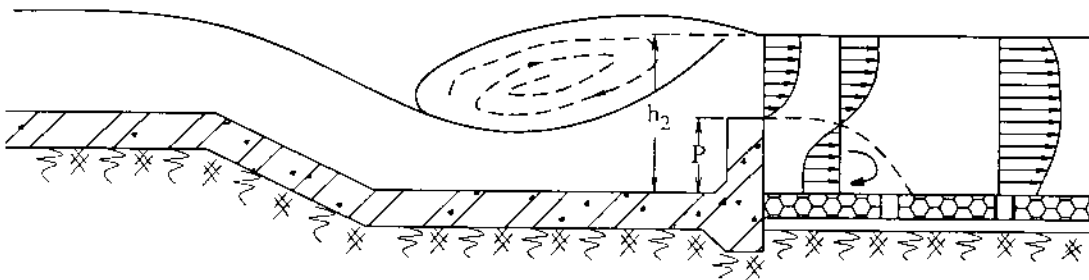
Khi: $6 < \pi_{dn1} < 17$ thì $l_n = (4,6) h_2$

Cuối bể tiêu năng thường làm ngưỡng (hình 14-11). Ngưỡng cuối bể có tác dụng:

- + Giảm chiều dài nước nhảy nên giảm chiều dài bể.
- + Tăng chiều sâu nước trong bể vì vậy giảm chiều sâu đào bể.
- + Hướng dòng chảy xiết lên mặt nước, giảm bớt lưu tốc đáy và có thể hình thành chảy xoáy sau ngưỡng, tránh xói chân ngưỡng.

+ Tăng thêm tác dụng khuếch tán, giảm bớt nước vật hai bờ, làm cho dòng chảy mau chóng phù hợp với lưu tốc bình thường phía sau, giảm được chiều dài sân sau thứ hai.

Chiều cao ngưỡng cuối bể nên chọn hợp lý, nếu thấp quá ngưỡng sẽ mất tác dụng, nếu cao quá lại sinh dòng xiết và nước nhảy phía sau, chiều cao ngưỡng thường xác định theo thực nghiệm.



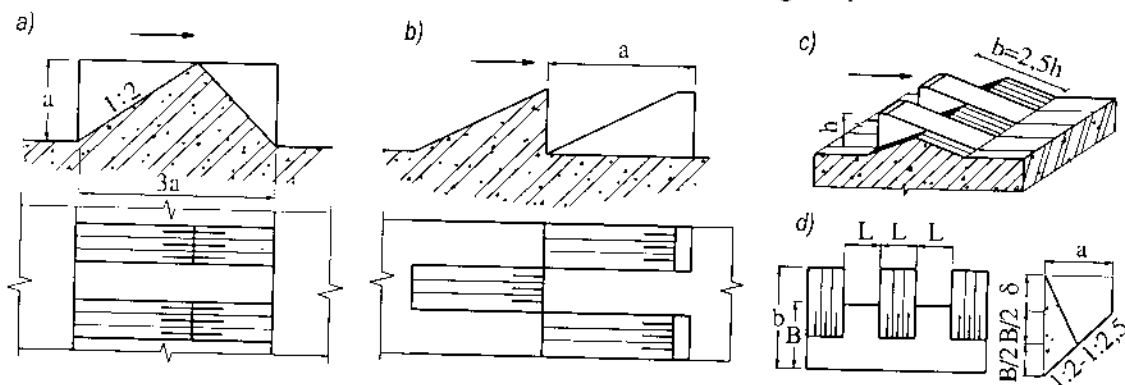
Hình 14-11. Ngưỡng cuối bể tiêu năng

III. Thiết bị tiêu năng phụ

Loại thiết bị này có tác dụng tiêu hao năng lượng thừa của dòng chảy, rút ngắn được chiều dài nước nhảy do đó giảm được khối lượng sân tiêu năng. Các thiết bị này còn có lợi cho việc phân bố lưu tốc ở hạ lưu.

Thiết bị tiêu năng phụ thường gặp như răng, mố và đầm tiêu năng.

Hình (14-12) là một số hình thức răng tiêu năng. Răng có tác dụng chia cắt dòng chảy thành nhiều dòng nhỏ theo cả mặt nằm ngang và mặt thẳng đứng. Các dòng nhỏ này sau khi qua răng sẽ xô vào nhau gây ra hiện tượng nước cuộn và tiêu hao năng lượng, đồng thời làm cho lưu tốc lớn nhất chuyển lên mặt, giảm nhẹ lưu tốc đáy, làm cho sự phân bố lưu tốc phù hợp với dạng phân bố bình thường ở hạ lưu.



Hình 14-12. Răng tiêu năng

Kích thước răng tiêu năng có thể tham khảo các số liệu sau:

$$a = \left(\frac{1}{12} \div \frac{1}{8} \right) \Delta H; \quad (14-22)$$

$$b = (2 \div 2,75)a; \quad B = b - \delta; \quad (14-23)$$

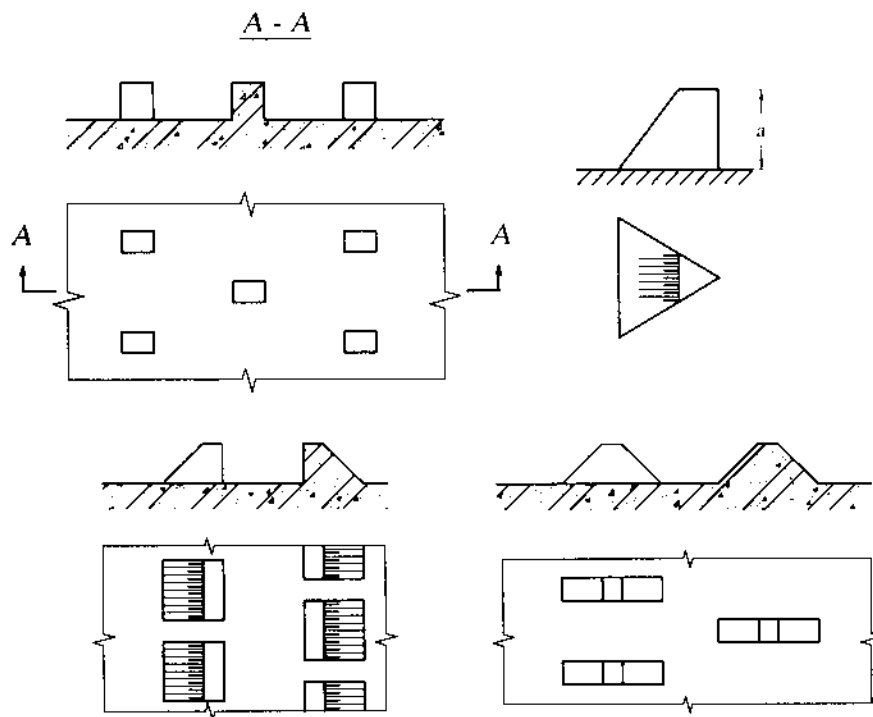
$$\delta = (0,1 \div 0,35)a; \quad (14-24)$$

$$l = (1,10 \div 1,50)a; \quad (14-25)$$

trong đó: ΔH - chênh lệch mực nước lớn nhất giữa thượng và hạ lưu; các ký hiệu khác xem hình vẽ.

Để xác định chính xác kích thước răng phải dựa vào kết quả thí nghiệm mô hình. Căn cứ vào một số thí nghiệm, chiều cao của răng khoảng $(0,17 \div 0,25)$ chiều sâu nước hạ lưu thì tác dụng tiêu năng tốt, khi mực nước hạ lưu sâu tác dụng tiêu năng giảm. Vì thế răng tiêu năng chỉ dùng trong trường hợp bề tiêu năng không quá sâu hoặc sân tiêu năng ít dốc. Tốt hơn là làm hai hàng răng xen kẽ nhau để tăng tác dụng cản dòng và khuếch tán dòng chảy xiết, ổn định vị trí nước nhảy.

Hình (14-13) là một số hình thức mố tiêu năng. Chiều cao của mố $a = (0,17 \div 0,25)$ chiều sâu của nước hạ lưu và thường không vượt quá 1,00m. Các mố cũng bố trí thành những hàng so le nhau để tăng tác dụng ngăn cản và có lợi cho việc khuếch tán dòng chảy. Mặt cắt của mố có thể là hình thang, tam giác hay chữ nhật. Các góc nhọn nên làm thành tròn nhẵn để tránh hiện tượng khí thực khi lưu tốc lớn. Khoảng cách giữa các mố thường nhỏ hơn chiều rộng mố, vào khoảng $1/2$ chiều cao mố. Tuy nhiên kích thước và bố trí các mố như thế nào cho thích hợp, cần phải qua thí nghiệm mô hình xác định.



Hình 14-13. Mố tiêu năng

Hình (14-14) là sơ đồ bố trí các dầm tiêu năng do A.M.Xenkôp đề nghị. Dầm có mặt cắt hình thang, đặt thấp dần về phía sau. Kích thước dầm như sau:

$$a = (0,06 \div 0,125)H; \quad (14-26)$$

$$b = (0,10 \div 0,20)h_c; \quad (14-27)$$

$$t = (3,0 \div 5,0)c; \quad (14-28)$$

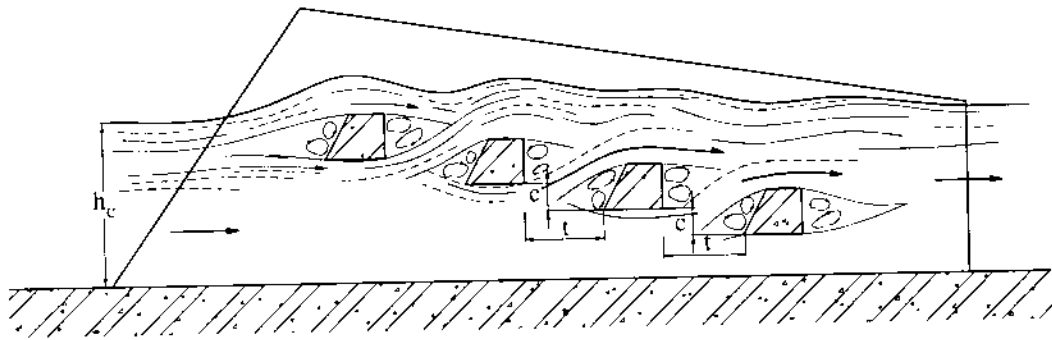
trong đó:

H - độ chênh lệch cột nước;

h_c - chiều sâu nước ở mặt cắt thu hẹp sau cống hay chiều sâu trước nước nhảy.

Hình thức này thường áp dụng đối với sân tiêu năng không rộng, nếu sân rộng, dùng dầm không kinh tế. Dầm thường làm bằng bê tông cốt thép. Trường hợp chênh lệch cột nước trước sau cống không lớn, kích thước mỗi khoang cống nhỏ có thể dùng dầm bằng

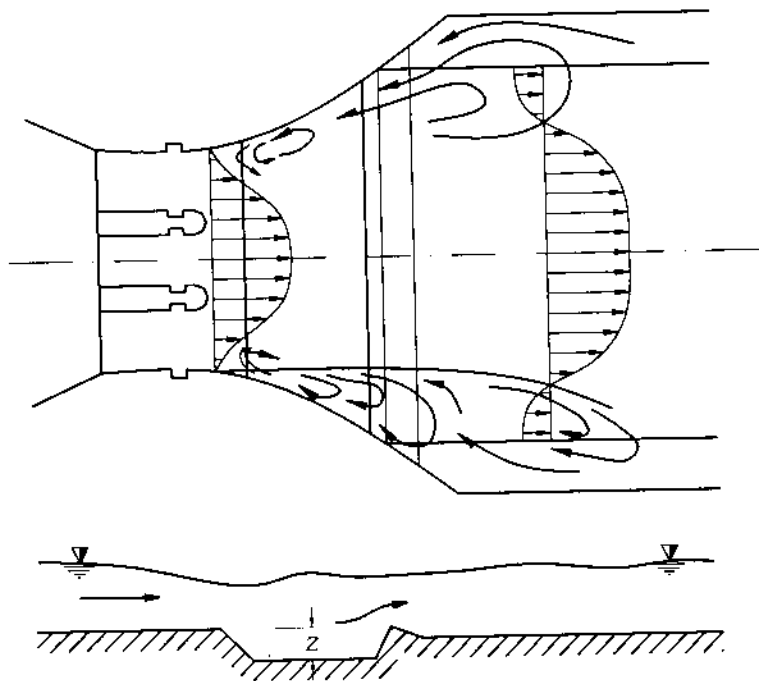
gỗ. Các dầm này gác lên mố hoặc tường hướng dòng. Do dầm có tác dụng phân tán dòng chảy theo mặt phẳng thẳng đứng nên hiệu quả tiêu năng khá tốt. Dầm cũng có tác dụng cải thiện dòng chảy khi có hiện tượng nhảy dạng sóng và làm mất hiện tượng dòng chảy ra ngoài ngoằn ngoèo xô và vào bờ.



Hình 14-14. Dầm tiêu năng

IV. Nước nhảy hình sóng, tác hại và biện pháp khắc phục

Khi mực nước thượng hạ lưu biến đổi, có lúc chênh lệch ít không thể sinh ra nước nhảy ngập mà lại hình thành các gợn sóng yếu dần gọi là nước nhảy hình sóng (hình 14-15).



Hình 14-15. Dòng chảy khi nhảy sóng

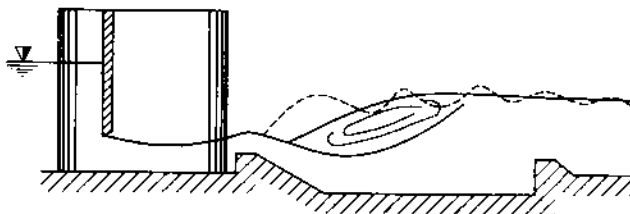
Nước nhảy sóng xảy ra khi $\frac{h_c''}{h_c} \leq 2$. Nó gây ảnh hưởng không tốt cho sự khuếch tán,

tiêu năng sau cống. Khi dòng chảy qua ngưỡng cống vào bể tiêu năng, do có bậc dốc đầu bể làm thay đổi giới hạn của dòng chảy đáy. Thực nghiệm chỉ ra chiều cao sóng lớn

nhất xuất hiện ở đầu bể, vì trong một khoảng ngắn, bậc dốc làm thay đổi chiều sâu nước chảy một cách nhanh chóng. Cơ sở lý luận và thực nghiệm chứng minh khi $\frac{\Delta z}{h_c}$ càng lớn và hệ số π_{dn} chỗ mặt cắt thu hẹp trên ngưỡng cống càng lớn thì phạm vi nước nhảy sóng càng lớn (Δz là chiều cao bậc cuối ngưỡng) với đáy bể).

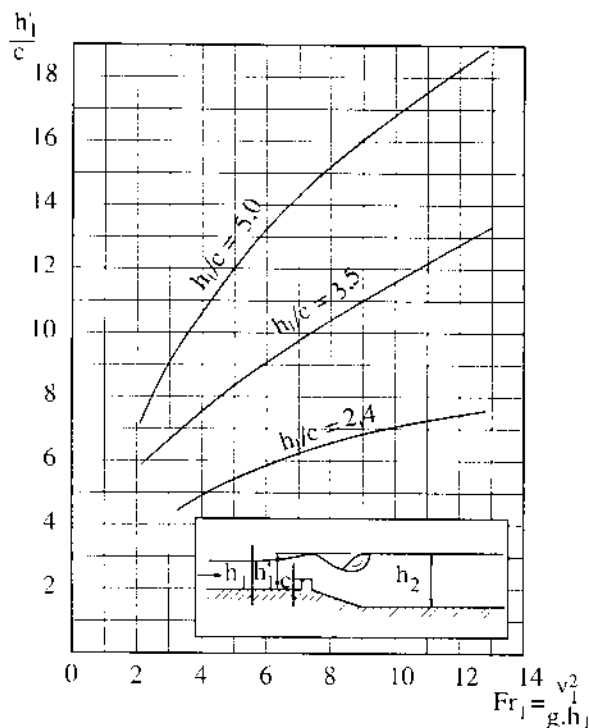
Nước nhảy sóng có tác hại: làm khả năng tiêu hao năng lượng của nước nhảy rất kém, gây khó khăn cho việc khuếch tán dòng chảy, dòng chảy tách khỏi tường cánh gây nên khu nước vật hai bên, thu hẹp chiều rộng dòng chảy làm tăng lưu lượng đơn vị và lưu tốc tạo thành dòng xiết ở giữa làm xói lở lòng kênh, có khi làm lệch hướng dòng chảy, gây xói lở bờ kênh.

Người ta khắc phục và ngăn ngừa tác hại của nước nhảy sóng bằng cách làm ngưỡng trước khi vào bể tiêu năng. Ngưỡng có tác dụng đưa dòng chảy xiết (vừa ra khỏi cống) lên mặt rồi sau chảy xuống đáy, biến nước nhảy sóng thành nước nhảy ngập (hình 14-16).



Hình 14-16. Sự thay đổi dạng nước nhảy khi có ngưỡng đầu bể

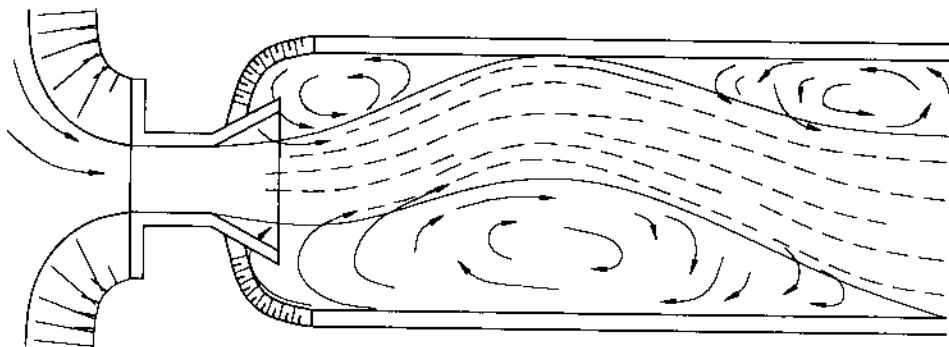
Chiều cao ngưỡng có thể xác định theo kết quả thực nghiệm (hình 14-17). Ngoài ra để loại trừ tác hại của nước nhảy sóng còn có thể dùng dầm, mố tiêu năng và ngưỡng phân nước.



Hình 14-17. Biểu đồ xác định chiều cao ngưỡng

V. Dòng chảy ngoằn ngoèo và biện pháp khắc phục

Dòng chảy từ cống qua nước nhảy ngập để tiêu năng, ít nhiều vẫn còn mang tính chất dòng xiết. Nếu tường cánh hạ lưu mở rộng quá lớn, nhất là khi lưu lượng đơn vị trước và sau đoạn khuếch tán chênh lệch nhau nhiều, làm cho dòng chảy khó khuếch tán và nó tách khỏi tường cánh, tạo nên nước xoáy hai bên. Vì áp lực dòng chính nhỏ hơn áp lực chảy xoáy hai bên, nên vùng chảy xoáy hai bên ép dòng chính thu hẹp lại. Mặt khác có thể do kết cấu hạ lưu không đối xứng hoặc các cửa van mở không đều làm cho dòng chính chảy lệch và ngoằn ngoèo, lúc xô bờ này lúc va bờ kia gây xói lở lòng và bờ kênh (hình 14-18).



Hình 14-18. Dòng chảy ngoằn ngoèo sau cống.

Để khắc phục hiện tượng trên cần chọn góc mở rộng (θ) và hình thức tường cánh thích hợp.

Khi hạ lưu không có thiết bị tiêu năng có thể chọn θ sao cho:

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{h}{\Delta H}} ; \quad (14-29)$$

Khi hạ lưu có thiết bị tiêu năng thì:

$$\operatorname{tg} \theta = 1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{\Delta H / h}}{P / h} ; \quad (14-30)$$

trong đó:

θ - góc mở tường cánh;

ΔH - chênh lệch mực nước thượng hạ lưu;

H - chiều sâu dòng chảy sau ngưỡng cống;

P - chiều cao thiết bị tiêu năng;

Trong thực tế thường lấy: $\operatorname{tg} \theta = \frac{1}{6} \div \frac{1}{4}$.

Ngoài ra có thể dùng ngưỡng nhỏ đặt trên sân hoặc ở cuối sân kết hợp tiêu năng nhằm phân tán dòng chảy cho đều.

§14.4. TÍNH TOÁN ỔN ĐỊNH CỐNG

Tính toán thủy lực giúp chúng ta xác định các kích thước cơ bản của cống. Sau khi chọn cấu tạo, xác định kích thước các bộ phận chính, chúng ta thực hiện tính toán ổn định cống. Nội dung gồm:

- Kiểm tra ổn định thấm (ở chương 2).
- Kiểm tra về biến dạng, lún, nghiêng... (ở môn cơ học đất nền móng).
- Kiểm tra ổn định trượt của cống hoặc của cống với một phần nền (ở chương 4).

§14.5. TÍNH TOÁN KẾT CẤU CÁC BỘ PHẬN CỐNG

Tính toán kết cấu mỗi bộ phận cống là phân tích từng đặc điểm kết cấu, đặc điểm làm việc để xác định trường hợp tính toán, tổ hợp lực, tải trọng tác dụng, xác định nội lực, tính toán khả năng chịu lực, biến dạng, kiểm tra nứt của từng bộ phận đó. Trong khuôn khổ phần này trình bày tính toán ngoại lực, nội lực của bản đáy, tường ngực, mố cống.

I. Tính toán bản đáy cống

Bản đáy chịu tất cả các lực phía trên và truyền xuống nền. Thân cống là một kết cấu không gian, có cấu tạo và chịu lực khá phức tạp. Có thể tính đến đặc điểm này bằng cách sử dụng các phương pháp số (phương pháp sai phân, phương pháp phần tử hữu hạn...). Mặt khác có thể tính giản đơn bằng cách xét bài toán phẳng và tính theo phương pháp sức bền vật liệu hay phương pháp lý thuyết đàn hồi.

1. Phân tích lực và tính toán bản đáy theo phương pháp dầm đảo ngược

Phương pháp này xem phản lực nền theo phương dòng chảy phân bố theo quy luật bậc nhất và theo phương vuông góc là đều. Phản lực nền theo phương dòng chảy tính theo công thức nén lệch tâm:

$$\sigma_{\max, \min} = \frac{\sum P}{F} \pm \frac{\sum M_0}{W}; \quad (14-31)$$

trong đó:

$\sum P$ - tổng các lực thẳng đứng;

$\sum M_0$ - tổng mômen của các lực lấy với tâm O;

F - diện tích mặt tính toán ($F = b \times 2l$);

b - chiều dài bản đáy theo phương dòng chảy;

$2l$ - chiều rộng bản đáy theo phương vuông góc với dòng chảy;

W - mômen chống uốn của mặt tính toán: $W = \frac{1}{6} b.(2l)^2$.

Xét cho toàn cống: xác định các lực tác dụng, tính ra phản lực nền theo (14-31). Cắt băng một mét bởi 2 mặt cắt vuông góc với phương dòng chảy.

- + Sơ đồ tính toán là một dầm liên tục mà gối tựa là các trụ hay bản trụ.
- + Coi phản lực nền là một tải trọng, cùng các tải trọng khác (nước, trọng lượng bản thân) tính ra M, Q , rồi từ đó tính F_a, F'_a và kiểm tra nứt (hình 14-19).

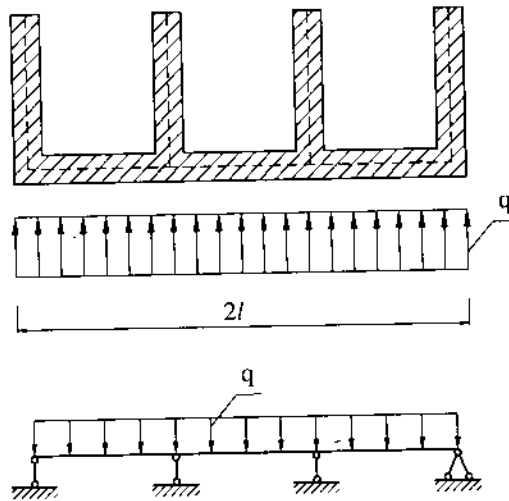
Ưu điểm của phương pháp là tính toán đơn giản.

Nhược điểm của phương pháp :

- + Chưa xét tới tính chất và biến dạng của nền và bản đáy.
- + Xem phản lực nền theo phương vuông góc với dòng chảy là đều, nói chung không chính xác.

+ Chưa xét đến tính liên khối của cống.

Điều kiện ứng dụng của phương pháp: dùng với trường hợp nền tốt, cống nhỏ.



Hình 14-19. Sơ đồ tính bản đáy cống theo phương pháp dầm đảo ngược

2. Phân tích lực và tính toán bản đáy theo phương pháp dầm trên nền đàn hồi

Để tiến hành phân tích lực, trước hết ta vẫn xét toàn khối cống, dùng công thức nén lệch tâm để xác định phản lực nền và sơ bộ xem phản lực theo hướng vuông góc với dòng chảy là phân bố đều. Xét một dải bất kỳ của thân cống có chiều rộng đơn vị, tiến hành phân tích lực không đẩy tác dụng lên dải đó như sau:

a) *Xác định các lực tác dụng:*

- Lực tập trung tại mỗi i là P'_i .
- Các lực phân bố:
 - + Phản lực nền q_3 (theo công thức 14-31);
 - + Áp suất đẩy ngược của nước: q_2 ;
 - + Trọng lượng tấm đáy: q_1 ;
 - + Trọng lượng nước trong cống: q_0 .

b) Tìm lực cắt không cân bằng Q (với quy định một chiều nào đó là dương):

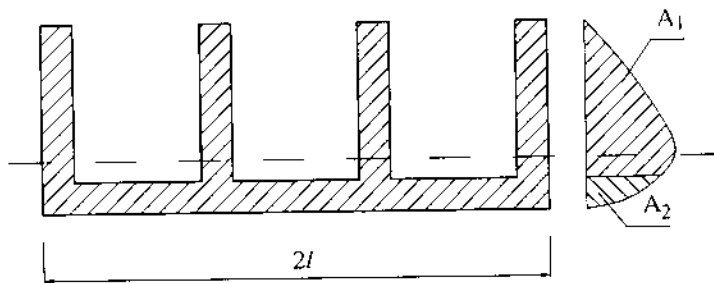
$$Q + \sum P'_i + 2l \sum q_i = 0 ; \quad (14-32)$$

với: $2l$ là chiều dài cả nhịp; $\sum q_i = q_0 + q_1 + q_2 + q_3$.

c) Phân bố lực cắt không cân bằng:

+ Vẽ biểu đồ S_c , rồi xác định diện tích biểu đồ S_c tương ứng với bản đáy là A_2 với các mố trụ là A_1 (hình 14-20).

Vì $\tau_{bc} = \frac{QS_c}{J}$ mà $Q, J = \text{const}$ với mỗi mặt cắt, nên biểu đồ τ_{bc} đồng dạng với biểu đồ S_c .



Hình 14-20. Sơ đồ phân bố lực cắt

+ Lực cắt cho các mố là:
$$Q_1 = \frac{QA_1}{A_1 + A_2} ; \quad (14-33)$$

Và phân cho mố thứ i là:
$$P_i'' = \frac{Q_i F_i}{\sum F_i} ; \quad (14-34)$$

với: F_i là diện tích cắt ngang của mố i tại bằng tính toán ;

$\sum F_i$ là tổng diện tích mặt cắt ngang của các mố tại bằng tính toán.

+ Lực cắt phân cho bản đáy là:
$$Q_2 = \frac{QA_2}{A_1 + A_2} ; \quad (14-35)$$

và phân đều ra là:
$$q_4 = Q_2/2l ; \quad (14-36)$$

d) Sơ đồ cuối cùng:

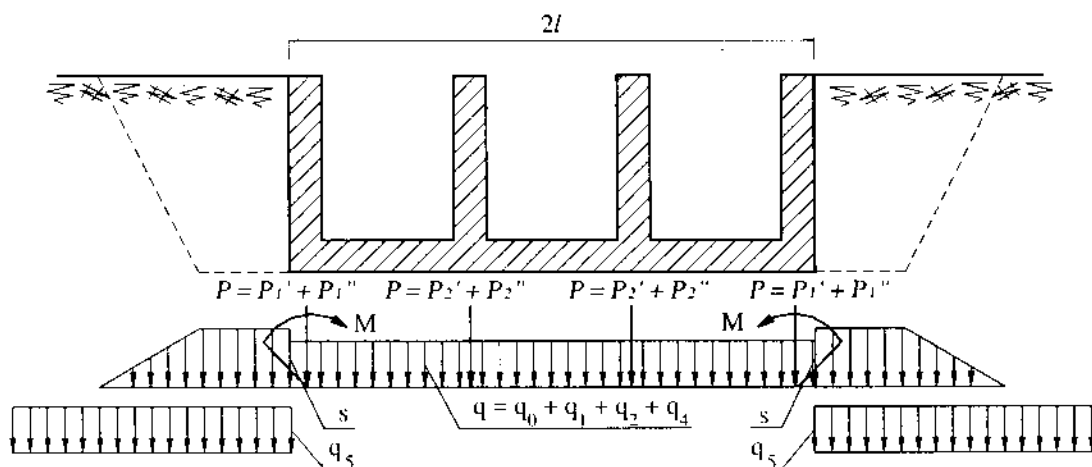
- Lực phân bố:
$$q = q_0 + q_1 + q_2 + q_4 ; \quad (14-37)$$

- Lực tập trung tại mố i là:
$$P_i = P_i' + P_i'' ; \quad (14-38)$$

- Hoạt tải q_5 ;

- Trọng lượng đất đắp hai bên bờ S ;

- Mômen do lực ngang gây ra (hình 14-21).



Hình 14-21. Sơ đồ phân tích lực tác dụng lên bản dầm

e) Tính chỉ số mềm

$$t = 10 \cdot \frac{E_0}{E} \left(\frac{l}{\delta} \right)^3 ; \quad (14-39)$$

trong đó: E_0 - môđun biến dạng của đất nền;

E - môđun đàn hồi của bê tông;

l - nửa nhịp của dầm;

δ - chiều dày bản dầm.

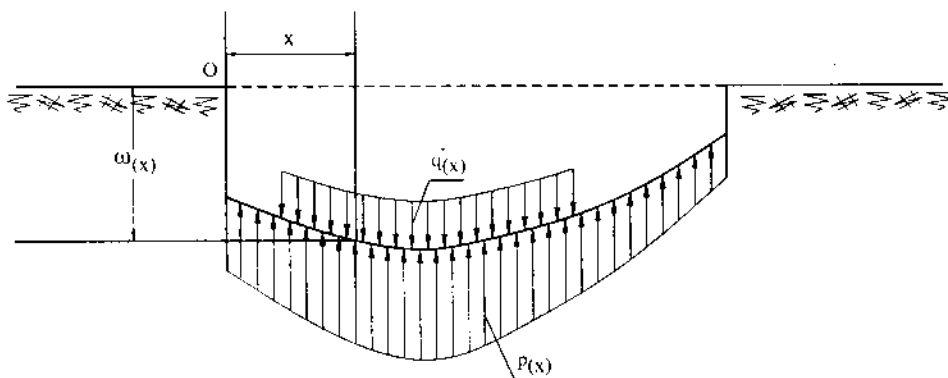
Khi: $t < 1$: dầm cứng;

$1 < t \leq 10$: dầm cứng có hạn;

$t > 10$: dầm dài.

Khi đã biết tải trọng ngoài tác dụng và biểu đồ phân bố phản lực nền thì có thể tính toán kết cấu dầm theo phương pháp thông thường.

Ta xét một dầm trên nền đàn hồi như (hình 14-22).



Hình 14-22. Độ võng của dầm do tải trọng ngoài và phản lực nền gây ra

Dưới tác dụng của tải trọng công trình $q(x)$ và phản lực nền $p(x)$ dầm bị uốn và trục võng của nó được xác định theo phương trình vi phân:

$$EJ \frac{d^4 \omega(x)}{dx^4} = [q(x) - p(x)] \cdot B; \quad (14-40)$$

trong đó:

B - chiều rộng dầm;

$\omega(x)$ - chuyển vị đứng (độ võng) của dầm;

EJ - độ cứng chịu uốn của dầm.

Dưới tác dụng của áp lực đáy móng (bằng và ngược chiều với phản lực nền $p(x)$) mặt nền bị lún xuống.

Điều kiện tiếp xúc giữa bản đáy và nền sau khi lún là:

$$\omega(x) = S(x); \quad (14-41)$$

trong đó: $S(x)$ - độ lún nền.

Như vậy ta có hai đại lượng chưa biết là $\omega(x)$ hay $S(x)$ và $p(x)$ mà chỉ mới có một phương trình (14-40). Để giải bài toán phải thiết lập một phương trình thứ hai, phương trình này chính là quan hệ giữa độ lún của mặt nền với áp lực đáy móng. Nghĩa là:

$$\text{hoặc:} \quad \left. \begin{aligned} S(x) &= f_1[p(x)] \\ p(x) &= f_2[S(x)] \end{aligned} \right\} \quad (14-42)$$

Các quan hệ trên thể hiện cơ chế làm việc (biến dạng) của nền dưới tác dụng của ngoại lực. Vì có các quan niệm khác nhau trong việc chọn các quan hệ trên nên hiện nay có nhiều phương pháp tính. Ta có thể chia các phương pháp tính làm hai nhóm:

a) Nhóm phương pháp tính xem nền biến dạng đàn hồi cục bộ: các phương pháp tính thuộc nhóm này dựa trên giả thiết cơ bản do E.Winkler đề xuất, chỉ xét biến dạng trong nền ngay dưới phạm vi diện tích đặt tải. Trong các phương pháp này phổ biến hơn cả là phương pháp hệ số nền. Hiện nay qua nhiều thí nghiệm người ta thấy giả thuyết E.Winkler nhiều khi không phù hợp với thực tế, không phản ánh đúng điều kiện làm việc của đất nền.

b) Nhóm phương pháp tính xem nền đất bị biến dạng đàn hồi toàn bộ: xem nền đất là một nửa không gian đàn hồi đồng chất và đẳng hướng. Điều này khác với thực tế nền đất thường không hoàn toàn đàn hồi và thường có biến dạng dư lớn hơn biến dạng đàn hồi. Để hiệu chỉnh sự sai lệch đó người ta thay thế khái niệm mô đun đàn hồi lý tưởng bằng mô đun biến dạng được xác định dựa vào thí nghiệm. Các phương pháp này được nhiều tác giả nghiên cứu giải quyết có xét đến biến dạng nằm trong và cả nằm ngoài diện tích đặt tải. Các phương pháp được áp dụng phổ biến là:

- Phương pháp B.N.Jê-mô-skin được áp dụng với mức độ chính xác khá cao. Trong điều kiện có máy tính điện tử thì việc giải hệ thống phương trình chính tắc để tìm ra phản lực nền (từ đó tính ra nội lực và chuyển vị của dầm) trở nên đơn giản thì phương pháp này càng phát huy được ưu điểm.

- Phương pháp tra bảng của Gorbunốp - Poxađốp cho phép tính toán nhiều trường hợp dầm chịu tải trọng khác nhau đối với các loại dầm khác nhau (dầm cứng, dầm ngấn, dầm dài) bằng các bảng biểu đã được lập sẵn.

- Ngoài ra đối với các công trình có kích thước lớn, chôn sâu, trong trường hợp tại một độ sâu nào đó dưới nền có lớp đất đá cứng (tính nén lún nhỏ), thì lớp đất đá này ảnh hưởng đến phản lực nền và độ lún nhỏ của móng. Trong những trường hợp này người ta xây móng công trình như những kết cấu đặt trên các lớp chịu nén có chiều dày hữu hạn. Việc xét đến ảnh hưởng của tầng đất đá cứng có ý nghĩa kinh tế cao. Vì vậy có nhiều tác giả đề ra phương pháp tính móng dầm trên lớp đàn hồi hữu hạn (ví dụ phương pháp Jê-mô-skin đã được Xamarin phát triển và lập thành các bảng biểu tính toán).

Sau khi xác định được nội lực trong dầm ta tiến hành tính toán và bố trí cốt thép chịu lực theo phương ngang còn theo phương dọc đặt thép theo cấu tạo.

Ưu điểm của phương pháp này là có xét đến tính chất của nền và độ cứng của dầm, có xét đến tính toàn khối của công trình và ảnh hưởng tải trọng biên. Tuy vậy chỉ xét theo phương ngang để đặt cốt thép.

Mặt khác khi xét ảnh hưởng của tải trọng bên cần chú ý các điểm sau:

- Nếu tải trọng bên làm tăng thêm mômen uốn ở bản đáy (trường hợp bất lợi) thì xét ảnh hưởng đó hoàn toàn.

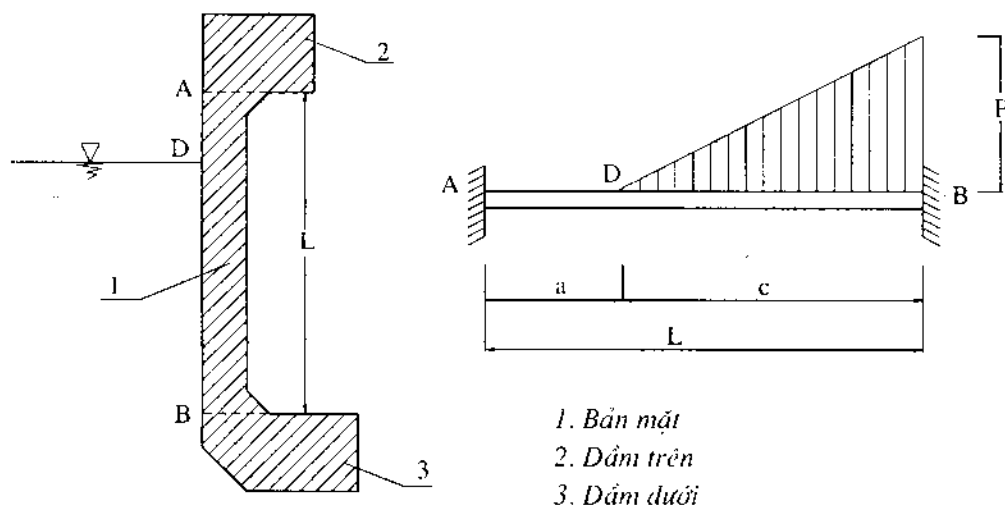
- Nếu tải trọng bên làm giảm mômen uốn ở bản đáy (trường hợp có lợi) với đất đắp hai bên là đất sét thì không xét đến ảnh hưởng này, với đất đắp hai bên là đất cát thì xét đến 30 ÷ 50% ảnh hưởng tải trọng bên.

- Chiều dài lớn nhất của phạm vi đất đắp nếu nhỏ hơn $2l$ (chiều dài dầm) thì lấy chiều dài thực của phạm vi đất đắp xét ảnh hưởng, còn nếu lớn hơn $2l$ thì phạm vi ảnh hưởng tải trọng bên chỉ lấy $2l$.

II. Tính toán tường ngực

1. Tác dụng và cách bố trí tường ngực

Tường ngực có tác dụng chắn nước và giảm bớt chiều cao của van, do đó giảm được cao trình cầu công tác. Cao trình đỉnh tường ngực cao hơn mức nước cao nhất ở thượng lưu, còn cao trình đáy tường ngực cao hơn mức nước mùa kiệt khi mở hãm cửa van khoảng 0,3 ÷ 0,5m. Tường ngực thường gồm bản che, dầm trên và dầm dưới (hình 14-23).



Hình 14-23. Tường ngực và sơ đồ áp lực nước tác dụng lên nó

Tường ngực nối tiếp với móng có thể theo hình thức ngàm chặt, tức là đổ bê tông móng và tường ngực thành một khối. Cũng có thể theo kiểu tách rời, tức là thi công móng trước, chừa khe đặt tường ngực, giữa khe nối tiếp đổ nhựa đường chống thấm. Loại ngàm chặt có thể đổ mỏng hơn, song dễ bị nứt chỗ nối tiếp.

2. Tính toán kết cấu tường ngực

Khi tính toán tường ngực ta cần tính bản che và các dầm đỡ trên và dưới.

a) Bản chắn:

Nối cứng hoặc nối khớp với dầm. Chiều dày $0,3 \div 0,5\text{m}$. Nếu $\frac{b}{l} \leq 2$ thì tính theo sơ đồ bản; nếu $\frac{b}{l} \geq 2$ thì tính theo sơ đồ dầm (cắt ra một dải đơn vị, có nhịp tính toán là $l_0 = 1,05l$; lực tác dụng là áp lực nước, sóng, va đập ...).

b) Dầm trên:

Sơ đồ tính toán là ngàm (nếu đổ liền khối nối cứng với móng trụ) hoặc là khớp (nếu đổ tách rời, để khớp với móng trụ).

Tải trọng tác dụng gồm trọng lượng bản thân, lực từ xe phai truyền xuống, người đi lại (theo phương đứng) áp lực nước, sóng và đập (bao gồm phần tác dụng trực tiếp vào dầm và phần do bản mặt truyền tới) theo phương ngang.

c) Dầm dưới:

Cũng có thể là dầm hai đầu ngàm hay khớp tùy vào liên kết với móng trụ.

Tải trọng tác dụng gồm trọng lượng bản thân, thiết bị ... (theo phương đứng) áp lực nước, sóng, va đập... trực tiếp chịu và từ bản mặt truyền tới (theo phương ngang). Ngoài

ra tùy theo phương pháp thi công mà đầm dưới còn chịu cả trọng lượng bản thân đầm trên, bản mặt.

III. Tính toán trụ cống

1. Tải trọng và trường hợp tính toán

Tải trọng tác dụng lên trụ cống gồm: áp lực nước do cửa van truyền tới và trực tiếp tác dụng; trọng lượng bản thân và các thiết bị đặt trên nó, với trụ biên còn chịu áp lực đất.

Các trường hợp cần được xem xét khi tính toán kết cấu trụ:

- Trường hợp đang thi công hoặc vừa thi công xong trụ chịu trọng lượng của bản thân và các thiết bị đặt trên nó: xe máy thi công, áp lực đất (với trụ biên)...

- Trường hợp làm việc khi cửa van đóng: trụ chịu áp lực nước lớn do cửa van truyền tới. Vì thế cần kiểm tra chống cắt giữa trụ và bản đáy hoặc kiểm tra trượt của trụ (khi trụ làm tách rời với bản đáy). Với cống dùng van phẳng cần kiểm tra khả năng chịu lực cho trụ tại nơi bố trí khe van. Nếu cống dùng van cung thì còn cần kiểm tra sự làm việc của trụ dưới tác dụng của áp lực nước truyền tập trung tại một điểm ở tai van.

- Trường hợp sửa chữa hoặc sự cố. Khi cần sửa chữa hoặc sự cố, dùng phai chắn nước ở thượng và hạ lưu cống và trong khoang cống không có nước, khi đó khoang cống bên cạnh vẫn làm việc bình thường.

- Các trường hợp bất thường khác: tùy theo đặc điểm làm việc của cống để xác định cụ thể những trường hợp tính toán này.

2. Tính toán trụ van phẳng

Sơ đồ tính toán trụ van phẳng được xác định theo các trường hợp: khi cửa van hai bên trụ đều mở như nhau hoặc đều đóng; khi một bên nước thấp (hoặc không có) một bên mức nước cao hơn; khi một bên là lỗ cống một bên chắn đất (trụ biên).

a) Khi cửa van hai bên trụ đều mở như nhau hoặc khi mới xây dựng xong không có nước:

Trong trường hợp này trụ chỉ chịu lực thẳng đứng gồm cầu giao thông, cầu công tác, máy móc, người đi lại, tường ngực, trọng lượng bản thân trụ. Do đó trụ chịu nén lệch tâm và ứng suất đáy trụ (ngang bản đáy) xem như phân bố theo quy luật đường thẳng có các giá trị cực trị ở hai đầu:

$$\sigma_{\max, \min} = \frac{\sum P}{F} \pm \frac{\sum M_0}{W}; \quad (14-43)$$

trong đó:

$\sum P$ - tổng các lực thẳng đứng tính đến đáy trụ;

$\sum M_0$ - tổng mômen các lực lấy đối với giữa đáy trụ;

F, W - diện tích và mômen chống uốn của tiết diện đáy trụ.

Dựa vào biểu đồ ứng suất đáy trụ, xét từng mét chiều dài trụ, xem như cột chịu nén dọc dưới tác dụng của lực

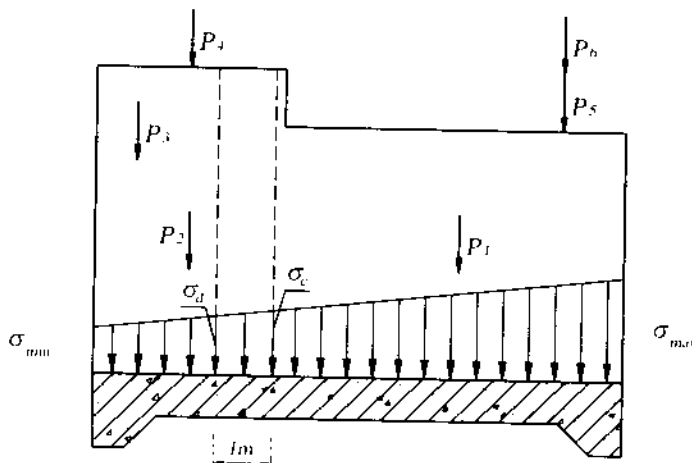
$$P_d = \frac{\sigma_d + \sigma_c}{2} \delta.l ; \quad (14-44)$$

trong đó:

σ_d, σ_c - ứng suất đáy trụ ở đầu và cuối mét tính toán;

δ - chiều dài trụ.

Biết lực tác dụng P_d , tiến hành tính toán cốt thép và kiểm tra uốn dọc của trụ.



Hình 14-24. Sơ đồ tính trụ chịu lực thẳng đứng

b) Khi cửa van hai trụ đều đóng và có chênh lệch mực nước trước và sau van

Ta giả thiết rằng khi chịu áp lực nước do cửa van truyền tới, phần trụ có khe van làm việc như một kết cấu chịu kéo và lực kéo này hoàn toàn do cốt thép chịu. Khi đó diện tích cốt thép được tính theo công thức:

$$F_a = \frac{P}{m_{kc} \cdot R_a} ; \quad (14-45)$$

trong đó:

m_{kc} - hệ số điều kiện làm việc;

R_a - cường độ chịu kéo của thép;

P - tổng áp lực nước tác dụng lên trụ ở đoạn tính toán.

c) Khi một bên mực nước thấp (có khi không có), một bên mực nước cao hơn

Trường hợp này xảy ra khi cửa van ở hai bên trụ mở không đều hoặc khi một bên cửa van mở, một bên đóng. Khi đó trụ làm việc như một kết cấu chịu nén và uốn hai chiều. ứng suất tại các đầu góc của tiết diện trụ tính theo công thức:

$$\sigma_{\max, \min} = \frac{P}{F} \pm \frac{M_x}{W_x} \pm \frac{M_y}{W_y} ; \quad (14-46)$$

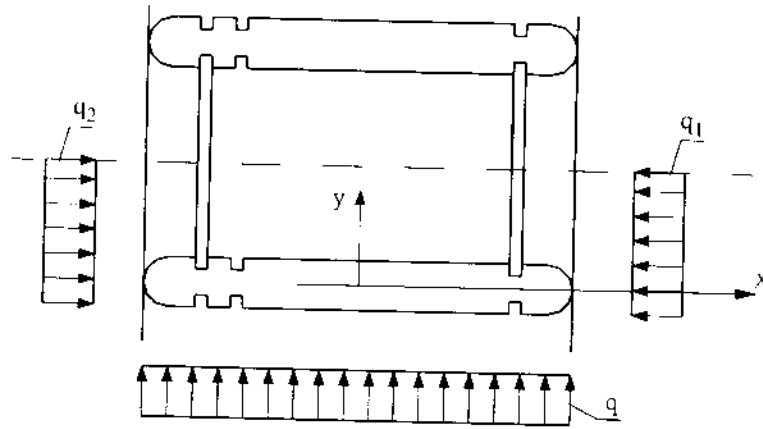
trong đó:

P - tổng các lực thẳng đứng tác dụng tính đến mặt cắt tính toán;

M_x, M_y - tổng mô men theo trục x , trục y tính với hệ trục chính trung tâm của mặt cắt tính toán;

W_x, W_y - mô men chống uốn;

F - diện tích mặt cắt tính toán.



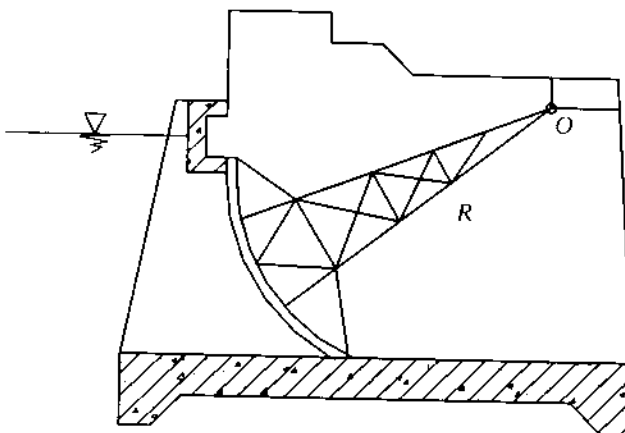
Hình 14-25. Sơ đồ lực tác dụng lên trụ bên đóng, bên mở van

Với trụ biên (một bên trụ chắn đất, một bên trụ dòng chảy qua) cũng phân tích lực và sơ đồ tính toán như hình (14-25), nhưng theo phương y còn có áp lực đất.

Từ biểu đồ ứng suất tính được nội lực và xác định cốt thép, tính toán kiểm tra nứt.

3. Tính toán mố trụ van cung

Đối với trụ van cung, ngoài tính toán cốt thép, kiểm tra nứt theo phương đứng như đối với trụ van phẳng, còn xét ảnh hưởng của lực tập trung do van truyền tới trụ qua bộ tỷ (tâm quay) như hình (14-26).



Hình 14-26. Sơ đồ lực tập trung tác dụng lên trụ

Trong tính toán thường xét hai trường hợp: khi các cửa van hai bên đều đóng và khi cửa van một bên đóng, một bên mở.

1) Khi cửa van hai bên trụ đều đóng:

Hình dạng trụ khá phức tạp, song trong tính toán thường đơn giản hoá hình dạng của trụ (hình 14-27). Áp lực nước tập trung tại bề mặt chia làm 2 thành phần: P_x , P_y . Chuyển các lực về đỉnh trụ A ta có lực P nằm trên đường phân giác ($\alpha = 45^\circ$), lực Q vuông góc với lực P và mômen M ứng với chiều dày đơn vị của trụ (trụ có chiều dày δ):

$$P = \frac{P_x + P_y}{\delta} \cos \alpha = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{P_x + P_y}{\delta}; \quad (14-47)$$

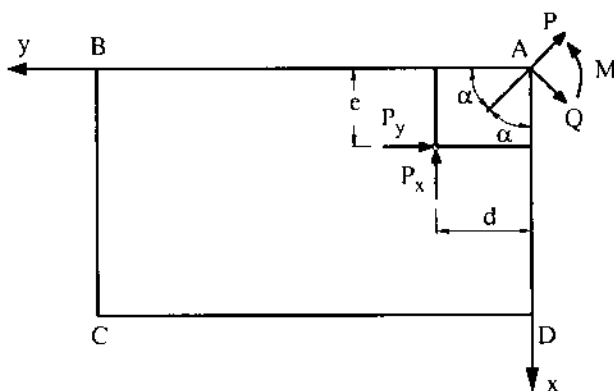
$$Q = \frac{P_x - P_y}{\delta} \sin \alpha = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{P_x - P_y}{\delta}; \quad (14-48)$$

$$M = \frac{P_y e - P_x d}{\delta}; \quad (14-49)$$

trong đó:

e - cánh tay đòn của lực P_y với trục y ;

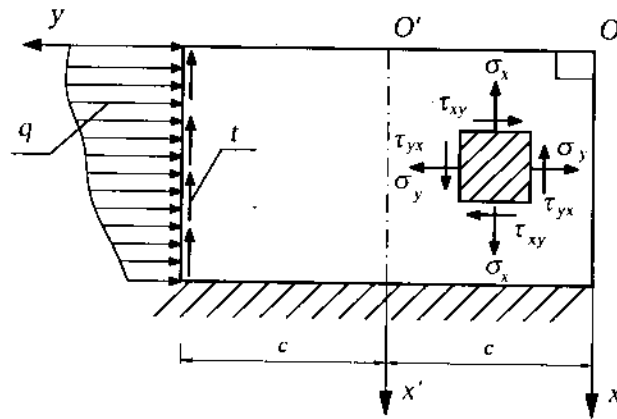
d - cánh tay đòn của P_x với trục x .



Hình 14-27. Sơ đồ tính toán trụ van cung.

Áp dụng bài toán hình nêm bán không gian vô hạn ta tìm ra ứng suất do P , Q , M gây ra. Trong thực tế trụ dài có hạn do đó cần tính toán hiệu chỉnh ứng suất. Sơ đồ hiệu chỉnh như hình (14-28) với q , t là lực phân bố có trị số bằng nội lực tại các điểm tương ứng nhưng có chiều ngược lại. Ngoài ra trụ còn chịu tác dụng của trọng lượng bản thân.

Bằng cách trên ta có các thành phần ứng suất σ_x , σ_y , τ_{xy} tại các điểm là kết quả cộng đại số giá trị ứng suất các bài toán trên. Từ đây có giá trị nội lực để tính thép, kiểm tra nứt và vẽ được các đường quỹ đạo ứng suất chính.



Hình 14-28. Sơ đồ tính toán hiệu chỉnh ứng suất của trụ.

2. Khi cửa van một bên đóng, một bên mở

Đây là trường hợp thường gặp trong thực tế. Phía cửa van đóng áp lực nước thông qua còng van truyền tới trụ vì vậy trụ chịu lực không đối xứng. Chuyển áp lực nước về đỉnh góc trên của trụ trong mặt phẳng xoay qua trung tâm trụ. Ta cũng có P, Q, M trong mặt phẳng (xoy) như trường hợp trên, ngoài ra còn có:

$$M_x = \frac{P_x \cdot \delta_1}{2}; \quad (14-50)$$

$$M_y = \frac{P_y \cdot \delta_1}{2}; \quad (14-51)$$

trong đó:

P_x, P_y - thành phần thẳng đứng và nằm ngang của tổng áp lực nước do còng van truyền lên bề mặt ở một phía trụ;

δ_1 - khoảng cách từ các lực P_x, P_y tới mặt phẳng trung tâm trụ.

Lần lượt xác định ứng suất σ_x ,

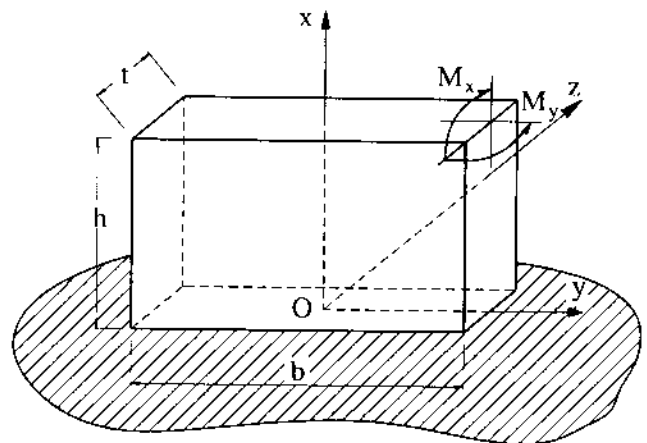
σ_y, τ_{xy} của các bài toán.

Bài toán 1: tấm chịu uốn dưới tác dụng của M_x, M_y hình (14-29).

Bài toán 2: hình nêm do P, Q, M gây ra.

Bài toán 3: móng chịu tải trọng bản thân và các tải trọng phía trên.

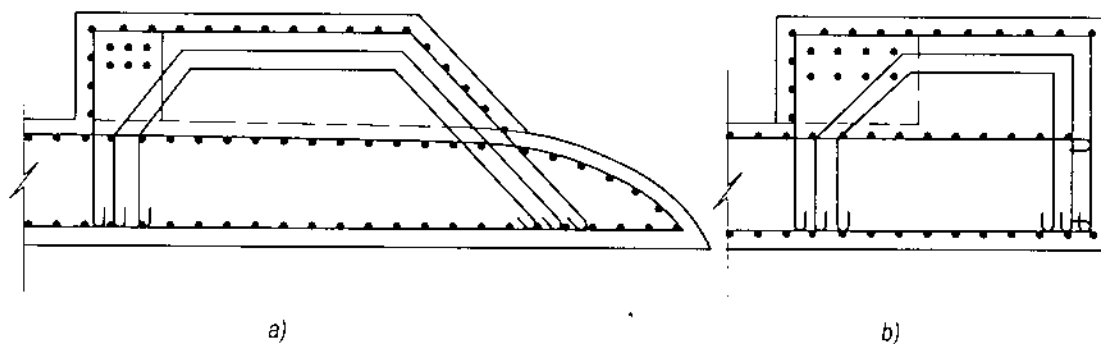
Từ $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ của tổng ba bài toán, ta xác định được nội lực và quỹ đạo ứng suất chính để tính toán kết cấu trụ.



Hình 14-29. Sơ đồ trụ chịu lực không đối xứng

3. Đối với bộ phận bệ tỷ càng van

Trong tính toán xem như một dầm công son chịu uốn do tác dụng của lực tập trung do càng van truyền tới. Lực tập trung có thể phân thành P_x , P_y , nên có thể xem bệ tỷ chịu uốn 2 phương. Sau khi xác định mô men, lực cắt của ngàm theo mỗi phương, có thể tính thép và kiểm tra nứt theo bài toán uốn thuần túy. Trong một số trường hợp còn cần kiểm tra khả năng cắt đứt một phần trụ có bố trí bệ tỷ càng van (hình 14-30).



Hình 14-30. Sơ đồ bố trí cốt thép tại bệ tỷ van cùng
a) Mặt cắt ngang; b) Mặt cắt đứng.

§14.6. CẤU TẠO CÁC BỘ PHẬN CỐNG

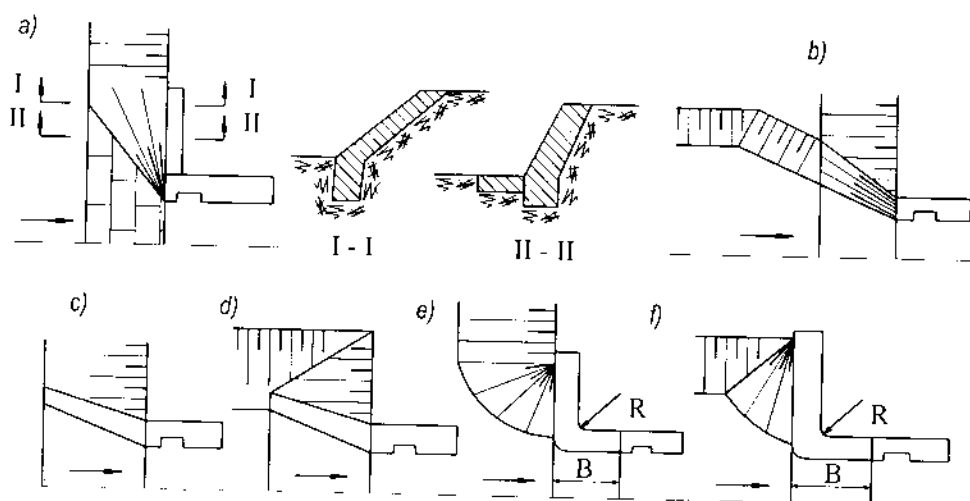
I. Tường cánh thượng lưu

Tường cánh thượng lưu có tác dụng hướng dòng chảy vào cống được thuận và để chống xói, chống thấm vòng quanh bờ. Tường cánh thượng lưu có nhiều hình thức kết cấu khác nhau: tường trọng lực, tường sườn, tường hộp, tường neo... Vật liệu làm tường có thể là gạch xây, đá xây, bê tông, bê tông cốt thép. Tùy theo điều kiện địa chất, địa hình, quy mô cống, đặc điểm làm việc, điều kiện thi công, khả năng kinh tế... để lựa chọn hình thức cho phù hợp.

Kích thước mặt cắt ngang tường được xác định theo điều kiện ổn định, khả năng chịu lực và chống nứt của từng bộ phận tường.

Hình (14-31) giới thiệu một số kiểu tường cánh thượng lưu. Hình (a) và (b) là loại tường vắn vỏ đồ mở rộng dần. Loại này dòng chảy thuận dòng nhưng cấu tạo phức tạp, thi công khó khăn. Loại (a) dùng khi trực tiếp lấy nước mà không có đoạn kênh dẫn.

Loại (c) và (d) là kiểu tường mở rộng và hạ thấp dần theo mái dề, loại này cấu tạo đơn giản, khối lượng nhỏ, song dòng chảy vào không được thuận, tác dụng chống thấm vòng quanh bờ kém.

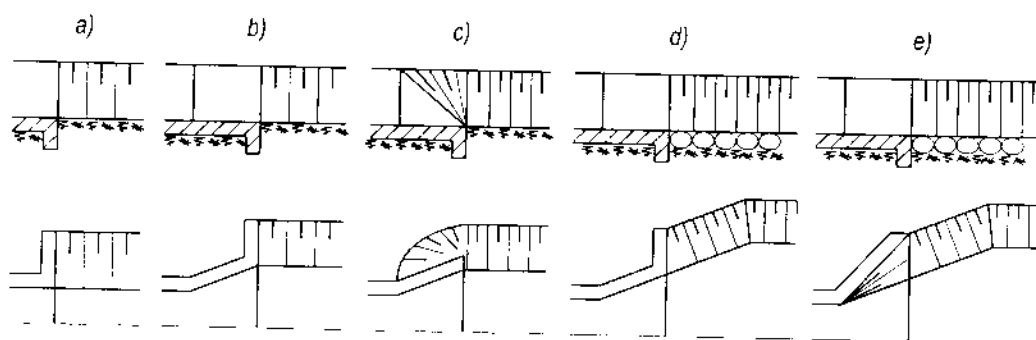


Hình 14-31. Một số loại tường cánh thượng lưu.

Hình (e) và (f) là kiểu tường vuông góc có đoạn cuối cắm sâu vào bờ. Bán kính cong $R = 3 \div 5(m)$. Đoạn cắm sâu vào bờ quá đoạn mái dốc kênh một khoảng $0,5 \div 1,0(m)$. Loại này có tác dụng chống thấm vòng quanh bờ tốt, song khối lượng lớn, dễ sinh khu nước vật sát tường.

II. Tường cánh hạ lưu

Loại tường này phải đảm bảo hướng dòng nước chảy ra được thuận, dòng chảy phân bố đều và không tách rời tường, tránh gây những bất lợi ở hạ lưu. Về cấu tạo cơ bản như tường phía thượng lưu. Cao trình đỉnh tường thường cao hơn mực nước cao nhất ở hạ lưu. Song cũng có trường hợp để giảm chiều cao tường, người ta làm thấp hơn, lúc đó trên đỉnh tường phải có bậc thềm và có bảo vệ. Chiều dài tường chọn theo yêu cầu tiêu năng. Nói chung tối thiểu phải kéo dài tới cuối sân sau thứ nhất. Hình (14-32) giới thiệu một số tường cánh hạ lưu. Loại (a) cấu tạo đơn giản dùng khi chiều rộng cống bằng hoặc xấp xỉ chiều rộng kênh. Nhược điểm kiểu này là khi nước chảy gây ra vùng xoáy sát tường. Khi chiều rộng kênh lớn hơn chiều rộng cống có thể dùng loại (b) và (c), trong đó loại (c) ít tốn vật liệu hơn. Loại (d) và (e) dùng khi kênh rộng, vì vậy cần có đoạn quá độ nối tiếp giữa tường cánh mở rộng với kênh.



Hình 14-32. Một số loại tường cánh hạ lưu.

III. Bản đáy thân cống

Bản đáy thường bằng bê tông cốt thép. Khi khoang cống nhỏ có thể làm bằng bê tông hoặc đá xây. Bản đáy có nhiều kiểu, song kiểu bằng được xây dựng nhiều nhất, vì cấu tạo đơn giản, thi công nhanh. Chiều dày bản đáy phải bảo đảm đủ chịu lực, thường khoảng 0,5÷1,5m. Khi bản đáy làm tách rời trụ cần kiểm tra điều kiện chống đẩy nổi:

$$t = K \frac{\gamma h}{\gamma_1 - \gamma} ; \quad (14-52)$$

trong đó:

t - chiều dày bản đáy;

h - cột nước thấm tại điểm tính toán dưới bản đáy;

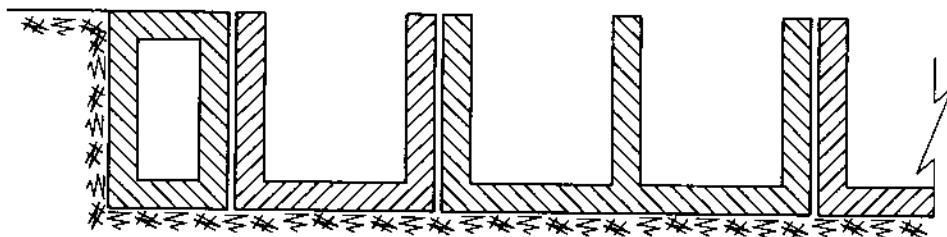
γ, γ_1 - trọng lượng riêng của nước và của vật liệu làm bản đáy;

K - hệ số an toàn bằng 1,1÷1,2.

Chiều dài bản đáy được xác định theo yêu cầu chống thấm dưới đáy và bố trí các hạng mục phía trên. Bản đáy làm đặc hoặc có những ngăn rồng. Loại rồng nhẹ, có độ cứng lớn, dùng trong trường hợp cần giảm ứng suất nền. Tuy nhiên loại này kết cấu phức tạp, tốn nhiều thép và thi công khó khăn.

Trường hợp địa chất nền tương đối đồng đều, cống không lớn lắm, bản đáy cả cống có thể liền một khối. Nếu nền xấu, cống rộng để tránh những bất lợi do hiện tượng lún không đều gây ra, thường bố trí khe lún tại các trụ cống. Khe lún tách bản đáy thành một số đoạn (hay mảng, khoang). Mỗi đoạn gồm một, hay hai, ba cửa cống (hình 14-33). Tại khe lún phải bố trí thiết bị chống thấm (khớp nối) bằng kim loại (đồng, tôn tráng kẽm) hay bằng nhựa pôlimer hay bao tải tẩm nhựa đường. Khớp nối đặt theo phương đứng ở đầu trụ phía thượng lưu và theo phương ngang ở bản đáy. Chiều dày khe lún khoảng 2÷3(cm).

Ngoài ra để giảm bớt đất đắp hai bên bờ đối với bản đáy có thể làm tường chắn kiểu hộp tách rời khỏi thân cống.



Hình 14-33. Khe lún phân cống thành các đoạn.

IV. Trụ cống

Trụ cống thường bằng bê tông, bê tông cốt thép hoặc đá xây. Hình dạng trụ phải đảm bảo cho dòng nước chảy vào, chảy ra thuận. Đầu trụ có dạng tam giác, tròn, lưu tuyến.

Chiều dày trụ giữa đơn thông thường từ $0,5 \div 1,5\text{m}$; trụ kép có chiều dày gấp 1,5 trụ giữa đơn; với trụ biên chiều dày thay đổi dọc theo chiều cao, càng xuống thấp bề dày càng lớn. Chiều dài trụ tùy theo yêu cầu thủy lực và bố trí chung: khe van, khe phai, van, cầu giao thông, cầu thả phai, cầu công tác.

Cao trình đỉnh trụ ∇_{dt} phía thượng lưu, hạ lưu cống được xác định theo công thức:

$$\nabla_{dt} = MNLNTK + \Delta h + \eta_s + a; \quad (14-53)$$

trong đó:

MNLNTK - mực nước lớn nhất thiết kế phía thượng lưu (để tính ∇_{dt} phía thượng lưu) hoặc phía hạ lưu (khi tính ∇_{dt} phía hạ lưu);

Δh - chênh lệch giữa mực nước tĩnh và trung tâm sóng;

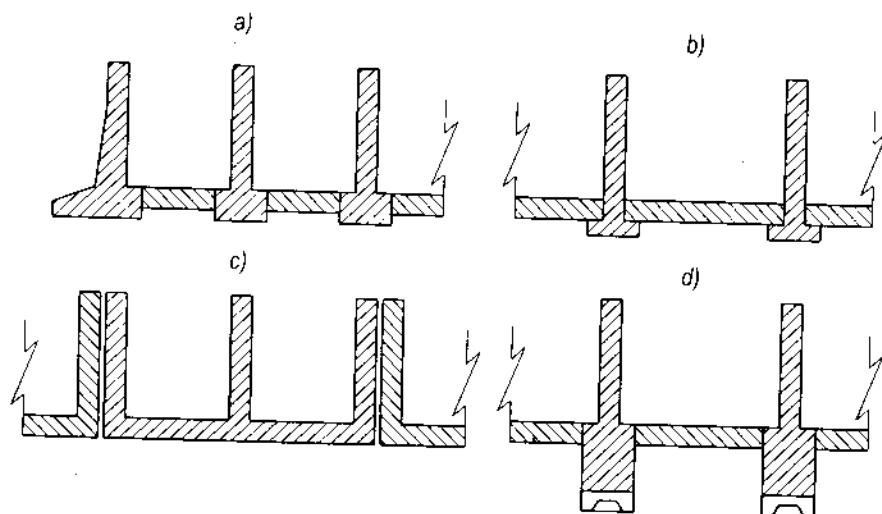
η_s - độ dềnh cao nhất của sóng ứng với mức đảm bảo;

a - độ vượt cao an toàn.

Cao trình đỉnh trụ xác định theo (14-53) phải cao hơn MNLN kiểm tra.

Trên trụ ngoài khe van (khe van phẳng, rộng $0,2 \div 0,7\text{m}$) còn có khe phai (rộng $0,1 \div 0,4\text{m}$). Khoảng cách giữa hai khe phải lớn hơn 1 mét. Trên đỉnh trụ bố trí móc đo biến dạng, lún; trong trụ có thể bố trí các ống đo áp lực thấm dưới bản đáy cống.

Trụ và bản đáy có thể làm liền hoặc tách rời. Trường hợp trụ và đáy là một khối liền thì lực từ thân cống truyền xuống nền được phân bố đều hơn, song nội lực phát sinh trong bản đáy lớn nên phải làm bản đáy dày hơn. Loại này hay dùng khi nền tương đối xấu, đảm bảo ứng suất phân bố lên nền đều, tránh gây lún không đều quá lớn. Khi trụ và bản đáy tách rời, nền sẽ chịu lực tập trung do trụ truyền tới, do đó đòi hỏi nền có sức chịu lớn.



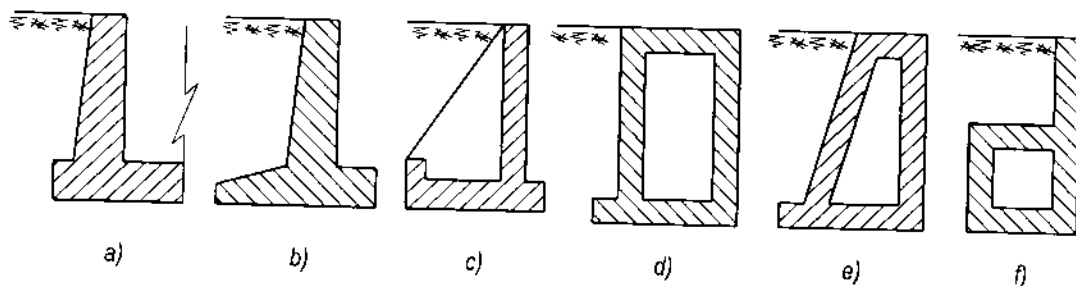
Hình 14-34. Nối tiếp trụ cống và bản đáy.

a) Bản đáy tách rời độc lập với móng; b) Bản đáy tách rời móng cống nhưng không độc lập;
 c) Bản đáy và móng cống liền khối; d) Bản đáy tách rời móng cống cắm sâu

Trong trường hợp này nội lực phát sinh trong bản đáy sẽ nhỏ đi, chiều dày bản đáy có thể làm mỏng hơn. Ở khe tiếp xúc giữa bản đáy và trụ cần phải có thiết bị chống thấm. Hình (14-34) giới thiệu một số cách nối tiếp trụ và bản đáy.

Trụ biên ngoài tác dụng như trụ giữa còn trực tiếp liên kết với bờ hoặc công trình khác. Cũng có trường hợp dùng hình thức tường bên tách rời với thân cống. Hình (14-35) biểu thị một số kiểu liên kết giữa trụ biên với bờ.

Loại (a) và (b) có tác dụng như tường trọng lực, phía sau làm thêm công son để tận dụng trọng lượng khối đất đắp ở trên để tăng cường ổn định. Loại (c) là kiểu tường sườn, kết cấu nhẹ, dùng khi tường cao, song tốn cốt thép. Loại (d), (e), (f) là kiểu hộp làm tách rời thân cống - loại này kết cấu nhẹ, độ cứng lớn, dùng khi nền yếu và cần giảm ảnh hưởng của áp lực đất bên bờ đối với thân cống. Tuy nhiên loại này kết cấu phức tạp, tốn cốt thép và thi công khó khăn.



Hình 14-35. Các hình thức móng bên

- a) Móng bên liền bản đáy; b) Móng bên trọng lực tách rời bản đáy; c) Móng bên dạng tường sườn; d) Móng bên dạng hộp chữ nhật tách rời bản đáy; e) Móng bên dạng hộp hình thang tách rời bản đáy; f) Móng bên có nửa dạng hộp chữ nhật tách rời bản đáy.

V. Bể tiêu năng

Bể tiêu năng có nhiệm vụ tiêu năng và bảo vệ lòng kênh sau cống. Chiều dài bể, chiều sâu bể qua tính toán tiêu năng mà có. Cũng có người đề nghị xác định chiều dài theo công thức:

$$L_1 = (2 \div 3,5)\Delta H; \quad (14-54)$$

trong đó: ΔH - chênh lệch mực nước thượng hạ lưu.

Chiều dày bản đáy bể xét theo yêu cầu chống đẩy nổi có thể xác định theo công thức (14-52). Để giảm bớt áp lực thấm dưới bản đáy công trình và ngay cả đáy bể tiêu năng thường bố trí lỗ thoát nước ở đoạn phía sau của sàn đáy bể. Các lỗ thoát nước bố trí thành hàng so le và phía dưới có đặt tầng lọc ngược để bảo vệ đất nền không bị mất ổn định thấm.

Đombrôpxki đề nghị xác định chiều dày sàn bể tiêu năng theo công thức:

$$t = 0,15v_1 \sqrt{h_1} ; \quad (14-55)$$

trong đó:

t - chiều dày sân;

v_1, h_1 - lưu tốc và chiều sâu dòng chảy trước nước nhảy.

Chiều dày bản đáy bể khoảng $0,5 \div 1,5\text{m}$ và có thể làm bằng bê tông cốt thép đổ tại chỗ hoặc do các tấm bê tông cốt thép đúc sẵn tạo thành.

VI. Sân sau

Sân sau có tác dụng tiêu hao phần năng lượng thừa còn lại và bảo vệ lòng kênh. Lưu tốc chảy trên sân sau không vượt quá lưu tốc cho phép. Kết cấu của sân có tính mềm dẻo để thích nghi với những biến dạng của lòng kênh, dễ thấm nước và độ gồ ghề lớn để tăng cường khả năng tiêu năng. Thường dùng đá tảng xếp lại thành sân, dưới lớp đá tảng cần có cấu tạo như tầng lọc ngược nhưng yêu cầu không cao. Có thể dùng rọ đá, hoặc các tấm bê tông cốt thép đúc sẵn.

Đường kính hòn đá phải đủ lớn để dòng nước không cuốn đi, sơ bộ tính theo công thức:

$$v = 4,2 \sqrt{d} ; \quad (14-56)$$

trong đó:

d - đường kính hòn đá (m);

v - lưu tốc trên sân sau (m/s).

Chiều dày lớp đá khan thường bằng hoặc lớn hơn 20cm.

Chiều dài sân sau có thể tham khảo công thức sau:

$$L_2 = k \sqrt{q \sqrt{\Delta H}} ; \quad (14-57)$$

trong đó:

ΔH - chênh lệch mực nước thượng hạ lưu (m);

q - lưu lượng đơn vị cuối sân ($\text{m}^3/\text{s.m}$);

k - hệ số phụ thuộc tính chất đất lòng sông. Khi lòng sông là cát mịn, cát pha $k = 10 \div 12$; đất cát to, đất có tính dính $k = 8 \div 9$; đất sét cứng $k = 6 \div 7$.

Phạm vi sử dụng công thức trên: $\sqrt{q \sqrt{\Delta H}} = 1 \div 9$.

Ngoài ra, theo kinh nghiệm, chiều dài toàn bộ của hai sân và chiều dài bể tiêu năng khoảng $(4 \div 10)\Delta H$.

VII. Cầu công tác

Cầu công tác ở cống lộ thiên dùng để bố trí thiết bị đóng mở cửa van và thao tác van. Cầu gồm các cột cùng với dầm dọc tạo thành khung, dầm ngang, bản mặt, lan can cầu, thang lên cầu công tác, kết cấu bao mặt cầu.

Cột cầu được gắn liền khối với trụ cống. Trên phạm vi toàn cống, cầu công tác cũng bố trí khe lún tương ứng với bản đáy cống. Tại trụ có khe lún (trụ kép) bố trí hai hàng cột ở hai nửa của trụ kép. Kích thước cắt ngang cột từ $0,3 \times 0,3\text{m}$ đến $0,5 \times 0,7\text{m}$. Dầm ngang dưới bản mặt, thường bố trí tại nơi đặt máy đóng mở hoặc cụm thiết bị chuyển hướng, kích thước mặt cắt ngang dầm $0,1 \times 0,2\text{m}$ đến $0,3 \times 0,5\text{m}$. Bản mặt cầu dày từ $0,1 \div 0,2\text{m}$. Chiều rộng mặt cầu chọn đủ để bố trí thiết bị đóng mở và người vận hành đi lại, kiểm tra. Kết cấu bao che có nhiệm vụ che mưa, nắng, gió cho các thiết bị, mặt khác còn tạo dáng cho công trình, tạo sức hút phục vụ du lịch.

Cao trình mặt cầu công tác (∇_{ct}) phụ thuộc vào: kích thước cửa van; cao trình đỉnh trụ; thiết bị đóng mở; kích thước dầm; bản mặt cầu công tác; phương thức lắp ráp, bảo dưỡng, sửa chữa cửa van. Có thể xác định cao trình mặt cầu công tác (∇_{ct}) theo công thức:

$$\nabla_{ct} = \nabla_{cv} + L + d + a ; \quad (14-58)$$

trong đó:

∇_{cv} - cao trình đáy cửa van ở vị trí cao nhất khi mở hoặc khi lắp ráp, sửa chữa, bảo dưỡng;

L - chiều cao van phẳng hoặc chiều dài bản mặt hình tròn của van cung;

d - kích thước của bộ phận truyền chuyển động, dầm, bản mặt cầu công tác. Trong tính toán sơ bộ có thể chọn $d = 1,0 \div 1,5 \text{ m}$;

a - độ cao an toàn, có thể lấy $a = 0,3 \div 0,5 \text{ m}$.

§14.7. NGUYÊN TẮC BỐ TRÍ VÀ LỰA CHỌN KẾT CẤU CỐNG

Khi xác định vị trí đặt cống cần chú ý các điểm sau:

Về địa hình cần chọn vị trí cống sao cho dòng chảy được thuận và thoả mãn các yêu cầu đã đề ra. Thí dụ cống lấy nước phải bảo đảm yêu cầu về lưu lượng, về chất lượng nước. Cống tiêu chọn ở vị trí thấp, đảm bảo khống chế được cả vùng tiêu. Nơi xây dựng công trình phải thuận lợi cho công tác thi công, cho giao thông vận tải qua cống. Tuân theo nguyên tắc sử dụng tổng hợp.

Về địa chất phải chọn ở nơi nền tốt hoặc không phức tạp để giảm bớt khối lượng xử lý nền và không gây khó khăn cho thi công, tăng giá thành công trình.

Trong quá trình thiết kế cống trước hết căn cứ vào tình hình địa hình, địa chất, thủy văn, nhiệm vụ thiết kế và các điều kiện cụ thể khác để sơ bộ định ra hình thức kết cấu cống. Sau đó thông qua tính toán thủy lực, tính toán kết cấu mà kiểm tra lại, sửa chữa các bộ phận cho hợp lý. Vì vậy quá trình thiết kế cống là một quá trình xen kẽ giữa các bước tính toán, bố trí, chọn cấu tạo các bộ phận, nên phải thay đổi sửa chữa để chọn được công trình an toàn và kinh tế nhất.

Đối với các cống nhỏ, nếu chọn cao trình ngưỡng cao thì kích thước lỗ cống có lớn hơn nhưng giảm bớt được khối lượng phần nối tiếp hai bên mà bộ phận này thường chiếm một tỷ lệ lớn trong toàn bộ khối lượng cống, do đó giá thành có thể hạ. Các cống lớn, khối lượng bộ phận bên không nhiều so với toàn bộ khối lượng cống, vì vậy nên chọn ngưỡng thấp thì rút ngắn được kích thước lỗ cống, giảm khối lượng sân trước, sân sau, bản đáy. Căn cứ vào tình hình cụ thể và những yêu cầu thiết kế mà xem xét chọn phương án hợp lý.

Khi bố trí các kết cấu thân cống cần xét đến khả năng lợi dụng tổng hợp. Thí dụ lợi dụng lỗ cống làm âu thuyền, bố trí cầu giao thông qua các trụ. Kết hợp bản đáy thân cống làm sân tiêu năng để rút ngắn chiều dài sân sau.

Ngoài ra khi thiết kế cần chú ý bảo đảm quản lý vận hành dễ dàng thuận tiện và bảo đảm yêu cầu mỹ thuật, cảnh quan chung.

Chương 15

ĐƯỜNG HẦM VÀ CỐNG NGẦM

§15.1. KHÁI NIỆM

Đường hầm và cống ngầm thuộc loại công trình ngầm. Ngày nay trên thế giới loại công trình này đã được sử dụng rất phổ biến và phát triển ngày càng hiện đại. Trong những năm gần đây ở nước ta đã và đang xây dựng một số công trình ngầm có quy mô trung bình như đường hầm và nhà máy thủy điện Hoà Bình, Trị An, đường hầm xuyên đèo Hải Vân...

Công trình ngầm được sử dụng vào nhiều mục đích khác nhau như giao thông, thủy lợi, thủy điện, cơ sở hạ tầng đô thị, khai thác khoáng sản và các công trình có chức năng đặc biệt.

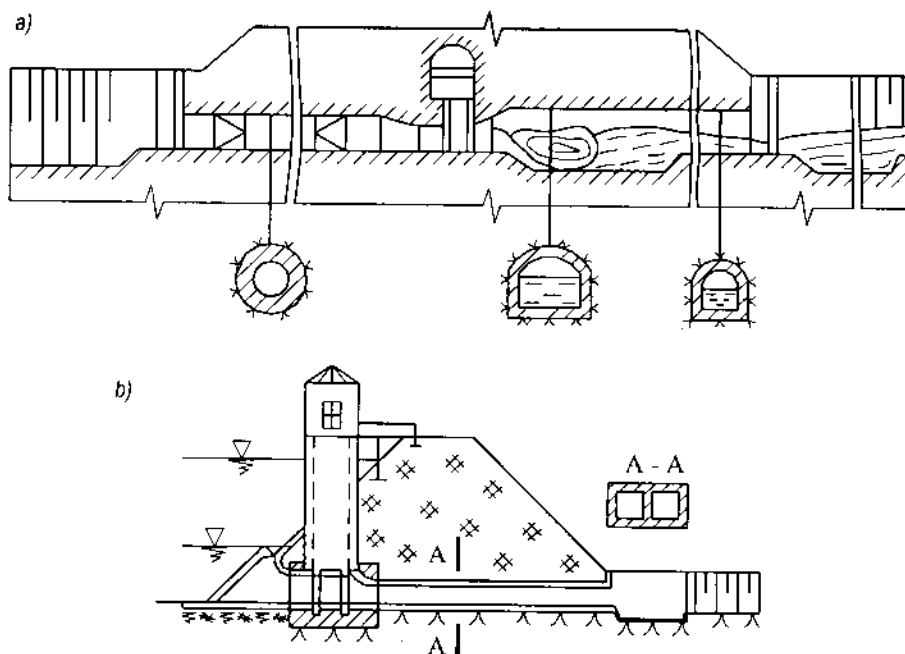
Công trình ngầm được xây dựng trong lòng đất vì vậy nó liên quan đến nhiều giải pháp kỹ thuật, chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố chi phối. Đặc điểm làm việc cũng như công tác thiết kế, thi công công trình ngầm có nhiều điểm khác so với công trình xây dựng trên mặt đất.

Trong chương này chỉ tập trung nghiên cứu hai loại công trình thủy công ngầm được phổ biến trong kỹ thuật thủy lợi, thủy điện đó là đường hầm thủy công và cống ngầm.

Đường hầm là một loại công trình tháo nước hoặc dẫn nước đục xuyên qua đá khi không có điều kiện tháo nước hoặc dẫn nước qua bản thân các công trình dâng nước hoặc dùng biện pháp đào kênh hở gặp khó khăn, tốn kém (hình 15-1a).

Cống ngầm là loại công trình được đặt dưới đê, đập, vật liệu địa phương (hình 15-1b), dùng vào việc tháo nước hoặc lấy nước. Cống ngầm thường ngắn hơn đường hầm.

Về mặt thủy lực đường hầm và cống ngầm là loại công trình chịu ảnh hưởng của cột nước công tác lớn. Lớp lót đường hầm và thân cống ngầm nằm sâu trong môi trường đá hoặc đất đắp, do đó về mặt chịu lực rất phức tạp.



Hình 15-1. a) Đường hầm; b) Cống ngầm

§15.2. PHÂN LOẠI, ĐIỀU KIỆN SỬ DỤNG VÀ HÌNH THỨC MẶT CẮT CỦA ĐƯỜNG HẦM THỦY CÔNG

I. Phân loại và điều kiện sử dụng

Đường hầm thủy công được sử dụng trong các trường hợp sau:

1. Khi xây dựng đường dẫn hở không kinh tế bằng xây dựng đường hầm;
2. Nếu xây dựng kênh hở có thể bị phá hoại do sự sạt lở của sườn núi hoặc có đá lăn;
3. Tuyến dẫn nước qua nơi rừng núi rậm rạp, địa hình phức tạp.

Theo mục đích sử dụng, đường hầm được chia ra làm các loại:

1. Đường hầm lấy nước và đường hầm dẫn nước

Đường hầm lấy nước được xây dựng nhằm mục đích lấy nước từ hồ chứa, sông ngòi phục vụ cho nhu cầu của công nghiệp, đời sống, phát điện, tưới v.v...

Trên hệ thống dẫn nước, tại những nơi do địa hình phức tạp, để rút ngắn tuyến kênh hoặc giảm khối lượng công trình thường hay xây dựng đường hầm dẫn nước.

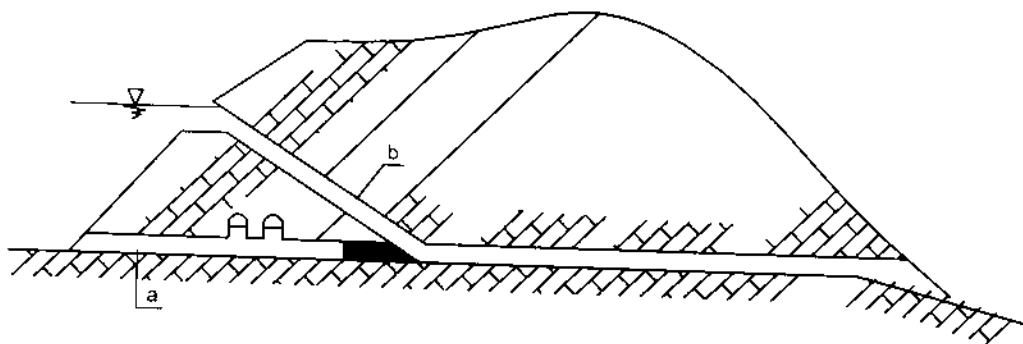
2. Đường hầm tháo nước

Đường hầm tháo nước là loại dùng để tháo lũ, dẫn dòng thi công, tháo nước cho trạm thủy điện ngầm. Trong xây dựng nên kết hợp đường hầm sử dụng tạm thời lúc thi công với đường hầm sử dụng vào mục đích lâu dài, như hình 15-2 biểu thị một đường hầm tháo lũ đã được sử dụng kết hợp làm đường hầm dẫn dòng trong giai đoạn thi công.

Dựa theo điều kiện thủy lực người ta chia ra hai loại đường hầm có áp và đường hầm không áp.

- Đường hầm có áp thường được sử dụng trong các trường hợp:

- a) Mức nước thượng lưu thay đổi tương đối lớn;
- b) Yêu cầu dòng chảy là phải có áp như trong trường hợp cần dẫn nước thẳng vào buồng xoắn của trạm thủy điện;
- c) Khi so với việc xây dựng loại đường hầm không áp thấy kinh tế hơn.



Hình 15-2. a) Tháo lũ thi công; b) Tháo lũ lâu dài.

- Đường hầm không áp được sử dụng khi:

- a) Mức nước thượng lưu và lưu lượng qua đường hầm ít thay đổi;
- b) Yêu cầu dòng chảy phải là không áp (đường hầm để thuyền bè qua lại...);
- c) Khi so sánh với việc xây dựng đường hầm có áp thấy kinh tế hơn.

Trong thực tế xây dựng một số đường hầm, dọc theo chiều dài của nó từng đoạn có chế độ chảy khác nhau. Như hình 15-1, đoạn đầu dòng chảy là có áp, đoạn tiếp theo sau cửa van là dòng chảy không áp.

II. Hình thức mặt cắt của đường hầm

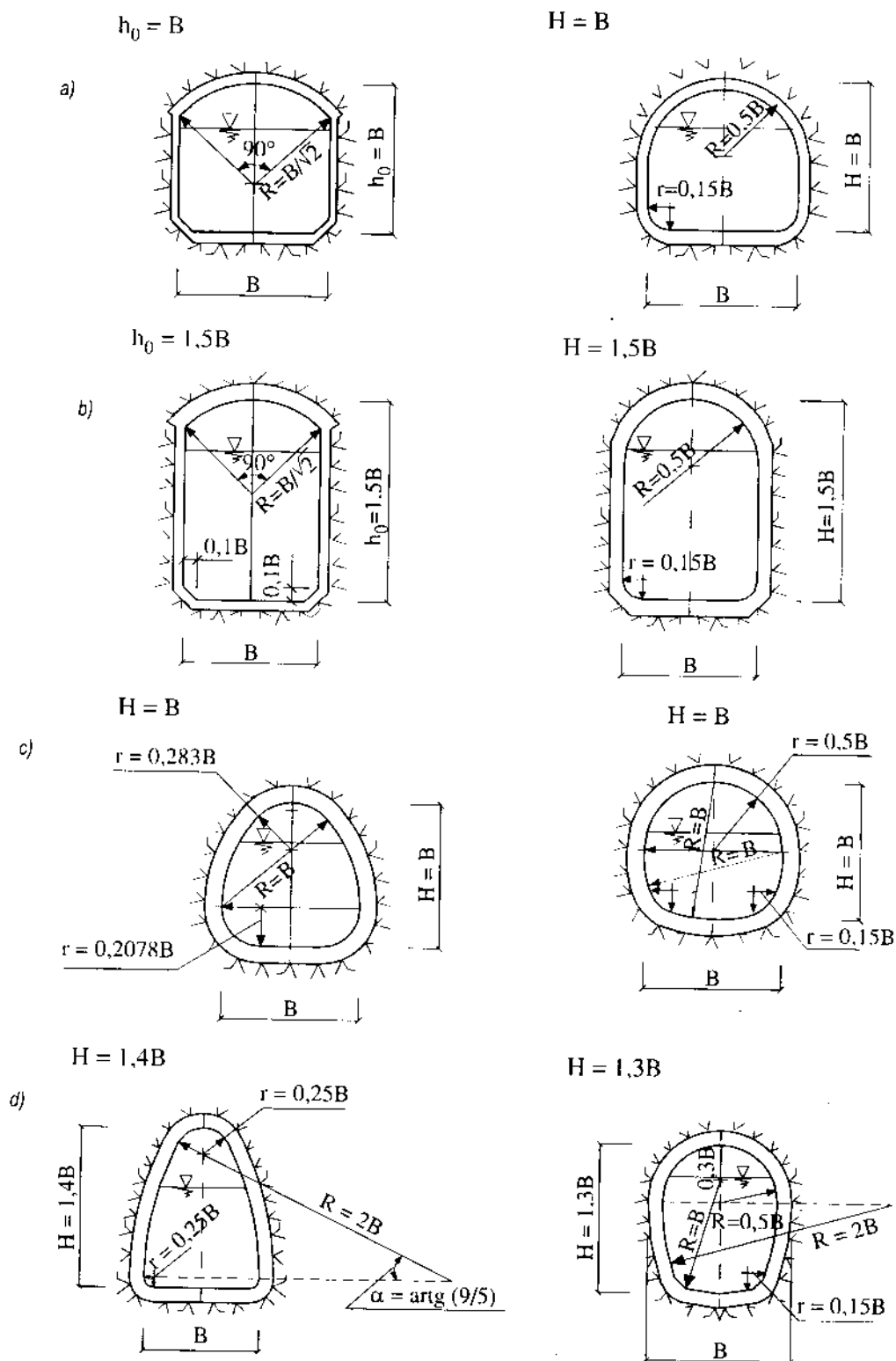
Khi chọn hình thức mặt cắt ngang của đường hầm phải dựa vào các điều kiện: thủy lực, địa chất công trình và thi công.

Diện tích mặt cắt đường hầm được quyết định từ tính toán thủy lực. Việc lựa chọn tốc độ trung bình của dòng chảy trong đường hầm có ảnh hưởng tới diện tích mặt cắt ngang đường hầm, do đó nó có ý nghĩa kinh tế kỹ thuật. Chọn hình dáng mặt cắt của đường hầm có lợi về mặt thủy lực và giảm độ nhám trong lòng dẫn để có thể giảm nhỏ được diện tích mặt cắt.

Hình thức mặt cắt nên đơn giản, tránh những hình thức phức tạp khó thi công. Khi chọn phải xét đến khả năng sử dụng máy móc và vận chuyển đá núi ra khỏi đường hầm.

Điều kiện địa chất công trình thường là điều kiện cơ bản khi chọn hình thức mặt cắt. Đây là điều kiện đánh giá về mặt chịu lực để đảm bảo an toàn và kinh tế trong đó áp lực đá núi giữ tầm quan trọng bậc nhất.

1. Các hình thức mặt cắt đường hầm không áp (hình 15-3)



Hình 15-3. Các hình thức mặt cắt của đường hầm không áp

Mặt cắt vòm đỉnh là vòm phẳng (hình 15-3a) được sử dụng khi đường hầm đào qua tầng đá rắn chắc có hệ số kiên cố $f_k > 8$, không có áp lực đá núi.

Mặt cắt vòm đỉnh là nửa đường tròn (hình 15-3b) khi đường hầm đào qua đá núi có $8 > f_k > 4$, chỉ có áp lực đá núi thẳng đứng. Mặt cắt có thành vòm cao (hình 15-3c) được dùng khi đào qua đá núi có $4 > f_k > 2$, áp lực đá núi theo phương đứng lớn hơn theo phương ngang. Mặt cắt hình móng ngựa (hình 15-3d) được dùng trong trường hợp đá núi có $f_k < 2$, có áp lực đá núi bên, từ trên xuống và cả từ dưới lên. Mặt cắt hình tròn được dùng khi có tầng đá nằm nghiêng theo tuyến đường hầm, áp lực đá không đối xứng qua đường trục thẳng đứng qua trung tâm mặt cắt ngang cũng như trong những trường hợp áp lực nước ngầm rất lớn.

2. Hình thức mặt cắt đường hầm có áp

Đối với đường hầm có áp người ta thường hay dùng mặt cắt hình tròn. Với loại này điều kiện dòng chảy tương đối tốt và có lợi cho việc chịu tác dụng của áp lực nước phân bố đều ở trong đường hầm.

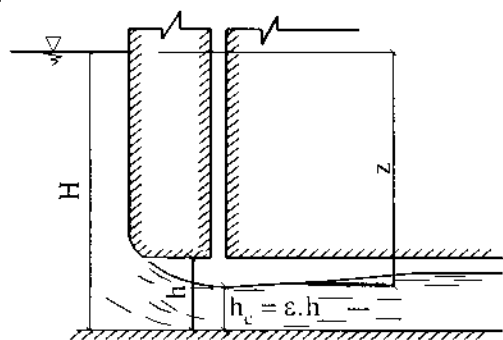
Khi cột nước áp lực (tính bằng mét) kể từ trung tâm mặt cắt trở lên không vượt quá 3 lần chiều cao của đường hầm, có thể dùng các hình thức mặt cắt của đường hầm không áp nhưng phải tiến hành phân tích các điều kiện kinh tế kỹ thuật một cách đầy đủ.

§15.3. TÍNH TOÁN THUỶ LỰC VÀ XÁC ĐỊNH KÍCH THƯỚC MẶT CẮT CỦA ĐƯỜNG HẦM

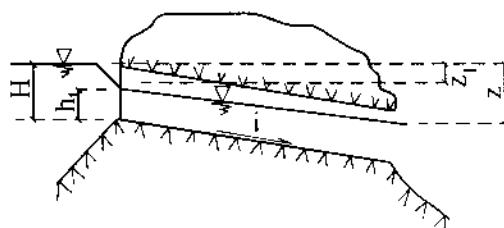
I. Tính toán thủy lực đường hầm không áp

Trong thực tế xây dựng những đường hầm tháo nước và lấy nước từ hồ chứa, cửa vào có thể bị ngập sâu dưới mực nước thượng lưu (hình 15-4).

Những đường hầm được xây dựng trên hệ thống dẫn nước, tháo lũ thì công cửa vào có thể không bị ngập (hình 15-5).



Hình 15-4. Sơ đồ dòng chảy có cửa vào bị ngập



Hình 15-5. Dòng chảy ở đường hầm không áp

Khi cửa vào bị ngập, lưu lượng tháo qua đường hầm được tính:

$$Q = \mu \omega \sqrt{2g(H - \epsilon h)} ; \quad (15-1)$$

trong đó:

μ - hệ số lưu lượng, $\mu = \varphi_0 \epsilon$;

ω, h - diện tích và độ cao của mặt cắt ngang cuối đoạn cửa vào.

Khi cửa vào không ngập, lưu lượng tháo qua đường hầm có thể tính như lưu lượng chảy qua đập tràn chảy ngập.

$$Q = m \sigma_n b \sqrt{2gH_0^{3/2}} ; \quad (15-2)$$

trong đó:

$$H_0 = H + \frac{v_0^2}{2g} ;$$

b - chiều rộng ở cuối đoạn cửa vào;

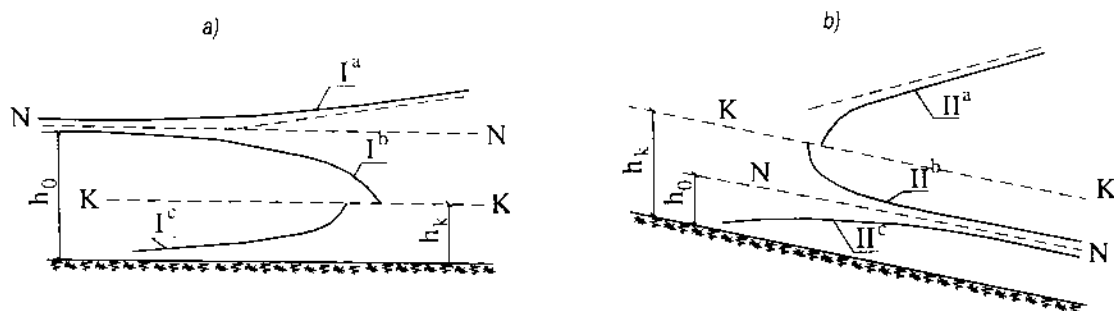
m - hệ số lưu lượng;

$$\sigma_n = f\left(\frac{h_1}{H_0}\right) ; \text{ hệ số ngập};$$

h_1 - độ sâu ở sau mặt cắt co hẹp.

Khi dòng chảy trong đường hầm là dòng chảy êm, việc xác định h_1 thông qua vẽ đường mặt nước. Đường mặt nước được vẽ từ phía hạ lưu lên với điều kiện biên là độ sâu dòng chảy ở cuối đường hầm.

Do điều kiện mực nước thượng, hạ lưu đường hầm thay đổi, trạng thái chảy đều trong đường hầm bị phá vỡ, hình thành dòng chảy không đều với đường nước dâng hoặc nước hạ. Xác định đường mặt nước trong đường hầm được tiến hành tương tự như đối với kênh hở. Ở những đoạn có mặt cắt ngang không đổi, sử dụng các phương pháp vẽ đường mặt nước trong lòng dẫn hở lăng trụ.



Hình 15-6. Các dạng đường mặt nước

a) Hình dạng đường mặt nước trong trường hợp $h_0 > h_k$

b) Hình dạng đường mặt nước trong trường hợp $h_0 < h_k$

Các dạng đường mặt nước trong đường hầm không áp như trên hình vẽ (15-6) và trong bảng (15-1).

Bảng 15-1. Các dạng đường mặt nước trong đường hầm không áp

Trường hợp I: $i < i_k$			Trường hợp II: $i > i_k$		
a	b	c	a	b	c
$h > h_0$	$h_0 > h > h_k$	$h_k > h$	$H > h_k$	$h_k > h > h_0$	$h_0 > h$
$\frac{dh}{dl} > 0$	$\frac{dh}{dl} < 0$	$\frac{dh}{dl} > 0$	$\frac{dh}{dl} > 0$	$\frac{dh}{dl} < 0$	$\frac{dh}{dl} > 0$
Đường nước dâng	Đường nước dốc	Đường nước dâng	Đường nước dâng	Đường nước dốc	Đường nước dâng
a_1	b_1	c_1	a_2	b_2	c_2

Sự nối tiếp dòng chảy với hạ lưu ở cửa ra đường hầm phụ thuộc vào cao trình của ra so với mực nước hạ lưu và độ sâu dòng chảy ở hạ lưu.

Muốn đảm bảo dòng chảy trong đường hầm là không áp, dùng các biện pháp công trình sau:

1. Trần của đường hầm phải cao hơn mực nước trong đường hầm. Khi dòng chảy trong đường hầm là chảy êm, độ vượt cao $\delta \geq 0,15h$ và không nhỏ hơn 0,4m. Khi dòng chảy trong đường hầm là chảy xiết, độ vượt cao an toàn phụ thuộc vào trị số Fr_1 . Khi tính toán có thể tham khảo quan hệ giữa trị số Fr_1 và tỷ số giữa diện tích mặt cắt ướt và diện tích toàn phần của cắt ngang (bảng 15-2).

Bảng 15-2

Fr_1	10	$10 \div 20$	20
ω/Ω	0,90	0,80	0,75

2. Cho đỉnh cửa ra cao hơn mực nước hạ lưu.
3. Tăng độ dốc đáy đường hầm.
4. Làm ống thông khí ở chỗ bắt đầu đoạn không áp.

II. Tính toán thủy lực đường hầm có áp

Lưu lượng tháo qua đường hầm cũng như đường ống áp lực được xác định theo công thức:

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gz} ; \quad (15-3)$$

trong đó:

ω - diện tích mặt cắt ngang tính toán của đường hầm;

μ - hệ số lưu lượng, phụ thuộc vào diện tích cắt ngang tính toán, có thể tính theo công thức:

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{\alpha_r \left(\frac{\omega}{\omega_r} \right)^2 + \sum \xi_i}} ; \quad (15-4)$$

trong đó:

α_r - hệ số sửa chữa động lượng ở mặt cắt cửa ra, khi không có gì đặc biệt thì lấy $\alpha_r \approx 1$;

ω_r - diện tích mặt cắt ra của ống;

ξ_i - hệ số tổn thất thủy lực ở đoạn thứ i, bao gồm hệ số tổn thất dọc đường ξ_d và hệ số tổn thất cục bộ ξ_c ;

z - cột nước tác dụng, có thể xác định: $z = E_o - T$;

E_o - năng lượng đơn vị ở thượng lưu so với mặt phẳng so sánh;

T - năng lượng đơn vị của dòng chảy ở mặt cắt ra so với mặt phẳng so sánh.

Năng lượng này phụ thuộc vào mức độ ngập ở mặt cắt ra và kết cấu của phần nối tiếp hạ lưu. Cách xác định T được giới thiệu kỹ trong các sách chuyên đề và quy phạm.

Khi thiết kế đường hầm, muốn đảm bảo chế độ dòng chảy là có áp ổn định cần chú ý đến các biện pháp công trình sau đây:

1. Đặt cửa van điều chỉnh ở cửa ra;
2. Cửa vào của đường hầm phải thuận và ngập sâu dưới mực nước thượng lưu một giới hạn nhất định;
3. Thu hẹp cửa ra hoặc đặt ngập sâu dưới mực nước hạ lưu;
4. Khi không xét đến ảnh hưởng cửa van, điều kiện tồn tại dòng chảy có áp trong đường hầm có thể xác định theo công thức:

$$\frac{1}{\sqrt{\xi_v + 1}} \omega_v \sqrt{z_v} < \frac{1}{\sqrt{\xi + 1}} \omega_r \sqrt{z} ; \quad (15-5)$$

trong đó:

ξ_v - hệ số tổn thất ở cửa vào;

ω_v - diện tích mặt cắt ngang cuối đoạn vào;

z_v - khoảng cách từ đỉnh mặt cắt ở cuối đoạn vào đến mực nước thượng lưu;

ξ - tổng hệ số tổn thất đường ống tính đến mặt cắt cửa ra;

ω_r - diện tích mặt cắt cửa ra;

z - cột nước tác dụng.

III. Kích thước mặt cắt của đường hầm

Kích thước mặt cắt của đường hầm phải thoả mãn các điều kiện sử dụng, kinh tế và thi công...

Về điều kiện sử dụng, kích thước của đường hầm phải đảm bảo với mực nước thượng hạ lưu bất lợi nhất vẫn cho qua được với lưu lượng đã định và đảm bảo được chế độ dòng chảy theo những tiêu chuẩn thiết kế đã đặt ra.

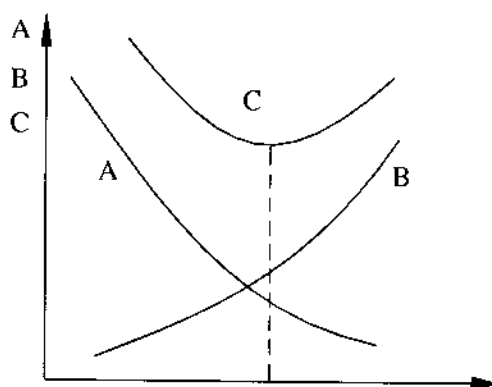
Đối với đường hầm vận tải thủy, phải đảm bảo thuận lợi cho sự qua lại của các loại thuyền bè đã dự định. Những đường hầm bên trong có đặt các ống thép thì kích thước cần phải thoả mãn các yêu cầu lắp ráp và sửa chữa.

Về điều kiện kinh tế, mặt cắt đường hầm càng nhỏ càng có lợi, nhưng nếu mặt cắt quá nhỏ tốc độ dòng chảy sẽ rất lớn, tổn thất cột nước sẽ tăng lên, vì vậy khi thiết kế đường hầm phải qua tính toán kinh tế kỹ thuật.

Kích thước kinh tế của đường hầm thủy điện là kích thước cho ta tổng trị giá chi phí vận hành, đầu tư năm và giá trị tổn thất điện năng năm do tổn thất cột nước tạo ra là nhỏ nhất. Trên hình 15-7 đường A biểu thị quan hệ giữa đường kính của đường hầm với trị giá tổn thất điện năng năm do tổn thất cột nước tạo ra, đường B biểu thị quan hệ giữa đường kính của đường hầm với chi phí đầu tư và chi phí vận hành năm do khối lượng công trình tạo ra. Đường C là đường tổng cộng trị số của hai đường A và B. Từ đó rút ra được đường kính kinh tế D_{kt} của đường hầm ứng với trị số nhỏ nhất của đường C.

Theo kinh nghiệm thiết kế, khi lưu lượng cố định, lưu tốc trong các đường hầm lấy nước không áp vào khoảng $1,5 \div 2,5\text{m/s}$, khi lưu lượng biến đổi lớn, lưu tốc thường vào khoảng $1,5 \div 4,0\text{m/s}$. Lưu tốc trong những đường hầm có áp của trạm thủy điện thường là $2 \div 4\text{m/s}$. Lưu tốc trong những đường hầm có phụ tải cao có thể tăng lên đến 5m/s .

Khi xác định kích thước các đường hầm dẫn dòng thì công phải đồng thời xét kết hợp cả hai mặt: giá thành của đề xây thượng hạ lưu và cường độ thi công của các công trình chính.



Hình 15-7. Đồ thị tính toán đường kính kinh tế đường hầm

Theo yêu cầu thi công, kích thước đường hầm không thể quá nhỏ. Nếu dùng sức người đục đường hầm, đường kính của mặt cắt hình tròn không nên nhỏ hơn 1,8m. Chiều cao của mặt cắt không tròn không nên nhỏ hơn 1,8m, chiều rộng không nhỏ hơn 1,5m. Khi thi công bằng cơ giới, kích thước nhỏ nhất nên lấy bằng 2,5m × 2,5m. Thường thường giá thành đơn vị đá đục giảm theo sự tăng kích thước đường hầm nhưng khi đường hầm vượt quá 8 ÷ 9m do khối lượng giàn chống tăng nên giá thành đơn vị không giảm được nữa.

§15.4. TẢI TRỌNG, LỰC TÁC DỤNG VÀ TỔ HỢP LỰC TÁC DỤNG LÊN LỚP LÓT ĐƯỜNG HẦM

I. Loại lực và nhóm lực

Căn cứ vào tính chất, điều kiện tác dụng, tải trọng và các lực tác dụng lên lớp lót của đường hầm thuỷ công được chia ra loại cố định và tạm thời (lâu dài, tức thời và đặc biệt).

1. Các tải trọng và lực tác dụng cố định

- Áp lực đá núi;
- Trọng lượng bản thân lớp lót;
- Tác dụng của ứng suất trước.

2. Các tải trọng tạm thời dài hạn

- Áp lực nước trong đường hầm ứng với mực nước dâng bình thường trong hồ;
- Áp lực nước ngầm.

3. Các tải trọng và lực tác dụng tức thời

- Áp lực xung động của dòng nước;
- Áp lực nước trong đường hầm do nước va;
- Áp lực sinh ra khi phụt vữa;
- Áp lực tác dụng vào vỏ thép do bê tông vữa mới đổ;
- Áp lực của các thiết bị cơ giới khi thi công.

4. Các tải trọng và lực tác dụng đặc biệt

- Lực tác dụng của động đất và nổ mìn;
- Áp lực nước trong đường hầm ứng với mực nước gia cường hoặc do lực tác dụng của nước va khi giảm toàn bộ phụ tải;
- Ứng lực xuất hiện do sự thay đổi nhiệt độ co ngót và trương nở của bê tông, từ biến của đá.

5. Các tổ hợp lực

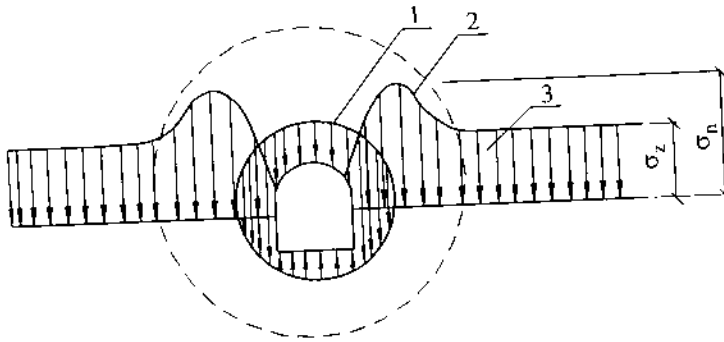
- Tổ hợp chủ yếu bao gồm những lực và những tải trọng tác dụng cố định, tạm thời dài hạn và tức thời.

- Tổ hợp đặc biệt bao gồm những tải trọng và lực tác dụng cố định lâu dài và tạm thời, một vài tải trọng và lực tác dụng tức thời và một trong những tải trọng và lực tác dụng đặc biệt. Trong tính toán thiết kế, các lực và tải trọng phải lấy riêng với những tổ hợp lực bất lợi nhất có thể xảy ra cho từng trường hợp khai thác và xây dựng.

II. Áp lực đá núi

1. Khái niệm

Sau khi đào đường hầm, trạng thái cân bằng lực lúc ban đầu bị phá vỡ trên mặt đào sẽ sinh ra ứng suất mới làm cho lớp đá xung quanh biến hình gây ra một áp lực nhất định tác dụng lên lớp lót của đường hầm, đó chính là áp lực đá núi.



Hình 15-8. Các vùng ứng suất ở đá núi khi đào đường hầm

Trên hình 15-8 thể hiện sự thay đổi ứng suất trong đá do đào đường hầm: vùng 1 ứng suất bị giảm; đá núi bị phá hoại sinh ra áp lực đá núi thẳng đứng và nằm ngang tác dụng trực tiếp lên lớp lót của đường hầm, vùng 2 ứng suất nén tăng và vùng 3 ứng suất phân bố đều.

Áp lực đá núi không những có liên quan đến tính chất các tầng đá như độ bền, sự phân tầng, thể nằm... mà còn có liên quan tới độ sâu của đường hầm, kích thước mặt cắt của đường hầm và các phương pháp thi công. Xác định áp lực đá núi một cách chính xác là một việc khó khăn. Hiện nay có nhiều phương pháp tính toán, dựa trên cơ sở những giả thiết riêng, các phương pháp đã đạt được độ chính xác ở những mức độ khác nhau, trong đó những phương pháp thường được kể đến là:

- Giả thiết áp lực đá núi giống áp lực nước tĩnh, xem nó tỷ lệ thuận với độ sâu của tầng đá phía trên đường hầm. Giả thiết này chỉ tương đối chính xác trong trường hợp đường hầm ở vị trí rất nông trong các tầng đá có tính chảy hoặc các tầng đá vụn nát.

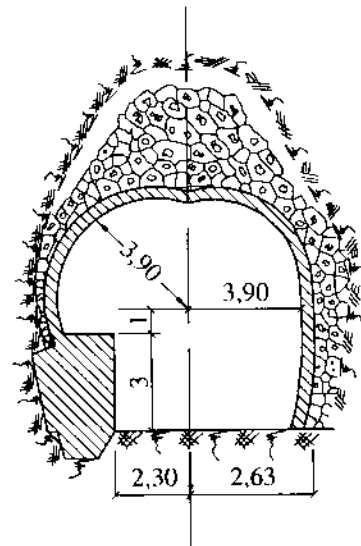
- Giả thiết tầng đá là một môi trường đàn hồi đồng nhất và đẳng hướng, dùng lý thuyết đàn hồi để tính áp lực đá núi. Trong thực tế đá không phải là môi trường đàn hồi đồng nhất đẳng hướng nên phương pháp này không có ý nghĩa thực tế.

- Phương pháp quan trắc thực địa. Dùng các thiết bị máy móc quan trắc đặt trong các đoạn đường hầm đã đào để đo áp lực đá núi. Đối với những công trình quan trọng thường dùng phương pháp này để điều chỉnh lại kết quả tính toán ban đầu.

- Phương pháp dùng phổ biến hiện nay là phương pháp đo giáo sư M.M Porôtôdiacanốp đề xuất năm 1903.

2. Xác định áp lực đá núi theo phương pháp M.M Porôtôdiacanốp

Từ các đường hầm đào trong tầng đá có nhiều kẽ nứt ta có thể thấy được hiện tượng sau: đầu tiên phần đá trên đỉnh mất ổn định rơi xuống, sau đó một phần đá hai bên sườn xuất hiện các vết rạn nứt và trượt xuống (hình 15-9), đến một lúc nào đó sẽ ổn định hình thành "vòm cân bằng tự nhiên". Áp lực đá núi tác dụng lên lớp lót không phải là toàn bộ trọng lượng đá trên đỉnh mà chỉ là trọng lượng của đá bị phá hoại dưới vòm cân bằng mà thôi.



Hình 15-9. Hiện tượng đá bị sụt và hình thành vòm cân bằng tự nhiên

Phương pháp M.M Porôtôdiacanốp đã căn cứ vào lý luận này, dùng quan hệ cân bằng tìm ra kích thước của vòm cân bằng, từ đó tính được áp lực đá núi thẳng đứng và áp lực đá núi bên. Tác giả của phương pháp cho rằng đá núi ở vào trạng thái giữa thể đàn hồi và thể hạt rời. Ở đây ông đã tính hệ số ma sát trong của đá f cùng với lực dính đơn vị C và gọi là hệ số kiên cố của đá f_k :

$$f_k = \frac{f\sigma + C}{\sigma} = f + \frac{C}{\sigma} ; \quad (15-6)$$

trong đó: σ - ứng suất pháp theo phương thẳng đứng.

Đối với thể toi rời $f_k \sim \tan \varphi$ (φ - góc ma sát trong của nham thạch toi rời).

Với đá $f_k = \frac{1}{100} R$ (R - cường độ chịu nén giới hạn của đá tự nhiên).

Theo lý luận của thể hạt rời, giới hạn mặt phá hoại ở hai bên đường hầm chỉ xảy ra với góc $(45^\circ - \frac{\varphi}{2})$, ta có sơ đồ tính toán như hình 15-10.

Xét điều kiện cân bằng của vòm ở đoạn OC, tác dụng vào đoạn này có lực đẩy đỉnh vòm từ phía trái N, lực dọc trục T và áp lực đá núi tác dụng lên vòm q.

Mô men của tất cả các lực tác dụng lên đoạn OA lấy với điểm O bằng không:

$$Ny - qx \cdot \frac{x}{2} = 0.$$

Ta có:

$$y = \frac{qx^2}{2N}; \quad (15-7)$$

Đây là phương trình của vòm cân bằng tự nhiên. Phản lực R ở điểm B là áp lực ở chân vòm. Thành phần P gây ra lực ma sát ở chân vòm $f_k P$, còn lực N là lực đẩy hướng về phía đá núi. Để chân vòm A và B ổn định, lực ma sát cần phải lớn hơn hoặc bằng lực đẩy:

$$f_k P \geq N.$$

Trong thực tế tính toán, để tăng an toàn, người ta lấy N bằng một nửa lực ma sát, tức là:

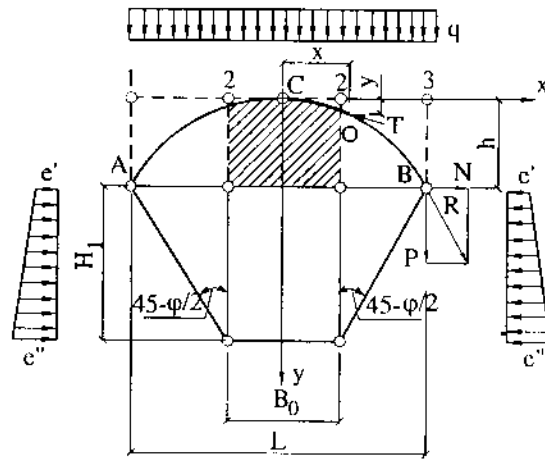
$$N = 0,5f_k P \text{ hay } N = 0,5q \frac{L}{2} f_k; \quad (15-8)$$

Thay trị số N vào phương trình (15-7), chúng ta có:

$$y = \frac{x^2}{0,5Lf_k}; \quad (15-9)$$

Khi $x = 0,5L$ và $y = h$, từ công thức (15-9) chúng ta có chiều cao của vòm:

$$h = \frac{L}{2f_k}; \quad (15-10)$$



Hình 15-10. Sơ đồ tính áp lực đá núi

trong đó:

$$L = B_o + 2H_o \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right); \quad (15-11)$$

Áp lực đá núi tác dụng theo phương đứng lên lớp lót đường hầm được tính bằng trọng lượng khối đá được giới hạn trong phạm vi của vòm cân bằng (hình 15-10)

Trọng lượng của khối đá được tính:

$$G = \frac{2}{3} \gamma_d L h = \gamma_d \frac{L^2}{3f_k}.$$

Vậy lực phân bố trung bình là:

$$p = \gamma_d \frac{L^2}{3f_k}; \quad (15-12)$$

Theo lý thuyết thể hạt rời, áp lực đá núi theo phương ngang có thể tính như áp lực lên lưng tường thẳng đứng:

$$e' = \gamma_d \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right); \quad (15-13)$$

$$e'' = \gamma_d (h + H_o) \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right); \quad (15-14)$$

Áp lực trung bình:

$$e_{tb} = \gamma_d (h + 0,5H_o) \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right); \quad (15-15)$$

Phương pháp M.M Porôtôdiacanốp không xét đến ảnh hưởng của độ sâu vị trí đặt đường hầm so với bề mặt và ảnh hưởng tương tác khi đường hầm đặt gần nhau, đặc biệt là cấu trúc địa chất v.v...

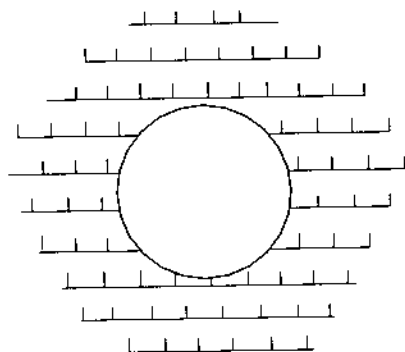
Khi đường hầm đặt rất sâu ($H > 500\text{m}$), phương pháp này không thích hợp. Trong trường hợp này nên sử dụng những phương pháp đặc biệt có xét đến trạng thái dẻo, hiện tượng tách bóc của nham thạch và các hiện tượng đặc biệt khác.

Sơ đồ hình (15-10) được phân tích trong trường hợp có thành phần áp lực đá núi thẳng đứng và nằm ngang. Trong thực tế tính toán tùy theo tình hình cụ thể về tính chất tầng đá (được thể hiện bằng hệ số f_k) đường hầm đi qua mà ở đó không có, có không đủ hoặc đủ các thành phần áp lực đá núi. Khi tính toán phải dựa vào các quy phạm hiện hành.

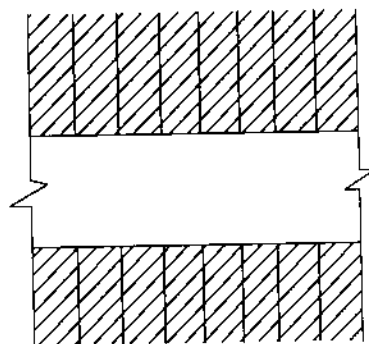
3. Nhân tố ảnh hưởng đến áp lực đá núi

Cấu tạo của tầng đá ảnh hưởng rất lớn đối với áp lực đá núi. Khi đường hầm đục xuyên qua các lớp đá nằm ngang (hình 15-11) thì độ cứng của lớp đá trên đỉnh đường

hầm nhỏ, nên nó dễ bị phá hoại, do đó áp lực đá núi sẽ lớn. Khi đường hầm xuyên qua các lớp đá thẳng đứng hoặc có độ nghiêng rất dốc (hình 15-12) các lớp đất ở đỉnh đường hầm có độ cứng lớn, áp lực đá núi nhỏ.



Hình 15-11



Hình 15-12

Khi xét hệ số kiên cố f_k phải xét đến ảnh hưởng cấu tạo của đá núi. Khi đá còn tươi, hoàn chỉnh, độ nứt nẻ nhỏ hơn 1%, hướng dốc các lớp đá gần như vuông góc với trục của đường hầm, cường độ chịu nén của đá núi $R > 1,0 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ và không có nước ngầm thì có thể không xét đến ảnh hưởng của áp lực đá núi. Khi đá núi nứt nẻ nhiều, phương của các vết nứt gần như song song với trục đường hầm, dù cường độ chịu nén của đá lớn, trị số f_k cũng không thể lớn hơn 6. Đá bị nứt nhiều, trong khe nứt có đất cao lanh, sét, nước ngầm tương đối nhiều, $R < 6,0 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ trị số f_k không nên lấy nhỏ hơn 2.

Điều kiện thi công cũng có ảnh hưởng nhất định đến áp lực đá núi. Sau khi đào đường hầm, ngoài các lớp đất vụn ra, biến hình dẻo và đàn hồi của đá ở xung quanh đường hầm không phải là hoàn thành ngay mà sẽ diễn biến qua một thời gian, vì vậy khoảng cách giữa thời gian sau khi tháo giàn chống tạm thời và khi xây dựng lớp lót càng dài thì biến hình của đá càng lớn. Nổ mìn khi thi công cũng có thể làm rộng các khe nứt do đá làm cho áp lực đá núi tăng lên. Vì vậy khi chọn f_k phải xét đến ảnh hưởng của điều kiện thi công.

Khi đường hầm đào qua các tầng đá rắn chắc ($f_k \geq 8$) không có áp lực đá núi tác dụng lên lớp lót. Trường hợp tầng đá có $8 > f_k > 4$ chỉ có áp lực đá núi thẳng đứng. Ở tầng đá có $4 \geq f_k \geq 2$ có cả áp lực đá núi thẳng đứng và nằm ngang. Khi $f_k < 2$, áp lực đá núi thẳng đứng và nằm ngang khá lớn, có cả áp lực từ dưới lên. Khi đường hầm nằm nông (khoảng cách từ nóc hầm đào đến mặt đất nhỏ hơn hai lần chiều cao của vòm áp lực), áp lực đá núi thẳng đứng lấy bằng trọng lượng toàn bộ lớp nham thạch nằm trên nó.

Xác định hệ số kiên cố f_k theo công thức M. M. Porôtôdiacanốp cho giá trị thiên lớn, vì trong thực tế các lớp đá có tồn tại những vết nứt rạn. Do đó cần căn cứ vào cấu tạo của

đá mà đem trị số tìm được nhân với hệ số từ $0,5 \div 0,9$. Hệ số kiên cố của đá có thể tham khảo ở bảng 15-3.

Bảng 15-3. Hệ số kiên cố của đá

Mức độ rắn chắc của đá	Các loại đá	f_k	γ (T/m ³)	φ°
Vô cùng cứng	Loại đá quắczit và ba zan cùng các loại đá khác vô cùng rắn chắc	20	$2,8 \div 3,0$	87°
Rất cứng	Đá hoa cương rất cứng, pơocfia thạch anh, phiến thạch sít, đá quắc zit có độ cứng dưới loại trên, loại đá vôi và sa thạch cứng nhất.	15	$2,7 \div 2,8$	85°
Cứng	Đá hoa cương và đá giống hoa cương chặt, quặng thạch anh, sa thạch và đá vôi rất cứng, cuội kết cứng, quặng sắt rất cứng	10	$2,5 \div 2,6$	$82^\circ 30'$
Cứng	Đá vôi cứng, đá hoa cương không cứng, sa thạch cứng, đá cẩm thạch, đolômít cứng, quặng sắt màu vàng cứng	8	2,5	80°
Tương đối cứng	Sa thạch thông thường, quặng sắt thường	6	2,4	75°
Tương đối cứng	Phiến thạch cát, sa thạch phiến	5	2,5	$72^\circ 5'$
Cứng trung bình	Đá diệp thạch sét cứng, đá vôi và sa thạch không cứng, cuội kết mềm	4	2,8	70°
Cứng trung bình	Các loại diệp thạch không cứng, mác nơ chặt	3	2,5	70°
Tương đối mềm	Diệp thạch mềm, đá vôi mềm, đá phấn, muối mỏ, thạch cao, ăngđơrasit, đá mác nơ thường, sa thạch vụn, đất pha đá	2	2,4	65°
Tương đối mềm	Đá vụn, diệp thạch vụn, sỏi, cuội kết thành khối, than đá cứng ($f_k = 1,4 \div 1,8$), đất sét cứng	1,5	$1,8 \div 2,0$	60°
Mềm	Sét chặt, than đá trung bình ($f_k = 1,0 \div 1,4$), cát cứng, đất dính	1,0	1,8	45°
Mềm	Sét pha ít cát, đất hoàng thổ, than đá mềm ($f_k = 0,6 \div 1,0$)	0,8	1,6	40°
Đất	Đất thực vật, cát ẩm	0,6	1,5	30°
Vụn	Cát, đá dăm, đất trồng trọt, than bùn	0,5	1,7	27°

III. Lực kháng đàn tính của đá

Dưới tác dụng của tải trọng, khi lớp lót đường hầm biến dạng về phía ngoài sẽ bị đá núi ngăn lại, đó là lực kháng đàn tính mang tính chất bị động. Lực kháng đàn tính không những có quan hệ với tính chất vật lý và cấu tạo của các tầng đá mà còn có liên quan tới sự biến dạng của lớp lót. Như vậy, lực kháng đàn tính có liên quan với trị số của tải trọng và độ cứng của lớp lót. Lực kháng đàn tính của đá núi có thể chịu được một phần ứng suất do áp lực đá núi, trọng lượng bản thân của lớp lót và áp lực nước bên trong sinh ra, làm giảm bớt trị số các lực tác dụng lên lớp lót, có lợi đối với sự làm việc của lớp lót. Vì vậy khi xét thật kỹ và chính xác ảnh hưởng của lực kháng đàn tính có thể thu nhỏ kích thước lớp lót, làm giảm khối lượng công trình. Với trình độ kỹ thuật hiện nay khi dùng những biện pháp thi công thích đáng, bảo đảm trong mọi trường hợp, lớp lót liên kết chặt chẽ với tầng đá rắn chắc xung quanh thì lúc thiết kế các đường hầm đều có thể xét đến lực kháng đàn tính. Nếu lực kháng đàn tính dùng lớn thì lớp lót sẽ sinh ra ứng suất lớn lúc đó khó tránh được nứt gãy. Theo hướng dẫn thiết kế đường hầm thủy lợi HD TL-C-3-77, khi tính toán lớp lót đường hầm (bao gồm cả các chi tiết có dạng định hình của vỏ thép) chịu những tổ hợp tải trọng bất kỳ phải xét đến loại lực này. Khi đường hầm có áp nằm ở độ sâu bé hơn ba lần đường kính của nó, tính toán loại lực này phải có luận chứng đặc biệt.

Trị số của lực kháng đàn tính có thể coi gần đúng tỷ lệ thuận với biến vị theo hướng pháp tuyến với bề mặt lớp lót, tức là:

$$p = Ky ; \quad (15-16)$$

trong đó:

p - lực kháng đàn tính phân bố;

y - trị số biến vị theo hướng pháp tuyến;

K - hệ số lực kháng đàn tính (kg/cm^3), là lực tác dụng lên một đơn vị diện tích và làm cho đơn vị diện tích này biến vị một đoạn bằng một đơn vị độ dài.

Hệ số K phụ thuộc vào tính chất của đá và đường kính của đường hầm. Trong tính toán lớp lót đường hầm, đặc trưng đàn tính của đá được xét thông qua hệ số lực kháng đơn vị K_0 hoặc bằng môđun biến dạng của đá E_d và hệ số biến dạng ngang μ_d (hệ số poát - xông) có xét đến khả năng làm tăng thêm những đặc trưng trên trong trường hợp đá bao quanh đường hầm được gia cố nhân tạo.

Đối với đường hầm có áp hình tròn nằm trong đá đồng nhất đẳng hướng, quan hệ giữa E_d , K_0 và μ_d được xác định bằng công thức:

$$E_d = 100K_0(1+\mu_d) ; \quad (15-17)$$

Tuỳ theo mức độ quan trọng của công trình mà đặc trưng E_d , K_o được xác định từ những tài liệu nghiên cứu tại hiện trường bằng những phương pháp ở những mức độ chính xác khác nhau.

Đường hầm có mặt cắt dạng tròn, hệ số

K và K_o quan hệ với nhau theo công thức:

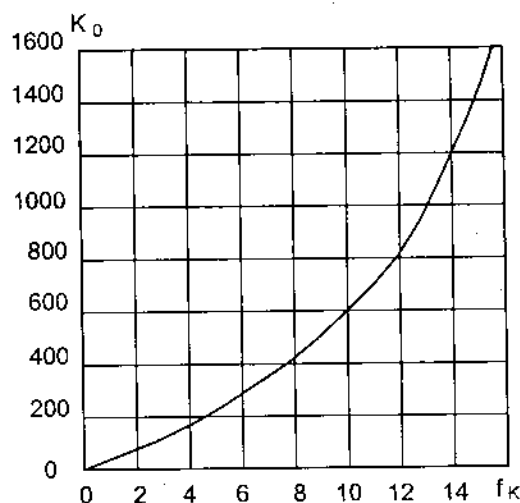
$$K = \frac{100K_o}{r_n}; \quad (15-18)$$

trong đó:

r_n - bán kính ngoài của lớp lót, cm;

K_o - hệ số lực kháng đơn vị (chính là hệ số đàn tính của đá khi bán kính đào đường hầm bằng 100cm), kG/cm^2 .

Hệ số K_o phụ thuộc vào hệ số kiên cố của đá f_k , được xác định bằng thí nghiệm. Trên hình 15-13 thể hiện quan hệ giữa K_o và f_k của đá nứt nẻ.



Hình 15-13. Quan hệ giữa K_o và f_k của đá nứt nẻ

IV. Áp lực nước

Áp lực nước tác dụng lên đường hầm bao gồm áp lực bên trong và bên ngoài đường hầm. Giá trị áp lực bên trong phụ thuộc vào trạng thái dòng chảy có áp hay không áp. Áp lực nước bên ngoài đường hầm phụ thuộc vào mực nước ngầm. Tính toán áp lực nước bên trong đường hầm sử dụng các phương pháp thủy lực thông thường. Cũng giống như áp lực bên trong đường hầm, áp lực nước bên ngoài đường hầm được phân ra hai thành phần áp lực đều và áp lực không đều. Hợp lực của hai thành phần này chính là áp lực đẩy nổi tác dụng lên đường hầm.

V. Áp lực phụt vữa

Các lỗ phụt vữa thường bố trí ở đỉnh đường hầm, ở phía dưới đường kính nằm ngang của đường hầm chỉ bố trí lỗ phụt vữa khi có những lỗ hổng cục bộ rất lớn hoặc có hiện tượng trượt đá. Riêng trong trường hợp dùng lớp lót kiểu lắp ghép thì cần phải bố trí lỗ phụt vữa ở cả chu vi mặt cắt ngang của đường hầm. Lỗ phụt vữa liên kết thường bố trí đối xứng.

Sự phân bố áp lực tác dụng lên lớp lót của đường hầm sinh ra khi tiến hành phụt vữa có liên quan đến hình dạng mặt cắt của đường hầm, độ rỗng của đá ở phía sau lớp lót, số lượng và vị trí lỗ phụt vữa, trình tự phụt vữa và áp lực khi phụt vữa. Trị số của áp lực này cần căn cứ vào thí nghiệm ở hiện trường và các quy phạm hiện hành để xác định. Sự phân bố của áp lực lên lớp lót khi tiến hành phụt vữa cũng được xác định bằng thí nghiệm.

VI. Ứng suất nhiệt

Cũng như ứng lực xuất hiện do sự trương nở của bê tông, từ biến của đá, ứng lực xuất hiện do sự thay đổi nhiệt độ là loại lực đặc biệt tác dụng lên lớp lót của đường hầm. Sự thay đổi nhiệt độ ở môi trường bên trong và bên ngoài đường hầm hay nhiệt độ không khí hoặc nước ở bên trong đường hầm thấp hơn nhiệt độ lúc đổ bê tông làm cho bê tông co giãn, tại lớp lót có thể sinh ứng suất kéo, do đó cần bố trí cốt thép chịu nhiệt độ. Khi bề dày lớp lót nhỏ để toả nhiệt và đường kính đường hầm không lớn lắm (3÷4m) có thể không cần xét đến ứng suất nhiệt.

VII. Lực động đất

Sự ảnh hưởng của động đất đối với đường hầm phụ thuộc vào điều kiện địa chất chỗ xây dựng đường hầm. Ở những nơi đoạn tăng nhiều, nứt nẻ nhiều hoặc tính chất của đá biến đổi rất lớn, do tác dụng của động đất, các bộ phận của đường hầm bị chấn động khác nhau nên lớp lót phải chịu lực rất lớn có thể bị phá hoại. Ở những nơi có động đất từ cấp 6 trở xuống có thể không xét lực động đất. Những khu vực có động đất trên cấp 10, đường hầm cần thiết kế đặc biệt hoặc không dùng đường hầm. Ở những vùng động đất cấp 7, 8, 9 có thể dựa vào tình hình địa chất, chia đường hầm thành nhiều đoạn có bề dày lớp lót khác nhau, riêng cửa vào và cửa ra cần có biện pháp gia cố tốt.

Ảnh hưởng của động đất đối với đường hầm có liên quan nhiều với vị trí đào của đường hầm. Đường hầm càng ở sâu dưới đá, ảnh hưởng của lực động đất càng nhỏ. Nếu ở độ sâu 30m, lực tác dụng lên đường hầm chỉ bằng 1/10 so với vị trí trên mặt đất. Ảnh hưởng của động đất đối với cửa vào và cửa ra của đường hầm rất lớn, các tầng đá ở đây có khả năng bị sụt hoặc trượt cần phải làm tường cánh chống đỡ và tốt nhất nên dùng kết cấu bê tông và bê tông cốt thép.

Tóm lại: Ảnh hưởng của động đất đối với đường hầm phụ thuộc vào tình hình địa chất công trình, cường độ động đất, vị trí sâu nông của đường hầm. Khi tính toán cần phân tích cụ thể.

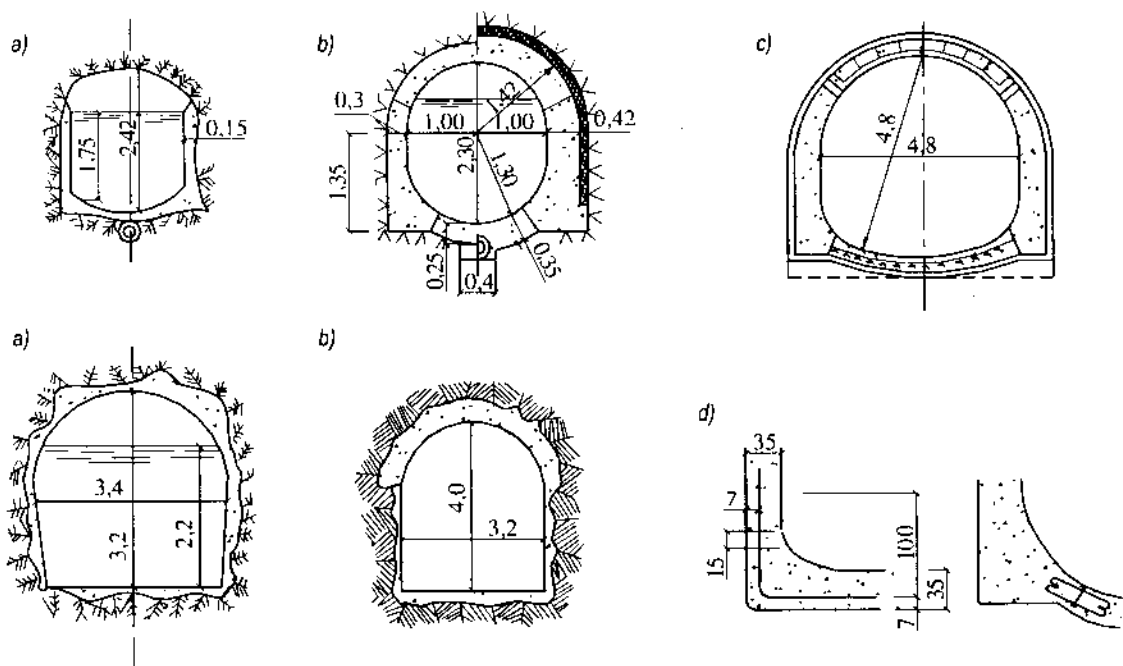
§15.5. TÍNH TOÁN KẾT CẤU LỚP LÓT ĐƯỜNG HẦM

Thông qua các điều kiện thuỷ lực đã quyết định được hình dạng và kích thước mặt cắt ngang của đường hầm. Để ổn định hình dạng mặt cắt, giảm độ nhám bên trong, chống thấm cho đường hầm phải tiến hành xây dựng lớp lót. Chiều dày của lớp lót sẽ được quyết định trên cơ sở tính toán kết cấu phụ thuộc vào hình dạng mặt cắt, cấu tạo lớp lót và tình hình làm việc của đường hầm.

I. Các hình thức lớp lót của đường hầm

1. Các loại lớp lót của đường hầm không áp

a) *Lớp lót trát trơn (hình 15-14a).* Khi đường hầm đào qua tầng đá rất cứng ($f_k > 10$) không có áp lực đá núi có thể sử dụng hình thức này để làm giảm độ nhám và bảo vệ đá núi khỏi bị phong hoá. Lớp lót trát trơn có thể được tạo bằng cách phun vữa hoặc trát.



Hình 15-14. Các hình thức lớp lót của đường hầm không áp

a) Lớp lót trát trơn; b) Lớp lót gia cố chỉnh thể bằng bê tông;

c) Lớp lót gia cố chỉnh thể bằng bê tông cốt thép; d) Gia cố ở đáy đường hầm

b) *Lớp lót gia cố chỉnh thể (hình 15-14b).* Trường hợp áp lực đá núi không lớn, lực kháng đàn tính có bảo đảm thì dùng lớp lót bê tông chỉnh thể. Đôi khi dòng nước có tính xâm thực mạnh, có tính bào mòn lớn dùng lớp lót bằng bê tông không có lợi thì có thể dùng lớp lót xây bằng đá, gạch. Nếu không có áp lực đá núi bên thì có thể chỉ dùng lớp lót hình vòm ở trên đỉnh bằng bê tông còn phía dưới dùng lớp lót kiểu trát trơn. Khi gặp đá mềm

yếu, áp lực đá núi rất lớn, cũng có thể dùng lớp lót bằng bê tông cốt thép, căn cứ vào áp lực đá núi lớn hay nhỏ mà bố trí cốt thép thành một hay hai tầng (hình 15-14c).

c) *Lớp lót kiểu lắp ghép*: Khi đá núi có thể cho phép tiến hành đào hoàn toàn đường hầm hoặc cần có lớp lót để chống đỡ ngay áp lực đá núi thì có thể dùng lớp lót kiểu lắp ghép. Lớp lót này gồm có những tấm bê tông hoặc bê tông cốt thép đúc sẵn lót ở vòng ngoài, vòng trong làm những tấm xi măng lưới thép hoặc bê tông cốt thép liền khối để chịu áp lực nước bên trong và chống thấm. Hình thức lớp lót này có nhiều ưu điểm: tốc độ thi công nhanh, giảm bớt hoặc tránh hẳn được việc đổ bê tông phức tạp ở trong đường hầm. Bê tông đúc sẵn ở trong xưởng nên chất lượng cao. Bên cạnh đó hình thức này cũng có một số nhược điểm: điều kiện chịu lực và chống thấm của bê tông lắp ghép kém. Khi áp lực nước bên trong đường hầm lớn, buộc phải dùng vòng trong lớp lót bằng bê tông cốt thép đổ liền khối, vì vậy công trình sẽ phức tạp, giá thành sẽ cao.

Ở những nơi đá xấu, rời rạc, dùng hình thức lắp ghép cũng có lợi.

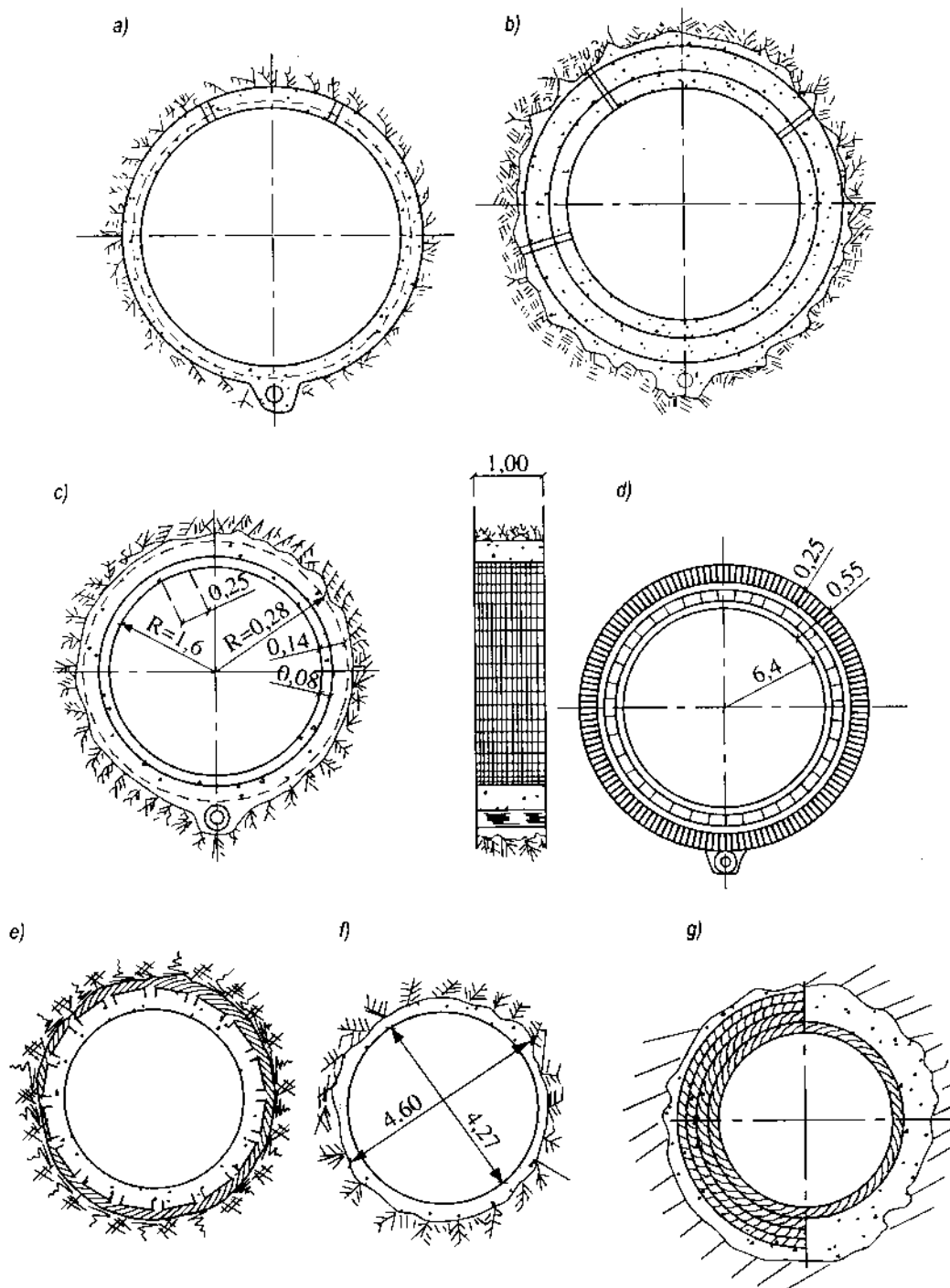
Đầu tiên làm một vành bảo hộ để đào đường hầm rồi tiến hành lắp ghép toàn bộ vòng ngoài lớp lót, chống đỡ áp lực đá núi, sau đó tiến hành thi công vòng trong của lớp lót.

2. Các lớp lót của đường hầm có áp

a) *Loại trát trơn, chống thấm*: dùng cho những nơi đá rắn chắc ($f_k > 14$) cột nước không lớn. Tác dụng của lớp lót chỉ nhằm giảm bớt độ nhám của đường hầm và chống thấm.

b) *Lớp lót gia cố chỉnh thể đơn*: do bê tông không chịu được ứng suất kéo lớn nên lớp lót đơn bằng bê tông chỉ dùng trong trường hợp cột nước không lớn lắm ($H < 60\text{m}$), tầng đá tương đối rắn chắc, áp lực đá núi không lớn và lực kháng đàn tính bảo đảm. Với đường hầm cao áp ($H > 60\text{m}$) mà hệ số lực kháng đàn tính đơn vị của đá vào khoảng $1,1 \times 10^{10}\text{N/m}^2$ cũng có thể dùng loại lớp lót này (hình 15-15a). Với những đường hầm có cột nước vào loại trung bình $H = 30 \div 60\text{m}$ và đường hầm có cột nước cao ($H > 60\text{m}$) còn có thể dùng hình thức lót gia cố bằng bê tông cốt thép (hình 15-15b). Khi $H < 60\text{m}$ cũng có thể dùng lớp lót kiểu lắp ghép nhưng chỗ nối tiếp phải bảo đảm gia cố thật tốt.

c) *Lớp lót gia cố kép (hình 15-15c, d, e, f, g)*: Vòng ngoài làm bằng bê tông hoặc bê tông cốt thép. Vòng trong là xi măng lưới thép hoặc bằng thép. Lớp lót kép thường dùng cho những đường hầm có đường kính lớn, áp lực đá núi và áp lực nước bên trong đều rất lớn. Áp lực đá núi sẽ do vòng ngoài chống đỡ, còn áp lực nước trong đường hầm sẽ do vòng trong và vòng ngoài cùng chịu. Đối với những đường hầm khi thi công nếu cần tiến hành lót ngay để chống đỡ áp lực đá núi thì dùng hình thức lớp lót lắp ghép rất tiện. Vòng ngoài dùng các kết cấu lắp ghép đúc sẵn do đó đào đến đâu có thể lắp ngay đến đấy, lúc đó lớp lót có tác dụng chống đỡ đá núi rồi tiếp tục thi công vòng trong.



Hình 15-15. Hình thức lớp lót của đường hãm có áp

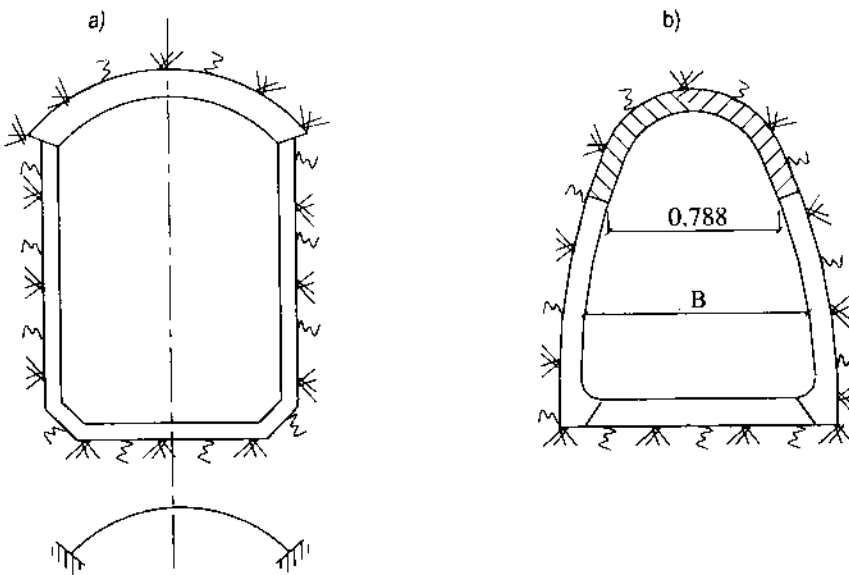
II. Tính toán lớp lót đường hãm không áp

Dưới tác dụng của các lực, lớp lót của đường hãm làm việc trong điều kiện rất phức tạp, nó có liên quan rất chặt chẽ với sự biến dạng của đá núi là môi trường xung quanh

nó. Vì vậy cho đến nay có rất nhiều phương pháp tính lớp lót trên cơ sở những quan hệ về sơ đồ lực cũng như sự tương tác giữa lớp lót với môi trường đá khác nhau sẽ có lời giải ở những mức độ chính xác khác nhau.

1. Tính toán vòm thấp

Đối với những mặt cắt như hình (15-16a) vòm thấp ở đỉnh chịu lực, trong tính toán xem chân vòm ngâm cứng đàn hồi vào đá. Hình thức mặt cắt hình (15-16b) nếu chiều dày lớp lót không đổi và không có áp lực đá núi bên cũng có thể coi chỉ có một phần ở đỉnh là vòm công tác và được tính như sơ đồ vòm thấp (hình 15-17a).



Hình 15-16. a) Vòm thấp ở đỉnh; b) Vòm công tác ở đỉnh

Tải trọng và lực tác dụng lên vòm chủ yếu là: áp lực đá núi, trọng lượng bản thân, áp lực phụt vữa, không xét đến lực kháng đàn tính và lực ma sát. Do chân vòm là ngâm chặt đàn hồi với đá núi nên khi tính toán cần phải xét đến ảnh hưởng của biến vị chân vòm.

Biến vị chân vòm gồm biến vị góc và biến vị theo đường thẳng.

Khi ngâm chặt chịu mômen M_0 lúc đó hai biên của mặt cắt chân vòm sẽ có ứng suất

$\sigma = \frac{M_0 h_n}{2J_n}$, trong đó J_n là mô men quán tính của mặt cắt chân vòm. Biến vị theo phương

pháp tuyến của mặt cắt tỷ lệ thuận với ứng suất pháp của mặt cắt, tức là $\sigma = K\delta$, trong đó K hệ số kháng đàn tính của đá núi ở chân vòm, do đó ta có:

$$\delta = \frac{\sigma}{K} = \frac{M_0 h_n}{2J_n K}$$

Góc quay β của mặt cắt là:

$$\beta = \frac{\delta}{0,5h_n} = \frac{M_0}{J_n K}$$

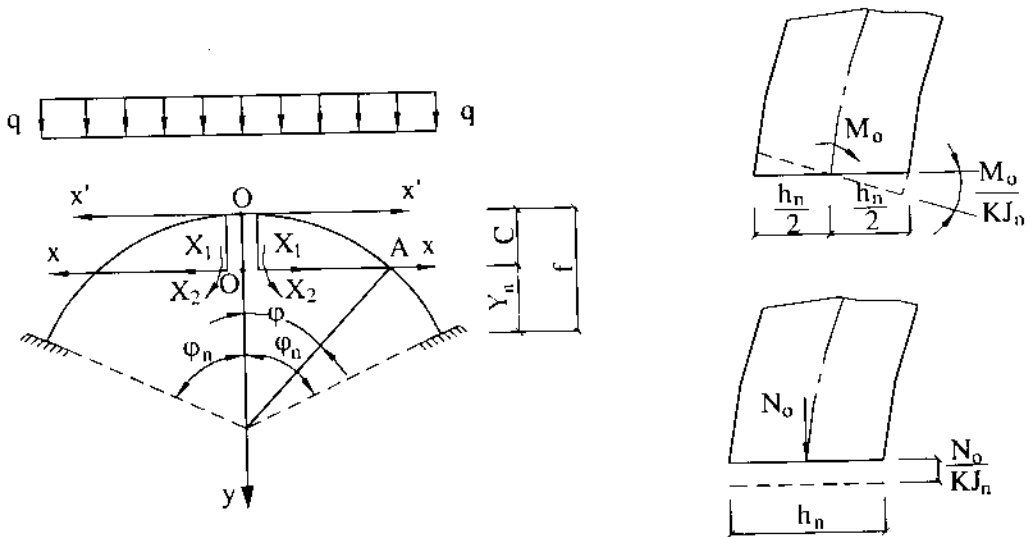
Vì $M_0 = M_p + X_1 + X_2 Y_n$, trong đó M_p là mômen chân vòm do ngoại lực gây ra, do đó:

$$\beta = \frac{M_p + X_1 + X_2 Y_n}{K J_n} = \beta_p + X_1 \beta_1 + X_2 Y_n \beta_1;$$

$$\beta_p = \frac{M_p}{K J_n}; \quad \beta_1 = \frac{1}{K J_n};$$

với Y_n là khoảng cách từ trung tâm đàn hồi đến điểm giữa chân vòm theo phương thẳng đứng.

Khi lực dọc N_0 tác dụng, chân vòm sẽ biến vị theo phương vuông góc với mặt ngàm một giá trị $\Delta = \frac{N_0}{K \cdot h_n}$ (xem hình 15-17b).



Hình 15-17. Sơ đồ tính toán vòm thấp

Hình chiếu của Δ xuống phương nằm ngang (song song với trục x) là ΔH :

$$\Delta H = \frac{N_0}{K h_n} \cos \varphi_n = \frac{N_p + X_2 \cos \varphi_n}{K h_n} \cos \varphi_n = \Delta P + X_2 \Delta_2;$$

trong đó: N_p là lực hướng trục ở chân vòm do các ngoại lực sinh ra.

Phương trình chính tắc của vòm khi có xét đến biến vị chân vòm có dạng:

$$\left. \begin{aligned} X_1 \delta_{11} + X_2 \delta_{12} + \Delta_{1p} + \beta &= 0; \\ X_1 \delta_{21} + X_2 \delta_{22} + \Delta_{2p} + \beta Y_n + \Delta H &= 0; \end{aligned} \right\} \quad (15-19)$$

Mô men và lực hướng trục ở mỗi mặt cắt trên vòm được xác định:

$$\left. \begin{aligned} M &= M_p + X_1 + X_2 Y; \\ N &= N_p + X_2 \cos \varphi; \end{aligned} \right\} \quad (15-20)$$

trong đó:

M_p và N_p - mômen và lực hướng dọc trục do ngoại lực gây ra trên hệ tĩnh định;

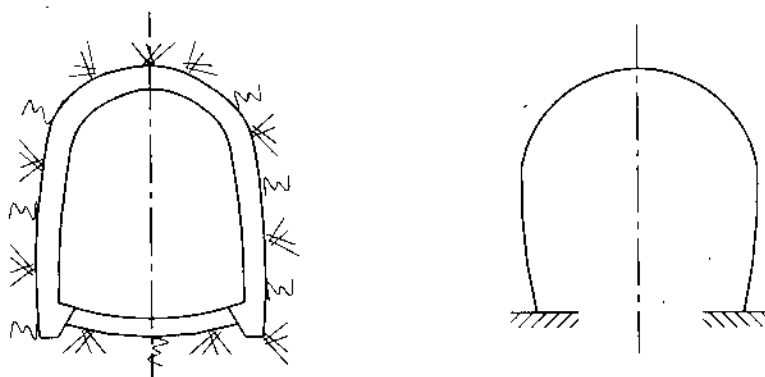
X_1, X_2 được xác định từ hệ phương trình (15-19).

Ứng suất tại mỗi mặt cắt vòm xác định theo công thức nén lệch tâm:

$$\sigma = \frac{N}{F} \pm \frac{M}{W}. \quad (15-21)$$

2. Tính toán vòm cao

Những mặt của đường hầm như hình (15-18) được tính toán theo sơ đồ vòm cao (hình 15-19). Khi tính toán không xét tác dụng của bản đáy. Chân vòm được ngàm chặt đàn hồi vào đá. Giả thiết 2 điểm A, D ở chân vòm chỉ có biến vị góc, không có biến vị đường thẳng, do đó lực kháng đàn tính tại điểm này bằng không.



Hình 15-18. Sơ đồ tính toán vòm cao

Giả định lực kháng đàn tính tác dụng lên vòm phân bố theo đường parabol (hình 15-19a, b) có trị số lớn nhất $K\delta_n$ tại vị trí $\left(\frac{1}{3} \div \frac{2}{5}\right)H$ tính từ đỉnh, trong đó H là tổng chiều cao đoạn vòm chịu tác dụng của lực đàn tính. Khi vòm tương đối cao $\frac{f}{l} > 1$ dùng tỷ số $\frac{1}{3}H$. Khi vòm không cao lắm $\frac{f}{l} < 1$, dùng tỷ số $\frac{2}{5}H$. Ở đây f là chiều cao vòm, l là chiều rộng chân vòm.

Từ vị trí có lực kháng đàn tính lớn nhất trở lên, lực kháng đàn tính ở tại một điểm trên vòm tính theo công thức:

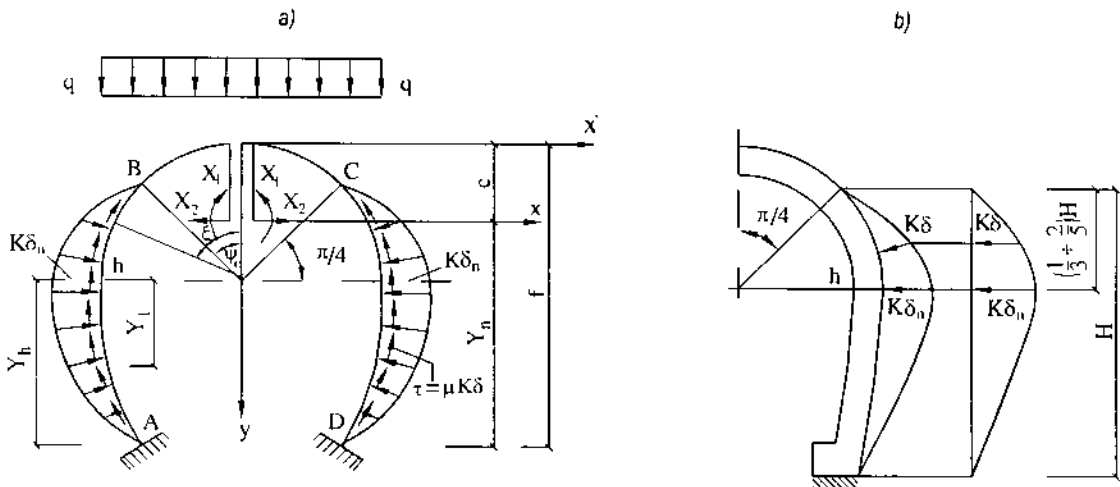
$$K\delta = K\delta_n \left(1 - \frac{\cos^2 \xi}{\cos^2 \varphi_n} \right); \quad (15-22)$$

Từ vị trí có giá trị max trở xuống, lực kháng đàn tính ở tại một điểm trên vòm tính theo công thức:

$$K\delta = K\delta_n \left(1 - \frac{Y_l^2}{Y_h^2} \right); \quad (15-23)$$

Phương pháp còn xét đến lực ma sát T. Lực này tỷ lệ thuận với lực kháng đàn tính:

$T = \mu \cdot K\delta$ (hình 15-19), trong đó μ là hệ số ma sát giữa đá núi và lớp lót.



Hình 15-19. a) Sơ đồ tính toán kết cấu vòm cao;
b) Xác định vị trí có lực kháng đàn tính lớn nhất trên vòm.

Phương trình chính tắc có xét tới biến vị góc β ở chân vòm là:

$$\left. \begin{aligned} \delta_{11}X_1 + \Delta_{1p} + \beta &= 0; \\ \delta_{22}X_2 + \Delta_{2p} + \beta Y_n &= 0; \end{aligned} \right\} \quad (15-24)$$

trong đó: $\beta = \beta_p + X_1\beta_1 + X_2Y_n\beta_2$.

Giá trị nội lực và ứng suất trong vòm được xác định theo các công thức (15-20) và (15-21).

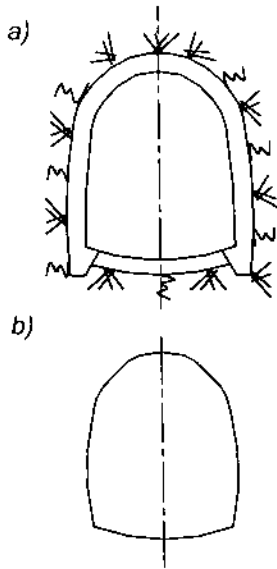
3. Tính toán vòm kín

Trong tầng đá tương đối mềm yếu thường xây lớp lót thành một khối chỉnh thể trên toàn bộ chu vi của mặt cắt đường hầm (hình 15-20). Khi xác định sơ đồ tính toán cho loại này cần dựa vào trình tự thi công lớp lót. Nếu thi công một lúc toàn bộ lớp lót theo chu vi mặt cắt đường hầm thì sơ đồ tính toán sẽ là một kết cấu khép kín (vòm kín) trên

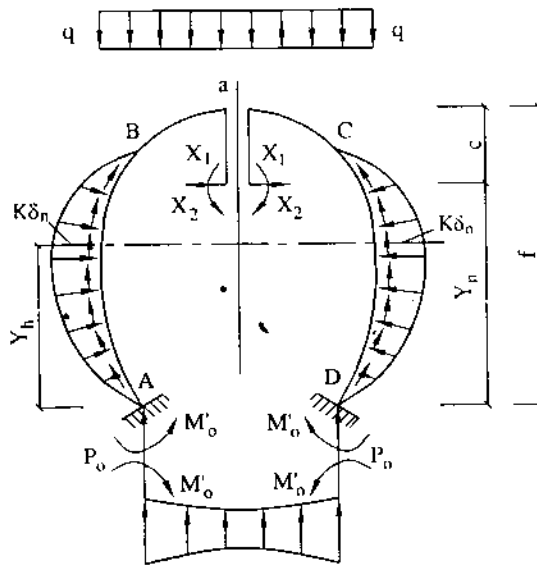
nền đàn hồi (hình 15-21). Thực tế của sơ đồ này gồm một vòm cao và một vòm ngược ở đáy ghép lại mà thành. Nếu thi công phần vòm cao phía trên trước một thời gian sau mới thi công phần vòm ở đáy thì trọng lượng bản thân lớp lót và áp lực đá núi (nhất là áp lực đá núi sinh ra trong khoảng giữa hai lần thi công vòm đỉnh và vòm đáy) sẽ do vòm phía trên chịu, lúc đó vòm phía trên tính theo kết cấu vòm cao. Nếu biện pháp thi công đảm bảo vòm trên và vòm đáy cùng làm việc thì dưới tác dụng của các lực khác như áp lực nước bên trong và bên ngoài đường hầm, lớp lót sẽ được tính theo kết cấu khép kín trên nền đàn hồi.

Khi tính toán kết cấu vòm kín thường phân làm hai phần: phần trên tính toán như một vòm cao, phần dưới là một vòm cong ngược (hình 15-21).

Tính toán phần vòm cao như phương pháp đã nêu ở trên nhưng biến vị góc chân vòm do các ngoại lực gây ra (β_p) và biến vị góc ở chân vòm do mômen đơn vị gây ra (β_1) cần phải xét đến ảnh hưởng của vòm đáy.



Hình 15-20. Sơ đồ vòm khép kín



Hình 15-21. Sơ đồ tính toán vòm khép kín

Vòm đáy được coi như một dầm trên nền đàn hồi, khi vòm đáy tương đối thấp, tỷ số giữa chiều cao vòm với chiều rộng chân vòm (vòm đáy) khoảng 1/10, thì có thể coi vòm đáy như một dầm thẳng để tính toán.

Theo kết quả tính toán dầm trên nền đàn hồi có:

$$\beta_1 = \frac{2\alpha^2}{Kb} G_4;$$

$$\beta_p = \frac{2\alpha^2}{Kb} P_o G_5 + \beta_1 M_p;$$

trong đó:

β_p - biến vị góc ở chân vòm do các ngoại lực gây ra;

β_1 - biến vị góc ở chân vòm do mômen đơn vị gây ra;

$$\alpha = \sqrt[4]{\frac{Kb}{EJ}};$$

E, J - môđun đàn hồi của vật liệu và mômen quán tính của mặt cắt vòm đáy;

K- hệ số lực kháng đàn tính của đá núi;

b- chiều dài của đoạn vòm, thường lấy đoạn dài một mét để tính toán;

M_p - mômen ở chân vòm do các ngoại lực gây ra tính theo hệ tĩnh định;

P_0 - tổng hình chiếu theo phương thẳng đứng của các lực tác dụng lên nửa vòm đỉnh (bao gồm cả lực ma sát và lực kháng đàn tính);

G_4 và G_5 - hệ số phụ thuộc vào trị số $\left(\frac{\alpha l}{2}\right)$.

Xác định nội lực và ứng suất ở vòm tương tự như đối với vòm cao. Biết các giá trị M_0 , N_0 , P_0 ở chân vòm ta có thể tìm được mô men ở các mặt cắt trên vòm đáy, từ đó kiểm tra cường độ và bố trí cốt thép vòm đáy.

Phương pháp này có khối lượng tính toán rất lớn. G.G. Zurabốp và O.E.Bugaêva đã lập bảng cho những mặt cắt có kích thước tiêu chuẩn để giảm bớt khối lượng tính toán.

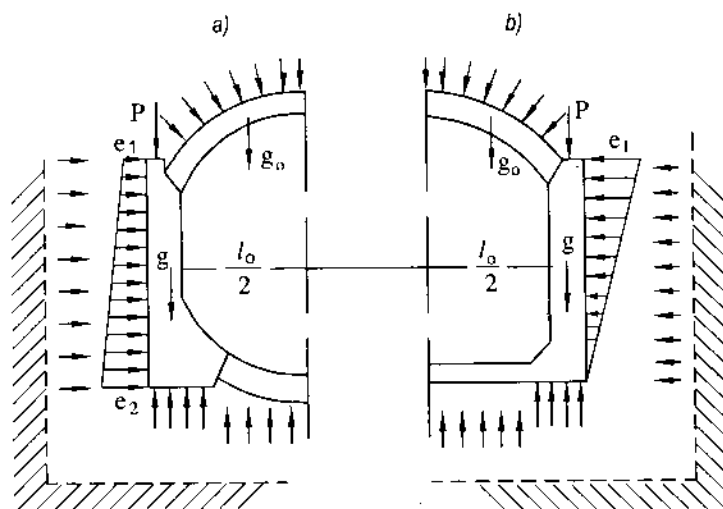
4. Tính toán kết cấu tường bên của lớp lót đường hầm

Lớp lót của đường hầm thủy công không áp và trong các trạm thủy điện ngầm thường được làm theo kiểu có tường bên thẳng đứng. Đối với loại lớp lót này dùng phương pháp tính vòm cao sẽ không chính xác vì sự phân bố của lực kháng đàn tính sẽ không tuân theo quy luật đường parabol.

C.C. Đavudốp đã dùng lý thuyết đàn hồi có xét ảnh hưởng của trường đàn hồi của đá núi. Tác giả không dùng hệ số lực kháng đàn tính K mà dùng mô đun đàn hồi E_0 và hệ số Poatxông μ_0 của đá núi để phản ánh tác dụng của đá núi. Lúc tính toán coi lớp lót và môi trường đàn hồi của đá núi cùng chịu sự tác dụng của các lực (hình 15-22).

Chiều dày tầng đàn hồi H ở phía dưới bản đáy hoặc sau tường bên sẽ được tính từ bản đáy (hoặc tường bên) đến một mặt phẳng có áp lực tăng thêm do các lực tác dụng lên lớp lót gây ra đối với mặt phẳng đó bằng khoảng 20% áp lực ban đầu tức $\sigma_{\max} = 1,2\sigma$ với σ là áp lực đất, đá lúc ban đầu chưa xây đường hầm.

Trong khi tính toán có xét đến lực đẩy ngang của đất đá. Lực này làm giảm biến hình đàn hồi hướng ngang của tường bên. Trị số và sự phân bố của áp lực đẩy ngang này phụ thuộc vào hệ số cứng α của tường bên.



Hình 15-22. Các lực tác dụng lên tường bên

a) Tường cứng; b) Tường đàn hồi

Khi $\alpha > 0,05$ tường bên là tường đàn hồi, áp lực đẩy ngang phân bố theo quy luật hình tam giác (hình 15-22b).

Khi $\alpha \leq 0,05$ tường bên là tường cứng, áp lực đẩy ngang phân bố theo quy luật hình thang (hình 15-22a). Hệ số α được tính:

$$\alpha = \frac{\pi E_0}{6EJ} \frac{1-\mu^2}{1-\mu_0^2} C^3 ;$$

trong đó:

E, μ - môđun đàn hồi và hệ số Poatxông của vật liệu;

J - mômen quán tính mặt cắt tường bên;

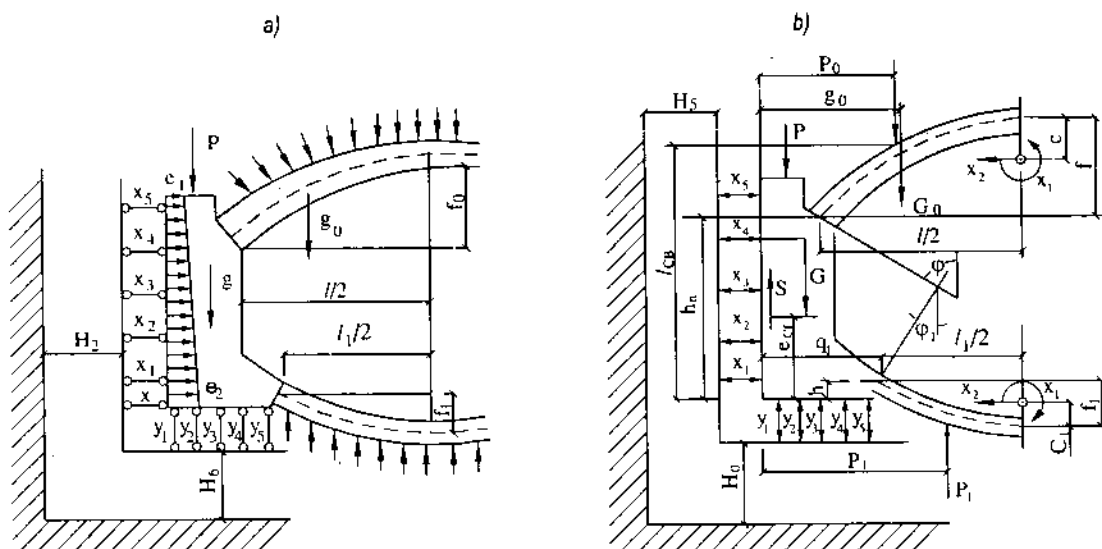
$C \approx 0,2h_y$ với h_y là chiều cao tường bên.

Hiện nay có quan điểm cho rằng khi đá núi tương đối rắn chắc ($f_k > 2$) thì chỉ xét đến phản lực đàn tính của đá núi mà không xét lực đẩy ngang của đá núi.

Theo phương pháp này, phần vòm của lớp lót sẽ được tính toán với các lực tác dụng: áp lực thẳng đứng và áp lực bên của đá núi, đồng thời coi chân vòm ngàm đàn hồi vào tường bên, dựa vào tác dụng của tường bên để tính ra biến vị góc ở chân vòm.

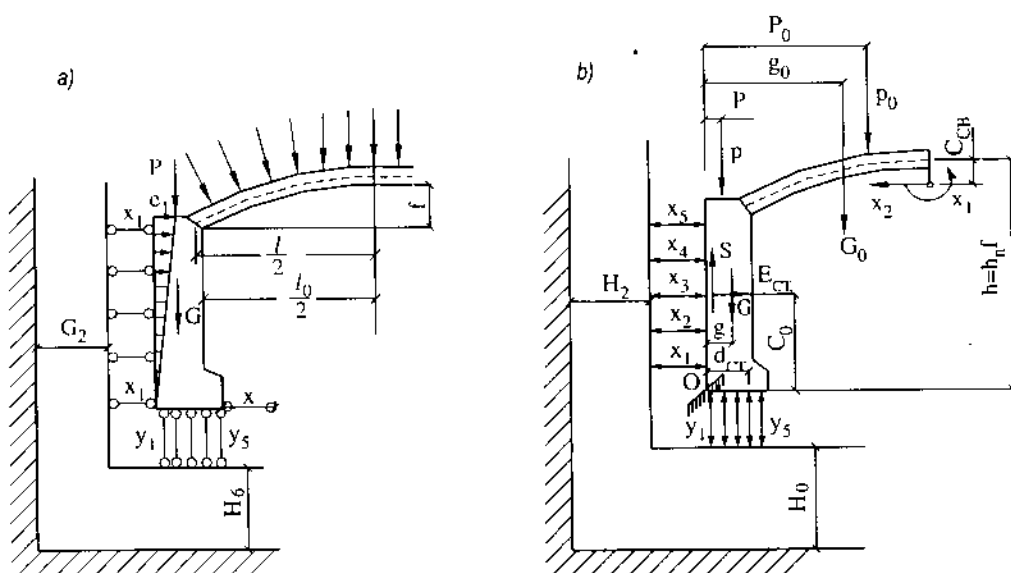
Tường bên được tính toán theo dầm trên nền đàn hồi. Lúc tính toán thay tác dụng tầng đàn hồi sau và dưới chân tường bên bằng các kết cấu thanh. Số lượng thanh mỗi phía khoảng 5 là đủ độ chính xác theo yêu cầu thiết kế.

Tường bên cứng sẽ tính theo sơ đồ hình (15-23). Tường bên đàn hồi sẽ tính theo sơ đồ hình (15-24).



Hình 15-23. Tường bên cứng: a) Hình thức kết cấu; b) Sơ đồ tính toán.

Thông qua các bước tính toán trên, sẽ xác định phản lực của tầng đàn hồi, tính được lực hướng trục, mômen của các mặt cắt, dựa vào đó để tiến hành thiết kế mặt cắt và bố trí cốt thép.



Hình 15-24. Tường bên đàn hồi
a) Hình thức kết cấu; b) Sơ đồ tính toán.

III. Tính toán kết cấu lớp lót đơn của đường hầm có áp mặt cắt tròn

Trong các đường hầm có áp có tiết diện tròn, dưới tác dụng của lực đối xứng và không đối xứng, sự phân bố của lực kháng đàn tính của đá không giống nhau.

Năm 1929 B.G.Galerokin dùng phương pháp đàn hồi tính được ứng suất của ống tròn dưới tác dụng của áp lực nước phân bố đều bên trong với kết quả chính xác. Sau đó C.K.Sanxiep đã dựa vào phương pháp của B.G.Galerokin đưa ra được những công thức tính toán cho đường hầm có tiết diện tròn.

Phương pháp tính toán của O.E.Bugaeva cho phép xác định nội lực của lớp lót đơn hình tròn khi chịu tác dụng của áp lực đá núi, trọng lượng bản thân của lớp lót và áp lực nước phân bố không đều bên trong đường hầm.

Phương pháp xem lớp lót tròn như được tạo thành bởi rất nhiều đường gãy khúc. Tại các điểm gặp nhau của các đường gãy khúc (trừ phần trên đỉnh đường hầm ra) giả thiết có những thanh liên kết với nền đàn hồi hoặc coi những thanh gãy là những dầm ngán trên nền đàn hồi của E.Winkler. Khối lượng tính toán của phương pháp này rất lớn và phải dùng đến giả định của E.Winkler. Trong thực tế sơ đồ phân bố của lực kháng đàn tính thu được theo phương pháp của hệ thanh nối với nền đàn hồi rất giống với giả định Bugaeva.

1. Tính toán lớp lót dưới tác dụng của áp lực nước phân bố đều bên trong đường hầm

Dựa trên kết quả giải bài toán bằng lý thuyết đàn hồi có xét đến ảnh hưởng của lực kháng đàn tính của B.G.Galerokin, C.K.Sanxiep đã nhận được công thức tính ứng suất hướng vòng của lớp lót đơn hình tròn là:

$$\sigma = \frac{t^2 + A}{t^2 - A} p ; \quad (15-25)$$

trong đó:

p - cường độ áp lực phân bố đều bên trong;

$t = \frac{r_n}{r_i}$; r_n và r_i là bán kính ngoài và trong của lớp lót;

$$A = \frac{0,01E_b - (1+\mu)K_o}{0,01E_b + (1+\mu)(1-2\mu)K_o} ; \quad (15-26)$$

E_b và μ - mômen biến dạng và hệ số Poatxông của vật liệu lớp lót;

K_o - hệ số lực kháng đàn tính đơn vị của đá núi (xem §15.4).

Đường hầm có áp đường kính $D < 6m$ đào qua tầng đá tương đối rắn chắc hệ số $f_k > 6$ thì có thể chỉ cần tính toán cho trường hợp đường hầm chịu tác dụng của áp lực nước phân bố đều bên trong, lúc đó ứng suất mép trong lớp lót sẽ khống chế độ dày δ của lớp lót đường hầm.

$$\delta = r_n - r_i = r_n \left(\sqrt{\frac{\sigma + p}{\sigma - p} A - 1} \right) ; \quad (15-27)$$

2. Tính toán lớp lót dưới tác dụng của áp lực đá núi, trọng lượng bản thân lớp lót, áp lực nước phân bố không đều bên trong đường hầm

O.E. Bungaeva đề nghị dùng sơ đồ phân bố lực kháng đàn tính của đá núi như hình (15-25). Giả thiết lực kháng đàn tính tác dụng một phần lên trên lớp lót có góc trung tâm là 270° , phương của lực kháng đàn tính theo hướng đường kính, trị số của lực biến đổi theo quy luật:

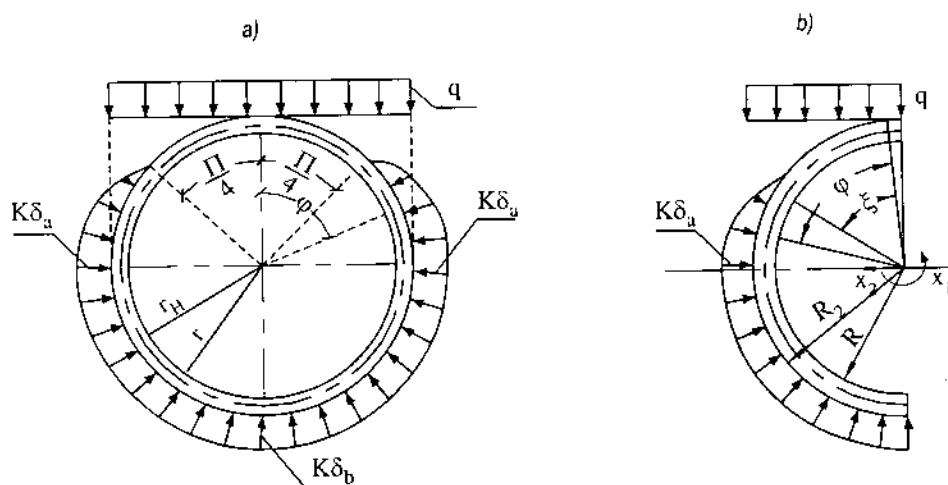
$$\text{- Khi } 45^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ: \quad p = K\delta = -K\delta_a \cos \varphi; \quad (15-28)$$

$$\text{- Khi } 90^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ: \quad p = K\delta = K\delta_a \sin^2 \varphi + K\delta_b \cos^2 \varphi; \quad (15-29)$$

$K\delta_a$ và $K\delta_b$ - lực kháng đàn tính ở mặt cắt $\varphi = 90^\circ$, $\varphi = 180^\circ$.

Trị số biến vị δ_a và δ_b có liên quan đến tính chất của lực tác dụng, cường độ đá và cường độ của lớp lót.

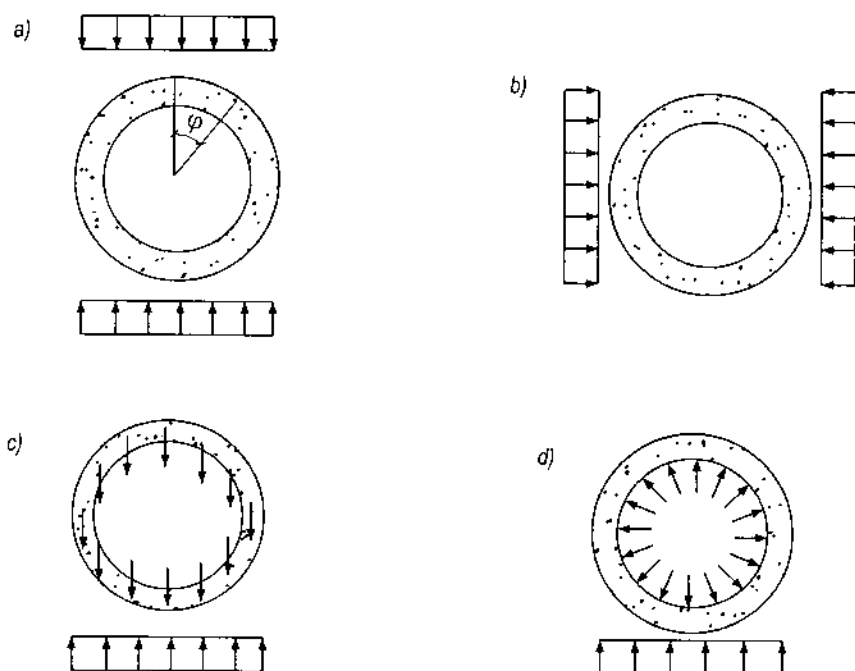
Tác giả giới thiệu phương pháp tính nội lực hướng vòng của lớp lót sinh ra do tác dụng của từng lực phân biệt như: áp lực đá núi thẳng đứng, trọng lượng bản thân lớp lót, áp lực nước phân bố không đều (hình tam giác) bên trong đường hầm, áp lực nước bên ngoài đường hầm trong các trường hợp có xét đến lực kháng đàn tính và không xét đến lực kháng đàn tính.



Hình 15-25. Sơ đồ tính toán lớp lót dưới tác dụng của áp lực đá núi thẳng đứng

Biến vị sinh ra của lớp lót do ảnh hưởng của áp lực nước phân bố đều ở phía ngoài theo hướng vào trong nên khi tính toán không xét đến lực kháng đàn tính. Giá trị của áp lực nước phía ngoài phân bố không đều có quan hệ với áp lực đá núi, trọng lượng bản thân của lớp lót ở một giới hạn nhất định cũng không xét đến ảnh hưởng của lực kháng đàn tính.

Khi địa chất của tuyến đường hầm không tốt thì không thể xét đến tác dụng của lực kháng đàn tính của đá núi mà phải xét đến áp lực bên ngoài của đá núi. Đối với các loại lực không tự cân bằng được như áp lực đá núi thẳng đứng, trọng lượng bản thân lớp lót và trọng lượng nước bên trong đường hầm v.v..., cần phải có một phản lực nhất định của đá núi để thoả mãn điều kiện cân bằng lực. Một cách đơn giản và thường dùng nhất là lực và phản lực có trị số bằng nhau và phân bố đều (hình 15-26a, b, c, d).



Hình 15-26. Sơ đồ các lực tác dụng lên lớp lót hình tròn

a) Áp lực đá núi thẳng đứng; b) Áp lực đá núi bên;

c) Trọng lượng bản thân lớp lót; d) Áp lực nước bên trong đường hầm

IV. Tính toán lớp lót kép

Trong các đường hầm có đường kính lớn, cột nước áp lực cao, cường độ đá núi thấp nếu dùng lớp lót đơn thì chiều dày lớp lót sẽ quá lớn. Lúc đó thường dùng lớp lót kép. Vòng ngoài có thể dùng bê tông hoặc bê tông cốt thép, vòng trong làm lưới thép phun xi măng hoặc bằng thép. Khi đường hầm xuyên qua các lớp đá rất cứng còn có thể không cần làm vòng ngoài bằng bê tông nữa, chỉ làm vòng trong bằng thép, khoảng cách giữa ống thép với đá núi do yêu cầu của thi công (khi bịt lấp kẽ hở) quyết định.

Quá trình làm việc của lớp lót không chỉ có quan hệ giữa lớp lót với môi trường đá mà còn có quan hệ tương tác giữa các lớp với nhau. Trong tính toán lớp lót người ta thường xét trong hai thời kỳ: thi công và sử dụng đường hầm.

V. Thiết kế mặt cắt của lớp lót

Đọc theo tuyến đường hầm, điều kiện địa chất có thể không đồng nhất, hệ số kiên cố và lực kháng đàn tính không giống nhau, nên khi thiết kế lớp lót của đường hầm phải xuất phát từ điều kiện cụ thể phân đường hầm ra từng đoạn để tính toán. Trong mỗi đoạn, xem các điều kiện để tính toán là giống nhau. Số đoạn phân càng nhiều, mức độ chính xác càng cao.

Trước khi tính các lực tác dụng vào lớp lót phải sơ bộ chọn chiều dày của nó. Chiều dày nhỏ nhất được khống chế với lớp lót bằng bê tông và bê tông cốt thép đổ liền khối có một hàng cốt thép : 20cm, hai hàng cốt thép : 25cm, bê tông lắp ghép: 12cm, bê tông phun chịu lực: 10cm, trát trơn: 5cm, bằng vữa phun: 5cm.

Tiến hành tính toán các lực tác dụng, ghép các tổ hợp lực trong các trường hợp bất lợi để tính lớp lót theo phương pháp trạng thái giới hạn phù hợp với những yêu cầu của quy phạm hiện hành. Việc tính toán được tiến hành theo 2 bài toán: 1) tính khả năng chịu lực và trong những trường hợp cần thiết có kiểm tra ổn định của kết cấu (nhóm thứ nhất của các trạng thái giới hạn); 2) tính theo điều kiện chống nứt, khống chế vết nứt cũng như lượng nước thấm mất đi của đường hầm (nhóm thứ hai của các trạng thái giới hạn).

VI. Cấu tạo lớp lót của đường hầm

1. Vật liệu xây dựng lớp lót

Lớp lót của đường hầm được xây dựng bằng bê tông, bê tông cốt thép, xi măng lưới thép, bê tông phun, cấu kiện bê tông lắp ghép bằng thép, bằng gạch đá xây...

Chất lượng của các loại vật liệu phải thỏa mãn các yêu cầu của các tiêu chuẩn quy phạm "*Thiết kế, thi công lớp lót đường hầm*" hiện hành. Khi chọn vật liệu xây dựng phải chú ý tới các điều kiện bào mòn, xâm thực của nước.

Lớp lót xây bằng phương pháp phun bê tông có những chỉ tiêu kỹ thuật rất cao nên độ dày có thể giảm đi một nửa so với lớp lót xây bằng bê tông thường. Có thể dùng bê tông phun chống đỡ thay cho các giàn chống tạm thời bằng bê tông hoặc cốp pha trong thi công. Sau khi phun bê tông từ 2 đến 3 giờ, có thể nổ mìn ngay để đào tiếp đoạn sau và có thể cơ giới hoá thi công ở mức độ cao. Bê tông phun có một vai trò quan trọng trong việc tăng nhanh tốc độ thi công và đảm bảo an toàn thi công.

2. Khe nối trong lớp lót

Trong lớp lót bê tông cốt thép cần bố trí các khe công tác ngang và dọc. Khoảng cách giữa các khe ngang thường chọn từ 6 đến 8m. Ở chỗ nối tiếp phải bố trí thêm các cốt thép móc để bảo đảm thêm tính chỉnh thể của lớp lót. Để tránh nứt nẻ do bê tông co rút gây ra, có thể dùng phương pháp thi công cách đoạn.

Trong một số công trình, để bê tông khỏi nứt nẻ người ta còn bố trí các khe co giãn ngang, trong khe có bố trí các tấm đồng chống thấm, khoảng cách các khe này từ 4 đến 10m. Nhưng tác dụng của các khe co giãn hiện đang còn được tiếp tục nghiên cứu vì giữa lớp lót và đá núi đã có một độ dính kết nhất định, nếu thi công không tốt thì khe co giãn sẽ trở thành một chỗ yếu, nước dễ thấm qua. Thi công khe co giãn rất phiền phức, có thể làm kéo dài tiến độ thi công và tiêu hao một lượng thép và kim loại màu lớn. Một số công trình tuy đã có khe co giãn nhưng sau khi hoàn thành một thời gian vẫn sinh vết nứt. Nguyên nhân cơ bản sinh ra vết nứt là do bê tông bị co rút. Ở chỗ tiếp giáp giữa 2 khối bê tông cũ và mới, tại những nơi đá núi lồi lõm không bằng phẳng, độ dày lớp lót thay đổi đột ngột cũng dễ sinh ra nứt nẻ. Vì vậy, nếu dùng xi măng toả nhiệt ít, dùng biện pháp làm lạnh cốt liệu trước khi trộn bê tông và làm mát đá núi bằng phẳng nhẵn trơn, thì sẽ có thể tránh được nứt nẻ.

3. Phụt vữa

Căn cứ vào mục đích của việc phụt vữa có thể phân làm 2 loại: phụt vữa lấp các khe hổng và phụt vữa cố kết. Phụt vữa lấp các khe hổng là để lấp kín các khe hổng, các lỗ, tăng độ chặt giữa lớp lót với vách đá. Phụt vữa cố kết là để gia cố các tầng của đá núi, tăng tính chỉnh thể và chống thấm. Phụt vữa có tác dụng như: giảm bớt áp lực đá núi, bảo đảm lực kháng đàn tính của đá núi, giảm hoặc làm mất áp lực nước ngầm và chống thấm... Đối với đường hầm có áp, phụt vữa rất cần thiết và quan trọng.

Lỗ phụt vữa để lấp các khe lỗ hổng sâu chừng $0,8 \div 1,2\text{m}$, lỗ phụt vữa cố kết sâu chừng 3m , có khi sâu đến $6 \div 10\text{m}$, độ sâu này do tình hình, tính chất các tầng đá quyết định.

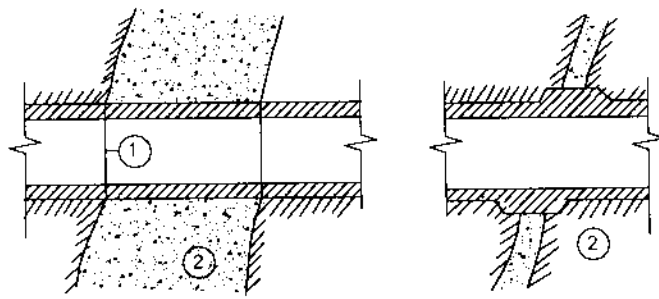
Nếu nước ngầm có tác dụng xâm thực đối với bê tông thì ngoài việc bố trí các thiết bị thoát nước còn phải làm màng ngăn cách bằng cách phụt vữa bi tum hoặc xi măng.

4. Tháo nước, biện pháp xử lý khi đường hầm xuyên qua các tầng đá nứt gãy

Khi mực nước ngầm tương đối cao, cần phải đặt các ống thoát nước để giảm bớt áp lực nước bên ngoài. Thường chỉ bố trí thoát nước theo hướng dọc, thông về hạ lưu. Ống thoát nước hướng dọc có thể làm bằng gạch hoặc bê tông nhẹ. Ngoài ra, cũng có công trình còn bố trí các ống thoát nước hướng ngang để tăng thêm hiệu quả của việc tiêu nước ngầm. Ống tiêu nước hướng ngang có thể làm bằng gạch hoặc đá dăm.

Thiết kế đường hầm phải dự kiến khả năng tháo cạn nước trên suốt chiều dài của nó để kiểm tra và sửa chữa.

Khi đường hầm bắt buộc phải xuyên qua các tầng đá nứt gãy, tại chỗ đó cần tăng chiều dày của lớp lót và bố trí thêm cốt thép. Khi tầng gãy rất rộng, cần phải bố trí khe co giãn hướng ngang (hình 15-27) để tránh nứt nẻ do lực không đều gây ra.



Hình 15-27. Xả lý khi đường hầm xuyên qua các tầng gãy
 1. Khe co giãn; 2. Tầng gãy

§15.6. CỬA VÀO, CỬA RA VÀ CÁCH CHỌN TUYẾN CỦA ĐƯỜNG HẦM

I. Các bộ phận chính của đường hầm tháo dẫn nước

Ngoài phần kênh dẫn vào thượng lưu (có khi không cần kênh dẫn vào) và kênh dẫn ra ở hạ lưu, đường hầm tháo, dẫn nước chủ yếu do các bộ phận sau đây hợp thành:

1. Bộ phận cửa vào: thường gồm lưới chắn rác cửa van dùng khi sửa chữa, cửa van chính (có trường hợp cửa van này đặt ở cửa ra) máy đóng mở, giàn bê đặt máy đóng mở, ống cân bằng áp lực và lỗ thông hơi. Tùy theo hình thức kết cấu khác nhau, phần cửa vào có thể phân thành các hình thức: tháp, giếng đứng, mái nghiêng, tháp tựa bờ....

2. Đường hầm ở phía sau cửa vào: đáy đường hầm phải có một độ dốc nhất định để tiện tháo nước thi công và tháo khô đường hầm. Khi đường hầm rất ngắn, có thể làm độ dốc $i = 0$. Để tránh ứ đọng nước trong hầm, ảnh hưởng tới thi công, sửa chữa, đáy đường hầm không làm dốc ngược.

3. Phần cửa ra: thường bố trí bể tiêu năng và các kết cấu phụ trợ cho việc tiêu năng như tường hướng dòng, mố, ngưỡng tiêu năng v.v... Có khi chỗ cửa ra còn đặt cửa van chính.

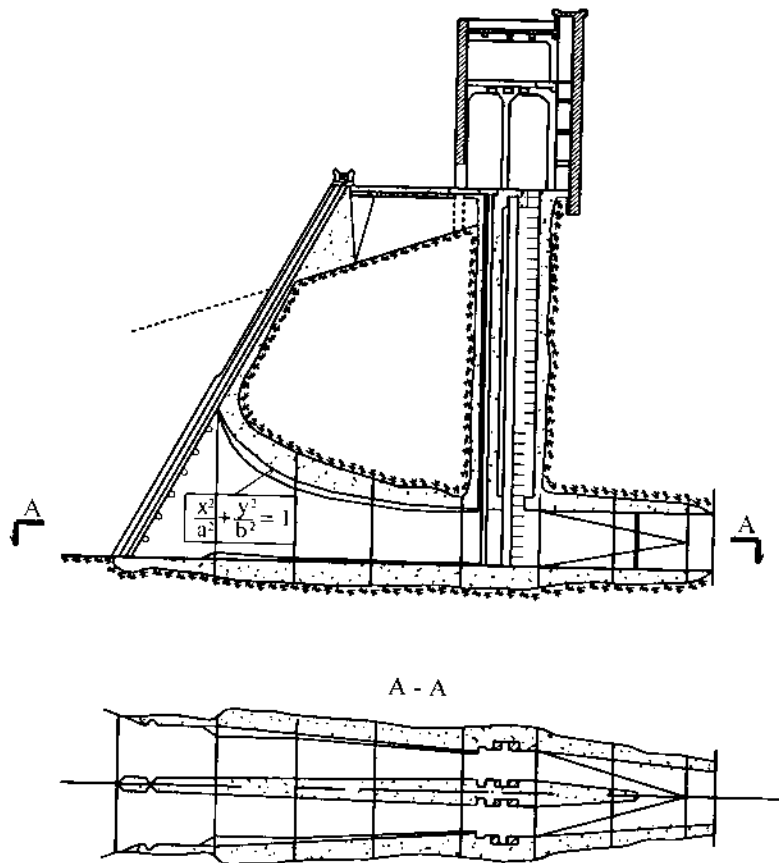
Cửa ra của đường hầm dẫn nước cho trạm thủy điện thường nối với tháp điều áp trước khi phân nhánh dẫn đến buồng xoắn của tổ máy.

II. Các hình thức cửa vào

1. Hình thức giếng đứng

Hình thức này được dùng ở những nơi có đá kiên cố, khi đào giếng, đá không bị sụt lở (hình 15-28). Trước miệng cửa vào đoạn tiết diện thay đổi trước cửa van có đặt lưới chắn rác. Trong giếng đứng đặt cửa van thao tác và thiết bị đóng mở cửa van. Đoạn tiết diện thay đổi sau cửa van dùng để nối tiếp đoạn vào với đường hầm.

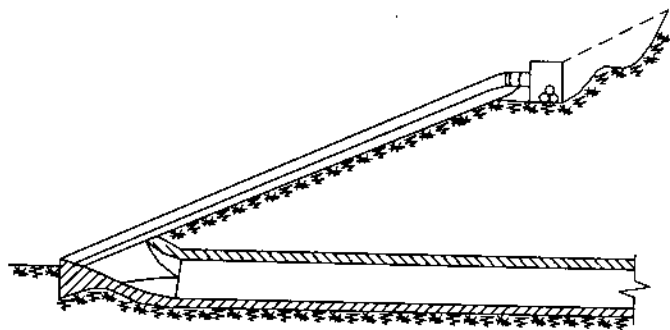
Ưu điểm của hình thức này là kết cấu đơn giản, sửa chữa ít tốn kém, có thể đóng mở với mọi mực nước, lực đóng mở nhỏ, giá thành rẻ. Khuyết điểm là thi công đào đá tương đối khó. Sửa chữa đoạn tiết diện thay đổi trước cửa van chỉ tiến hành được khi mực nước thấp. Lưới chắn rác đặt ở sâu và xa giếng đứng nên kiểm tra, sửa chữa khó khăn.



Hình 15-28. Cửa lấy nước kiểu giếng đứng

2. Hình thức mái nghiêng (hình 15-29)

Loại này được dùng ở nơi địa chất tốt, đá rắn chắc và có mái nghiêng. cửa van và lưới chắn rác được di động trên đường ray lên xuống trên mái nghiêng. Hình thức này có ưu điểm là kết cấu và thi công đơn giản, giá thành rẻ nhưng có nhược điểm do cửa vào mở rộng nên cửa van phải lớn, lực đóng mở cần lớn.



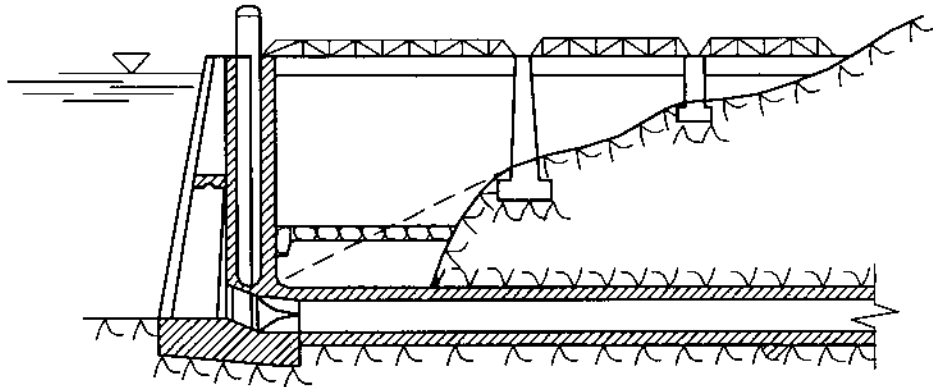
Hình 15-29. Cửa lấy nước kiểu mái nghiêng

Do cửa van và các thiết bị đóng mở đặt trên mái nghiêng nếu đất đá mái không tốt gây lún hoặc trượt sẽ ảnh hưởng đến an toàn cửa van. Hình thức này thường dùng đối với công trình nhỏ và vừa hoặc dùng đối với cửa van sửa chữa.

3. Hình thức tháp

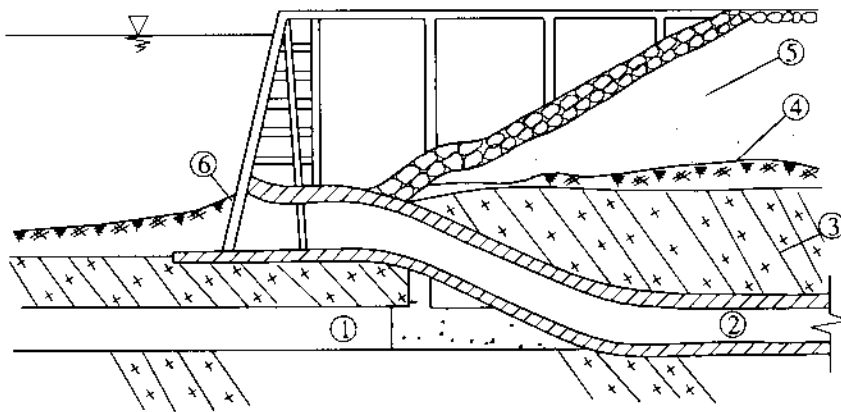
Ở những đường hầm có lớp phủ tương đối dày hoặc đá xấu nếu dùng hai hình thức trên sẽ không kinh tế, trường hợp này nên dùng hình thức kiểu tháp (hình 15-30). Kết cấu của nó là bê tông cốt thép, gồm bốn bộ phận: cửa vào có lưới chắn rác và cửa van; đoạn nối tiếp với đường hầm hoặc đường ống phía sau; thân tháp; cầu công tác nối liền tháp và bờ.

Tháp có thể xây dựng theo kiểu kín (hình 15-30). Mặt cắt ngang của tháp có thể hình tròn, hình chữ nhật hoặc đa giác. Mặt cắt hình chữ nhật thì công đơn giản hơn. Cửa van sửa chữa và cửa van chính được bố trí gần nhau.



Hình 15-30. Tháp kín mặt cắt hình chữ nhật

Theo hình thức tháp kín, việc sửa chữa, kiểm tra có thể được tiến hành với mọi mực nước dễ dàng, an toàn nhưng giá thành đắt.

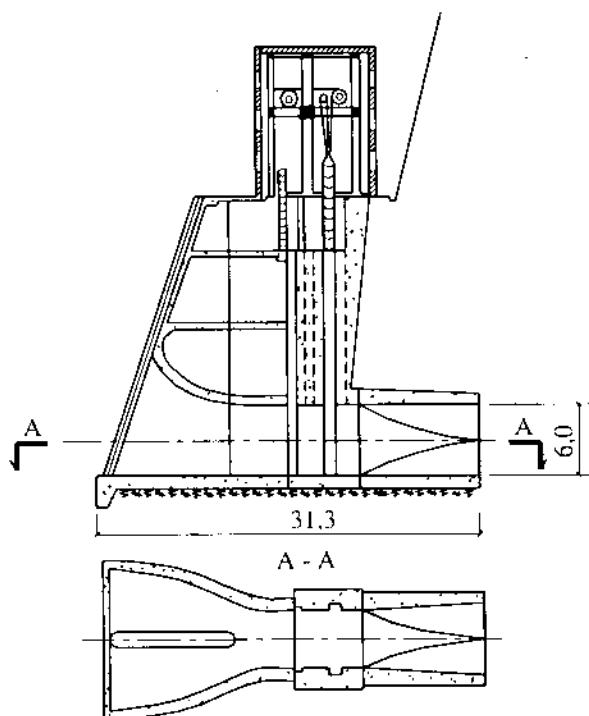


Hình 15-31. Tháp kiểu giàn khung

1. Đường hầm dẫn dòng; 2. Đường hầm dẫn nước; 3. Đá;
4. Mặt đất tự nhiên; 5. Đập đất; 6. Cửa nước vào.

4. Hình thức tháp tựa bờ (hình 15-32)

Hình thức này thường được dùng ở những nơi có bờ tương đối dốc, đá rắn chắc.



Hình 15-32. Cửa lấy nước kiểu tháp tựa bờ

Hình thức này có được những ưu điểm của hình thức tháp và mái nghiêng. Thân của tháp tựa vào bờ nên ổn định tốt, kiểm tra sửa chữa dễ dàng, giá thành rẻ.

III. Một số yêu cầu cấu tạo đoạn cửa vào

I. Cao trình cửa vào

Đối với đường hầm có áp dẫn nước đến trạm thủy điện, yêu cầu đỉnh của cửa vào phải ngập dưới mực nước thấp nhất của hồ (khoảng $0,5 \div 1,0\text{m}$) để tránh không khí bị hút vào đường hầm, đồng thời đáy của đường hầm phải đặt cao hơn cao trình lắng đọng bùn cát để đảm bảo cho bùn cát không bị dẫn vào trạm thủy điện.

Các đường hầm tháo lũ, cửa vào sẽ đặt ở dưới dung tích phòng lũ của hồ, nhưng nếu cần phải tháo bùn cát thì vị trí cửa vào sẽ dựa vào yêu cầu này mà quyết định.

Vị trí đường hầm tháo cạn nước trong hồ chứa cần phải đặt dưới mực nước định tháo cạn.

Những đường hầm dùng vào việc dẫn dòng thì công thì cao trình cửa vào cần chú ý đến điều kiện thi công để tránh khi chặn dòng mực nước chênh lệch thượng hạ lưu quá cao, gây khó khăn cho công tác hạ long.

Đối với các đường hầm có nhiều công dụng khác nhau, việc lựa chọn cao trình cửa vào cần thỏa mãn các mục đích sử dụng của đường hầm, vì vậy cửa vào có thể đặt ở nhiều cao trình khác nhau. Ví dụ: thời kỳ thi công có thể bố trí cửa vào ở cao trình thấp để dẫn dòng, sau khi thi công xong sẽ lấp đi và sử dụng cửa vào ở cao trình cao hơn để tháo lũ hoặc dẫn nước (xem hình 15-2).

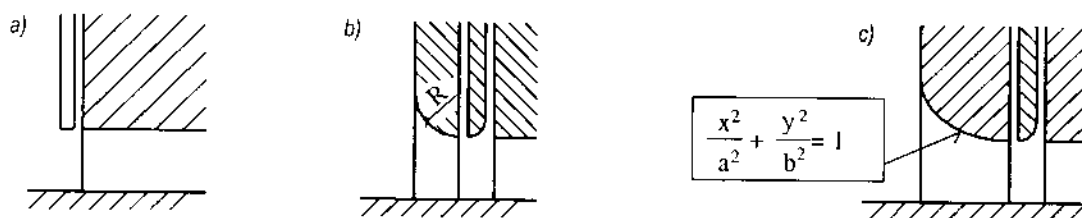
Khi chọn cao trình cửa vào đường hầm, còn phải căn cứ vào các điều kiện khác như địa hình, địa chất. Để giảm áp lực lên cửa van, nên bố trí cửa vào cao trong phạm vi có thể.

2. Cấu tạo đoạn tiết diện thay đổi

Nối tiếp giữa cửa vào với đường hầm là đoạn có tiết diện thay đổi. Yêu cầu của đoạn này là dòng chảy vào phải thuận để giảm tổn thất đầu nước, không có hiện tượng tách dòng, tránh sinh hiện tượng chân không và khí thực dẫn tới chấn động và xâm thực ở phần cửa vào.

Cửa vào vuông góc (hình 15-33a) tuy kết cấu đơn giản nhưng tổn thất cột nước rất lớn nên ít dùng. Trong thiết kế thường sử dụng cửa vào dạng lượn tròn (hình 15-33b) hoặc e-líp (hình 15-33c).

Bán kính R của cung tròn phải lớn hơn $\frac{D}{2}$, trong đó D là đường kính của đường hầm có mặt cắt tròn hoặc chiều cao của đường hầm có mặt cắt chữ nhật (vì hệ số tổn thất cửa vào phụ thuộc vào $\frac{R}{D}$, khi $\frac{R}{D} < 0,5$ thì ξ_v lớn).



Hình 15-33. Hình dạng cửa nước vào

a) Cửa vào vuông góc; b) Cửa vào lượn tròn; c) Cửa vào elíp.

Cửa vào có cột nước lớn nên dùng loại elíp vì nó gần phù hợp với lưu tuyến của dòng chảy. Theo tài liệu thí nghiệm, cửa vào có mặt cắt ngang hình chữ nhật phương trình elíp là:

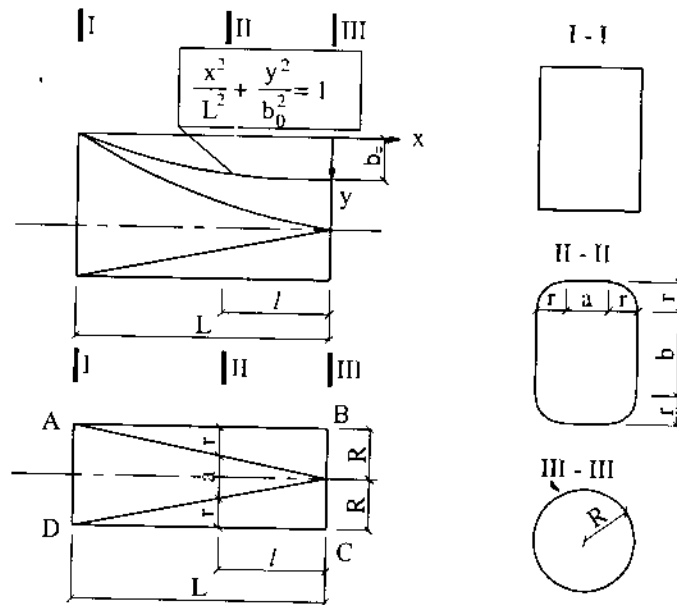
$$\frac{x^2}{D^2} + \frac{y^2}{(0,31.D)^2} = 1; \quad (15-30)$$

Khi cửa có mặt cắt ngang hình tròn phương trình elíp ở cửa vào là:

$$\frac{x^2}{\left(\frac{D}{2}\right)^2} + \frac{y^2}{(0,15D)^2} = 1; \quad (15-31)$$

Mặt cắt của đoạn cửa vào thường có tiết diện chữ nhật, rồi thay đổi dần thành tiết diện hình tròn ở đoạn nối tiếp (hình 15-34).

Ở các công trình quan trọng, đường cong của tiết diện cửa vào phải thông qua thí nghiệm mô hình để xác định.



Hình 15-34. Đoạn có tiết diện thay đổi dần ở cửa vào

IV. Bố trí cửa van, lỗ thông hơi

1. Bố trí cửa van

Các công trình tháo nước thường sử dụng hai loại cửa van: cửa van chính (cửa van công tác) để điều tiết lưu lượng và cửa van sửa chữa dùng trong khi sửa chữa đường hầm hoặc sửa chữa cửa van chính.

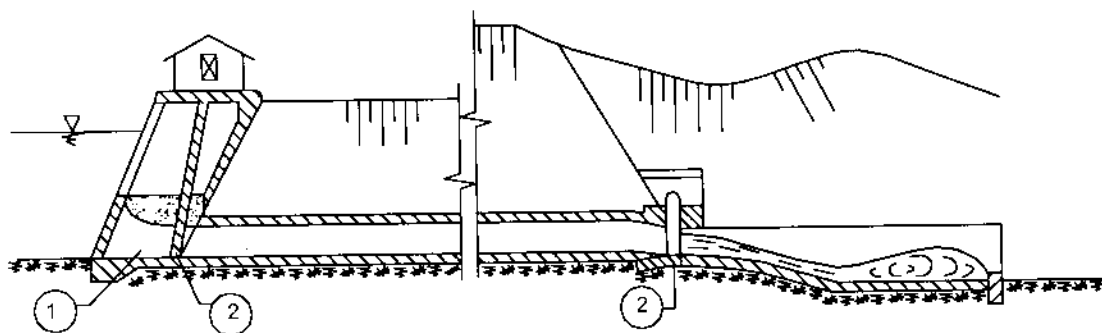
Cửa van sửa chữa thường đặt ở phần cửa vào, nếu cửa ra đặt thấp hơn mực nước hạ lưu cũng cần bố trí cửa van sửa chữa. Cửa van chính thường đặt ở cửa vào nhưng cũng có trường hợp đặt ở cửa ra.

Khi cửa van chính bố trí ở cửa ra (hình 15-35), đường hầm thường xuyên chịu cột nước áp lực cao, lúc sửa chữa đường hầm phải tháo cạn nước, nên trạng thái chịu lực của lớp lót phải thay đổi nhiều, mặt khác bố trí van chính và van sửa chữa ở hai đầu như vậy nên phải dùng hai bộ thiết bị đóng mở do đó vốn đầu tư tăng. Nhưng bố trí kiểu này

cũng có ưu điểm là dòng chảy trong đường hầm ổn định, ít sinh chân không. Trường hợp dùng van đặc biệt (như loại van hình nón v.v...), nhất thiết phải đặt ở hạ lưu.

Khi cửa van chính bố trí ở cửa vào, dòng chảy trong đường hầm có thể đặt là có áp hoặc không áp. Ưu điểm của hình thức này là cửa van chính và cửa van sửa chữa đều đặt ở cùng một chỗ nên chỉ có thể dùng một bộ máy đóng mở, kiểm tra sửa chữa dễ dàng. Các đường hầm tháo nước thường dùng hình thức bố trí này.

Các đường hầm dẫn nước đến trạm thủy điện thường phải bố trí các cửa van chính đóng mở nhanh để sử dụng khi trạm thủy điện gặp sự cố. Khi cửa van đóng mở nhanh đặt ở cuối đường hầm thì cửa vào chỉ cần đặt cửa van sửa chữa. Khi tại các tổ máy tước bin có cửa van sự cố đóng mở nhanh thì ở cửa vào đặt cửa van chính và cửa van sửa chữa bình thường.



Hình 15-35. Các hình thức bố trí cửa van
1. Cửa van sửa chữa; 2. Cửa van chính

2. Lỗ thông hơi

Khi cửa van đóng mở với một độ mở nhất định, không khí sau cửa van bị dòng nước cuốn đi và sinh ra áp lực chân không. Khi áp lực chân không vượt quá 4 đến 5m thì phải đặt ống thông hơi.

Lượng không khí đi qua ống thông hơi có thể tính theo công thức:

$$Q_a = \mu_k \Omega \sqrt{\frac{\gamma}{\gamma_a} 2g \cdot h_{ck}} ; \quad (15-32)$$

trong đó:

μ_k - hệ số lưu lượng của ống dẫn khí; xác định theo các công thức tính toán thủy lực thông thường;

Ω - diện tích mặt cắt ngang của ống dẫn khí;

h_{ck} - độ chân không trong ống dẫn khí biểu thị bằng chiều cao cột nước;

γ, γ_a - trọng lượng riêng của nước và trọng lượng riêng của không khí phụ thuộc vào nhiệt độ và áp suất.

Vận tốc trong ống dẫn khí không chế không lớn hơn 60m/s. Kích thước Ω của ống không được nhỏ hơn $\Omega_{\min}$ được xác định theo điều kiện:

$$\mu_k \Omega_{\min} = 0,04\omega ; \quad (15-33)$$

trong đó:

ω - diện tích mặt cắt ngang của đường hầm;

Các ký hiệu khác như trên.

Lỗ thông khí thường được đặt ở đoạn cửa vào ở đầu đoạn không áp hoặc sau cửa van.

3. Ống cân bằng áp lực

Khi có hai cửa van, có thể đặt ống để cân bằng áp lực trước và sau cửa van, giảm bớt lực đóng mở cho cửa van phía trước. Ống cân bằng áp lực có thể bố trí trong trụ pin, cũng có thể bố trí ngay trên cửa van nhưng khi lưu lượng nước tháo rất lớn bố trí ống cân bằng áp lực trên cửa van dễ gây ra chấn động.

Đường kính của ống cân bằng áp lực cần căn cứ vào thời gian tháo nước vào đoạn đường ống phía sau cửa van thứ nhất để quyết định. Khi thiết kế cần chú ý khẩu trừ lượng nước rò rỉ qua cửa van phía sau.

V. Chọn tuyến đường hầm

Việc lựa chọn tuyến đường hầm là một khâu rất quan trọng trong thiết kế. Vì vậy xác định tuyến trên cơ sở so sánh phương án, có liên hệ với sự bố trí của đầu mối công trình thủy lợi, điều kiện địa chất công trình của tuyến, điều kiện làm việc về thủy lực và tĩnh lực của đường hầm và biện pháp thi công. Khi chọn tuyến cần đưa ra nhiều phương án rồi tiến hành so sánh kinh tế kỹ thuật để quyết định.

Khi sơ bộ chọn tuyến cần căn cứ vào các nhân tố ảnh hưởng trên, trong đó điều kiện địa hình, địa chất là chủ yếu. Tuyến cần tránh những đoạn không có lợi cho việc đào đường hầm như áp lực đá núi quá lớn, tầng nham thạch có cột nước ngầm và lượng nước thấm lớn. Cần tránh khu vực không ổn định, có khả năng bị trượt, không nên bố trí đường hầm gần sát mặt đất, đá thiên nhiên, cần chọn tuyến có chiều dài ngắn nhất để giảm bớt khối lượng công trình.

Do tốc độ dòng chảy trong đường hầm lớn nên thường dùng tuyến thẳng và phải đảm bảo có một độ dốc nhất định. Khi vì điều kiện địa chất, địa hình v.v... bắt buộc tuyến đường hầm phải cong, bán kính cong phải lớn hơn 5 lần bề rộng của đường hầm, khi vận tốc dòng chảy tới 10m/s góc ngoặt không được lấy lớn hơn 60°. Ở đầu và cuối đoạn cong cần phải làm một đoạn thẳng với chiều dài đoạn đó bằng chiều rộng đường hầm

nhưng không ngắn hơn 6m. Khi tốc độ dòng chảy trong đường hầm lớn hơn 10m/s, bán kính đoạn cong phải thông qua thí nghiệm quyết định.

Về mặt thi công, yêu cầu đường hầm nên làm thẳng và cần có một khoảng cách nhất định với các công trình khác để có thể đào bằng nổ mìn.

Đối với các đường hầm dài, tuyến đường hầm được chọn cần phải thuận tiện cho việc mở rộng diện công tác, tăng tốc độ thi công bằng cách dùng giếng đứng hoặc các nhánh ngang.

Về kết cấu, đường hầm nên đặt ở sâu dưới đá để lợi dụng lực kháng đàn tính của đá và giảm bớt ảnh hưởng của động đất. Thường yêu cầu chiều dày của tầng đá trên đỉnh đường hầm phải lớn hơn 2 ÷ 3 lần chiều rộng đường hầm.

Đối với các công trình đầu mối có đập đất, cửa ra của đường hầm tháo lũ cần bố trí cách chân đập từ 200m trở lên để tránh nguy hiểm cho đập đất.

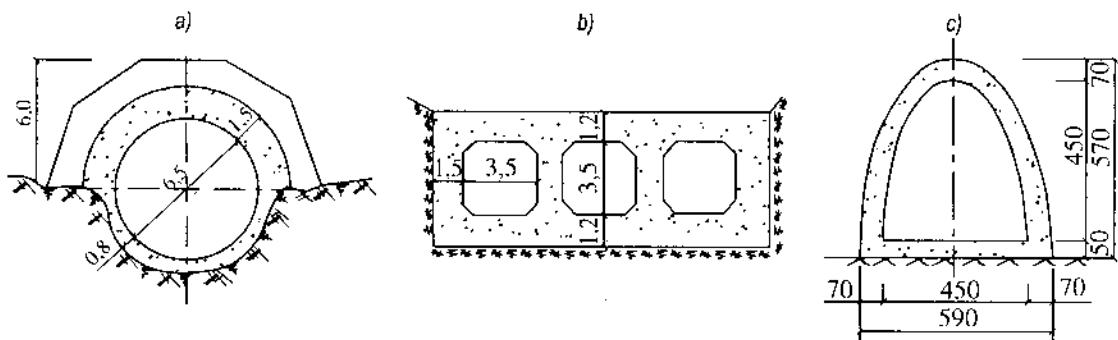
§15.7. CÁC LOẠI CỐNG NGẦM

Cống ngầm là loại công trình đặt dưới bề, đập vật liệu địa phương, dùng vào việc tháo và dẫn nước. Cống thường có các bộ phận chính: thân cống, bộ phận lấy nước, cửa vào, cửa ra (xem hình 15-1b).

Cống ngầm được phân thành các loại sau:

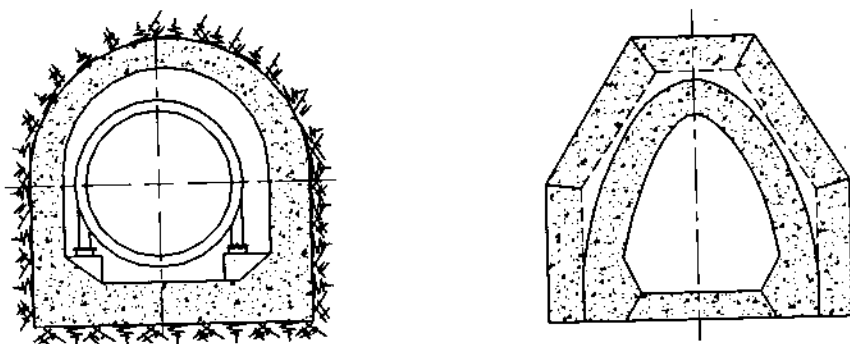
I. Theo vật liệu xây dựng: Có các loại cống ngầm bằng sành, bằng bê tông, bê tông cốt thép và ống kim loại. Trong thực tế xây dựng sử dụng nhiều nhất là cống bằng bê tông cốt thép và kim loại, chỉ trong trường hợp cột nước thấp, đường kính ống nhỏ mới dùng ống sành, ống bê tông.

II. Theo hình dạng kết cấu: cống tròn (hình 15-36a), cống hộp (hình 15-36b), cống vòm (hình 15-36c).



Hình 15-36. Các hình thức mặt cắt cống ngầm

III. Theo cách bố trí: Cống ngầm đặt trực tiếp trên mặt nền (hình 15-36c), cống ngầm đặt trong hành lang bằng bê tông cốt thép (hình 15-37). Cách bố trí thứ nhất tương đối kinh tế nhưng kiểm tra sửa chữa khó khăn nếu khớp nối giữa hai đoạn ống làm việc không tốt để nước rò rỉ sẽ ảnh hưởng đến an toàn của đập. Khi tháo nước với lưu lượng rất lớn, tại các chỗ nối tiếp hoặc các kẽ nứt sẽ hình thành chân không, có thể hút các hạt đất ở thân đập vào ống và làm đập bị trượt lún. Vì vậy, chỉ trong trường hợp nền đá tốt mới dùng và thường đặt một phần hoặc toàn bộ đường ống ở trong nền.



Hình 15-37. Ống ngầm đặt trong hành lang

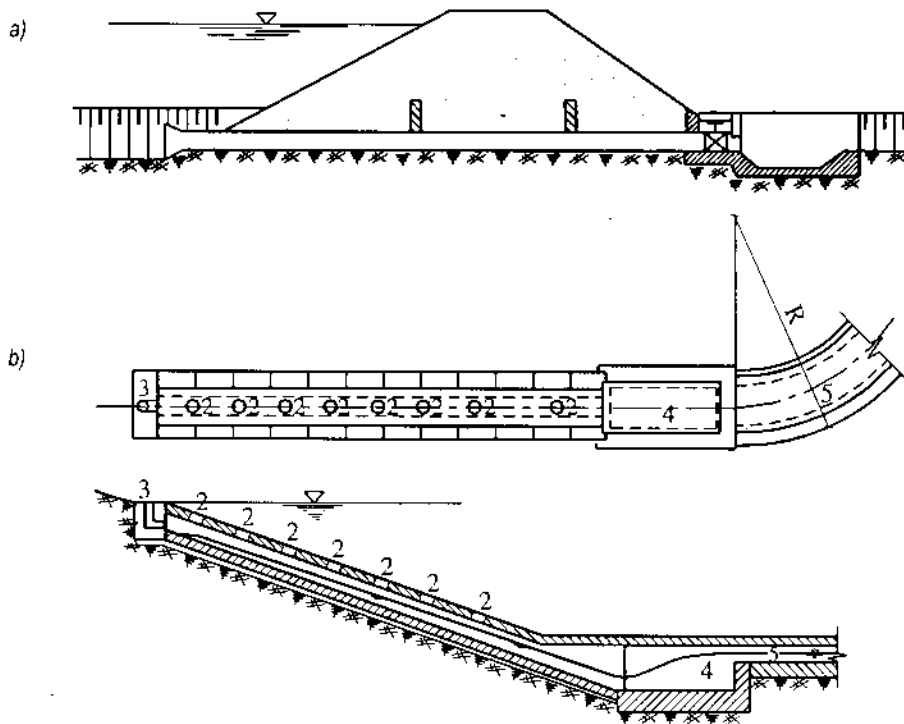
Cách bố trí thứ hai tương đối an toàn và bảo đảm kiểm tra sửa chữa dễ dàng, nếu dùng hành lang để dẫn dòng thì công thì hình thức bố trí này càng hợp lý. Trên nền không phải là đá, nền xấu, đường ống có áp thường dùng hình thức này.

IV. Theo hình thức lấy nước

a) Lấy nước kiểu đặt van không chế ở hạ lưu

Hình thức lấy nước này đơn giản, cửa van chính đặt ở cửa ra, không phải làm cầu công tác và bộ phận đầu vào có thể làm đơn giản, giảm được khối lượng công trình (hình 15-38a). Hình thức này có nhược điểm là đường ống thường xuyên ở trong trạng thái có áp nên thân cống cần phải làm bằng những vật liệu bền chắc như bê tông cốt thép, ống thép hay thép bọc bê tông cốt thép. Trong thời gian gần đây, hình thức này được sử dụng khá nhiều đối với các cống có lưu lượng và cột nước vừa và nhỏ.

Dùng một ống đặt nghiêng trên mái đập hoặc sườn đồi (hình 15-38b), trên ống bố trí các lỗ ở các độ cao khác nhau để lấy nước trong hồ. Nước chảy qua lỗ vào ống nghiêng đến bề tiêu năng rồi chảy vào ống ngầm. Hình thức này thường dùng cho những hồ chứa loại nhỏ có cột nước thấp, lưu lượng tháo dẫn qua ống nhỏ ($Q = 0,1 \div 0,4 \text{ m}^3/\text{s}$) loại này tuy kết cấu đơn giản, phương tiện đóng mở đơn giản song quản lý phức tạp, hay bị rò rỉ nước, khó khống chế lưu lượng.



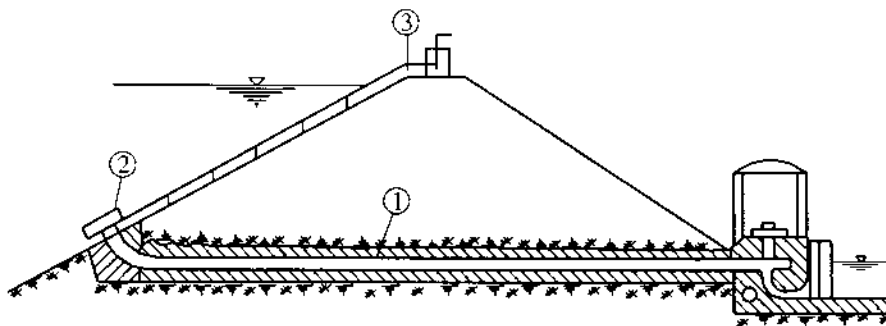
Hình 15-38. Các loại ống ngầm lấy nước

a) Có cửa van đặt ở hạ lưu; b) Ống đặt nghiêng trên mái đập hoặc sườn đồi;

1. Ống nghiêng; 2. Lỗ lấy nước; 3. Lỗ thông hơi; 4. Bể tiêu năng; 5. Ống ngầm

b) Lấy nước kiểu cửa kéo nghiêng (hình 15-39)

Thường dùng khi cột nước và lưu lượng nhỏ. Ưu điểm là giảm nhẹ được khối lượng xây dựng phần vào, thiết bị đóng mở đơn giản: dùng cửa van nắp xoay và đóng mở bằng tời, giá thành hạ. Nhược điểm cơ bản của loại này là cửa van và dây kéo luôn nằm dưới nước nên dễ bị han rỉ hư hỏng, kiểm tra sửa chữa khó khăn, khó khống chế chính xác lưu lượng, khi cửa mở một phần nước chảy vào thường gây rung động.

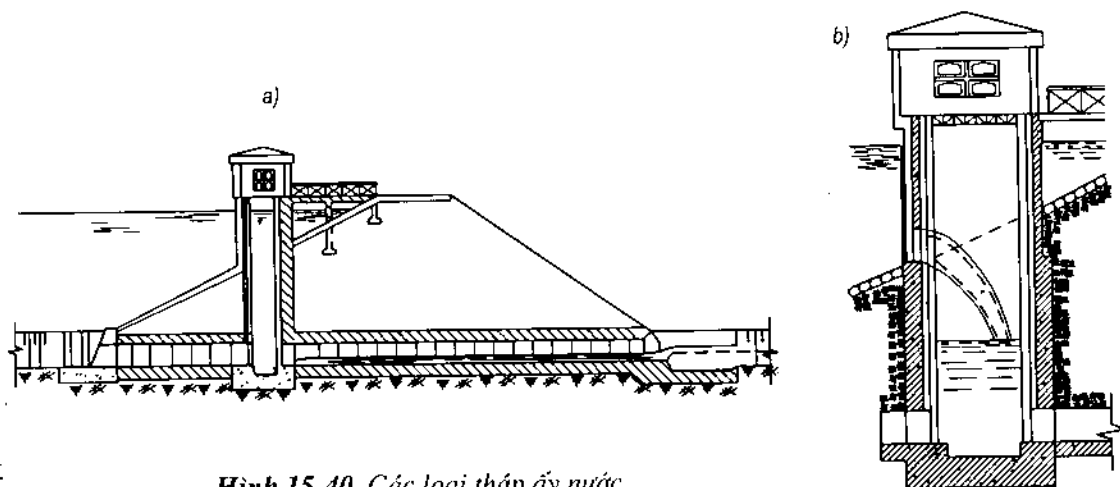


Hình 15-39. Lấy nước kiểu cửa kéo nghiêng

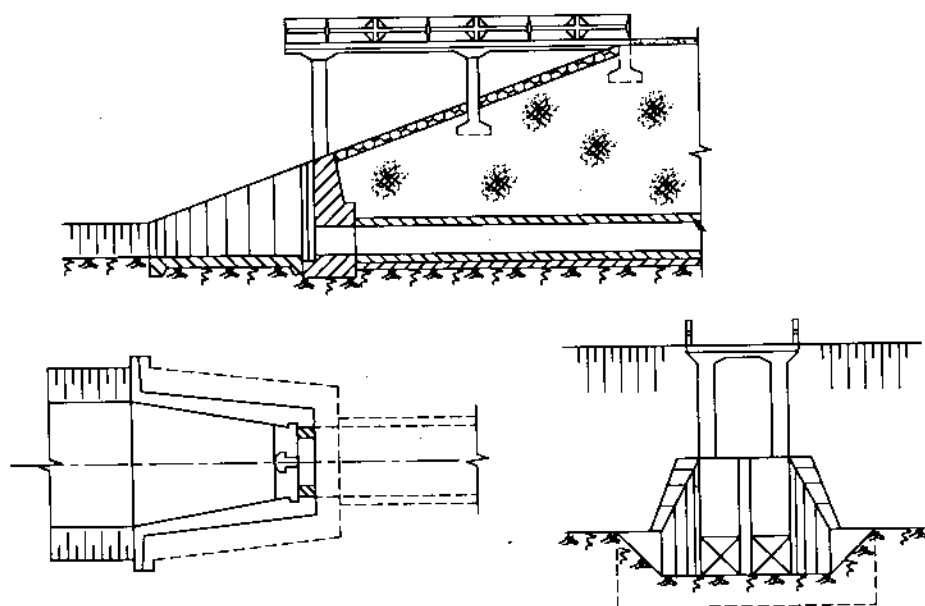
1. Ống ngầm qua đập; 2. Cửa van; 3. Tời đóng mở

c) Lấy nước kiểu tháp

Hình thức này thường được dùng nhiều, nhất là trong các hồ chứa loại vừa và lớn, có cột nước cao, lưu lượng qua cống lớn. Dùng cửa van để điều chỉnh lưu lượng. Tháp cũng có hai loại: kiểu kín (hình 15-40) và kiểu hở (kiểu cầu cảng), (hình 15-41).



Hình 15-40. Các loại tháp lấy nước

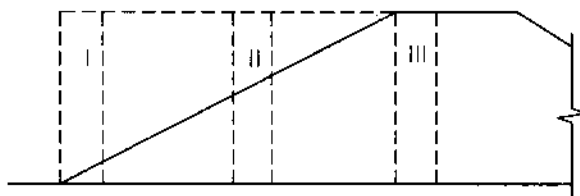


Hình 15-41. Lấy nước kiểu cầu cảng

Tháp có thể đặt ở ba vị trí I, II, III (hình 15-42). Khi tháp đặt ở vị trí I cấu công tác dài, tháp dễ bị lún nhiều hơn so với các bộ phận khác, tháp chịu ảnh hưởng lớn của sóng, gió, động đất nhưng có ưu điểm kiểm tra sửa chữa đường ống dễ dàng. Đặt ở vị trí III, tháp chịu áp lực đất lớn, chiều dài đoạn ống có áp khá lớn, thao tác lưới chắn rác không thuận tiện, vì vậy nói chung rất ít đặt ở vị trí này. Nếu đặt tháp ở vị trí II sẽ khắc phục được những nhược điểm của 2 vị trí trên.

Loại tháp có cửa van khống chế lưu lượng ở dưới sâu (hình 15-40) có nhược điểm là khi nước trong hồ cao, dùng loại này lấy nước ở quá sâu nên nhiệt độ thấp không có lợi cho sinh lý cây trồng. Mặt khác khi cửa van làm việc dưới cột nước cao, dòng nước phía dưới cửa van rất xiết, dễ gây rung động sẽ làm ảnh hưởng đến điều kiện làm việc ở cửa van và do lưu tốc dòng chảy sau cửa van lớn nên có thể gây xâm thực thân cống. Vì vậy có thể dùng hình thức tháp như hình 15-40b biểu thị. Loại này có kết cấu phức tạp hơn vì có thêm một cửa van nữa ở lưng chừng tháp. Vị trí cửa van này do yêu cầu thiết kế xác định. Về mùa kiệt lấy nước bằng cửa van phía dưới, mùa nước lớn dùng cửa van phía trên. Trong quá trình tháp làm việc, khi mở cửa van trên yêu cầu nước trong tháp phải có một độ sâu nhất định để tiêu năng. Độ sâu này phải khống chế trước, sao cho vừa đảm bảo tiêu năng vừa đảm bảo tốc độ dòng chảy trong ống sau tháp là không quá lớn. Do kết cấu và sử dụng loại này tương đối phức tạp nên thường ít được dùng.

Đối với những hồ chứa nhỏ chiều sâu lấy nước nhỏ hơn 7m có thể dùng hình thức giàn kéo (cầu cảng) hình (15-41).



Hình 15-42. Bố trí vị trí tháp ở cống ngầm

V. Theo áp lực dư trong cống

Bao gồm cống có áp và cống không áp. Trong thực tế xây dựng, ở một cống có thể có đoạn có áp, có đoạn không áp. Trên hình (15-40), đoạn trước tháp van làm việc có áp. Đoạn sau tháp van có thể là có áp hoặc không áp tùy theo yêu cầu thiết kế và vận hành.

§15.8. TÍNH TOÁN THUỶ LỰC CỐNG NGẦM

Cũng như ở đường hầm, tính toán thủy lực ở cống ngầm nhằm tính toán khả năng tháo nước, xác định chế độ dòng chảy trong các bộ phận của cống, tính áp lực nước lên thành cống và sự nối tiếp dòng chảy ở hạ lưu công trình.

Trong tính toán thiết kế cống ngầm, hai bài toán cơ bản thường được đề cập tới là:

Bài toán thứ nhất: Thông qua việc xét khả năng tháo của cống để xác định khẩu diện cống.

Bài toán thứ hai: Bài toán thiết kế tiêu năng.

Cả hai bài toán đều được tiến hành trong những trường hợp bất lợi tương ứng của nó, tức là được xét với những cặp lưu lượng và mực nước bất lợi cho từng trường hợp làm việc cụ thể của cống.

Sơ đồ và các công thức thủy lực cống ngầm không áp và có áp nói chung được trình bày tương tự như trong phần tính toán thủy lực đường hầm (§15.3) nhưng với mỗi loại cửa lấy nước khác nhau sơ đồ tính toán có những nét riêng.

1. Cống ngầm lấy nước theo kiểu ống nghiêng (hình 15-38b) hoặc cửa kéo nghiêng (hình 15-39)

Lưu lượng chảy vào cống ngầm được tính theo công thức chảy qua lỗ:

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gH}; \quad (15-34)$$

trong đó:

μ - hệ số lưu lượng, đối với lỗ có thể lấy $\mu = 0,6 \div 0,7$;

H - cột nước tính toán từ trung tâm lỗ đến mặt thoáng;

ω - diện tích lỗ lấy nước trên ống nghiêng (hình 15-38b) hoặc cửa vào cống (hình 15-39).

Đòng chảy trong ống nghiêng được xem như dòng đều, do đó lưu lượng được tính từ công thức:

$$Q = \omega C \sqrt{Ri}; \quad (15-35)$$

trong đó:

ω - diện tích mặt cắt ướt của dòng chảy trong ống nghiêng;

C - hệ số Sezi;

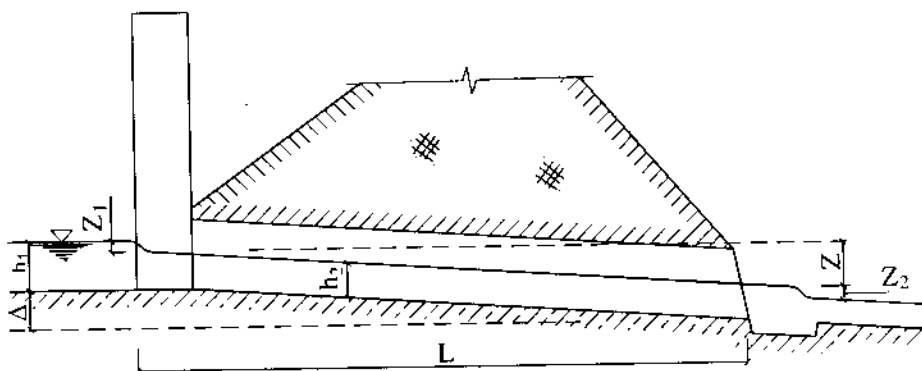
R - bán kính thủy lực;

i - độ dốc ống nghiêng, thường lấy $i = 1/5 \div 1/2$ (do điều kiện địa hình và thi công quyết định).

2. Cống ngầm lấy nước kiểu tháp

a) Trường hợp cống không áp:

Để hạ giá thành xây dựng, đối với cống chỉ yêu cầu lấy nước tưới người ta thường thiết kế cống không áp.



Hình 15-43. Sơ đồ tính toán thủy lực cống ngầm không áp, trường hợp cửa van mở hoàn toàn.

Đối với loại cống này, bài toán xác định khẩu diện được tính trong trường hợp độ chênh mực nước thượng hạ lưu của cống nhỏ với lưu lượng tương ứng bất lợi (với cống lấy nước từ hồ chứa thì thường là mực nước chết trong hồ). Lúc đó cửa van mở hoàn toàn, dòng chảy tự do qua cống. Trong tính toán người ta xem dòng chảy qua cống là dòng đều không áp.

Giả thiết khẩu diện cống tính ngược từ hạ lưu lên tìm tổng các tổn thất cục bộ $\sum Z_i$ và tổn thất dọc đường il . Điều kiện để khẩu diện đảm bảo chuyển lưu lượng Q là:

$$\sum Z_i + il \leq [\Delta Z]; \quad (15-36)$$

trong đó:

$[\Delta Z]$ - độ chênh lệch mực nước thượng hạ lưu cho phép để thiết kế cống;

i - độ dốc của cống, được tính từ công thức dòng đều.

Trong thực tế thiết kế, do điều kiện địa hình khống chế nên thường không thoả mãn bằng độ dốc của dòng đều. Khi đó độ dốc đáy i được chọn thoả mãn điều kiện:

$$i_k > i > i_0.$$

Căn cứ vào cấu tạo cụ thể của cống mà tổng các tổn thất cục bộ $\sum Z_i$ của dòng chảy qua cống có thể bao gồm tổn thất cửa vào, tổn thất qua lưới chắn rác, qua khe van, qua các tiết diện mở rộng hoặc thu hẹp, tổn thất cửa ra, tổn thất sau bể tiêu năng v.v... Các tổn thất được tính dẫn từ hạ lưu về thượng lưu.

Tổn thất cột nước ở cửa ra và cửa vào cống được tính như sau:

$$Z_2 = \frac{Q^2}{2g(\varphi_n b h_h)^2} - \frac{v_b^2}{2g}; \quad (15-37)$$

$$Z_1 = \frac{Q^2}{2g(\varepsilon \varphi_n \omega)^2} - \frac{v_0^2}{2g}; \quad (15-38)$$

Các tổn thất cục bộ như tổn thất qua khe van, khe phai, lưới chắn rác, chỗ cong,... được tính bằng công thức:

$$Z_i = \xi_i \frac{v_i^2}{2g}; \quad (15-39)$$

trong các công thức (15-37) ÷ (15-39):

v_1, v_b - lưu tốc dòng chảy trước khi vào cống và trước khi vào kênh hạ lưu;

v_i - lưu tốc dòng chảy ở sau vị trí có hệ số tổn thất cục bộ ξ_i ;

b, h_h - chiều rộng và chiều sâu của kênh hạ lưu;

ω - diện tích mặt cắt ướt ngay sau cửa vào;

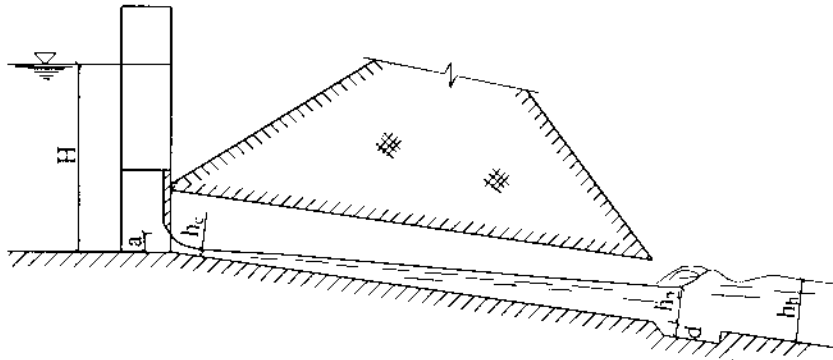
φ, ε - hệ số lưu tốc và co hẹp bên ở cửa vào.

Tuỳ theo điều kiện địa hình, cao trình đáy cuối cống có thể chọn cao hơn hoặc bằng cao trình đáy kênh hạ lưu. Cao trình đáy cống tại cửa vào phải thoả mãn hai điều kiện sau đây:

$$CTĐT = CTĐH + i/l ;$$

$$CTĐT = MNTK - h_1 ;$$

trong đó: CTĐT, CTĐH là cao trình đáy ở đầu và cuối cống, MNTK là mực nước thiết kế ở thượng lưu cống; i/l , h_1 xem hình 15-43.



Hình 15-44. Sơ đồ tính toán thủy lực khi dùng cửa van để khống chế lưu lượng

Khi độ chênh lệch mực nước thượng hạ lưu lớn, để chuyển lưu lượng qua cống phải dùng cửa van khống chế. Khi đó dòng chảy sau cửa van là dòng chảy xiết. Bài toán tiêu năng được xét trong trường hợp này. Kích thước các thiết bị tiêu năng được tính toán với giá trị lưu lượng và độ chênh mực nước thượng hạ lưu tương ứng có năng lượng thừa ở nơi nối tiếp với hạ lưu là lớn nhất $(h_c'' - h_h)_{\max}$.

Lưu lượng qua cống tương ứng với các độ mở cửa van (hình 15-44) được tính từ công thức:

$$Q = \varepsilon \alpha \varphi \omega \sqrt{2g(H_0 - \alpha a)} ; \quad (15-40)$$

trong đó:

Q - lưu lượng dẫn qua cống ngầm;

ω - diện tích nước qua ở phía dưới cửa van;

H_0 - cột nước trước cửa van, có kể đến lưu tốc tới gần;

α , ε - hệ số co hẹp đứng và co hẹp bên;

φ - hệ số lưu tốc, phụ thuộc vào hình dạng cửa vào;

a - độ mở cửa van.

Đường mặt nước từ sau mặt cắt co hẹp $h_c = \alpha a$ được vẽ bằng các phương pháp thủy lực thông thường.

Để đảm bảo dòng chảy qua cống là không áp ổn định và cống làm việc được an toàn, trong thiết kế không chế không có nước nhảy trong cống. Để có nước nhảy ngoài cống, độ sâu dòng chảy cuối cống cần thoả mãn đồng thời hai điều kiện:

$$\left. \begin{array}{l} h_r < h_k ; \\ h_r < h'_h ; \end{array} \right\} \quad (15-41)$$

trong đó:

- h_r - độ sâu dòng chảy ở cuối cống;
- h_k - độ sâu phân giới của dòng chảy trong cống;
- h'_h - độ sâu liên hiệp của dòng chảy ở hạ lưu.

Trong thực tế do lưu lượng qua cống thay đổi, ảnh hưởng của mực nước hạ lưu có thể có trường hợp có nước nhảy trong cống. Lúc đó phải xét ảnh hưởng độ cao nước nhảy tới độ lưu không trong cống, xét những tác hại khác như độ rung động độ nước nhảy gây ra v.v... Tùy theo vị trí, kích thước của nước nhảy mà có các biện pháp công trình để đưa nước nhảy này ra khỏi cống, tiêu năng ngay trong cống hoặc không cho nước nhảy chạm trần cống. Các biện pháp công trình thường được đề cập đến là:

- Thay đổi độ dốc đáy cống;
- Thay đổi vị trí đặt tháp van;
- Tăng chiều cao trần cống.

Để đảm bảo an toàn cho kênh dẫn ở hạ lưu, trong thiết kế thường làm bậc thụt hoặc bể tiêu năng tạo ra nước nhảy ngập ngay sau cống ngầm:

$$h_h + d \geq (1,05 \div 1,1) h'_r ; \quad (15-42)$$

trong đó:

- h_h - độ sâu dòng chảy ở hạ lưu;
- d - độ sâu đào bể;
- h'_r - độ sâu liên hiệp của h_r .

b) Trường hợp cống có áp

Đối với những cống lấy nước vào trạm thủy điện hoặc các cống lấy nước có van ở hạ lưu, dòng chảy qua cống là dòng chảy có áp ổn định.

Tính toán thiết kế khẩu diện cống với trường hợp bất lợi (lưu lượng tương ứng với cột nước tác dụng nhỏ) được tiến hành tương tự như tính toán đường hầm có áp.

- Trường hợp cống có cửa van thượng lưu:

Khi cột nước tác dụng lớn, dùng cửa van không chế để lấy qua cống những cấp lưu lượng đã định. Do tác dụng của cột nước cao, khi cửa van mở với một độ mở nào đó có

khả năng xuất hiện chân không sau cửa van hoặc trước nước nhảy (hình 15-45). Vì vậy cần có ống thông khí để phá chân không và duy trì chế độ dòng chảy có áp ổn định sau cửa van. Lưu lượng thông khí Q_k , độ chân không h_{ck} và vị trí nước nhảy có liên quan mật thiết với nhau. Để xác định các yếu tố đó, tiến hành giải các hệ phương trình sau:

$$\frac{Q^3}{g\omega_1} + \omega_1 y_1 = \frac{Q(Q+Q_k)}{g\omega_3} + (a_2 + h_{ck})\omega_2 ; \quad (15-43)$$

$$a_2 + \frac{(Q+Q_k)^2}{2g\omega_2^2} = t' + \frac{(Q+Q_k)^2}{2g\omega_r^2} + h_w ; \quad (15-44)$$

$$Q_k = Q'_k + Q''_k ; \quad (15-45)$$

$$\frac{Q'_k}{Q} = 0,04\sqrt{Fr_1 - 40} ; \quad (15-46)$$

$$\frac{Q''_k}{Q} = \beta(\sqrt{Fr_1} - 1)^{1/4} ; \quad (15-47)$$

và các phương trình mặt nước giữa mặt cắt C - C và mặt cắt I - I.

trong các biểu thức trên:

$\omega_1, \omega_2, \omega_r$ - diện tích mặt cắt ngang của dòng chảy tại các mặt cắt I - I, II - II và cửa ra;

a_2 - cột nước đo áp tại trung tâm mặt cắt II - II;

y_1 - cột nước đo áp tại trung tâm dòng chảy mặt cắt I - I;

t' - chiều sâu nước tại trung tâm mặt cắt ra;

h_c, h_1 - chiều sâu nước tại mặt cắt co hẹp và mặt cắt trước nước nhảy (mặt cắt I - I);

h_w - tổn thất cột nước kể từ mặt cắt II - II đến mặt cắt cửa ra;

Q'_k - lưu lượng không khí bị cuốn vào dòng chảy từ mặt thoáng;

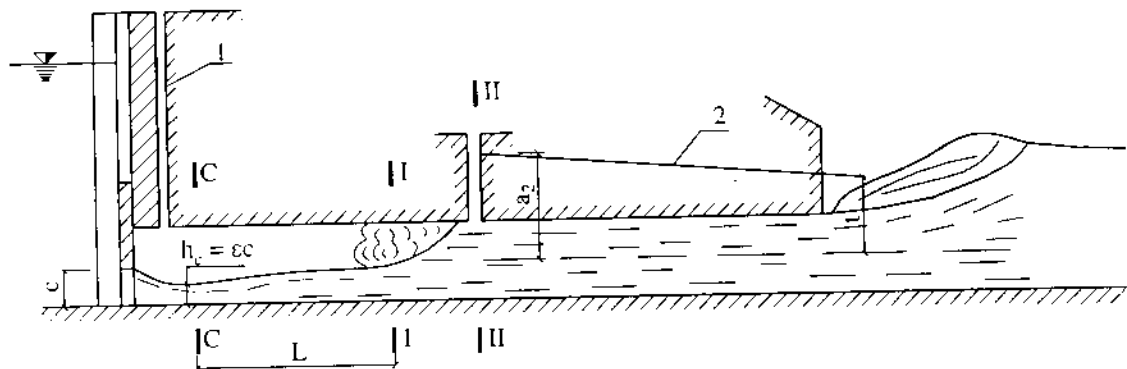
Q''_k - lưu lượng không khí bị cuốn vào dòng chảy do nước nhảy;

Fr_1 - trị số Frut đối với chiều sâu dòng chảy tại mặt cắt trước nước nhảy:

$$Fr_1 = \frac{v_1^2}{gh_1} ;$$

Q - lưu lượng nước dưới cửa van.

Từ kết quả giải hệ phương trình ứng với độ chân không cho phép với trị số Q_k tương ứng nếu chiều dài đoạn nước dâng $l < 0$ thì dòng chảy sau cửa van là có áp ổn định.



Hình 15-45. Dòng chảy sau cửa van

• Trường hợp cống có cửa van ở hạ lưu. Dòng chảy trong cống luôn luôn là dòng chảy có áp ổn định. Sơ đồ tính toán tương tự như hình 15-45, ứng với trường hợp cửa van mở hoàn toàn, nước chảy đầy cống, diện tích mặt cắt cửa ra phụ thuộc vào độ mở cửa van ở hạ lưu. Tính toán thủy lực loại cống này tương tự như tính đường hầm có áp.

Để tiêu năng dòng chảy qua cống có áp có thể dùng các biện pháp công trình như khuếch tán bằng nước nhảy, khuếch tán phóng xạ, khuếch tán bằng áp lực, khuếch tán bằng bể.

§15.9. TÍNH TOÁN KẾT CẤU THÂN CỐNG NGẦM

I. Đặc điểm chịu lực của thân cống

Khác với những kết cấu trên mặt đất chỉ có móng chịu tác dụng tương hỗ với đất nền, cống ngầm làm việc trong điều kiện đất bao bọc xung quanh. Đất vừa là môi trường nền ống tựa lên, vừa là môi trường áp lực của tải trọng (xe cộ) từ trên mặt đất truyền xuống. Môi trường này biến dạng cùng với ống dẫn nên các áp lực từ đất đắp tác dụng vào cống phụ thuộc vào chiều sâu cột đất tác dụng, tính chất cơ lý của đất, độ cứng của ống, cách tựa cũng như cách đặt ống trên nền. Vì vậy ống ngầm chịu tác dụng của trọng lượng bản thân, áp lực đất, áp lực nước trong và ngoài ống, các tải trọng từ trên mặt đất truyền xuống, các tác dụng nhiệt và động đất v.v... Các ngoại lực này gây ra nội lực hướng vòng thành ống. Đồng thời sự phân bố tải trọng không đều, sự đổi hướng của dòng chảy bên trong, sự co giãn, nhiệt độ v.v..., theo phương dọc trục ống cũng gây ra nội lực.

II. Sơ đồ tính toán kết cấu theo phương ngang

Tính toán theo phương ngang cần phải xác định được giá trị của nội lực theo hướng vòng của thành ống. Giá trị này phụ thuộc vào trường hợp làm việc của cống (trường hợp mới thi công xong, trường hợp làm việc bình thường, trường hợp sửa chữa v.v...). Khi tính toán kết cấu phải đề cập đến các trường hợp làm việc, tính ngoại lực tác dụng và nội

lực trong từng trường hợp, chọn ra trường hợp bất lợi nhất, từ đó kiểm tra và xác định các kích thước chịu lực hợp lý của ống ngầm và bố trí cốt thép cho thân cống.

Nếu ống không có vành đai cứng và được đặt lên nền liên tục hoặc lên móng băng, chịu tác dụng của tải trọng phân bố đều theo chiều dài của ống, ống ở trong điều kiện biến dạng phẳng, khi tính toán ống ta có thể tách ra một đoạn ống có chiều dài đơn vị rồi xét ngoại lực, nội lực thuộc về đoạn ấy.

Các lực chủ yếu tác dụng lên cống ngầm gồm:

1. Áp lực đất tác dụng lên đỉnh cống ngầm

Xác định loại lực này tương đối phức tạp, nó chịu ảnh hưởng của nhiều nhân tố như tính chất của đất, độ cứng của ống, phương pháp chôn và chiều sâu đặt ống trong nền.

Khi ống đặt trong hào sâu (hình 15-46) do ảnh hưởng của ma sát giữa thành hào với đất đắp làm giảm tác dụng khối đất đắp lên ống.

Trong trường hợp này giá trị áp lực đất tác dụng lên đỉnh cống được tính theo công thức:

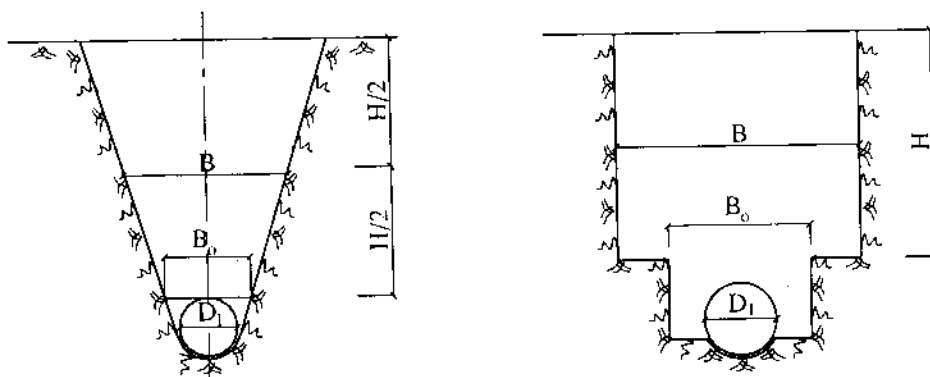
$$G_B = K_T \gamma_d H \frac{B_0 + D_1}{2} ; \quad (15-48)$$

trong đó:

γ_d - trọng lượng riêng của đất đắp;

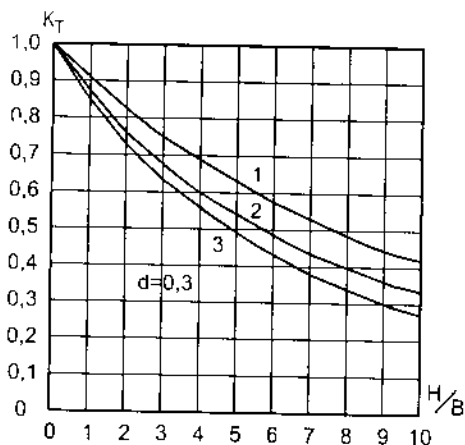
K_T - hệ số tập trung của áp lực đất thẳng đứng, phụ thuộc vào tỷ số $\frac{H}{B}$ lấy ở hình (15-47);

D_1 - đường kính ngoài của ống tròn hoặc chiều rộng lớn nhất của ống hộp.

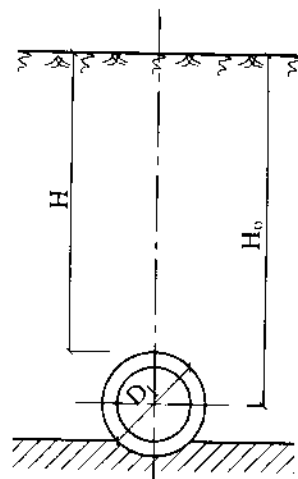


Hình 15-46. Ống chôn trong hào

Khi ống đặt ngay trên mặt nền hoặc một phần trong nền (hình 15-48) nếu nền tương đối tốt, độ cứng của ống lớn, ảnh hưởng của lực ma sát giữa phần đất đắp ở hai bên lún nhiều hơn phần trên ống đã làm tăng thêm áp lực đất tác dụng lên đỉnh cống.



Hình 15-47. Đường quan hệ $K_T \sim H/B$
 1. Đất sét bão hoà; 2. Đất sét ẩm ướt;
 3. Đất sét và đất cát không ẩm ướt lắm



Hình 15-48. Ống đặt nổi.

Theo đề nghị của N.M. Vinôgoradốp, áp lực đất lên đỉnh cống tính theo công thức:

$$G_B = K_H \gamma_d H D_1 ; \quad (15-49)$$

trong đó:

γ_d - trọng lượng riêng của đất đắp;

H - chiều dày đất đắp lên đỉnh ống;

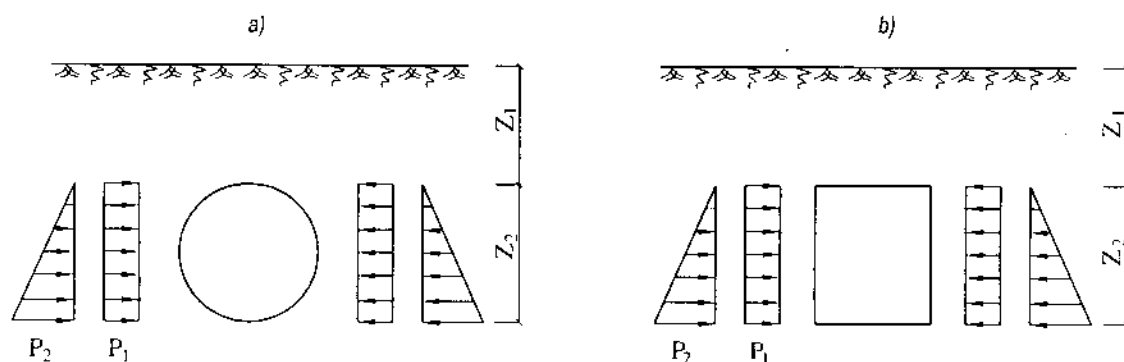
K_H - hệ số tập trung áp lực đất, phụ thuộc vào tính chất đất nền, phương pháp đặt ống, chiều sâu chôn ống trong nền và tỷ số $\frac{H}{D_1}$. Đối với ống cứng lấy theo bảng (15-4).

Bảng 15-4. Trị số của K_H

Loại đất nền	Phương pháp đặt ống	K_H	
		$\frac{H}{D_1} = 2$	$\frac{H}{D_2} = 12$
Cát, đất thịt rời rạc và đất sét nhão	Đặt trên nền đất	1,00	1,05
	Đặt trên bề cứng	1,15	1,20
Cát trung bình, đất thịt chặt vừa, sét dẻo	Đặt trên nền đất	1,25	1,35
	Đặt trên bề cứng	1,30	1,45
Cát mịn chặt, cuội	Đặt trên nền đất	1,40	1,70
Sét cứng	Đặt trên bề cứng	1,45	1,80
Đá		1,50	2,00

2. Áp lực đất tác dụng lên hai bên cống ngầm

Áp lực đất tác dụng lên hai bên cống ngầm thường phân ra thành phần lực phân bố đều và phân bố không đều (hình 15-49).



Hình 15-49. Sơ đồ áp lực đất tác dụng lên thành cống

Các giá trị áp lực P_1 và P_2 được tính:

$$P_1 = \gamma_d Z_1 \text{tg}^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2}) ; \quad (15-50)$$

$$P_2 = \gamma_d Z_2 \text{tg}^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2}) ; \quad (15-51)$$

trong đó: φ - góc ma sát trong của đất đắp.

3. Áp lực nước: Bao gồm áp lực nước bên trong và áp lực nước bên ngoài tác dụng lên thành ống.

a) **Áp lực nước bên trong:** phụ thuộc vào trạng thái dòng chảy của đoạn ống tính toán:

- Đường ống có áp gồm thành phần tuyến tính và thành phần phân bố đều.

Giá trị của thành phần tuyến tính được tính bằng lực thủy tĩnh của chất lỏng chứa vừa vận đầy ống. Trong tính toán thường phân ra thành phần nằm ngang và thành phần thẳng đứng.

Giá trị của thành phần phân bố đều được tính bằng đầu nước ở mép trên cùng của ống tại mặt cắt tính toán.

- Ở đường ống không áp chỉ có áp lực thủy tĩnh của phần nước chứa không đầy ống.

b) **Áp lực nước bên ngoài**

Ống ngầm nằm dưới mực nước ngầm chịu ảnh hưởng của áp lực nước từ bên ngoài. Xét một cách đầy đủ các lực tác dụng ở đây lên ống là phải xét đồng thời tác dụng của

nước trọng lực gây đẩy nổi ống, đẩy nổi đất, giảm lực dính, sự tác dụng đồng thời của áp lực kẽ rỗng và áp lực hữu hiệu của đất, áp lực hút mao dẫn. Nếu chỉ xét riêng thành phần áp lực thủy tĩnh tác dụng bên ngoài ống thì gồm có các thành phần:

- Áp lực nước phân bố không đều;
- Áp lực nước phân bố đều;
- Trọng lượng nước đè lên ống.

(Khi tính thành phần này phải xét đến quan hệ với việc tính áp lực đất tác dụng lên ống).

4. Trọng lượng bản thân cống

a) Ống có tiết diện tròn

$$q = \gamma_b \delta ;$$

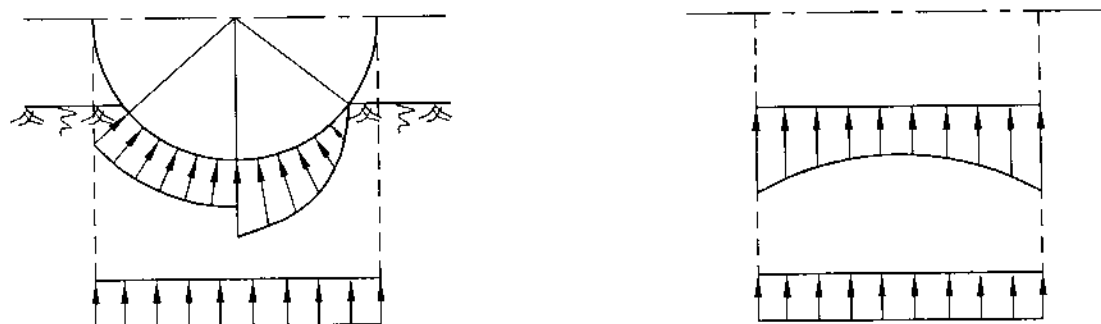
trong đó:

- γ_b - trọng lượng riêng của bê tông;
- δ - chiều dày của ống;
- q - cường độ của lực phân bố dọc theo chu vi của ống.

b) Ống có tiết diện hình chữ nhật: Trọng lượng phân bố đều của tấm nắp vẫn tính theo công thức trên. Trọng lượng hai thành bên có thể đưa về lực tập trung đặt ở hai đầu bản đáy. Đối với bản đáy trong tính toán không xét đến trọng lượng bản thân vì lực này sẽ cân bằng với phản lực của nền tác dụng lên bản đáy.

5. Phản lực nền

Dưới tác dụng của tải trọng thẳng đứng dưới ống sẽ phát sinh các phản lực. Sự phân bố phản lực này phụ thuộc vào tính chất của nền, phương pháp đặt ống (đặt trực tiếp trên mặt hay trên bệ cứng). Nói chung thường có dạng phân bố không đều (hình 15-50). Trong quá trình tính toán thường xem gần đúng như là phân bố đều vẫn đảm bảo sai số cho phép.



Hình 15-50. Sự phân bố của phản lực nền

III. Nội lực và ứng suất dọc trục

Những ống có chiều dài đủ lớn hoặc không có khe phân cách, dưới tác dụng của các tải trọng ngoài, trong ống phát sinh nội lực và ứng lực theo phương dọc trục được xét do những nguyên nhân:

- a) Hậu quả của ứng suất hướng vòng trong ống thuộc trạng thái biến dạng phẳng;
- b) Tác dụng của nhiệt độ;
- c) Áp lực của chất lỏng chứa đầy ống khi trục ống đổi hướng hoặc khi mặt cắt ngang thay đổi (chẳng hạn như chỗ ngoặt, chỗ phân nhánh, chỗ đường kính biến đổi, chỗ đặt van hay chỗ nút ống);
- d) Đất đắp trên ống cao thấp khác nhau hoặc áp lực không đều dọc theo chiều dài ống bắt nguồn từ tải trọng cục bộ trên mặt đất;
- e) Cổng đặt trên nền không phải là rắn chắc hoặc độ cứng của nền thay đổi theo chiều dài ống;
- g) Động đất.

Các giá trị nội lực và ứng suất dọc trục do những nguyên nhân trên gây ra được xác định từ những bài toán kết cấu riêng biệt. Thành phần ứng suất dọc trục tìm ra, được xét đồng thời với ứng suất hướng vòng để đánh giá độ bền của ống.

Khi tính toán kết cấu cống ngầm, tùy từng trường hợp cụ thể mà có hoặc không xét tới thành phần nội lực và ứng lực theo phương dọc của ống.

§15.10. CẤU TẠO CỦA CỐNG NGẦM

I. Bộ phận cửa vào, cửa ra

Hai bộ phận này có tác dụng nối tiếp thân cống với mái đập và hướng dòng chảy vào ra được thuận.

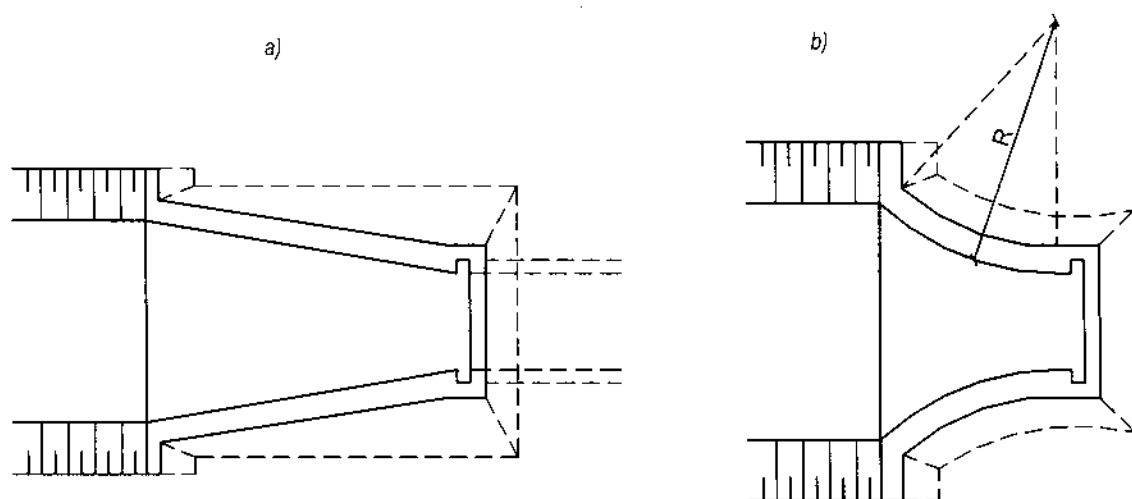
Cửa vào của cống ngầm cũng sử dụng các hình thức thẳng, lượn cong dạng tròn hoặc elíp (§15-6) như ở đường hầm.

Để dòng chảy vào ra được thuận và sự phân bố lưu tốc đều đặn ở cửa vào hoặc ra, thường bố trí tường hướng dòng theo hình thức mở rộng dần (hình 15-51). Góc chụm của hai tường hướng dòng ở cửa vào thường lấy khoảng $18^\circ \div 23^\circ$, cũng có khi lớn hơn. Góc chụm ở cửa ra khoảng $8^\circ \div 12^\circ$. Đôi khi ống cống nhỏ người ta dùng hình thức tường cánh kiểu hành lang. Loại này thường chỉ dùng với loại cống không bố trí cửa van điều tiết.

Cấu tạo cửa ra cần chú ý kết hợp với việc bố trí các thiết bị tiêu năng sau cống.

II. Bộ phận thân cống

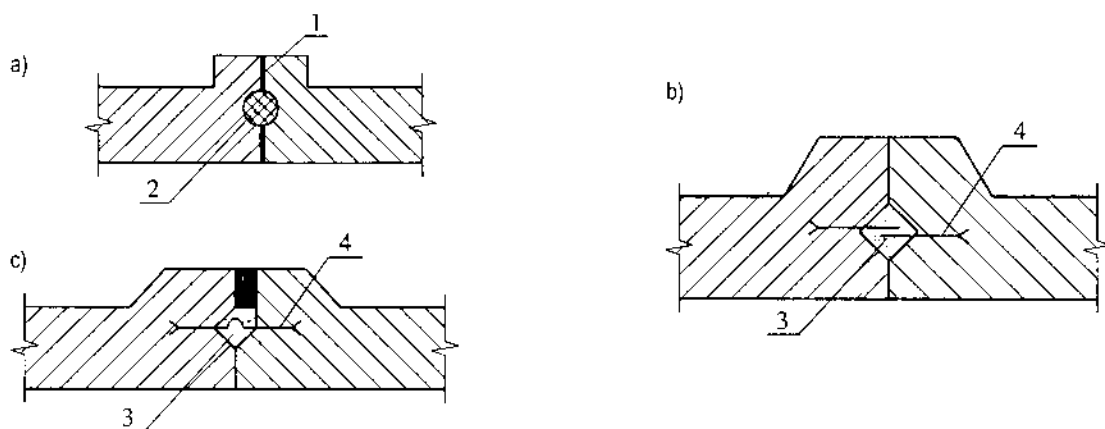
Thân cống dài, để tránh rạn nứt do lún không đều gây ra, phải bố trí khe nối chia thành từng đoạn. Chiều dài mỗi đoạn phụ thuộc vào tình hình địa chất nền, chiều dày tầng đất đè lên cống. Thường lấy mỗi đoạn khoảng từ $10 \div 20\text{m}$. Riêng đối với những đoạn ống đúc sẵn thì chiều dài mỗi đoạn khoảng $1 \div 2\text{m}$ để tiện việc chuyên chở, xây lắp. Ở chỗ nối tiếp phải bố trí thiết bị chống thấm. Việc nối tiếp giữa thân cống và đất đắp phải giải quyết thật tốt để tránh nước thấm dọc theo thân cống. Trong thực tế xây dựng người ta dùng đất sét nện, đầm chặt bao thành một lớp quanh ống ngầm dày $0,5 \div 1,0\text{m}$ hoặc làm các gờ ở chỗ nối tiếp các đoạn ống để làm cho việc nối tiếp giữa ống và đất đắp được tốt hơn; ống hộp thường làm bằng bê tông cốt thép, đổ bê tông ngay tại hiện trường. Mặt cắt ngang thân cống là một kết cấu khung cứng. Chiều dày thành ống khoảng $20 \div 50\text{cm}$. Tùy theo quy mô của cống, ở các góc thường làm vát xiên để tránh ứng suất tập trung, không lợi cho sự làm việc của cống. Thép chịu lực thường đặt kép để có lợi cho mặt chịu lực và yêu cầu không cho phép xuất hiện vết nứt. Khi xây dựng thường đổ một lớp bê tông lót rồi sau đó mới tiến hành đặt cốt thép và đổ bê tông thân cống.



Hình 15-51. Kiểu tường hướng dòng mở rộng dần và loe rộng

Chỗ nối tiếp giữa các đoạn thân cống, cần phải đặt các thiết bị chống thấm. Một vài hình thức thường được dùng để chống thấm ở chỗ nối tiếp giữa các đoạn cống hộp như ở hình (15-52). Loại b và c dùng tấm kim loại, trong đó loại b bố trí ở hai bên thành cống, loại c bố trí ở đỉnh và tấm đáy.

Khi nối tiếp giữa các đoạn ống tròn, các đầu tiếp xúc thường làm đầu bằng, đầu ngầm hoặc có vành đai.



Hình 15-52. Khe nối giữa các đoạn ống

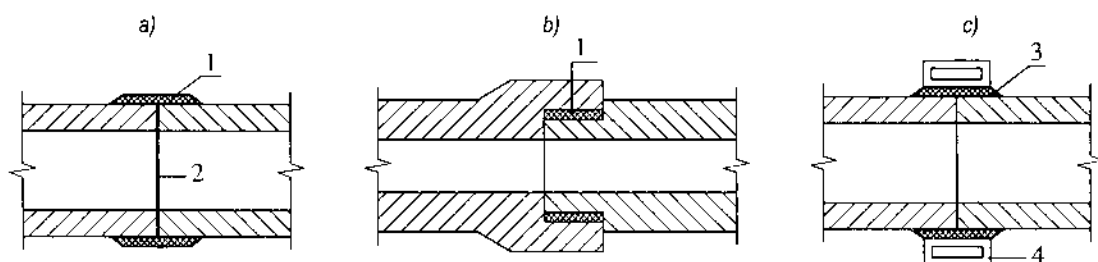
1. Bao tải tấm nhựa đường; 2. Dây thừng tấm nhựa đường;

3. Nhựa đường; 4. Tấm kim loại

Nối đầu bằng (hình 15-53a) thường dùng cho các ống nhỏ không áp. Chỗ mặt nối tiếp đặt bao tải tấm nhựa đường, phía mặt ngoài của cổng cuốn mấy lớp giấy dầu.

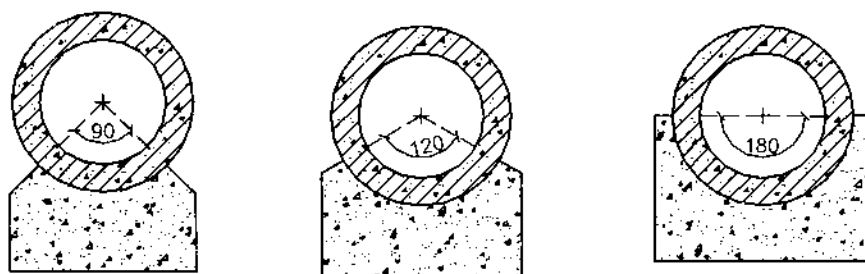
Nối ngàm (hình 15-53b) các đầu lồng vào nhau (cũng có nơi làm thành rãnh khớp vào nhau). Dùng giấy dầu, bao tải tấm nhựa đường cuốn vào đầu ống trước khi lắp vào ngàm. Hình thức này thường dùng cho ống đúc sẵn không áp hoặc có áp lực nhỏ.

Trong các ống có áp lực lớn, giữa các khe nối còn cần đặt tấm kim loại vòng quanh ống để chống thấm tăng an toàn cho công trình.



Hình 15-53. Thiết bị chống thấm của các đoạn ống tròn

1. Giấy dầu; 2. Bao tải tấm nhựa đường; 3. Vữa xi măng; 4. Vòng đai bằng bê tông cốt thép



Hình 15-54. Các kiểu bệ đỡ ống ngầm

Các ống tròn nhỏ thường đặt ngay trên nền hay trên lớp bê tông lót.

Trong trường hợp ống ngầm tương đối lớn, địa chất không tốt cần đặt ống trên bệ đỡ bằng bê tông hoặc đá xây dày khoảng $40 \div 50\text{cm}$. Góc ôm của bệ đỡ thường lấy 90° , 120° hoặc 180° (hình 15-54). Bệ đỡ có góc ôm 180° là tốt nhất nhưng tốn vật liệu.

Khi đặt nhiều đường ống song song với nhau thì khoảng cách ngắn nhất giữa các đường ống phải đủ rộng để xây mố ở cửa vào, cửa ra và dễ dàng lên đất vào để đầm nén chặt. Thường khoảng cách này phải lớn hơn $40 \div 60\text{cm}$.

Chương 16

KÊNH VÀ CÔNG TRÌNH TRÊN KÊNH

§16.1. KHÁI QUÁT

Kênh là đường dẫn nước hở hoặc kín được xây dựng để chuyển và cấp nước cho các ngành dùng nước khác nhau. Ở nước ta kênh ở các hệ thống tưới được xây dựng vào thời kỳ trước những năm 90 của thế kỷ XX chủ yếu là kênh đào hoặc đắp bằng đất. Loại kênh này có kinh phí xây dựng ban đầu không cao nhưng lượng mất nước do thấm lớn, chiếm nhiều diện tích mặt đất, thường xảy ra hiện tượng xói, hàng năm phải đầu tư kinh phí để sửa chữa. Việc sửa chữa kênh không chỉ gây tổn kém về kinh phí mà còn làm gián đoạn việc chuyển nước, ảnh hưởng đến sự làm việc bình thường của hệ thống.

Để khắc phục những nhược điểm như đã nêu trên, hiện nay mạng lưới kênh đất đang dần được cứng hoá bằng cách lát mái bằng bê tông, bê tông cốt thép hoặc xây lại theo mặt cắt chữ nhật bằng gạch, đá, bê tông, bê tông cốt thép. Các mạng lưới kênh mới thiết kế chủ yếu lựa chọn theo phương án kênh xây.

Như vậy theo hình thức kết cấu có hai loại: kênh đất và kênh xây.

Theo đối tượng phục vụ, kênh có thể chia thành các loại:

- Kênh dẫn nước phát điện là một bộ phận của trạm thủy điện kiểu đường dẫn. Độ dốc đáy của kênh này yêu cầu nhỏ để tổn thất cột nước ít.
- Kênh tưới, dẫn nước tưới ruộng. Loại kênh này phải thoả mãn được lưu lượng và cột nước tưới tự chảy. Vì vậy kênh thường bố trí qua những nơi tương đối cao, độ dốc kênh nhỏ để hạn chế tổn thất đầu nước.
- Kênh vận tải, kích thước mặt cắt tùy theo kích thước thuyền, chiều sâu nước và lưu tốc đảm bảo cho thuyền qua lại được an toàn ($v = 0,6 \div 1\text{m/s}$).
- Kênh cấp nước, dẫn nước phục vụ cho sinh hoạt của nhân dân và các xí nghiệp. Loại kênh này yêu cầu phải cung cấp nước được liên tục.
- Kênh tháo nước, dùng để tháo nước tiêu úng trong nông nghiệp, tháo nước thừa của công nghiệp, tiêu nước bẩn của thành phố. Tuyến kênh thường chọn qua những nơi thấp để việc tập trung nước được dễ dàng.

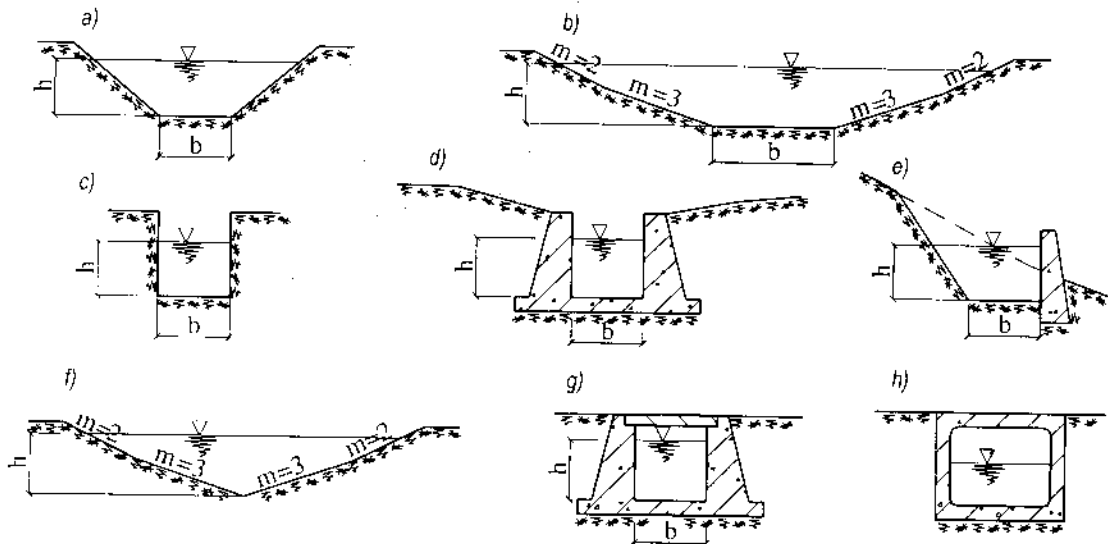
Kênh có thể đồng thời phục vụ nhiều mục đích khác nhau như tưới ruộng, vận tải thủy và phát điện v.v...

Trên đường kênh thường phải xây dựng các công trình để khống chế, điều tiết mực nước và lưu lượng, phân chia nước từ kênh chính vào kênh nhánh, vì vậy thường gặp các loại cống điều tiết, cống phân nước. Các cống này có thể là loại lộ thiên hoặc ngầm. Ở những nơi đường kênh gặp đường giao thông, gặp kênh khác, sông suối hay qua các thung lũng v.v.... thì tùy theo tình hình cụ thể mà dùng cống ngầm, xi phông ngược để tiếp tục chuyển nước. Trường hợp kênh dẫn phải qua nơi địa hình thay đổi, hạ thấp đột ngột, dùng dốc nước hay bậc nước để tiếp tục chuyển nước trong kênh. Các công trình được xây dựng trên kênh trong các trường hợp kể trên gọi là công trình trên kênh.

§16.2. KÊNH

I. Hình dạng mặt cắt kênh

Hình dạng mặt cắt kênh phụ thuộc vào điều kiện thiên nhiên, tình hình địa chất nơi kênh đi qua, điều kiện sử dụng, hình thức kết cấu, điều kiện thi công, điều kiện quản lý... Mặt cắt loại kênh đất thường hay gặp có tiết diện hình thang (hình 16-1a). Loại này thi công đơn giản. Khi kênh có độ sâu khá lớn hoặc đào qua nhiều lớp đất có tính chất khác nhau thì dùng loại có độ dốc mái thay đổi, càng xuống dưới mái càng thoải hơn (hình 16-1b). Khi kênh đi qua vùng đá tốt, để giảm khối lượng đào, dùng mặt cắt chữ nhật (hình 16-1c). Trường hợp không thể mở rộng mặt cắt của kênh như khi đi qua vùng dân cư, gần các công trình khác, qua sườn dốc thì thường xây tường chắn đất để thu hẹp mặt cắt của kênh (hình 16-1e). Khi cần tiết kiệm nước, tiết kiệm diện tích đất, thường dùng phương án kênh xây. Mặt cắt kênh xây phổ biến dạng chữ nhật (hình 16-1d) khi cần sử dụng mặt bằng hoặc tránh đất, chất thải tràn vào kênh sử dụng hình thức kênh có nắp đậy hoặc mặt cắt kênh hình hộp (hình 16-1g, h). Kênh vận tải thủy có thể dùng mặt cắt dạng tam giác để tăng độ sâu vận tải và giảm sức cản của thuyền.



Hình 16-1. Một số hình dạng mặt cắt kênh

Khi thiết kế mặt cắt kênh cần chú ý một số vấn đề sau:

- Mặt cắt kênh thiết kế sao cho tương tự với mặt cắt có lợi về mặt thủy lực, tức là với tiết diện ướt là nhỏ nhất mà lưu lượng nước chuyển qua lại lớn nhất. Như vậy sẽ giảm được khối lượng đào, đắp. Trong thủy lực học, ta đã biết mặt cắt có lợi nhất về thủy lực đối với kênh mặt cắt hình thang là:

$$\frac{b}{h} = 2 \left(\sqrt{1 - m^2} - m \right); \quad (16-1)$$

trong đó: b và h - chiều rộng đáy và chiều sâu nước chảy trong kênh.

Đối với kênh đào trong điều kiện đảm bảo diện tích mặt cắt ướt không đổi, nếu tăng độ sâu, mặt cắt sẽ thu hẹp, như vậy có lợi về kinh tế. Đối với kênh đắp bằng đất, dùng mặt cắt nông và rộng thường có lợi hơn.

Mái dốc của kênh bằng đất chọn phải đảm bảo điều kiện ổn định. Nó phụ thuộc vào điều kiện địa chất nơi kênh đi qua. Mái dốc kênh đào khi thiết kế có thể tham khảo bảng (16-1). Mái dốc kênh đắp dựa vào tiêu chuẩn chọn mái dốc của đất đầm nén để lựa chọn. Đối với kênh có chiều sâu lớn hơn 5m, cần phải tính toán ổn định mái theo các nguyên tắc như ở đập đất. Về mặt thi công, chiều rộng đáy kênh nên chọn như sau: khi đào kênh bằng công cụ thủ công, $b \geq 0,5m$. Nếu đào bằng máy cần xét kích thước máy đào. Nói chung không nên nhỏ hơn $1,3 \div 3m$.

Bảng 16-1

Các loại đất	Độ dốc mái kênh	
	Phần ở dưới nước	Phần ở trên nước
Đất cát hạt nhỏ	3,0 ÷ 3,5	2,5
Đất cát rời, cát pha sét không chặt	2,0 ÷ 2,5	2,0
Cát pha chặt, đất thịt, sét nhẹ	1,5 ÷ 2,0	1,5
Đất thịt pha sét trung bình	1,5	1,0 ÷ 0,5
Đất thịt pha sét nặng	1,0 ÷ 1,5	0,5
Đất sét nặng, chặt	1,0	0,75 ÷ 0,5
Đất có đá cuội	1,5	1,0
Đá cuội và sỏi sạn	1,25 ÷ 0,50	1,0
Đá phong hoá và đá cuội	0,25 ÷ 0,50	0,25
Đá hoàn chỉnh	0,10 ÷ 0,25	0

Kênh được thiết kế cần đảm bảo điều kiện không xói, không lắng và không mọc cỏ trong kênh. Các chỉ tiêu tính toán phải tuân theo các quy phạm hiện hành.

Để lòng kênh không bị xói, lưu tốc lớn nhất trong kênh không được vượt quá trị số nhất định. Trị số này phụ thuộc vào nhiều nhân tố như tính chất đất lòng kênh, chiều sâu nước chảy trong kênh v.v... Đối với loại đất lòng kênh không có tính dính, giáo sư N.N. Lévi đã đưa ra công thức tính vận tốc không xói ở kênh đất:

$$v_{kx} = A \sqrt{g \cdot D_{tb}} L_n \frac{R}{7D_{tb}} ; \quad (16-2)$$

trong đó:

g - gia tốc trọng trường;

R - bán kính thủy lực;

D_{tb} - đường kính hạt trung bình của lòng kênh;

A - hệ số. Đối với đất tốt, nén chặt $A = 1,4$, đất tương đối rời $A = 1,2$.

Công thức trên dùng trong phạm vi $55 \leq \frac{R}{D_{tb}} \leq 5000$. Nói chung với kênh đất, lưu tốc

cho phép không gây xói lở vào khoảng $1 \div 1,5 \text{ m/s}$.

Đối với các kênh xây lát bằng các tấm bê tông hoặc các vật liệu chống xói khác thì điều kiện không gây xói là: $v_{\max} < [v]$, trong đó $v_{\max}$ là lưu tốc lớn nhất, $[v]$ là vận tốc không xói cho phép của vật liệu.

Tình hình bồi lắng phụ thuộc vào hàm lượng cát và đường kính của hạt bùn cát có trong nước. Nếu hàm lượng bùn cát trong kênh nhỏ hơn năng lực vận chuyển bùn cát P thì không xảy ra hiện tượng bồi lắng. Theo viện sĩ E.A. Zamarin, năng lực vận chuyển bùn cát P được tính theo công thức:

$$P = 700 \frac{v}{\omega} \sqrt{\frac{RJv}{\omega}} , \text{ kg/m}^3 ; \quad (16-3)$$

trong đó:

v - lưu tốc trung bình của dòng chảy, m/s ;

R - bán kính thủy lực của kênh, m ;

J - độ dốc thủy lực của kênh;

ω - độ thô thủy lực bình quân của nhóm bùn cát, mm/s : khi $\omega > 2 \text{ mm/s}$ thì $\omega_0 = \omega$;
khi $\omega < 2 \text{ mm/s}$ dùng $\omega_0 = 2 \text{ mm/s}$.

Khi có cỏ mọc trong kênh, độ nhám lòng kênh tăng lên, năng lực vận chuyển nước bị giảm. Để tránh cỏ mọc, lưu tốc trong kênh nên lớn hơn $0,5 \div 0,6 \text{ m/s}$ và chiều sâu nước trong kênh nên lớn hơn $1,5 \div 2 \text{ m}$.

II. Thẩm và biện pháp chống thẩm cho kênh đào và đắp bằng đất

Nước trong kênh bị tổn thất do một phần bị bốc hơi, một phần bị thấm vào đất. Lượng nước tổn thất do bốc hơi nhỏ hơn so với tổn thất do thấm. Lượng nước thấm vào đất của kênh có thể đạt tới 50 ÷ 60% lưu lượng hữu ích qua kênh. Dòng thấm từ kênh vào đất phụ thuộc vào tình hình tầng đất thấm nước mà kênh đi qua như chiều dày tầng thấm, độ sâu mực nước ngầm, hệ số thấm của các lớp đất v.v... Nó cũng còn phụ thuộc cả vào loại kênh có được gia cố hay không gia cố v.v...

Khi kênh nằm trên nền thấm vô hạn và mực nước ngầm nằm rất sâu (hình 16-2a) các đường dòng của dòng thấm càng xuống sâu sẽ càng tiếp cận với đường thẳng đứng, đồng thời càng xuống sâu lưu tốc càng có xu hướng phân bố đều. Độ dốc thấm $J = \frac{h+d}{d}$. Do đó nếu càng xuống sâu thì J cũng tiến gần tới 1 và như vậy $v \approx K$ (K - hệ số thấm của đất). Lưu lượng thấm trên một mét dài của kênh tính theo đề nghị của V.V.Vendenhicôp:

$$q = K \left(b + 2h \frac{K_1}{K_2} \right), \text{ m}^3/\text{s.m}; \quad (16-4)$$

trong đó:

K - hệ số thấm của đất;

K_1, K_2 - hệ số tích phân elliptic loại I;

Trị số $2 \frac{K_1}{K_2}$ tra trên đồ thị hình (16-3a).

Khi kênh nằm trên nền thấm có chiều dày T với hệ số thấm K , ở dưới là tầng thấm nước khác có hệ số thấm $K_1 > K$ (hình 16-2b), lưu lượng q vẫn tính theo công thức (16-4) nhưng hệ số $2 \frac{K_1}{K_2}$ phụ thuộc vào tỷ số $\frac{T}{H}$ và được tra ở đồ thị hình (16-3b).

Đồ thị này dùng cho kênh có mái dốc $m = 1,5$.

Khi kênh ở trên nền thấm có hạn (hình 16-2c) lưu lượng thấm q tính theo công thức:

$$q = K \left(H + 2l - B - \sqrt{(H + 2l + B)^2 - 4(H^2 - h_0^2)} \right); \quad (16-5)$$

trong đó: l và h_0 - tọa độ của một điểm bất kỳ trên đường bão hòa;

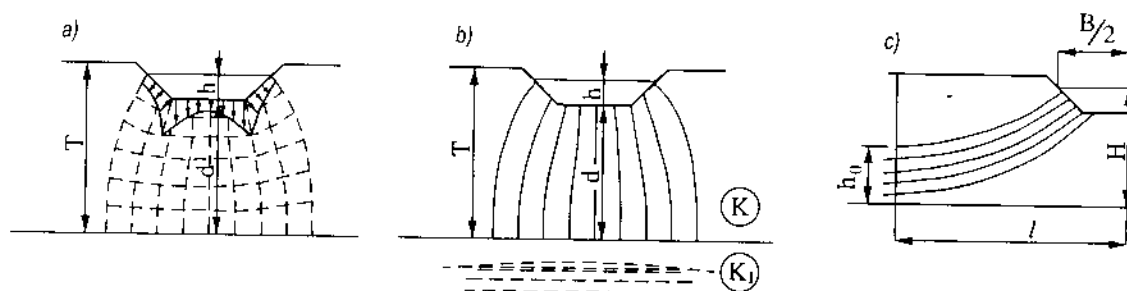
Các ký hiệu khác xem hình vẽ.

Lượng nước tổn thất do thấm qua kênh giảm dần theo thời gian vì có sự lắng đọng của các hạt lơ lửng trong kênh lấp kín các lỗ hổng và tạo nên một màng chống thấm trên mặt lòng kênh. Khi đất lòng kênh có cấp phối không đều và lỗ rỗng không lớn, người ta

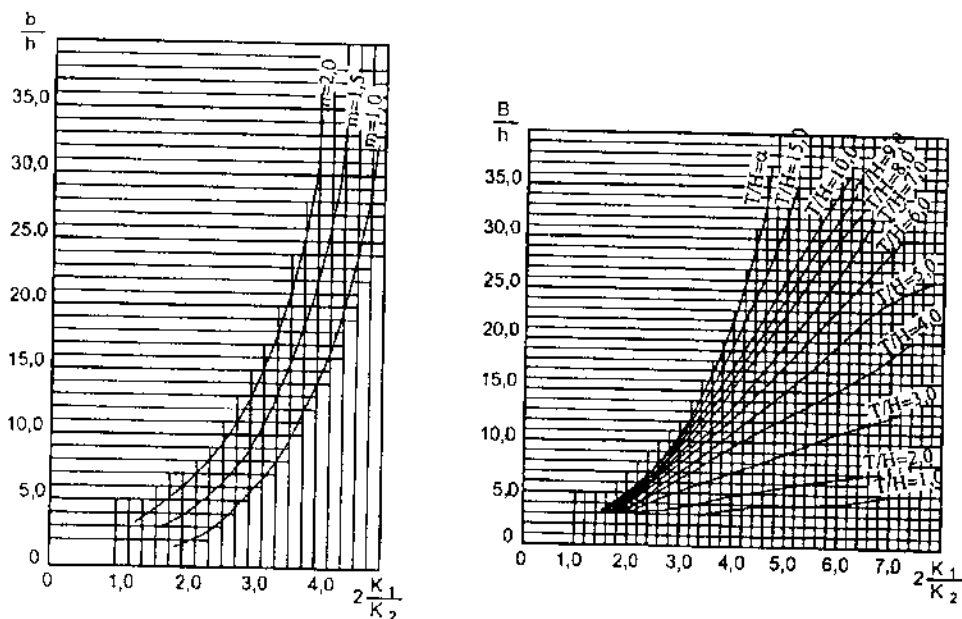
đem đất sét hoà vào trong nước hoặc cho nước đục chứa bùn cát hạt nhỏ chảy qua để có sự lắng đọng lấp đầy khe kẽ.

Cũng có thể tạo màng chống thấm bằng cách phủ một lớp rơm, rạ, cỏ v.v... rồi phía trên đắp một lớp đất bảo vệ dày khoảng $10 \div 15\text{cm}$. Khi lớp hữu cơ đó mục nát, nó làm tăng thêm tính mềm dẻo của đất đồng thời cũng có tác dụng chống thấm tốt. Có khi người ta còn dùng muối ($3 \div 5\text{kg/m}^2$) hoặc dầu hoả ($4 \div 15\text{kg/m}^2$) cho vào đất lòng kênh để tạo màng chống thấm nhưng cách này khá đắt. Ngoài ra, có thể nén chặt đất lòng kênh để tăng cường khả năng chống thấm.

Hiện nay bên cạnh các biện pháp đơn giản như trên, để chống thấm người ta dùng các loại vải chống thấm, màng chống thấm có bột bentonit, hoặc thay thế bằng kênh bê tông, đường ống...



Hình 16-2. Sơ đồ nước thấm từ kênh



Hình 16-3. Đường cong xác định trị số $2 \frac{K_1}{K_2}$

III. Bảo vệ mái kênh

Để chống xói, giảm độ nhám, tăng năng lực chuyển nước và giảm tổn thất cột nước, tăng khả năng chống thấm, tăng ổn định của mái dốc kênh, chống cỏ mọc, chống các động vật phá hoại lòng kênh, phải có các hình thức bảo vệ kênh.

Trồng cỏ: mục đích chủ yếu là chống xói. Loại này dùng khi đất lòng kênh là cát, kênh không lớn, lưu tốc trong kênh nhỏ hơn 1,2m/s.

Lớp bảo vệ bằng đất sét chủ yếu là để chống thấm. Lớp bảo vệ này được cấu tạo ở mặt nghiêng hoặc ở lõi bờ kênh (giống như tường nghiêng, tường tam ở đập đất). Đối với kênh có độ sâu cột nước 1,5 ÷ 2m, mái dốc tương đối xoắn $m = 2 \div 3$ có thể dùng lớp đất sét dày 0,2 ÷ 0,3m bảo vệ dọc theo mái nghiêng và đáy của kênh. Phía ngoài lớp đất sét là lớp bảo vệ dày 0,2 ÷ 0,7m. Đối với kênh nửa đắp nửa đào có thể dùng tường tam.

Lớp bảo vệ bằng đá: có thể dùng đá để bảo vệ mái kênh. Khi dùng đá đổ thì tác dụng chủ yếu là chống xói. Đường kính hòn đá chừng 0,3 ÷ 0,4m. Chiều dày lớp đá 0,3 ÷ 0,6m. Bên dưới có lớp đệm bằng sỏi hoặc cát to dày 15 ÷ 20cm. Hình thức này làm tăng độ nhám, tổn thất ma sát dòng chảy khá nhiều. Có thể làm lớp bảo vệ bằng một hoặc hai lớp đá xây khan dày 15 ÷ 40cm và lớp lót bảo vệ dày 15 ÷ 20cm. Để tăng cường ổn định cho mái, chống xói, chống thấm, làm lớp nhám bên ngoài trát lớp vữa xi măng dày 2 ÷ 3cm.

Bảo vệ mái bằng bê tông và bê tông cốt thép, các tấm bê tông này có thể đổ tại chỗ hoặc đúc sẵn. Khi dùng tấm bê tông đúc tại chỗ, chiều dày của nó khoảng 0,1 ÷ 0,2m và xuống dưới thì chiều dày lớn hơn. Lớp đệm bằng đá dăm, sỏi, dày 0,1 ÷ 0,4m, lớp này còn có tác dụng thoát nước. Khi nước ngấm ở cao thì lớp này càng phải dày. Để phòng chống nứt do nhiệt độ thay đổi và lún không đều theo chiều dài của kênh, cứ khoảng 2 ÷ 5m bố trí khe hở rộng 1 ÷ 2cm và tại đây có thiết bị chống thấm như đồ nhựa đường hay chèn gỗ v.v... Tấm bảo vệ đáy và mái kênh cũng làm tách rời và bố trí thiết bị chống thấm. Khi dùng các tấm bê tông đúc sẵn, hình dạng tấm có thể vuông hoặc hình sáu cạnh, chiều dài mỗi cạnh 40 ÷ 60cm và bên dưới cũng có lớp đệm thoát nước.

Trong trường hợp nhiệt độ thay đổi nhiều hoặc địa chất yếu có thể dùng các tấm bê tông cốt thép. Chiều dày các tấm giảm khoảng 25% so với tấm bê tông. Hàm lượng cốt thép dùng khoảng 2 ÷ 4%, đường kính thép 8 ÷ 12mm. Bố trí thép theo lưới ô vuông cách nhau 20 ÷ 30cm. Bên dưới các tấm này có lớp đệm.

Ngoài ra, có thể bảo vệ mái bằng bê tông nhựa đường (hỗn hợp nhựa đường, cát và đá dăm), đặt trên lớp đệm dày 5 ÷ 8cm. Loại này có ưu điểm là dễ biến dạng và chống thấm tốt.

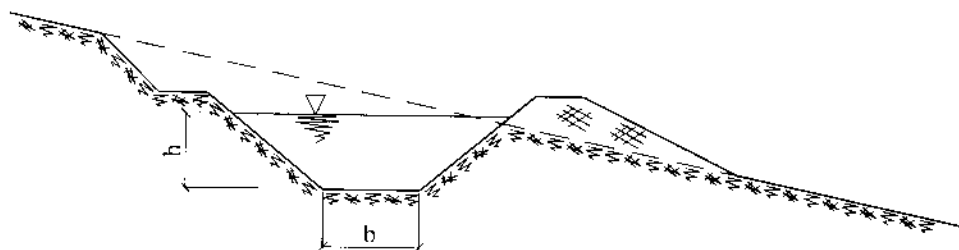
IV. Chọn tuyến kênh

Chọn tuyến kênh là một vấn đề quan trọng trong thiết kế kênh. Căn cứ vào công dụng của kênh, lưu lượng dẫn, tốc độ chảy kết hợp với các điều kiện địa hình, địa chất, thi công và khối lượng đất đào và đất đắp v.v... mà quyết định.

Điều kiện địa hình có ảnh hưởng nhiều đến khối lượng đào đắp. Trong khi xác định tuyến kênh nên cố gắng đảm bảo sao cho khối lượng từng mặt cắt hoặc từng đoạn đất đào, đất đắp gần bằng nhau, hoặc nếu không thì khối lượng đào nên nhiều hơn, vì cùng yêu cầu chất lượng như nhau, đối với phân đắp giá thành thường đắt hơn, thi công phức tạp hơn..

Ở vùng đồng bằng, nên cố gắng chọn tuyến kênh thẳng, đất đào lên được sử dụng đắp ngay tại chỗ. Địa hình của tuyến đi qua phải đáp ứng được các yêu cầu sử dụng. Thí dụ kênh tưới bố trí ở chỗ cao để đảm bảo tưới tự chảy, kênh tiêu chỗ thấp để dễ tập trung nước.

Ở vùng núi, để khối lượng đào đắp xấp xỉ nhau nên đặt tuyến kênh theo đường đồng mức, đất đào được sử dụng đắp ở một bên (hình 16-4). Vì tuyến kênh đi men theo đường đồng mức nên có nhiều đoạn cong, kênh sẽ dài, khối lượng tăng, do đó cần phải so sánh chọn phương án thích hợp.



Hình 16-4. Mặt cắt kênh khi đi ven sườn dốc

Về mặt địa chất, tuyến kênh không nên chọn qua vùng đá, vì khó đào. Cũng không nên qua vùng đất trượt, đất thấm nước nhiều. Cần tránh đường giao thông, các sông ngòi để giảm các công trình phụ tại chỗ giao nhau. Trong những trường hợp phải chuyển nước qua những vùng địa chất xấu, nếu làm kênh đất thì không có lợi. Khi đó nên chọn tuyến ngắn nhất và sử dụng biện pháp kênh máng hoặc đường ống.

Về mặt thi công, phải chú ý sao cho việc cơ giới, tổ chức thi công, lấy đất đắp hoặc đổ đất đào dễ dàng, vận chuyển vật liệu tới xây dựng các công trình trên kênh tiện lợi.

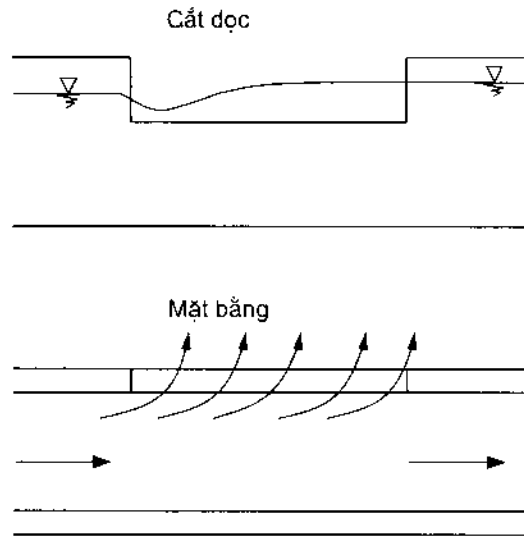
Kênh kết hợp giao thông thủy, tuyến không nên quá cong, thường bán kính cong $R \geq 5L$ (L là chiều dài của thuyền) để đảm bảo thuyền qua lại được dễ dàng.

Tóm lại, việc chọn tuyến kênh cần phải cân nhắc phân tích tổng hợp để có thể thỏa mãn đầy đủ các mặt kinh tế và kỹ thuật.

V. Một số biện pháp công trình bảo vệ kênh

1. Tràn bên bờ kênh

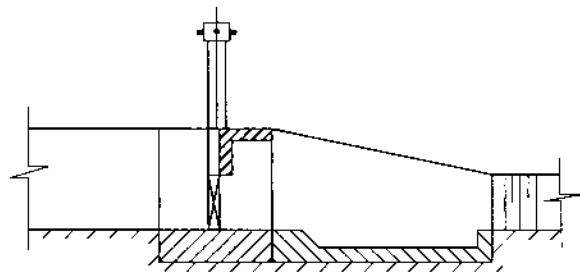
Trong quá trình vận hành, kênh có thể bị tràn bờ. Các nguyên nhân làm cho kênh tràn bờ là do các cống lấy nước đầu kênh hoặc các cống điều tiết mực nước trên kênh làm việc không đúng quy trình. Những kênh đi qua sườn dốc, lượng nước mưa tràn vào kênh quá nhiều cũng gây ra hiện tượng nước trong kênh tràn qua bờ. Các hiện tượng tràn này ảnh hưởng đến an toàn bờ kênh, nhiều khi gây ra sự cố ảnh hưởng đến sự làm việc bình thường của hệ thống. Để bảo vệ an toàn cho kênh ở những đoạn đầu kênh sau cống lấy nước, trước cống điều tiết trên kênh, ở đoạn kênh đi qua sườn dốc có nước mưa tập trung vào kênh, ở đó cần bố trí các tràn bên. Tràn bên là một đoạn bờ kênh được hạ thấp như hình 16-5. Các đoạn bờ kênh đất cho nước tràn qua cần được bảo vệ để dòng chảy không gây xói lở bờ.



Hình 16-5. Sơ đồ tràn bên

2. Cống tháo cuối kênh

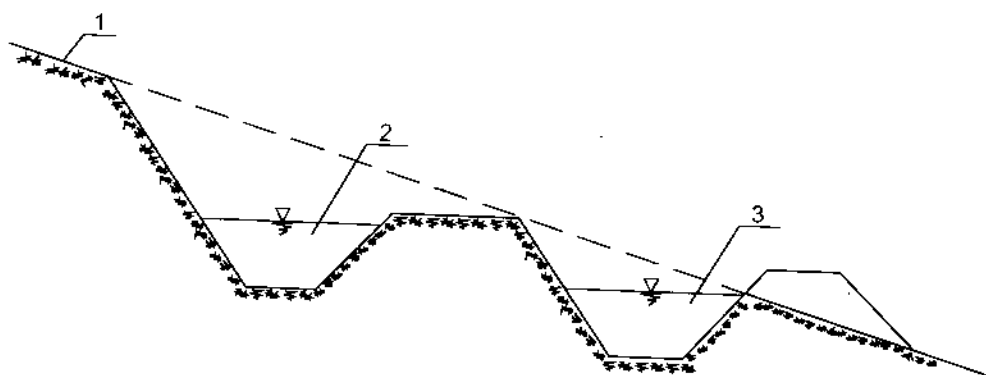
Cuối kênh thường bố trí các cống ngầm hoặc cống hở (xem hình 16-6). Các cống này dùng để tháo cạn kênh khi cần thiết hoặc dùng để tháo lượng bùn cát lắng đọng ở đoạn cuối kênh. Nó cũng có thể được dùng để tháo bớt lượng nước thừa khi kênh bị quá tải.



Hình 16-6. Sơ đồ bố trí cống tháo cuối kênh

3. Kênh tiêu sườn dốc

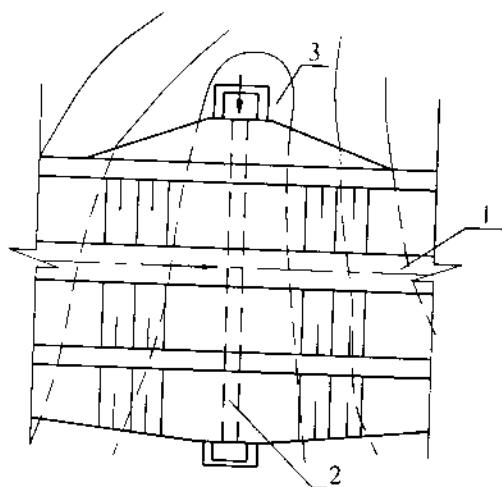
Các tuyến kênh đi qua sườn dốc và mùa mưa thường bị sạt lở hoặc kênh bị lấp đầy bùn cát. Để bảo vệ kênh dọc theo tuyến kênh cần xây dựng các kênh tiêu nước sườn dốc như hình 16-7. Nước từ các sườn dốc tập trung vào các kênh này chảy về những nơi trũng. Tại đó dùng cống luân hoặc tràn băng để tiêu qua kênh.



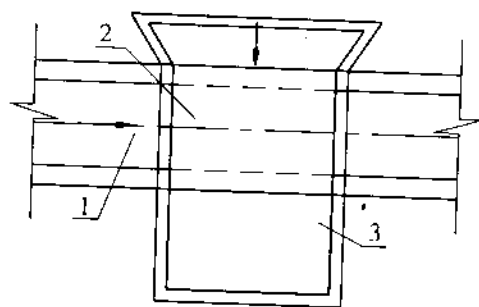
Hình 16-7. Sơ đồ bố trí kênh tiêu sườn dốc
1. Sườn dốc; 2. Kênh tiêu; 3. Kênh dẫn

4. Cống luồn

Kênh đi qua nơi tụ thủy ở sườn đồi, về mùa mưa nước từ sườn dốc, từ các kênh tiêu đổ về do có kênh chắn lại không tiêu thoát được. Ở những nơi này cần xây dựng các cống luồn làm nhiệm vụ tiêu lượng nước tập trung này để bảo vệ kênh. Giải pháp này thường được sử dụng khi cao độ đáy kênh cao hơn cao độ thấp nhất của nơi trũng.



Hình 16-8. Sơ đồ bố trí cống luồn
1. Kênh dẫn nước; 2. Cống luồn;
3. Nơi tập trung nước



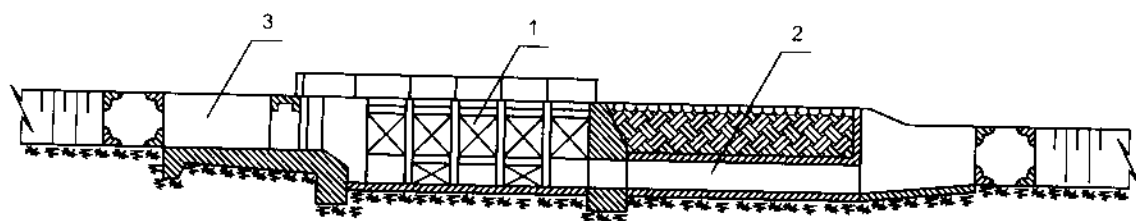
Hình 16-9. Sơ đồ bố trí tràn băng
1. Kênh dẫn; 2. Tràn băng;
3. Tiêu năng sau tràn

5. Tràn băng

Khi các kênh đào đi qua nơi tụ thủy ở sườn đồi có cao trình đáy kênh thấp hơn cao độ thấp nhất của nơi tập trung nước thì không nên xây dựng cống luồn tiêu nước mà nên xây dựng tràn băng. Tràn băng được xây dựng bằng bê tông cốt thép tạo thành máng dẫn nước vượt qua kênh để tiêu nước mưa từ sườn dốc tập trung về để bảo vệ kênh (xem hình 16-9).

§16.3. CỐNG

Trên các hệ thống nông giang, cống dùng để dâng nước, điều tiết lưu lượng, phân nước từ kênh chính vào kênh nhánh hoặc tháo nước. Cống cũng còn có tác dụng chuyển nước khi kênh gặp đường giao thông hoặc kênh khác. Về hình thức cống trên kênh cũng có cống lộ thiên, cống ngầm. Hình 16-10 là một nút công trình, gồm có cống điều tiết trên kênh chính và lấy nước dùng cả hai phía, một bên là cống lộ thiên, một bên là cống ngầm.



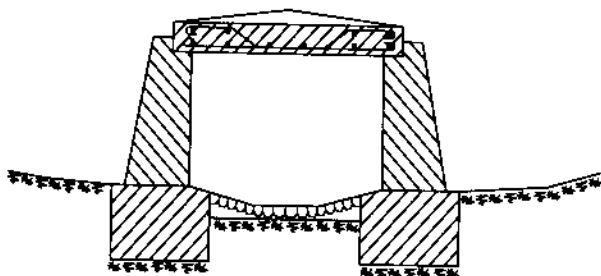
Hình 16-10. Cống trên kênh dẫn nước

1. Cống điều tiết; 2, 3. Cống lấy nước

Về nguyên lý tính toán thiết kế cống lộ thiên đã trình bày ở chương 14. Đối với cống ngầm, chương 15 đã trình bày phương pháp tính toán thủy lực và kết cấu cho loại cống có mặt cắt hình tròn và hình hộp.

Trong thực tế xây dựng các cống trên kênh, ngoài các loại thân cống hình tròn, hình hộp, còn sử dụng cống vòm, cống có tấm nắp.

Cống có tấm nắp (hình 16-11) gồm có tường chắn hai bên, bản đáy (liên hoặc tách rời với tường) và nắp đáy ở phía trên. Tường và bản đáy thường xây bằng gạch đá, bê tông. Tấm nắp có thể bằng đá phiến (nhịp nhỏ), bằng bê tông, hoặc bê tông cốt thép. Loại này thích hợp với cống không áp.



Hình 16-11. Cống ngầm kiểu có tấm nắp

Tấm nắp kê vào tường một khoảng bằng $(1 \div 1,5)t$ (t là chiều dày tấm nắp) và không nhỏ hơn $10 \div 20\text{cm}$. Tại chỗ kê thường đặt tấm đệm bằng bao tải tấm nhựa đường. Nếu tường xây bằng gạch hoặc đá còn đổ một lớp bê tông để tăng độ bền tại chỗ tựa.

Tấm nắp chịu tác dụng của các lực thẳng đứng như trọng lượng bản thân, trọng lượng đất đắp v.v...

Nếu tấm nắp làm bằng đá phiến hoặc bê tông thì chiều dày t chọn theo trị số lớn nhất từ các điều kiện sau:

Theo yêu cầu chịu uốn:

$$t = \sqrt{\frac{6KM}{b[\sigma_u]}}; \quad (16-6)$$

Theo yêu cầu chịu cắt:

$$t = \frac{3}{2} \frac{Q}{b[\sigma_c]}; \quad (16-7)$$

trong đó:

M - mô men uốn lớn nhất tác dụng lên tấm;

Q - lực cắt lớn nhất tại gối;

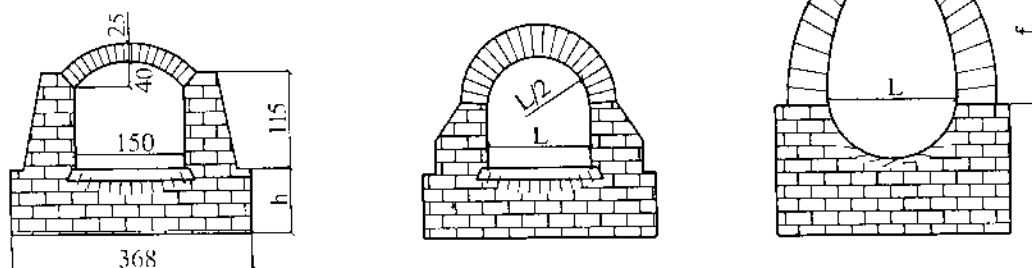
K - hệ số an toàn, lấy bằng 1.8;

b - chiều rộng của tấm;

$[\sigma_u]$ và $[\sigma_c]$ - ứng suất cho phép chịu kéo uốn và chịu cắt của vật liệu làm tấm.

Nếu tấm nắp làm bằng bê tông cốt thép thì căn cứ vào mômen uốn lớn nhất để tính cốt thép. Khi đặt cốt thép, cần uốn thép ở hai đầu lên để chịu cắt và để phòng chịu mômen âm ở gối tựa.

Tường bên được tính theo nguyên tắc tường chắn đất. Bàn đáy được tính theo phương pháp dầm trên nền đàn hồi hoặc theo phương pháp dầm đảo ngược.



Hình 16-12. Cổng ngầm kiểu vòm

Cổng ngầm kiểu vòm (hình 16-12) có thể dùng trong trường hợp khẩu độ tương đối lớn. Vòm nói chung hình tròn hoặc parabol. Khi góc trung tâm của vòm lớn, lực đẩy hai bên tường chịu tương đối nhỏ, nhưng trong vòm dễ sinh ứng suất kéo. Cổng vòm kiểu hình elíp (hình 16-12c), tình hình chịu lực tốt. Vòm xây bằng gạch, đá, cũng có khi bằng bê tông hoặc bê tông cốt thép.

Phương pháp thông thường để tính toán vòm là dùng đa giác lực xác định đường áp lực trong vòm. Nếu đường áp lực vẽ ra đều nằm trong đoạn 1/3 ở giữa các mặt cắt vòm

thì hình dạng vòm đã chọn là thích hợp. Trong trường hợp này tại tất cả các mặt cắt vòm chỉ chịu ứng suất nén.

Chiều dày đỉnh vòm t_0 lúc đầu sơ bộ có thể lấy theo công thức kinh nghiệm:

$$t_0 = 0,138 \sqrt{R_{\max} + \frac{1}{2}L + 0,06} ; \quad (16-8)$$

hay: $t_0 = (0,3 \div 0,035)L + 0,02Z ; \quad (16-9)$

Chiều dày chân vòm có thể tính:

$$t_1 = (1,5 \div 2,5)t_0 ; \quad (16-10)$$

Đối với vòm tròn tương đối lớn, cũng có thể tính chiều dày vòm ở mặt cắt bất kỳ theo công thức:

$$t = \frac{t_0}{\cos \theta} ; \quad (16-11)$$

trong đó:

$R_{\max}$ - bán kính lớn nhất của vòm, m;

L - nhịp vòm, m;

Z - chiều dày tầng đất đắp trên đỉnh vòm, m;

θ - góc tạo bởi mặt cắt tính toán và mặt cắt đỉnh vòm.

§16.4. CẦU MÁNG

I. Khái niệm

Trong những trường hợp kênh dẫn phải vượt qua thung lũng, sông suối... có thể dùng cầu máng để đảm bảo việc dẫn nước trong kênh (hình 16-13). Có trường hợp kênh dẫn đi qua vùng đất thấm nước nhiều hoặc kênh dẫn đi theo sườn dốc, người ta có thể dùng kênh xây hoặc máng dẫn nước.

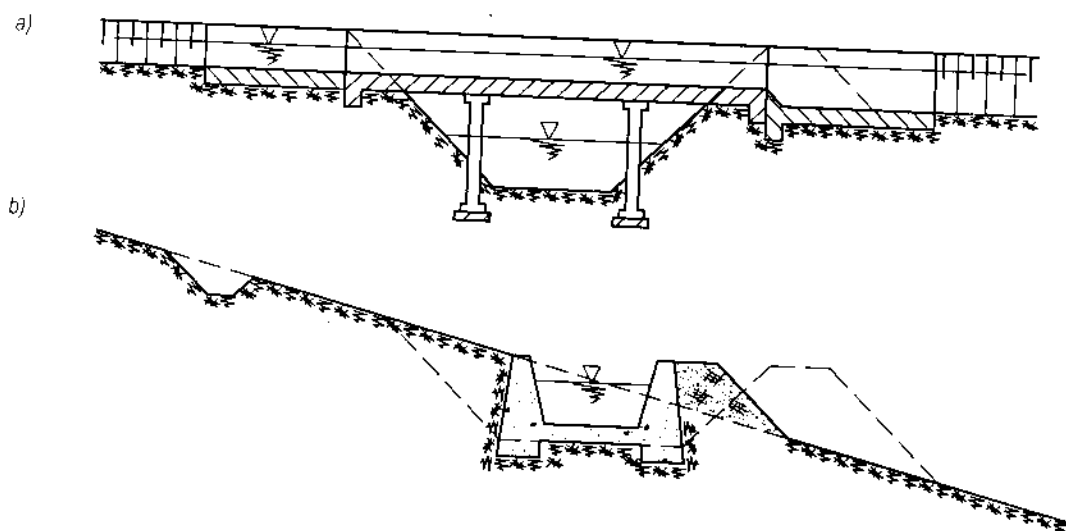
Cầu máng có ưu điểm là bảo đảm tốt các yêu cầu thủy lực, do đó tổn thất cột nước qua công trình khá nhỏ. Việc xây dựng, quản lý tương đối dễ dàng, thuận lợi, nhưng khi phải vượt qua thung lũng sâu, sông suối có mực nước dao động lớn, đất mềm yếu thì việc xây dựng cầu máng có nhiều khó khăn và thường tốn kém.

Cầu máng có các bộ phận chính: cửa vào, cửa ra, thân máng và giá đỡ (hình 16-13a).

1. Cửa vào và cửa ra của cầu máng là đoạn nối tiếp thân máng với kênh dẫn nước thượng, hạ lưu, có tác dụng làm cho dòng chảy vào máng thuận, giảm bớt tổn thất do thu hẹp gây ra và dòng nước ở máng chảy ra không làm xói lở bờ và đáy kênh.

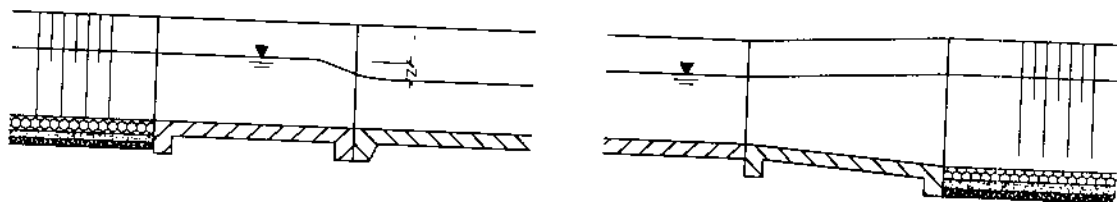
Tường cánh của cửa vào và cửa ra thường làm theo hai kiểu: kiểu lượn cong và kiểu mở rộng hoặc thu hẹp dần. Cửa lượn cong nước chảy vào, chảy ra thuận, nhưng khi thi

công khó khăn hơn. Góc mở rộng của tường cánh có ảnh hưởng đến dòng chảy vào và ra khỏi máng. Thường lấy tỷ số giữa chiều rộng và chiều dài là $\frac{1}{4} \div \frac{1}{3}$. Sơ bộ chiều dài đoạn cửa vào, cửa ra lấy bằng 4 lần cột nước trong kênh. Sân phòng thấm thường làm bằng đất sét, ở trên có lát đá để phòng xói (hình 16-14). cũng có khi ở dưới nền cửa vào, cửa ra làm chân khay hoặc đóng ván cừ.



Hình 16-13. a) Cầu máng chuyển nước; b) Kênh xây có vai trò như cầu máng

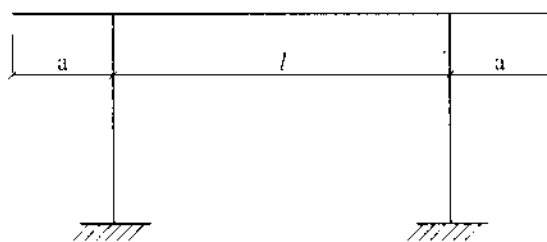
2. Thân máng làm nhiệm vụ chuyển nước, mặt cắt ngang dạng chữ nhật, bán nguyệt, parabol hoặc chữ U..., có cấu tạo kín hoặc hở. Vật liệu được dùng để xây dựng máng có thể là gỗ, gạch đá xây, bê tông cốt thép hoặc xi măng lưới thép. Tiết diện máng phải đủ chuyển nước, độ nhám nhỏ tránh tổn thất đầu nước, vật liệu thân máng phải bền và ít thấm nước.



Hình 16-14. Cửa vào, cửa ra của cầu máng

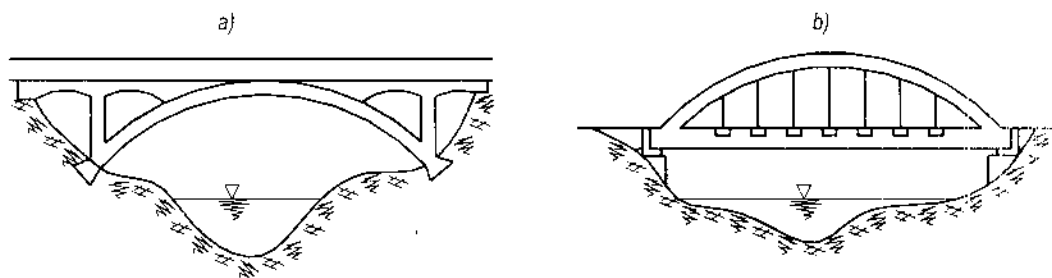
3. Cầu máng dựa vào giá đỡ theo nhiều hình thức, tùy theo tình hình cụ thể mà lựa chọn. Có thể chỉ kê hai đầu vào bờ theo hình thức gối tự do. Nếu cầu máng dài có thể đặt trên giá đỡ theo hình thức dầm liên tục hoặc dầm công xon kép. Loại có dầm công xon kép (hình 16-14) khi chọn chiều dài của nhịp l và chiều dài của mút thừa a theo quan hệ $l = 2,7a$ thì giá trị mômen âm và dương lớn nhất xảy ra trong dầm sẽ bằng nhau, tiện cho

việc bố trí cốt thép. Máng có thể đặt trực tiếp trên giá đỡ (hình 16-16a) hoặc trên hệ thống dầm dọc (hình 16-16b).



Hình 16-15. Sơ đồ bố trí giá đỡ kiểu công xon kép

Trường hợp cầu máng vượt qua lòng sông sâu và không rộng, nước chảy lại khá xiết, nếu hai bờ tốt, vẫn có thể dùng hình thức dầm liên tục và các giá đỡ tựa trên một vòng vòm (hình 16-16a). Trường hợp địa chất hai bên bờ yếu, dùng hình thức vòm treo (hình 16-16b) để giảm lực truyền cho hai bờ. Lúc đó thành máng chịu kéo theo phương đứng.



Hình 16-16. Giá đỡ cầu máng kiểu vòm và kiểu vòm treo

II. Tính toán thủy lực

Dòng chảy ở các cửa vào máng như ở đập tràn đỉnh rộng chảy ngập, do đó lưu lượng qua máng được tính theo công thức sau:

$$Q = \varepsilon \varphi b h \sqrt{2gz_0} ; \quad (16-12)$$

trong đó:

ε - là hệ số co hẹp, $\varepsilon = 0,85 \div 0,90$;

φ - hệ số lưu tốc, $\varphi = 0,85 \div 0,90$;

h - cột nước trong máng;

b - chiều rộng của máng, m;

$$z_0 = z + \frac{v_0^2}{2g} ;$$

z - chênh lệch cột nước trước máng và trong máng: $z = H - h$, thường $z = 0,05 \div 0,15m$;

H - cột nước trước máng;

v_0 - vận tốc trước cửa vào.

Dòng chảy trong máng được xem như dòng chảy đều, do đó độ dốc đáy máng được tính từ công thức sau:

$$i = \frac{Q^2}{C^2 \omega^2 R} ; \quad (16-13)$$

trong đó:

C - hệ số Sêđi;

ω - diện tích mặt cắt ướt của máng;

R - bán kính thủy lực.

Thông thường chọn độ dốc đáy máng $i = \frac{1}{1200} \div \frac{1}{500}$.

Nếu hình thức cửa ra của cầu máng cũng như cửa vào thì mực nước trong kênh hạ lưu sẽ cao hơn mực nước trong máng một độ cao z' . Do có độ hồi phục z' này nên khi có gió thổi ngược chiều sẽ làm cho nước trong máng dâng cao. Vì vậy khi quyết định chiều cao của thành máng phải chú ý đến hiện tượng này...

Để đảm bảo dòng chảy ở cửa vào, cửa ra và trong máng như đã nêu trên, việc tính toán thủy lực cầu máng có thể tiến hành theo các bước sau:

- Điều kiện khống chế: biết Q, độ sâu nước thượng hạ lưu H, độ dốc máng i (do khống chế đáy kênh thượng hạ lưu và chiều dài máng), cao trình đáy máng sau cửa vào bằng đáy kênh thượng lưu.

- Giả thiết bề rộng máng b:

+ Theo công thức dòng đều trong máng:

$$Q = \omega c \sqrt{Ri} ; \quad (16-14)$$

tính được độ sâu trong máng h.

+ Xác định chênh lệch cột nước tại cửa vào máng:

$$z = H - h ; \quad (16-15)$$

+ Kiểm tra khả năng nước vào máng:

$$Q_1 = \varepsilon \phi b h \sqrt{2gz} ; \quad (16-16)$$

+ Nếu $Q_1 \approx Q$ (sai số trong phạm vi cho phép) thì b giả thiết là phù hợp. Nếu ngược lại phải giả thiết lại b cho đến khi đạt được điều kiện nêu trên.

- Tính độ hạ thấp ở cửa ra. Để tránh hiện tượng hồi phục tạo ra độ dâng cao mực nước z' , ở phần nối tiếp với cửa ra cần hạ thấp so với đáy máng một đoạn P_3 (hình 16-17):

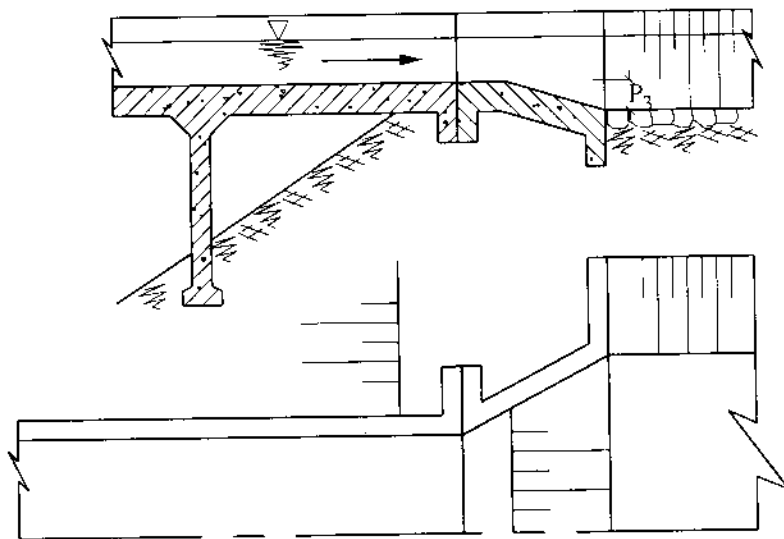
$$P_3 = h_h - (h + z') ; \quad (16-17)$$

trong đó:

h_h - độ sâu nước ở kênh hạ lưu;

h - độ sâu nước ở trong máng;

z' - độ hồi phục có thể lấy theo bảng 16-2.



Hình 16-17. Bố trí hạ thấp cửa ra của máng

Bảng 16-2. Quan hệ giữa tổn thất cửa vào và độ hồi phục z'

z	0,05	0,1	0,19	0,20	0,25
z'	0	0,03	0,05	0,07	0,09

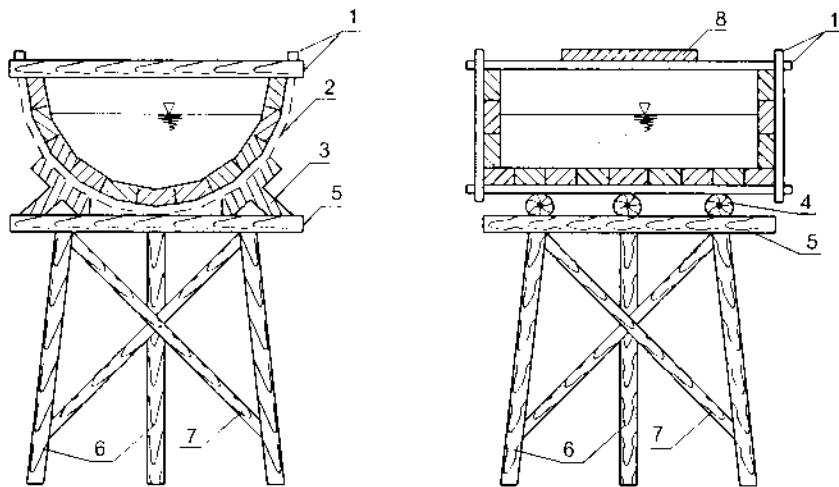
III. Cấu tạo

1. Cầu máng gỗ

Cầu máng gỗ thi công tương đối đơn giản, nhẹ. Ở những vùng sản gỗ thì giá thành hạ. Nó có nhược điểm dễ thấm nước, thời gian sử dụng không lâu.

Bộ phận cửa vào và ra của cầu máng loại này cũng như các loại cầu máng khác, đều có tường hướng nước để dòng chảy vào và ra được thuận. Tường xây dựng bằng gạch, đá.

Mặt cắt ngang của cầu máng thường có dạng hình bán nguyệt, hình chữ nhật (hình 16-18).

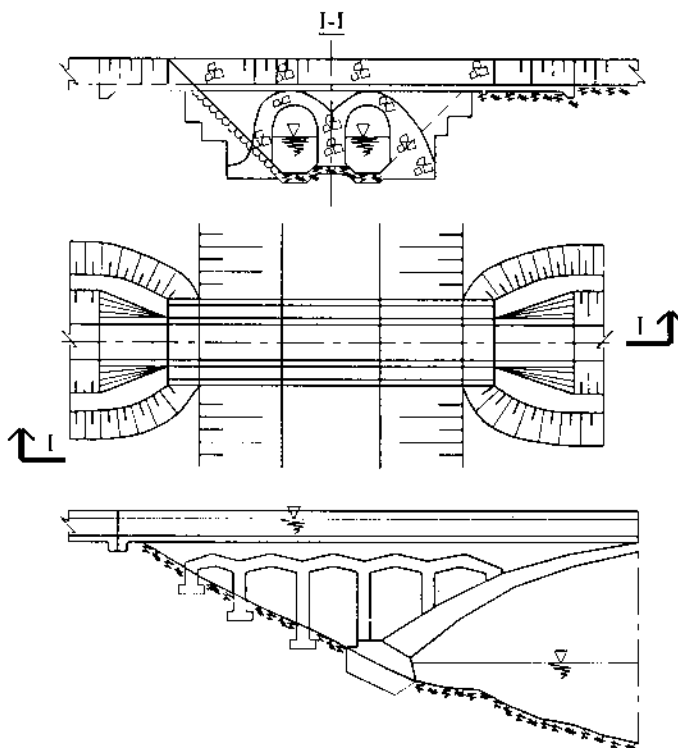


Hình 16-18. Cầu máng gỗ

1. Khung nẹp; 2. Ván gỗ thành máng; 3. Khung chống; 4. Dầm dọc;
5. Thanh gỗ đỉnh; 6. Cột đứng; 7. Thanh giằng chéo; 8. Cầu người đi.

2. Cầu máng bằng gạch đá xây

Loại này có thể sử dụng vật liệu địa phương. Mặt cắt ngang thân máng thường là hình chữ nhật. Bộ phận đỡ cầu máng có thể làm theo hình thức vòm (hình 16-22). Phần lớn loại này làm cho các cầu máng vừa và nhỏ. Nếu cầu máng dài thì kết cấu phức tạp hơn.



Hình 16-19. Cầu máng gạch đá có giá đỡ kiểu vòm

Chiều rộng của máng thông qua tính toán thủy lực. Chiều cao thành máng phải cao hơn mực nước lớn nhất chảy trong máng một độ cao an toàn σ , σ xác định theo công thức kinh nghiệm:

$$\sigma = \frac{h}{12} + 15; \quad (16-18)$$

trong đó: h - chiều sâu nước chảy trong máng.

Cầu máng được kiểm tra an toàn về mặt kết cấu trong hai trường hợp: Trường hợp máng không có nước, áp lực gió tác dụng lớn và trường hợp mực nước trong máng lớn nhất.

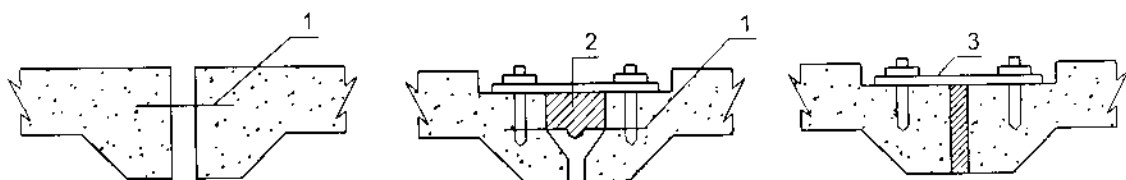
Về nguyên tắc tính toán, đối với thành máng xem như một công xon có đầu ngàm ngang với đáy máng. Bản đáy xem như dầm hai đầu ngàm vào vách máng. Thành và đáy chịu tác dụng của áp lực nước và trọng lượng bản thân. Khi tính toán lấy một đơn vị dài để xét. Đối với giá đỡ tính toán theo nguyên tắc chịu lực của vòm.

3. Cầu máng bê tông cốt thép

Cầu máng bê tông cốt thép thường có mặt cắt ngang là hình chữ nhật. Thân máng đặt trên hệ thống giá đỡ theo hình thức dầm liên tục, dầm công xon kép hay dầm treo. Khi tính toán kết cấu thân máng, theo phương ngang chọn sơ đồ như đối với cầu máng gạch đá để tìm nội lực và từ đó tính toán cốt thép. Theo phương dọc tùy theo tình hình liên kết với giá đỡ mà chọn sơ đồ tính toán như dầm đơn, dầm liên tục hay dầm hai đầu mút thừa v.v... để tính toán nội lực và bố trí cốt thép.

Giá đỡ thường dùng kiểu khung cứng. Ngoài việc tính toán đảm bảo kích thước các thanh trong khung cho hợp lý, còn cần chọn kích thước của giá đỡ sao cho ứng suất sinh ra dưới nền phân bố tương đối đều và không vượt quá sức chịu tải của nền.

Tại những chỗ cầu máng bị phân đoạn như trong cầu máng có giá đỡ kiểu công xon kép hoặc tại các khe lún dọc thân máng cần có thiết bị chống thấm nước (hình 16-20).



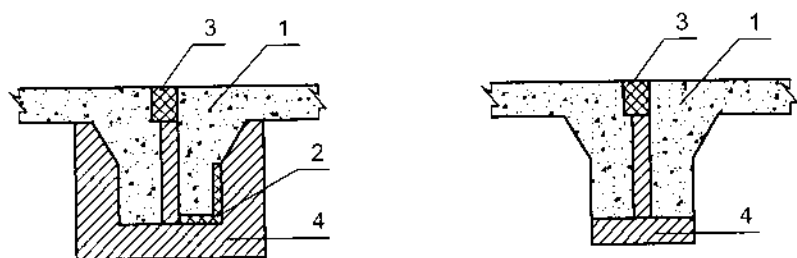
Hình 16-20. Thiết bị chắn nước tại khe nối các đoạn máng

1. Tấm kim loại; 2. Nhựa đường; 3. Cao su

Hình (16-20a) là kiểu chắn nước bằng tấm kim loại. Trước khi đổ bê tông cần bôi mỡ sáp vào một đầu để khỏi gắn chặt với bê tông mới đổ. Kiểu chắn nước này đơn giản nhưng dễ hỏng và khó chữa. Hình 16-20b là kiểu chắn nước dùng nhựa đường. Tấm kim loại ở dưới để giữ không bị xói đi. Để cho tấm kim loại này có thể xô dịch tự do, lỗ đỉnh tán làm theo hình ô van có trục dài theo chiều dòng chảy.

Hình 16-20c là kiểu chân nước đặt tấm cao su hay bao tải tấm nhựa đường trong khe. Ở mặt trên còn có tấm cao su để tăng cường chống thấm. Loại này đơn giản nhưng không bền.

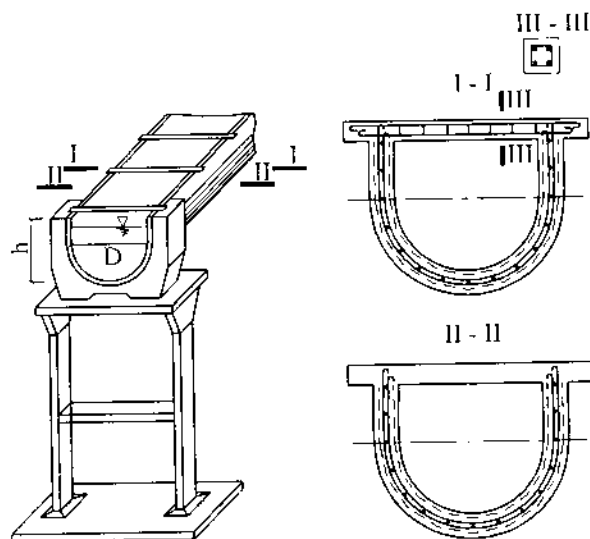
Thân máng gác vào bờ cần có độ dài $2 \div 5\text{m}$, chỗ nối thân máng với bộ phận cửa vào, cửa ra, cửa ra cũng cần có thiết bị chống thấm để đảm bảo không cho nước rò rỉ (hình 16-21).



Hình 16-21. Chống thấm giữa thân máng với bộ phận cửa vào, cửa ra
1. Thân máng; 2. Bao tải tấm nhựa đường; 3. Vữa xi măng trát; 4. Bê tông lót.

4. Cầu máng bằng vật liệu xi măng lưới thép

Loại máng này có ưu điểm rất nhẹ vì chiều dày của thân máng chỉ khoảng $1 \div 3\text{cm}$. Qua một số tài liệu tổng kết của nước ngoài, dùng loại này so với loại cầu máng bê tông cốt thép, khối lượng xi măng giảm được $55 \div 80\%$, lượng thép giảm được $40 \div 87\%$, tổng giá thành chế tạo giảm được $55 \div 70\%$. Vì nhẹ, do đó có thể chế tạo sẵn và xây dựng theo phương pháp lắp ghép, chất lượng thi công tốt, tốc độ thi công nhanh. Về mặt chế tạo loại này khá phức tạp, đòi hỏi khẩn trương liên tục. Nếu khắc phục được nhược điểm này thì cầu máng vỏ mỏng có nhiều ưu điểm nổi bật. Chính vì vậy hiện nay trong và ngoài nước đang áp dụng rộng rãi hình thức này.



Hình 16-22. Sơ đồ cầu máng vỏ mỏng

Mặt cắt ngang thân máng có thể là hình bán nguyệt, parabol hay chữ U. Trong đó loại chữ U được dùng phổ biến hơn cả, vì điều kiện thủy lực tương đối tốt, khả năng chịu lực tốt hơn và có thể dùng khi nhịp khá lớn.

Hình (16-22) biểu thị một cầu máng vỏ mỏng tiết diện chữ U. Phần bên dưới là một nửa vòng tròn có đường kính D. Thành bên thẳng đứng có chiều cao h thường chọn bằng $(0,1 \div 0,3)D$. Nói chung chiều cao của máng h nên chọn sao cho $\frac{h}{D} < 1$ để giảm biến

dạng ngang. Độ vượt cao an toàn so với mặt nước chảy trong máng bằng $(0,1 \div 0,5)D$. Để tăng cường độ cứng, chống biến dạng ngang của máng thường dọc theo máng cứ cách nhau khoảng 1m bố trí thanh giằng ngang. Các thanh này thường chọn kích thước $6 \times 6 \div 8 \times 8$ cm nối liền với thân máng và cùng một thứ vật liệu như thân máng.

Thân máng bằng vữa xi măng, trong bố trí lưới thép và thép chịu lực. Xi măng dùng để chế tạo máng là loại xi măng Pooclang hoặc xi măng Puzolan số hiệu 500. Cát pha trộn là loại cát vàng, đường kính hạt $d = 0,35 \div 0,4$ mm được rửa sạch.

Trước đây máng được chế tạo bằng thủ công: dựng cốt thép sau đó dùng bay trát vữa xi măng từ hai phía. Công nghệ này đơn giản nhưng năng suất không cao, chất lượng không đều.

Hiện nay người ta dùng công nghệ phun hoặc công nghệ rung trong khuôn ngửa hoặc úp. Các công nghệ này cho phép sản xuất hàng loạt đảm bảo chất lượng đồng đều theo tiêu chuẩn thiết kế. Trường Đại học Thủy lợi đã có nhiều đóng góp trong việc nghiên cứu ứng dụng và phát triển công nghệ rung.

Hiện nay ở nước ta, bằng công nghệ tiên tiến đã xây dựng được nhiều kênh máng có quy mô lớn như kênh máng Củ Chi (thành phố Hồ Chí Minh), Đaklô (Lâm Đồng), Cam Ranh thượng (Khánh Hòa) v.v...

Cấu tạo thân máng như hình (16-22b). Ở ngoài cùng là lớp vữa xi măng bảo vệ dày khoảng $2 \div 3$ mm, tiếp đến lớp lưới thép, dùng loại thép $\phi = 0,5 \div 1,2$ mm đan lồng một. Kích thước ô lưới 6×6 ; 8×8 hoặc 10×10 mm. Lớp lưới thép này có thể là một, hai hoặc ba lượt chồng lên nhau. Tiếp đến là lớp thép chịu lực bố trí theo hướng dọc. Bố trí thép ở dưới trục trung hoà mau hơn ở trên. Rồi đến lớp thép chịu lực hướng ngang và bên trong lại là lớp lưới thép và trong cùng là lớp bảo vệ bằng vữa xi măng.

Ở đây lưới thép cũng tham gia chịu lực, do đó số lượng lớp lưới, loại lưới, khoảng cách giữa các thanh thép chịu lực theo cả hai hướng và đường kính thanh thép chọn thế nào là dựa vào điều kiện đảm bảo cho thân máng làm việc an toàn và không sinh vết nứt ở mặt trong.

Ở các thanh giằng thường bố trí thanh thép chịu kéo. Ngoài ra, tại các vị trí có thanh giằng bố trí thêm một thanh thép tạo hình cũng tham gia chịu lực và tăng cường độ cứng chống biến dạng ngang của máng (hình 16-22c).

Máng đặt trên giá đỡ cũng có thể theo hình thức dầm đơn, dầm liên tục. Song thường là loại dầm đơn vì cấu tạo đơn giản và thi công lắp ráp dễ dàng.

Hình (16-22) biểu thị cầu máng đặt trên giá đỡ có khung cứng kiểu dầm đơn. Gối đỡ làm bằng bê tông có chiều dày dọc theo máng 40 ÷ 60cm và tại đây có đặt bao tải tấm nhựa đường vòng theo xung quanh thành máng.

Về mặt kết cấu, tính toán chính xác phải tính như một kết cấu không gian vỏ mỏng của loại vỏ hình trụ. Trong thực tế tính toán người ta xét tỷ số giữa chiều dài L của nhịp và chiều rộng D của máng. Nếu $\frac{L}{D} < 3$ là máng ngắn được tính theo lý thuyết vỏ. Nếu

$\frac{L}{D} > 3$ là máng dài được tính theo lý thuyết dầm.

Trong thực tế tính toán thường gặp loại máng dài. Đối với loại máng này việc tính toán thường được tiến hành theo trình tự sau:

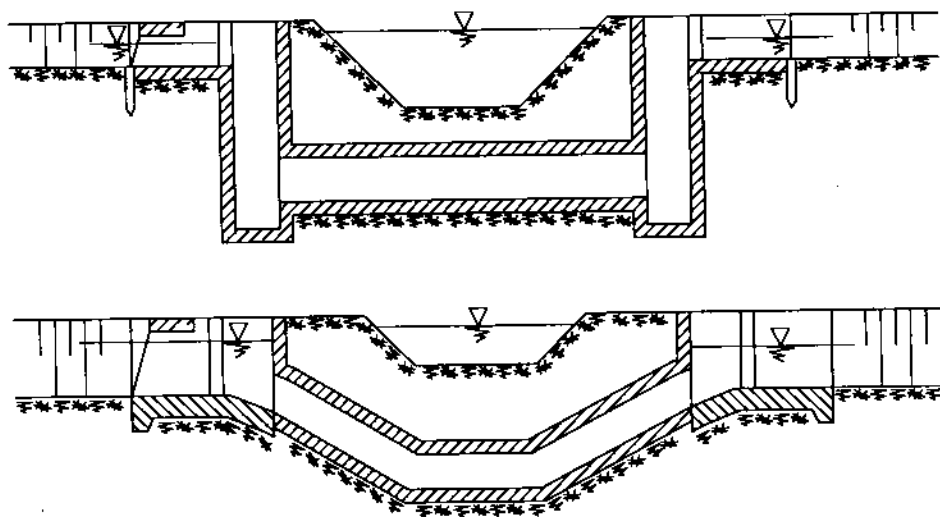
Sau khi tính toán thủy lực xác định được mặt cắt ngang của máng, sơ bộ định chiều dày thành máng, chiều dài nhịp máng, qua phân tích lực để tìm nội lực, từ đó tiến hành tính toán kết cấu xi măng lưới thép cho máng. Một trong những cách được dùng trong thiết kế hiện nay là bố trí vật liệu (thép, vữa xi măng) cho máng trước, sau đó căn cứ vào nội lực đã tìm ra tiến hành kiểm tra các điều kiện kỹ thuật và kinh tế của thân máng.

§16.5. XI PHÒNG NGƯỢC

I. Khái niệm

Xi phòng ngược được đặt lộ thiên hoặc đi luôn bên dưới đáy kênh, sông, suối v.v... mà kênh dẫn gặp phải để tiếp tục chuyển nước ở kênh dẫn. Tại những chỗ có địa hình địa thế đặc biệt, chọn cầu máng hay xi phòng ngược để chuyển nước là tùy thuộc tình hình thực tế, qua phân tích so sánh kinh tế và kỹ thuật mà quyết định. Dùng xi phòng tổn thất cột nước lớn hơn so với cầu máng, quản lý, kiểm tra, tu sửa khó khăn hơn. Tuy nhiên cũng có những trường hợp không cho phép làm cầu máng. Thí dụ khi mực nước sông suối định dùng cầu máng đi qua cao hơn đáy máng, về mùa lũ nước chảy ngập gây lực xô ngang ảnh hưởng đến tính an toàn của cầu máng. Trong trường hợp này tốt nhất là dùng xi phòng.

Về hình thức có loại xi phòng giếng đứng và ống nghiêng (hình 16-23). Loại giếng đứng dùng khi cột nước áp lực nhỏ, chôn sâu và kích thước nhỏ. Xi phòng kiểu ống nghiêng được sử dụng rộng rãi hơn kể cả ống đặt nổi hay chìm, áp lực nhỏ hay lớn.



Hình 16-23. Các loại xi phông ngược:

a) Loại giếng; b) Loại ống nghiêng

Mặt cắt ngang ống xi phông có thể là tròn, chữ nhật hoặc vòm. Loại vòm chỉ dùng cho các xi phông nhỏ xây dựng bằng vật liệu địa phương. Về vật liệu xây dựng có thể dùng gỗ, gạch xây, bê tông, bê tông cốt thép và ống thép. Ống xi phông gỗ thường dùng khi đặt nổi. Loại gạch xây dùng cho ống xi phông đặt chìm chịu áp lực không lớn. Trong thực tế xây dựng thường dùng ống xi phông bê tông và bê tông cốt thép và ống thép.

Khi dùng ống xi phông đặt ngầm dưới sông, suối đỉnh ống ở đoạn nằm ngang phải thấp hơn đáy sông suối một trị số nhất định, thường không nhỏ hơn 1m hoặc thấp hơn chỗ lòng sông sẽ bị xói sâu nhất một trị số khoảng 0,5m ÷ 1,0m để đảm bảo điều kiện làm việc an toàn cho xi phông. Độ dốc ống nghiêng của xi phông tùy theo địa hình mà chọn. Thường chọn độ nghiêng đoạn thượng lưu $m = 2 \div 3$ còn ở đoạn hạ lưu $m = 2,5 \div 4$.

Cửa vào và ra phải đảm bảo dòng nước chảy vào và ra được thuận.

Miệng cửa vào phải đặt thấp hơn mực nước trong kênh không dưới 0,5m để đảm bảo trong lúc làm việc xi phông không hút không khí vào ống gây các hiện tượng làm việc bất lợi trong ống.

Ở cửa vào của xi phông cần bố trí lưới chắn rác. Ngoài ra tùy tình hình cụ thể còn có thể bố trí hàng phai hoặc cửa van để đảm bảo điều kiện làm việc hoặc dễ kiểm tra tu sửa. Kích thước của ống được quyết định thông qua tính toán thủy lực đảm bảo yêu cầu chuyển nước và đảm bảo sự thuận lợi khi kiểm tra tu sửa.

II. Tính toán thủy lực

Lưu lượng qua ống xi phông được tính bằng công thức:

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gz_0} ; \quad (16-19)$$

trong đó:

ω - tiết diện nước chảy qua ống;

z_0 - chênh lệch cột nước thượng hạ lưu cũng chính là tổn thất cột nước qua cống;

μ - hệ số lưu lượng, $\mu = \frac{1}{\sqrt{\sum \xi_i}}$, $\sum \xi_i$ là tổng các hệ số tổn thất như tổn thất qua lưới

chấn rác, cửa vào, cửa ra, ở các đoạn uốn cong và dọc đường.

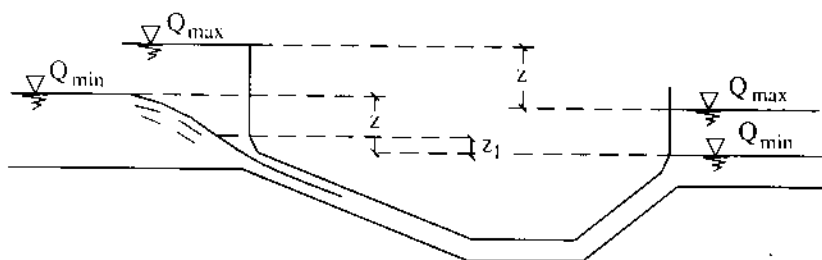
Trong tính toán thiết kế, sử dụng công thức trên để tính lưu lượng qua xi phông, chọn tiết diện của xi phông hoặc tính tổn thất qua ống.

Khi tính toán thủy lực ống xi phông cần chú ý các điểm sau:

- Về lưu tốc trong ống, thường chọn $v = 1,5 \div 3 \text{ m/s}$ để thoả mãn các điều kiện không bồi lắng trong ống. Lưu tốc không quá lớn để tránh tổn thất cột nước quá nhiều.

- Số lượng ống xi phông chọn sao cho khi xi phông làm việc với các lưu lượng khác nhau thì lưu tốc trong ống không thay đổi quá nhiều.

- Khi thiết kế ta chọn lưu lượng lớn nhất qua xi phông ($Q_{\max}$) để tính toán và phải dùng lưu lượng nhỏ nhất ($Q_{\min}$) để kiểm tra lại điều kiện tổn thất, nhất là khi ống xi phông khá dài, sự biến đổi về lưu tốc trong ống ứng với hai trường hợp trên lại tương đối lớn. Mục đích của việc tính toán này là xét xem tổn thất cột nước z_1 ứng với $Q_{\min}$ có nhỏ hơn tổn thất z ứng với $Q_{\max}$ quá nhiều không (hình 16-24).

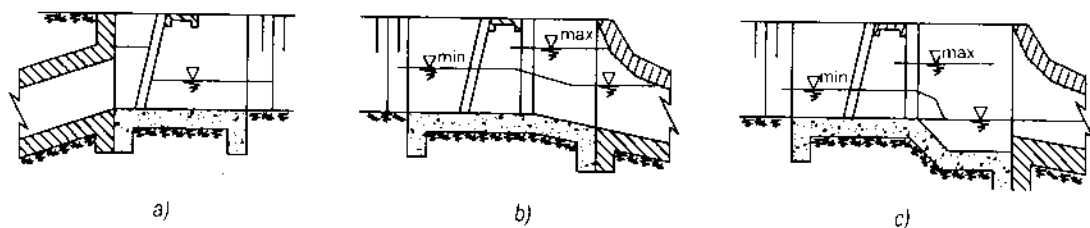


Hình 16-24. Sơ đồ tính toán thủy lực xi phông ngược

Nếu z_1 nhỏ hơn z nhiều thì dòng chảy sẽ tự điều chỉnh bằng cách hình thành đoạn nước hạ trước cửa vào, hoặc có thể hình thành nước nhảy ở cửa vào. Vì hiện tượng mạch động, vì gió thổi và một số nguyên nhân khác nữa làm cho nước nhảy không ở vị trí cố định làm cho thân cống bị rung động ảnh hưởng tới độ bền vững của cống; nhất là dễ làm hư hỏng các khớp nối. Để khắc phục hiện tượng này tức là tìm cách tiêu hao cột nước thừa $z - z_1$ ta có thể dùng một số biện pháp công trình.

Đặt hàng song gỗ ở cửa ra (hình 16-25a) nhằm tăng thêm cản trở tiêu hao đầu nước. Khoảng cách giữa các song gỗ như thế nào là tùy thuộc tình hình cụ thể sao cho tiêu hao hết được cột nước thừa $z - z_1$. Hình thức này dùng khi đầu nước thừa nhỏ, loại này có

nhược điểm là khó điều chỉnh vì người quản lý làm việc ở phía cửa ra không thấy được tình hình chung của xi phông.



Hình 16-25. Các hình thức để tiêu hao cột nước thừa ở xi phông ngược

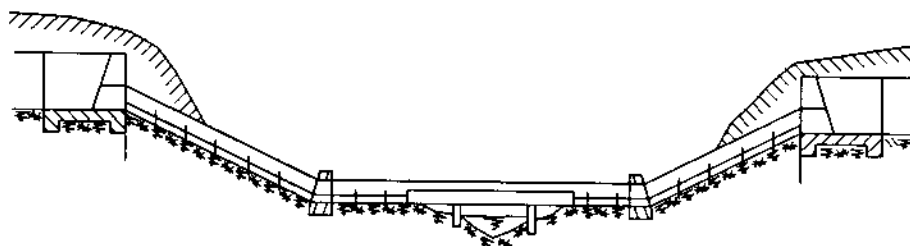
Tạo ra đoạn quá độ ở cửa vào (hình 16-25b) làm cho mặt nước hạ thấp dần. Loại này tương đối đơn giản và cũng dùng khi cột nước thừa không lớn.

Hình thức thứ ba ở cửa vào (hình 16-25c) tạo ra như một bể tiêu năng dùng khi cột nước thừa tương đối lớn.

III. Cấu tạo

1. Ống xi phông gỗ

Ống xi phông gỗ thường dùng khi ống có tiết diện tròn và đặt nổi. Hình 16-29 trình bày một ống xi phông gỗ đặt nổi. Cửa vào và cửa ra dùng đá xây, trên chỗ bờ dốc và bãi, ống xi phông đặt lên gối tựa, còn ở chỗ khe sâu thì đặt trên cầu.



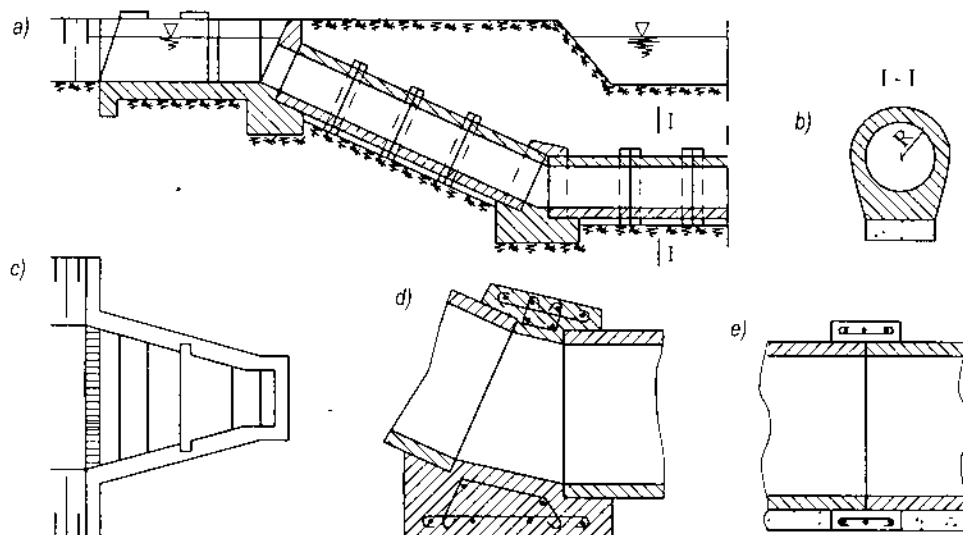
Hình 16-26. Xi phông gỗ đặt nổi

Nhược điểm của ống xi phông gỗ là thời gian sử dụng không được lâu. Trong trường hợp ống thường xuyên chịu cột nước áp lực lớn, do hiện tượng nước thấm qua gỗ làm cho ống luôn ở trạng thái ướt thì thời gian sử dụng sẽ được lâu hơn khi ống làm việc lúc ướt, lúc khô.

2. Ống xi phông bằng bê tông và bê tông cốt thép

Các ống xi phông luôn dưới các sông, kênh, chịu tác dụng của các ngoại lực tương đối lớn, thường dùng ống bê tông hay bê tông cốt thép.

Các ống này khi đường kính không lớn ($D < 1,2m$) có thể đúc thành từng đoạn dài khoảng 1,0m. Khi lắp ghép, ở chỗ tiếp các đoạn ống làm vòng đai bê tông cốt thép để bọc kín (hình 16-27).



Hình 16-27. Ống xi phông bê tông cốt thép

a) Cắt dọc; b) Cắt ngang; c) Chiều bằng bộ phận mố;
d) Cấu tạo bệ đỡ cố định; e) Cấu tạo chỗ nối các đoạn ống.

Khi đường kính ống tương đối lớn, hoặc khi ống có mặt cắt chữ nhật thì nó được thi công ngay ở hiện trường và cứ cách khoảng $10 \div 15\text{m}$ làm một khe co giãn. Các khe này giống như khe của ống ngầm ở dưới đất.

Do trọng lượng bản thân ống tương đối lớn nên khi xây dựng đặt ống trên một lớp đệm mỏng bằng bê tông. Không nên dùng các bệ đỡ trung gian mà chỉ dùng bệ đỡ cố định ở chỗ ống xi phông lượn cong.

Tính toán kết cấu ống xi phông được tiến hành tương tự như đối với ống ngầm dưới đất.

§16.6. DỐC NƯỚC VÀ BẠC NƯỚC

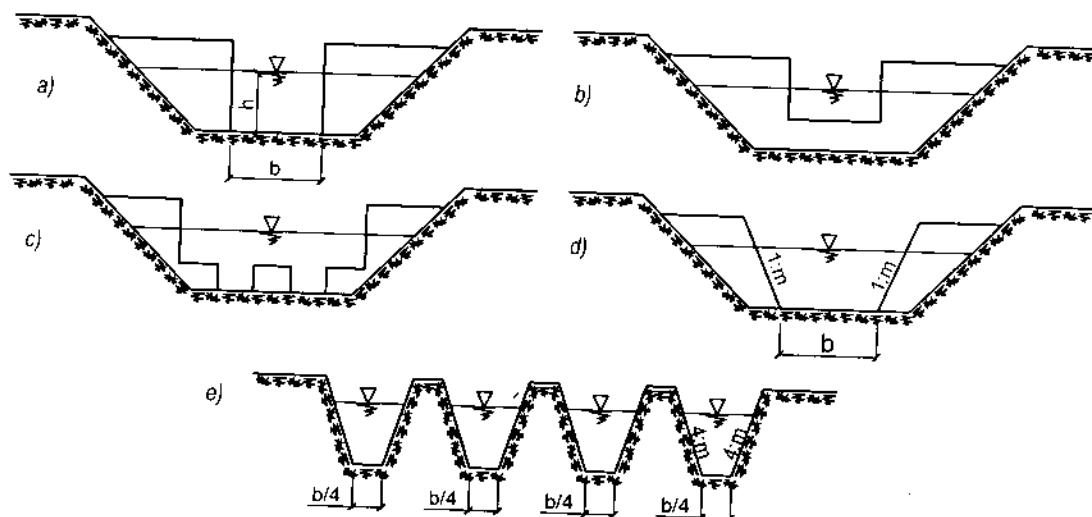
Những nơi đường kênh dẫn gặp phải địa hình thay đổi đột ngột, cần dùng dốc nước hay bậc nước để tiếp tục chuyển nước. Lựa chọn hình thức nào là tùy theo điều kiện kinh tế, kỹ thuật và tình hình cụ thể tại nơi đó để xác định.

Căn cứ vào kinh nghiệm đã xây dựng, xuất phát từ điều kiện kinh tế, khi chênh lệch cột nước từ 2m trở xuống, độ dốc mặt đất tự nhiên, tại nơi xây dựng $m = 3 \div 5$, thì làm dốc nước có lợi. Còn khi mực nước chênh lệch lớn hơn và địa hình tại đó lại khá dốc làm bậc nước là có lợi.

Trong các trường hợp nói chung, qua quan trắc thực tế thấy rằng vấn đề tiêu năng ở bậc nước tốt hơn dốc nước. Vì vậy trong trường hợp điều kiện kinh tế và một số điều kiện khác như nhau thì nên dùng bậc nước hơn dùng dốc nước.

Về vấn đề tính toán thủy lực của dốc nước, bậc nước cũng tương tự như đối với dốc nước, bậc nước sau công trình tháo. Ở đây nêu thêm vấn đề chọn hình thức cửa vào của

dốc nước và bậc nước đảm bảo không sinh nước dâng hoặc nước hạ trước cửa vào. Sở dĩ phải chú ý hiện tượng này vì khi thiết kế kênh, người ta đã đảm bảo không sinh ra hiện tượng xói lở hoặc bồi lắng trong kênh. Do đó nếu chọn cửa vào của dốc nước và bậc nước không thích hợp, hoặc làm cho nước trước cửa vào hạ thấp sẽ làm tăng lưu tốc trên đoạn kênh ở trước cửa vào gây xói lở kênh hoặc làm cho nước trước cửa vào dâng lên, lưu tốc giảm và sinh ra bồi lắng trước cửa vào. Để khắc phục tình hình trên, cửa vào của dốc nước và bậc nước thường chọn các hình thức sau đây:



Hình 16-28. Các hình thức cửa vào của dốc nước và bậc nước

Kiểu miệng khuyết hình chữ nhật (hình 16-28a). Kiểu này cũng chỉ thích hợp với một số lưu lượng nhất định, ngoài ra vẫn có thể phát sinh nước dâng hay nước hạ trước cửa vào. Mặt khác nước chảy tập trung, lưu lượng đơn vị lớn, không lợi cho việc tiêu năng dưới hạ lưu.

Kiểu miệng khuyết chữ nhật có ngưỡng (hình 16-28b). Kiểu này giảm nhỏ được lưu lượng đơn vị, có lợi cho tiêu năng ở hạ lưu. Có trường hợp để ngăn ngừa cát bồi trước cửa vào, dùng hình thức ngưỡng không liên tục (hình 16-28c) hoặc làm lỗ thoát nước và bùn cát.

Kiểu miệng khuyết hình thang gồm khuyết liên tục và không liên tục (hình 16-28d, e). Kiểu này có nhiều tiến bộ. Khi thiết kế dùng lưu lượng đặc trưng để tính toán. Loại này tránh được hiện tượng nước dâng hoặc nước hạ quá nhiều, đồng thời giảm nhỏ được một phần trị số lưu lượng đơn vị.

Để xác định chiều rộng đáy b và độ dốc mái m_{cv} ta dùng các công thức sau:

$$b + 0,8m_{cv}H_1 = \frac{Q_1}{MH_{01}^{3/2}}; \quad (16-20)$$

$$b + 0,8m_{cv}H_2 = \frac{Q_2}{MH_{02}^{3/2}}; \quad (16-21)$$

Lưu lượng Q_1, Q_2 căn cứ vào mực nước trong kênh ứng với các trường hợp sau đây để tìm ra:

$$H_1 = H_{\max} - 0,25(H_{\max} - H_{\min}) ; \quad (16-22)$$

$$H_2 = H_{\min} + 0,25(H_{\max} - H_{\min}) ; \quad (16-23)$$

Trong tính toán, hệ số lưu lượng trong các công thức trên có thể tham khảo bảng (16-4), trong đó $M = m\sqrt{2g}$.

Bảng 16-4

H/b	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
m	0,37	0,415	0,430	0,435	0,45
M	1,68	1,84	1,91	1,93	2,00

§16.7. THIẾT KẾ HỆ THỐNG KÊNH VÀ CÔNG TRÌNH TRÊN KÊNH

Thiết kế hệ thống kênh và công trình trên kênh phải dựa trên cơ sở các tài liệu cơ bản về nhiệm vụ công trình, điều kiện địa hình, địa chất, vật liệu xây dựng, thủy văn, khí hậu, các điều kiện về kinh tế, xã hội và các điều kiện khác có liên quan.

Quá trình thiết kế có thể theo các bước sau:

Bước 1: Thu thập các tài liệu cần thiết (như đã nêu trên).

Bước 2: Bố trí tổng thể tuyến kênh, định vị và lựa chọn hình thức các công trình trên kênh.

Bước 3: Tính toán thủy lực xác định mặt cắt kênh trong từng đoạn thỏa mãn điều kiện không xói, không lắng.

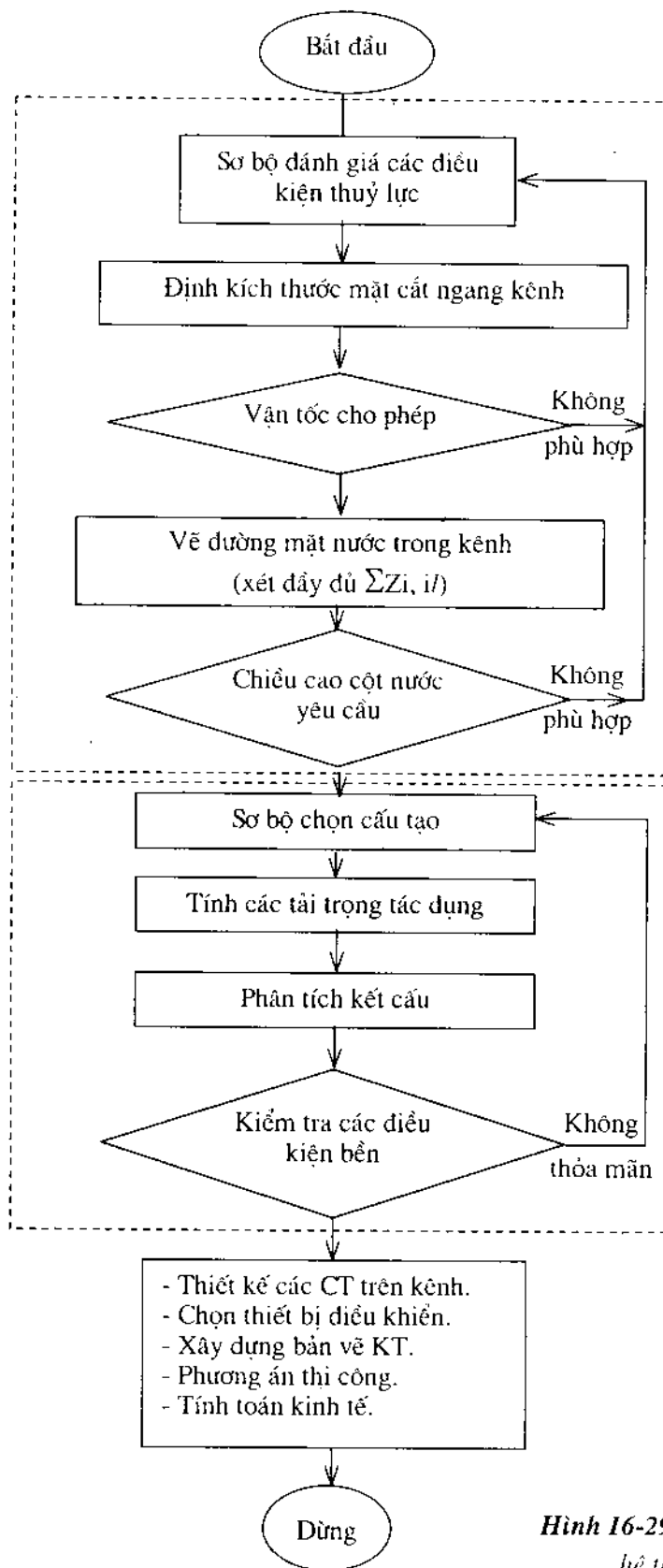
Bước 4: Vẽ đường mặt nước trên toàn hệ thống kênh, trong đó đã quy định trị số tổn thất cột nước trong từng công trình trên kênh. Kiểm tra khả năng phục vụ của kênh (ví dụ, khả năng tưới tự chảy).

Bước 5: Lựa chọn kết cấu, tính toán ổn định và độ bền của các bộ phận kênh; thiết kế các công trình trên kênh.

Bước 6: Xây dựng bản vẽ hệ thống kênh. Tính toán phương án thi công; tính toán kinh tế.

Trong trường hợp có nhiều phương án tuyến hoặc hình thức kênh khác nhau thì thông qua tính toán kinh tế để lựa chọn phương án hợp lý.

Quá trình thiết kế hệ thống kênh (cho 1 phương án) được thể hiện trên sơ đồ hình (16-29).



Hình 16-29. Lưu đồ thiết kế hệ thống kênh

Phần IV

CÁC CÔNG TRÌNH CHUYÊN MÔN

Chương 17

CỬA VAN CỦA CÔNG TRÌNH THỦY LỢI

§17.1. KIẾN THỨC CHUNG

I. Khái niệm

Cửa van là một bộ phận của công trình thủy lợi, bố trí tại các lỗ tháo nước của đập, cống... để khống chế mực nước và điều tiết lưu lượng theo yêu cầu tháo nước ở các thời kỳ khác nhau. Cửa van có thể di động được nhờ sức kéo từ các thiết bị đóng mở hoặc nhờ sức nước. Khi cửa van chuyển động, nó tựa lên các bộ phận cố định gắn chặt vào móng hoặc ngưỡng của công trình tháo.

Các yêu cầu cơ bản khi thiết kế cửa van là: cấu tạo đơn giản, lắp ráp, sửa chữa dễ dàng; đóng mở nhẹ và nhanh; đủ khả năng chịu lực, làm việc an toàn và bền; đảm bảo mỹ quan, giá thành hợp lý. Trong quá trình sử dụng, cửa van phải đảm bảo khống chế được mọi lưu lượng khác nhau theo yêu cầu khai thác. Chỗ tiếp xúc giữa cửa van với trụ, ngưỡng đáy, tường ngực phải có thiết bị chắn nước tốt để chống rò rỉ. Trường hợp phía thượng lưu có nhiều bùn cát hay vật nổi thì cửa van phải có khả năng tháo bùn cát hay vật nổi dễ dàng.

II. Phân loại

Cửa van được sử dụng rất rộng rãi trong công trình thủy lợi. Hình thức của chúng rất đa dạng, phong phú. Có thể phân loại cửa van theo nhiều cách khác nhau.

1. Theo mục đích sử dụng: phân thành van chính, van sự cố, van sửa chữa, van thi công.

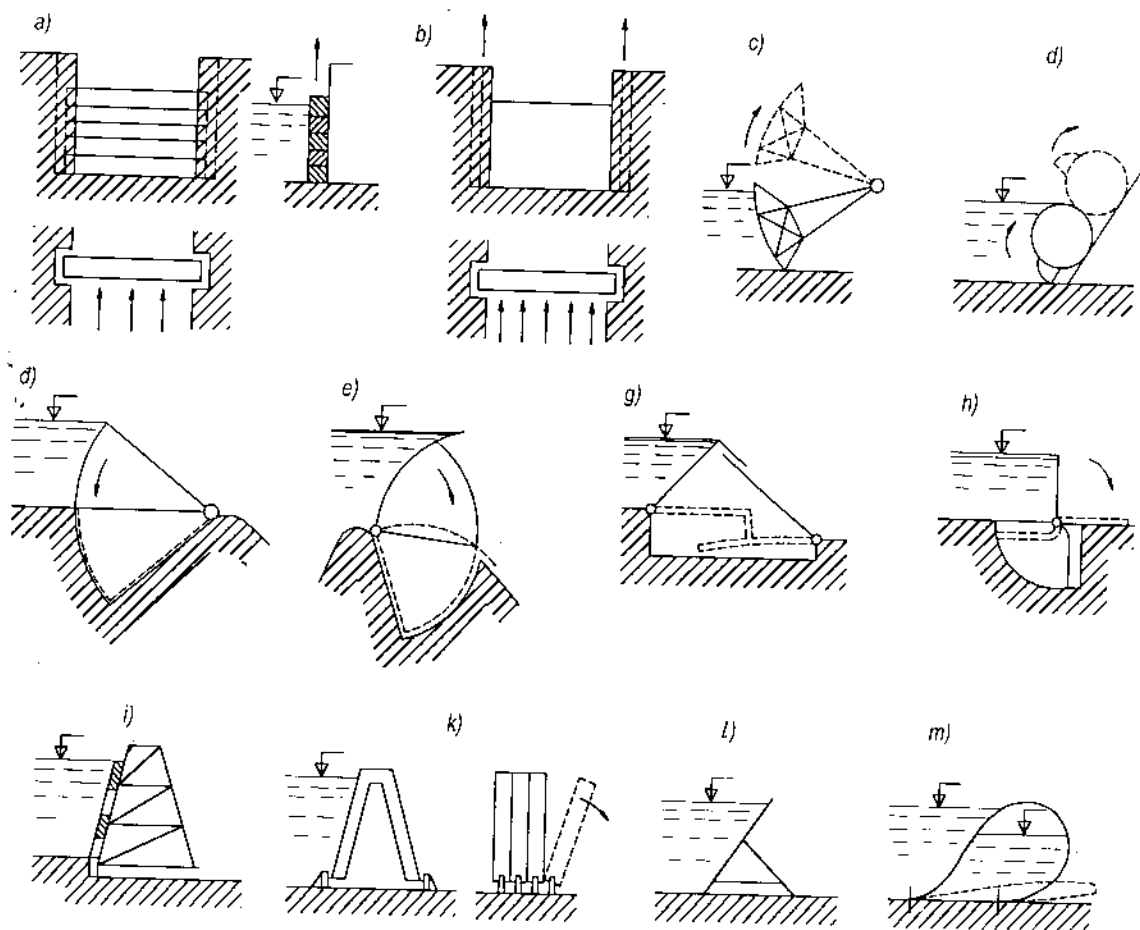
Cửa van chính thực hiện chức năng điều tiết lưu lượng, khống chế mực nước trong thời gian khai thác công trình.

Van sự cố dùng để đóng bịt cửa tháo nước trong trường hợp có sự cố. Các van này cần đảm bảo yêu cầu đóng nhanh, trong điều kiện nước chảy và với cột nước cao. Trong đa số các công trình thủy lợi, tốc độ đóng van sự cố thường áp dụng là $0,2 \div 0,5$ m/phút.

Còn trong những trường hợp đặc biệt, ví dụ như van ở cửa nhận nước của nhà máy thủy điện, có thể sử dụng thiết bị đóng nhanh với thời gian đóng cửa chỉ tính bằng giây.

Van sửa chữa chỉ sử dụng để đóng các cửa trong thời gian sửa chữa van chính hay thiết bị đóng mở nó, còn van thi công thì sử dụng trong thời kỳ xây dựng công trình. Trong nhiều trường hợp thường sử dụng kết hợp các chức năng khác nhau trên 1 cửa van, ví dụ van sự cố - sửa chữa, hay sử dụng van chính trong thời kỳ thi công, sửa chữa...

2. Theo vị trí đặt van: phân thành van trên mặt và van dưới sâu.

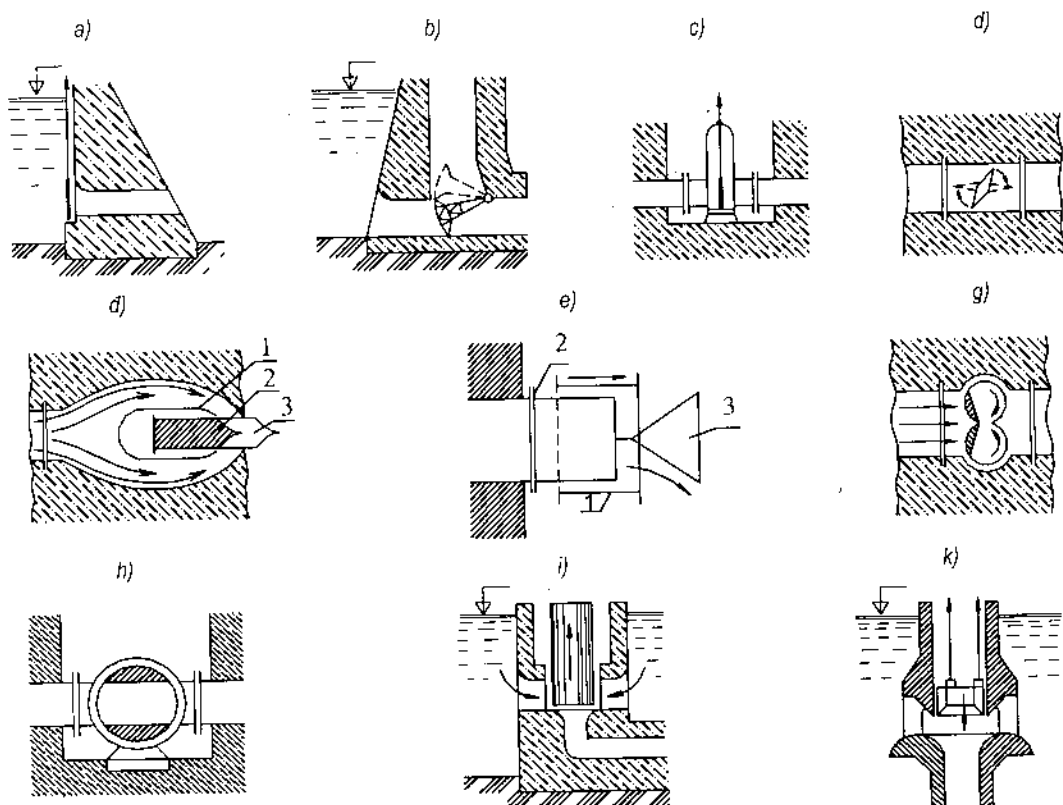


Hình 17-1. Một số loại van trên mặt.

a) Phai; b) Van phẳng kéo lên; c) Van cung; d) Van trụ lăn; đ, e) Van quạt;
g) Van mái nhà; h) Van phẳng trục ngang; i) Van trụ quay; k) Van giàn quay;
l) Van có thanh chống xiên; m) Van (đập) cao su.

Loại van trên mặt (hình 17-1) thường sử dụng ở các đập tràn, cống lộ thiên... Đặc điểm của loại này là khi đóng, đầu van nhô lên khỏi mặt nước.

Ở loại van dưới sâu (hình 17-2) thì khi đóng, van ngấp sâu trong nước và chịu áp suất lớn do nước truyền tới.



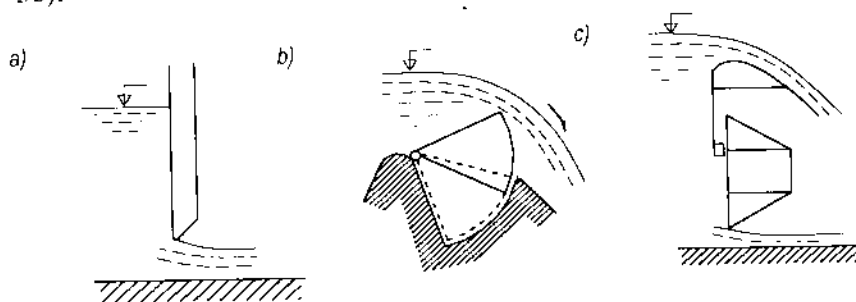
Hình 17-2. Các dạng van dưới sâu.

a) Van phẳng; b) Van cung; c) Van khoá; d) Van đĩa trục ngang; đ) Van kim;
e) Van côn (nón); g) Van trụ xoay; h) Van cầu; i, k) Van trụ đứng.

3. **Theo cách truyền lực:** phân ra loại van truyền lực cho mố (hình 17-1a, b, c, d) và van truyền lực cho ngưỡng đáy (hình 17-1d, e, g, h, i, k, l, m).

4. **Theo vật liệu xây dựng,** phân biệt cửa van bằng thép, gỗ, bê tông cốt thép hoặc chất dẻo (composit). Khi thiết kế, tùy theo quy mô lớn nhỏ, mức độ quan trọng, điều kiện làm việc của van để chọn vật liệu cho thích hợp.

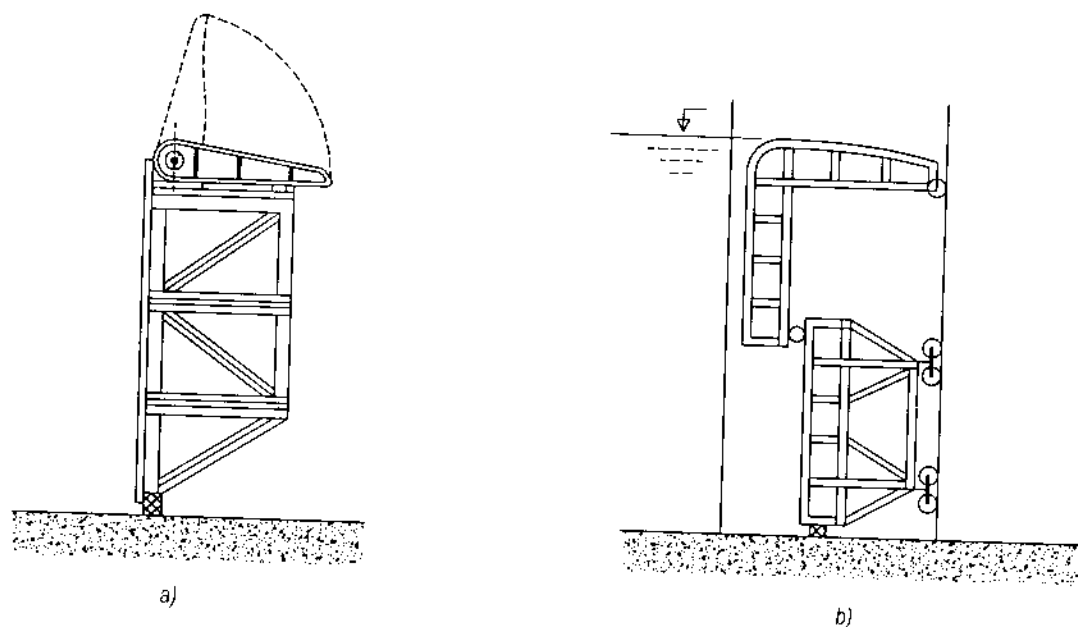
5. **Theo hình thức tháo nước qua cửa van,** phân biệt: tháo nước dưới đáy (hình 17-3a), tháo nước trên đỉnh van (hình 17-3b) hay tháo nước đồng thời cả ở dưới đáy và trên đỉnh (hình 17-3c).



Hình 17-3. Các hình thức tháo nước qua cửa van
a) Dưới đáy; b) Trên đỉnh; c) Kết hợp.

I. Khái quát

Cửa van phẳng là loại được sử dụng phổ biến nhất vì có cấu tạo đơn giản hơn so với một số loại khác, lắp ráp dễ dàng, dùng được cho cả van trên mặt và dưới sâu. Loại này có tác dụng chắn nước và điều tiết lưu lượng khá tốt. Song loại này lực kéo khi mở tương đối lớn, tốc độ đóng mở cửa không nhanh, khe van khá sâu nên trụ phải dày. Vật liệu thường là thép, gỗ, đôi khi bằng bê tông cốt thép.



Hình 17-4. Van phẳng có lưới gà (a) và van hai tầng (b)

Vật liệu gỗ thường dùng ở những cửa có chiều rộng không quá $4 \div 5\text{m}$ và áp lực nước khoảng $4 \div 5\text{m}$.

Cửa van thép dùng ở những nhịp lớn hơn và chịu áp lực nước lớn hơn.

Cửa van phẳng chuyển động theo phương thẳng đứng. Khi mở, nước chảy luôn bên dưới cửa van cho đến khi cửa kéo hẳn lên trên mặt nước. Ngoài tác dụng tháo nước nó còn có tác dụng tháo các vật dưới đáy rất tốt, thí dụ tháo bùn cát đáy. Nhưng nếu ở thượng lưu có các vật nổi (nhất là về mùa lũ) thì việc tháo gặp khó khăn. Thậm chí khi cửa mở đến một độ mở nhất định, dòng chảy sẽ hút cả vật nổi xuống dưới cánh cửa, vật nổi dễ xô vào đáy làm hỏng cửa. Để khắc phục nhược điểm này, ở một số cửa van phẳng người ta làm lưới gà chắn nước phía trên (hình 17-4a). Lưới gà có thể xoay được quanh một trụ gắn ở đỉnh van. Khi cần tháo nước, tháo vật nổi trên mặt chỉ cần hạ lưới gà xuống. Lưới gà có hình dạng sao cho dòng chảy qua được thuận. Cũng có thể làm theo hình thức van hai tầng (hình 17-4b) để chủ động khi cần tháo nước trên mặt hoặc dưới đáy.

II. Xác định lực đóng mở cửa van phẳng

Lực đóng mở cửa van phụ thuộc nhiều yếu tố như trọng lượng bản thân van, hình thức liên kết giữa cửa van và bộ đỡ trong quá trình chuyển động như liên kết theo hình thức trượt, hình thức có bánh xe lăn...

Lực mở van P_1 và lực đóng van P_2 xác định như sau:

$$P_1 = K_1 G + K_2 (T_1 + T_2) - K' G_d; \quad (17-1)$$

$$P_2 = K_1 G_d + K_2 (T_1 + T_2) - K' G; \quad (17-2)$$

trong đó:

K_1, K_2 và K' - các hệ số an toàn, $K_1 = 1,1$; $K_2 = 1,2$ và $K' = 0,9$;

G - trọng lượng bản thân cửa van;

G_d - trọng lượng của đối trọng (nếu có);

T_1 - lực ma sát tại chỗ tiếp xúc của cửa van với bộ phận đỡ tựa;

T_2 - lực ma sát tại chỗ tiếp xúc của bộ phận chắn nước chống rò rỉ.

Đối với các cửa van bằng thép, để xác định trọng lượng cửa, sơ bộ có thể dùng công thức của Laupman:

- Đối với cửa van có bánh xe lăn, trọng lượng trung bình của 1m^2 mặt cửa van là:

$$g = 640 \left(\sqrt[3]{H_0/l^2} - 1 \right), \text{ N/m}^2; \quad (17-3)$$

nhưng không được nhỏ hơn 2000 N/m^2 và không lớn hơn 8000 N/m^2 .

- Đối với cửa van chuyển động trượt:

$$g = 600 \left(\sqrt[3]{H_0/l^2} - 1 \right), \text{ N/m}^2; \quad (17-4)$$

nhưng không được nhỏ hơn 1900 N/m^2 và không lớn hơn 7000 N/m^2 .

trong các công thức trên:

H_0 - cột nước tính đến trung tâm lỗ (m);

l - chiều rộng của lỗ (m);

Công thức (17-3) và (17-4) dùng trong trường hợp $100 < H_0/l^2 < 2500$.

Trọng lượng toàn bộ cửa van là:

$$G = g H l_0; \quad (17-5)$$

trong đó:

H - chiều cao cửa van (m);

l_0 - chiều rộng cửa van (m).

Lực ma sát ở thiết bị chắn nước T_2 của van trên mặt được tính theo công thức:

$$T_2 = f a h_1^2 \gamma, \quad (17-6)$$

trong đó:

f - hệ số ma sát của vật liệu làm vật chắn nước và trụ (tham khảo bảng 17-1);

a - chiều rộng của thiết bị chắn nước (hình 17-5), thường lấy bằng $0,15 \div 0,20$ m;

h_1 - chiều sâu nước thượng lưu tính đến đáy cửa van;

γ - trọng lượng riêng của nước.

Lực thắng ma sát giữa cửa van và bộ phận đỡ tựa tùy theo hình thức liên kết mà xác định.

Nếu cửa van tỳ vào thanh kim loại được gắn chặt ở trụ và giữa chúng là tiếp xúc trượt (hình 17-5) thì lực ma sát T_1 được tính theo công thức:

$$T_1 = f W; \quad (17-7)$$

trong đó:

W - tổng áp lực nước tác dụng lên cửa van;

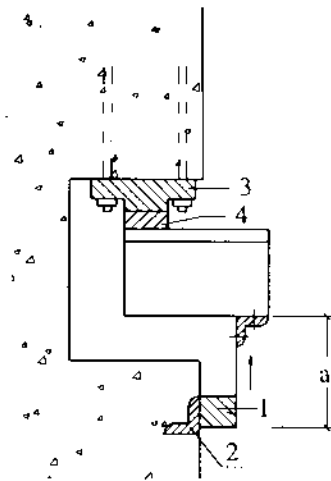
f - trị số ma sát trượt, tham khảo bảng (17-1).

Bảng 17-1. Hệ số ma sát trượt

Vật liệu làm đệm hoặc thiết bị chắn nước	Vật liệu của các bộ phận lót	
	Thép thường	Thép không gỉ
Thép thông thường	0,50	-
Đồng	0,40	0,20
Gỗ	0,65	0,50
Gỗ dán	0,40	0,10
Cao su	0,65	0,50

Để giảm lực ma sát này ở một số cửa van lớn hay cửa van dưới sâu, dùng loại liên kết bánh xe chuyển động lăn trên đường ray gắn vào mố trụ (hình 17-6).

Nếu tổng áp lực nước tác dụng lên cửa van là W , số bánh xe là n , thì lực tác dụng lên mỗi bánh xe là $P = \frac{W}{n}$. Hình (17-7) biểu thị một bánh xe lăn trên đường ray. Chiều



Hình 17-5. Bộ phận tiếp xúc của van trượt

1. Thiết bị chắn nước;

2,3. Bộ phận lót; 4. Thanh đệm.

rộng của bánh xe thường khoảng $8 \div 15\text{cm}$, đường kính bánh xe khoảng $0,2 \div 1,0\text{m}$. Lực cản chuyển động của bánh xe là lực ma sát giữa trục với bánh xe (đường kính trục là $2r$) và lực ma sát khi bánh xe lăn trên đường ray. Lực kéo tối thiểu Q cân bằng với lực ma sát T_0 được xác định từ phương trình sau:

$$T_0 R = fPr + f_1 P; \quad (17-8)$$

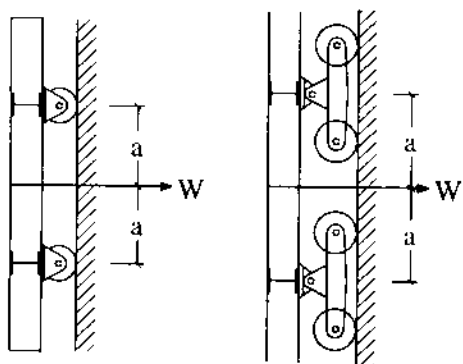
$$T_0 = \frac{P}{R} (fr + f_1); \quad (17-9)$$

trong đó:

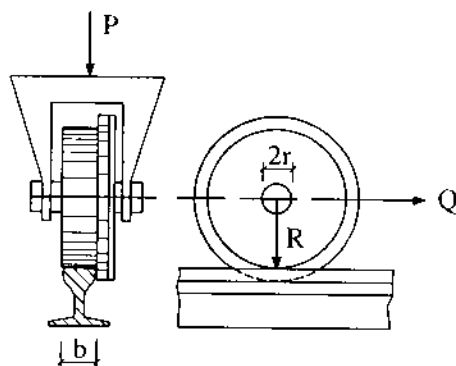
f - hệ số ma sát trượt chỗ tiếp xúc giữa trục và bánh xe, tham khảo bảng (17-1);

f_1 - hệ ma sát lăn của bánh xe trên đường ray, thường lấy bằng $0,05 \div 0,10\text{cm}$.

Các ký hiệu khác xem hình (17-7).



Hình 17-6. Cửa van phẳng có bánh xe lăn



Hình 17-7. Sơ đồ bánh xe của cửa van

Như vậy lực ma sát giữa bộ phận đỡ tựa và cửa van trong trường hợp cửa van có bánh xe lăn là:

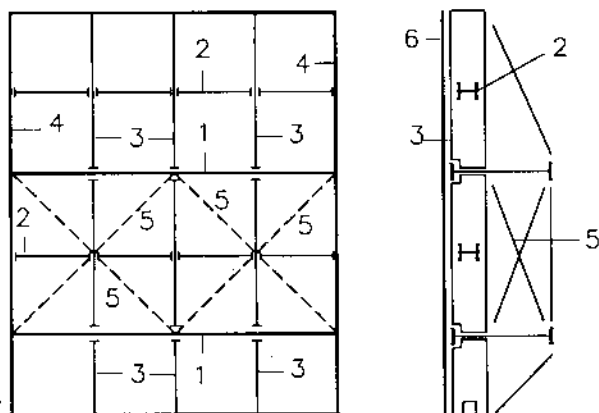
$$T_1 = nT_0 = \frac{W}{R} (fr + f_1); \quad (17-10)$$

III. Cửa van phẳng bằng thép

Loại cửa van này được sử dụng phổ biến ở những nơi có nhịp lớn và chịu áp lực lớn. Loại này bền vững, thời gian sử dụng lâu dài.

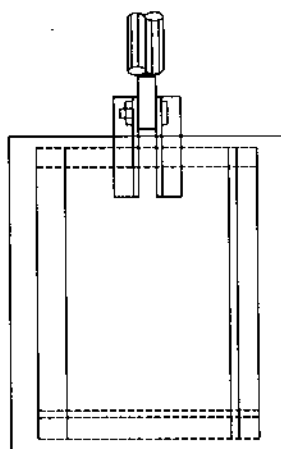
Các bộ phận của cửa van gồm: bản mặt chắn nước, các dầm chính, dầm phụ, cột đứng, cột biên, thanh chống chéo (hình 17-8). Trong hình vẽ hệ thống dầm bố trí theo hình thức dầm phụ dựa vào dầm chính, dầm chính dựa vào cột biên. Đồng thời các dầm đều trực tiếp tham gia chịu áp lực nước từ bản truyền tới. Các thanh chống chéo chỉ có tác dụng chống biến hình của hệ thống dầm.

Ở những cửa van nhịp nhỏ nhưng chịu áp lực lớn có thể dùng loại van đơn giản. Loại này bao gồm một khung dầm thép nối với bản mặt (hình 17-9). Nếu cửa khá cao có thể thêm một vài dầm ngang ở khoảng giữa để tăng độ cứng cho van.



Hình 17-8. Hệ thống dầm và bản của cửa van phẳng

1. Dầm chính; 2. Dầm phụ; 3. Cột giữa;
4. Cột biên; 5. Thanh chống chéo;
6. Bản mặt chắn nước



Hình 17-9. Cửa van phẳng bằng thép loại nhỏ

Khi bố trí các dầm, cần đảm bảo sao cho dưới tác dụng của áp lực nước, khi tính toán chịu lực và xác định chiều dày của bản chắn ở mọi chỗ tương đối như nhau, kích thước mặt cắt cho từng loại dầm như nhau để lợi dụng đầy đủ khả năng chịu lực của vật liệu, tránh lãng phí và thi công dễ dàng.

Xác định vị trí đặt các dầm chính theo sơ đồ hình (17-10). Trường hợp mực nước ngang đỉnh van (hình 17-10a), vẽ nửa vòng tròn có đường kính $AB = H$ (H là chiều cao cột nước). Với số dầm bố trí là n (trong hình vẽ $n = 4$) ta chia đường kính thành các phần bằng nhau $\frac{H}{n} = Aa, ac = \dots$. Lấy A làm tâm vẽ các vòng tròn có bán kính Ab, Ad cắt

đường kính AB tại b', d' . Các chiều cao $h_1, h_2, \dots$ được xác định là giới hạn phân chia các thành phần chịu áp lực nước bằng nhau. Vị trí của dầm sẽ đặt tại trung tâm của các sơ đồ áp lực nước thuộc các phần tương ứng đó. Chiều cao của các phần giới hạn này được biểu thị theo công thức:

$$h_k = H \sqrt{\frac{k}{n}} ; \quad (17-11)$$

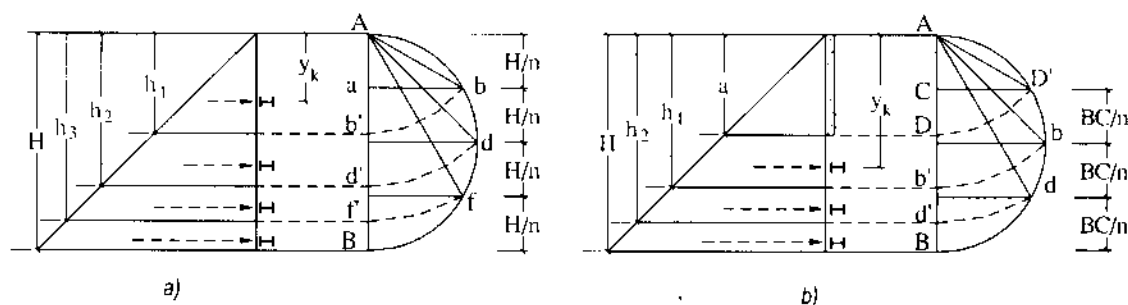
trong đó:

- k - số thứ tự các dầm kể từ đỉnh cửa van trở xuống;
 n - tổng số dầm.

Vị trí các dầm xác định theo công thức:

$$y_k = \frac{2}{3} \frac{H}{\sqrt{n}} \left(k^{3/2} - (k-1)^{3/2} \right); \quad (17-12)$$

trong đó: y_k - khoảng cách từ mặt trước tới dầm tính toán.



Hình 17-10. Sơ đồ xác định vị trí dầm chính của cửa van phẳng

a) Van trên mặt; b) Van dưới sâu.

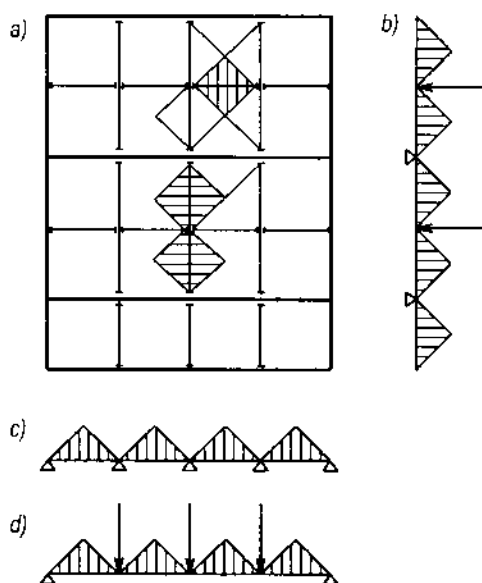
Trong trường hợp cửa van nằm thấp hơn mực nước như cửa van dưới sâu hay khi có tường ngực (hình 17-10b) thì lấy điểm A làm tâm vẽ cung tròn bán kính AD (điểm D nằm ngang ở độ sâu a) ta sẽ xác định được điểm C. Chia đoạn CB thành các phần bằng nhau tương ứng với số dầm và cũng tiến hành như trên ta sẽ xác định được phạm vi chịu lực và vị trí đặt các dầm. Trị số h_k và y_k được tính theo công thức:

$$h_k = H \sqrt{\frac{k+\beta}{n+\beta}}; \quad (17-13)$$

$$y_k = \frac{2}{3} \frac{H}{\sqrt{n+\beta}} \left[(k+\beta)^{3/2} - (k-1+\beta)^{3/2} \right] \quad (17-14)$$

trong đó: $\beta = \frac{na^2}{H^2 - a^2}$

Phân tích tình hình chịu lực của bản và hệ thống dầm theo sơ đồ hình (17-11). Các dầm phụ được xem như dầm liên tục chịu áp lực của nước do bản truyền tới (hình 17-11b). Các cột đứng chịu lực tập trung của dầm phụ truyền tới và đồng thời chịu áp lực nước từ bản truyền tới (hình 17-11c). Dầm chính vừa chịu áp lực nước do bản truyền tới và chịu lực tập trung do cột đứng truyền tới (hình 17-11d).



Hình 17-11. Sơ đồ phân tích áp lực nước tác dụng lên cửa van

a) Sơ đồ chung; b) Dầm phụ;
c) Cột đứng; d) Dầm chính

Dựa vào sơ đồ lực tác dụng để tính toán chọn kích thước của dầm đảm bảo đủ yêu cầu chịu uốn. Ngoài ra còn cần kiểm tra độ võng đảm bảo không vượt qua trị số cho phép.

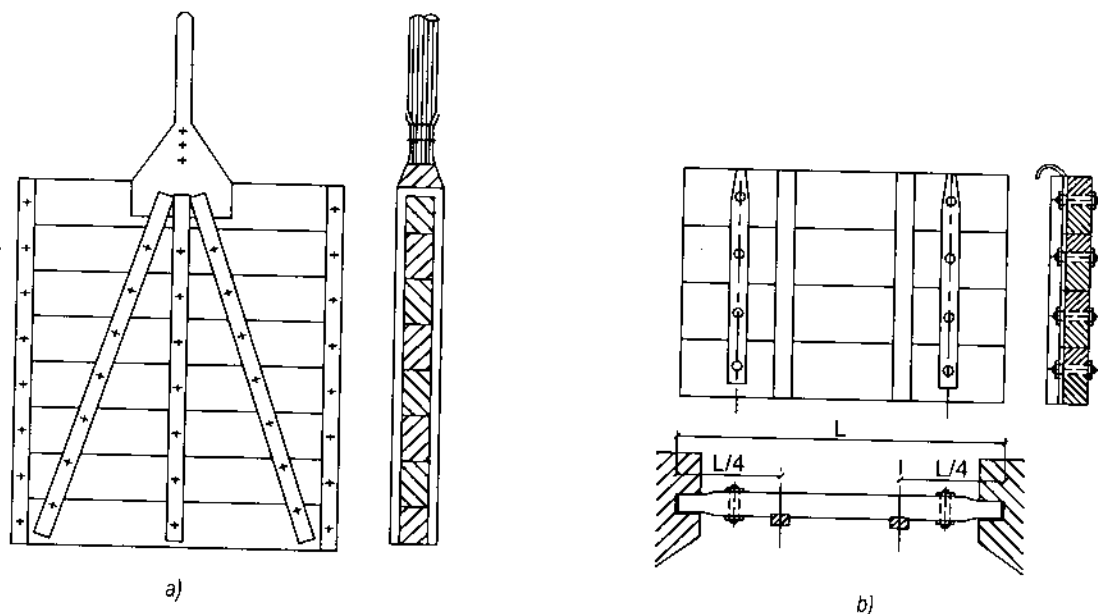
IV. Cửa van phẳng bằng gỗ

Loại van này được sử dụng ở những công trình tháo, lấy nước loại nhỏ. Chiều rộng khoảng $1 \div 3\text{m}$ và cột nước tác dụng khoảng $2 \div 3\text{m}$. Loại này cấu tạo đơn giản, trọng lượng nhỏ. Thường dùng cho loại van trượt và nơi sẵn gỗ. Thời gian sử dụng không lâu vì gỗ chóng bị mục.

Cửa van do các dầm gỗ ghép với nhau theo hình thức ghép chốt hay ghép mộng. Ngoài ra còn có các thanh nẹp bằng thép bắt đinh bu lông. Hình (17-12) cho thấy một vài kiểu van gỗ thường gặp.

Đối với các dầm gỗ ghép, áp lực nước phân bố lên cửa van theo dạng tam giác, do đó dầm đáy chịu lực lớn nhất. Song trong thiết kế để cấu tạo và thi công đơn giản, kích thước dầm chọn như nhau và lấy dầm ở đáy làm đại diện. Khi tính toán xem nó như những dầm hai đầu tự do và làm việc theo yêu cầu chịu uốn. Thường chiều dày dầm gỗ khoảng $8 \div 12\text{cm}$. Các thanh thép nẹp thường có chiều dày $\geq 8\text{mm}$, chiều rộng ít nhất bằng bốn lần đường kính của bu lông và trong trường hợp đó nói chung thanh nẹp thoả mãn được yêu cầu chịu lực, không cần tính toán kiểm tra.

Khi cửa van đóng mở bằng cần thép cứng thì dùng hai bản ghép hình thang để nối cần với cửa van nhờ các đinh bu lông (hình 17-12a). Trong thiết kế cần kiểm tra khả năng chống cắt của bu lông hay đinh tán. Trong tính toán dùng trị số lớn nhất của lực đóng hoặc lực mở cửa.

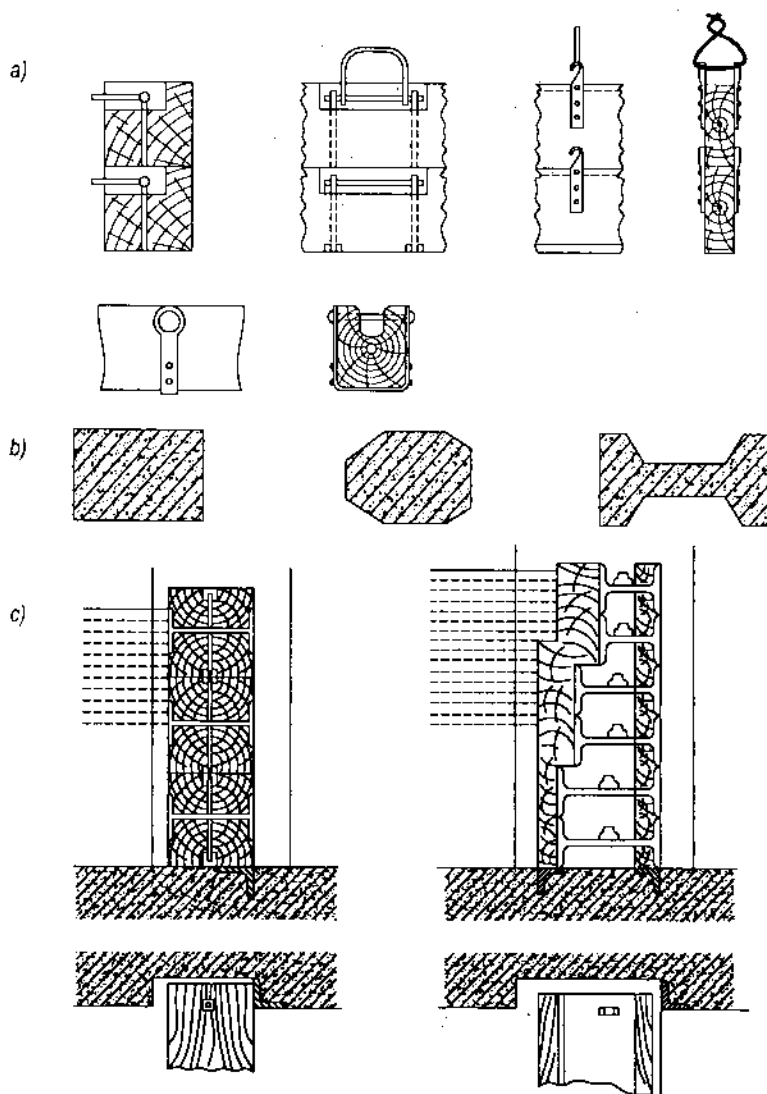


Hình 17-12. Cửa van phẳng bằng gỗ

V. Phai

Phai gồm các dầm đơn, khi chắn nước nó nằm trong khe phai. Tác dụng của phai là để chắn nước tạm thời trong thời kỳ cần sửa chữa van chính hoặc một số bộ phận của công trình. Phai cũng dùng để bảo vệ cửa van chính trong trường hợp cửa van phải chắn nước khi có lũ lớn, nhất là khi có nhiều vật nổi trôi về. Trong một số trường hợp phai dùng thay cửa van để chắn nước hoặc chắn phần nước dưới sâu có nhiều bùn cát để nước tương đối trong tràn qua.

Vật liệu làm phai có thể là gỗ, bê tông hoặc thép. Hình (17-13) biểu thị một số hình thức phai chắn nước. Để đóng mở cho tiện, ở gần hai đầu dầm phai thường làm các móc thép để kéo chúng lên cao hoặc thả xuống. Các dầm phai chủ yếu chịu tác dụng của áp lực nước và trọng lượng bản thân.



Hình 17-13. Một số hình thức phai
a) Phai gỗ; b) Phai bê tông cốt thép; c) Phai thép.

Các trường hợp cần xét để đảm bảo các yêu cầu của dầm phai bao gồm:

- Trong quá trình vận chuyển, chịu tác dụng của trọng lượng bản thân.
- Khi thả xuống nước, dầm chịu tác dụng của áp lực thủy động. Áp lực này bao gồm lực ngang W' và áp lực theo phương thẳng đứng W'' được tính toán theo các công thức sau:

$$\left. \begin{aligned} W' &= K\gamma \frac{v^2}{2g} a l; \\ W'' &= K_1 \gamma \frac{v^2}{2g} b l; \end{aligned} \right\} \quad (17-15)$$

trong đó:

l - chiều dài tính toán của dầm phai;

a, b - chiều cao và chiều rộng dầm phai;

K - hệ số lưu tuyến, đối với dầm phai tiết diện chữ nhật lấy bằng 2;

K_1 - hệ số: $K_1 = 0,7$ khi $a = b$, $K_1 = 1$ khi $a > b$.

Khi dầm phai đã thả xuống nằm ở vị trí cuối cùng của nó thì lực W'' có tác dụng kéo phai lên, vì vậy trọng lượng bản thân cản phải lớn hơn lực này để phai không bị đẩy nổi.

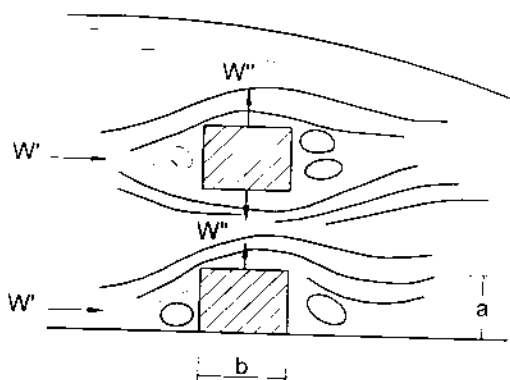
- Khi các dầm phai được thả xuống hoàn toàn để chắn nước thì chúng chỉ chịu áp lực thủy tĩnh.

Trong các trường hợp trên, dầm phải được xem như dầm đơn hai đầu tự do và chịu uốn dưới tác dụng của ngoại lực. Dựa vào sơ đồ

ngoại lực xác định mô men uốn lớn nhất phát sinh trong dầm và xác định kích thước hợp lý dầm phai. Ngoài ra về mặt cấu tạo yêu cầu chiều rộng của dầm phai phải $\geq 10 \div 15\text{cm}$.

VI. Một số bộ phận của cửa van phẳng

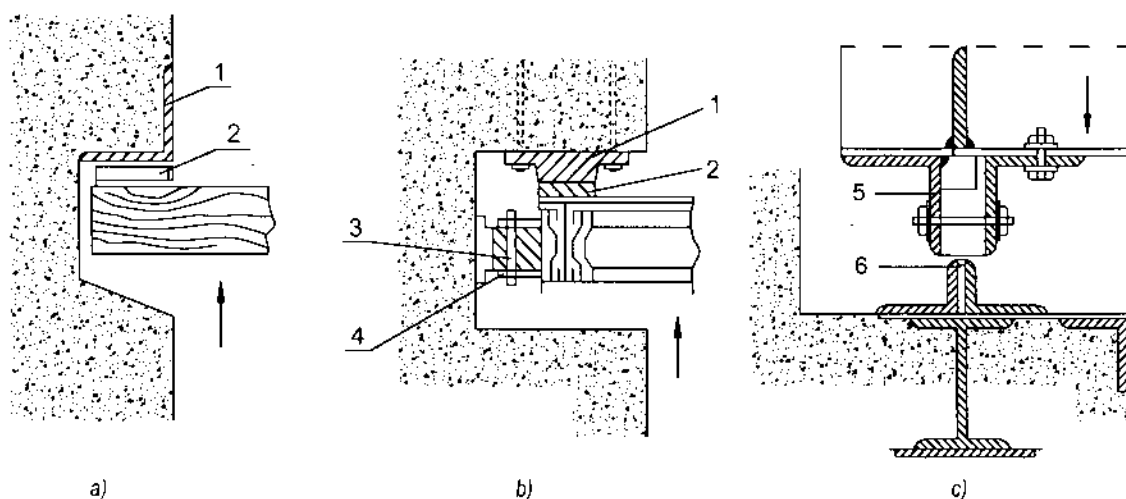
Đối với cửa van phẳng loại trượt, bộ phận đỡ tựa và trượt tiếp xúc của cửa van được thể hiện trong hình (17-15). Hình (17-15a) là hình thức đơn giản nhất, thường dùng cho van nhỏ hoặc van gỗ. Một thanh thép hình được gắn chặt vào mố trụ để làm nơi cho cửa van tỳ và trượt khi đóng mở. Ở cửa van, tại chỗ tiếp xúc gắn một thanh kim loại để truyền lực lên mố trụ. Đồng thời thanh kim loại có tác dụng cải thiện điều kiện tiếp xúc,



Hình 17-14. Sơ đồ lực thủy động tác dụng lên dầm phai

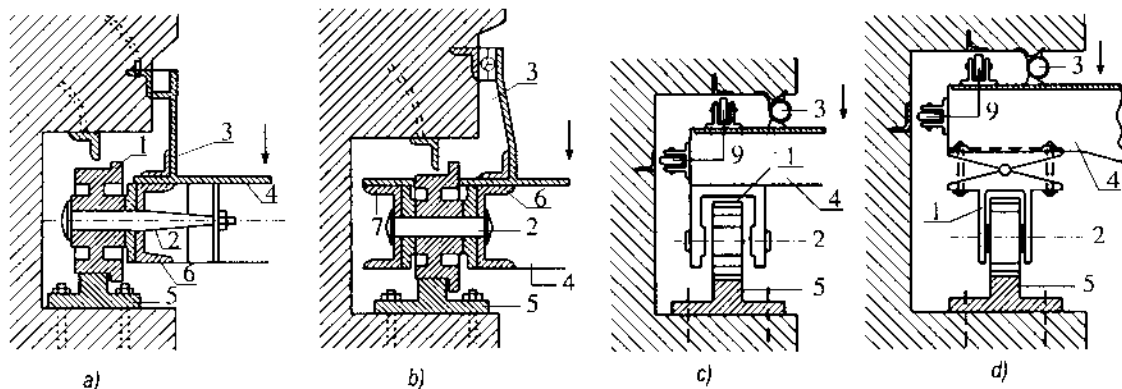
làm giảm lực ma sát khi đóng mở cửa van. Ở hình (17-15b) ngoài bộ phận trượt còn bố trí bánh xe định hướng, có tác dụng giúp cho cửa van ổn định không xô dịch ngang trong quá trình chuyển động. Ở hình (17-15c) người ta dùng gỗ ép làm bộ phận tiếp xúc nhằm giảm lực ma sát, tránh han rỉ và mài mòn do trượt tiếp xúc gây nên.

Đối với cửa van có bánh xe lăn, có nhiều hình thức gắn bánh xe (hình 17-16). Hình (17-16a) là cách lắp bánh xe trên trục công son gắn ở đầu dầm. Loại này việc lắp bánh xe không đòi hỏi độ chính xác cao, hay dùng ở những khoang rộng khoảng $5 \div 6\text{m}$. Sơ đồ hình (17-16b) khi gắn bánh xe vào cửa van, ngoài cột chính còn có cột phụ ngắn để giữ và làm điểm tựa cho trục bánh xe. Loại này kết cấu cứng hơn loại đầu, việc lắp ráp bánh xe đơn giản hơn, kích thước của van cũng dùng như trên. Loại (17-16c) đòi hỏi khe phải rộng hơn. Bánh xe không có khe nên phải lắp thêm một số bánh xe định hướng để giữ cho bánh xe chính luôn chuyển động theo đúng vị trí. Khi các khoang khá lớn, làm độ võng dầm có thể lớn hơn, bánh xe dễ bị nghiêng, chóng mòn. Để giữ áp lực luôn tác dụng chính tâm bánh xe và để bánh xe không bị nghiêng có thể dùng kiểu bản lề (hình 17-16d).



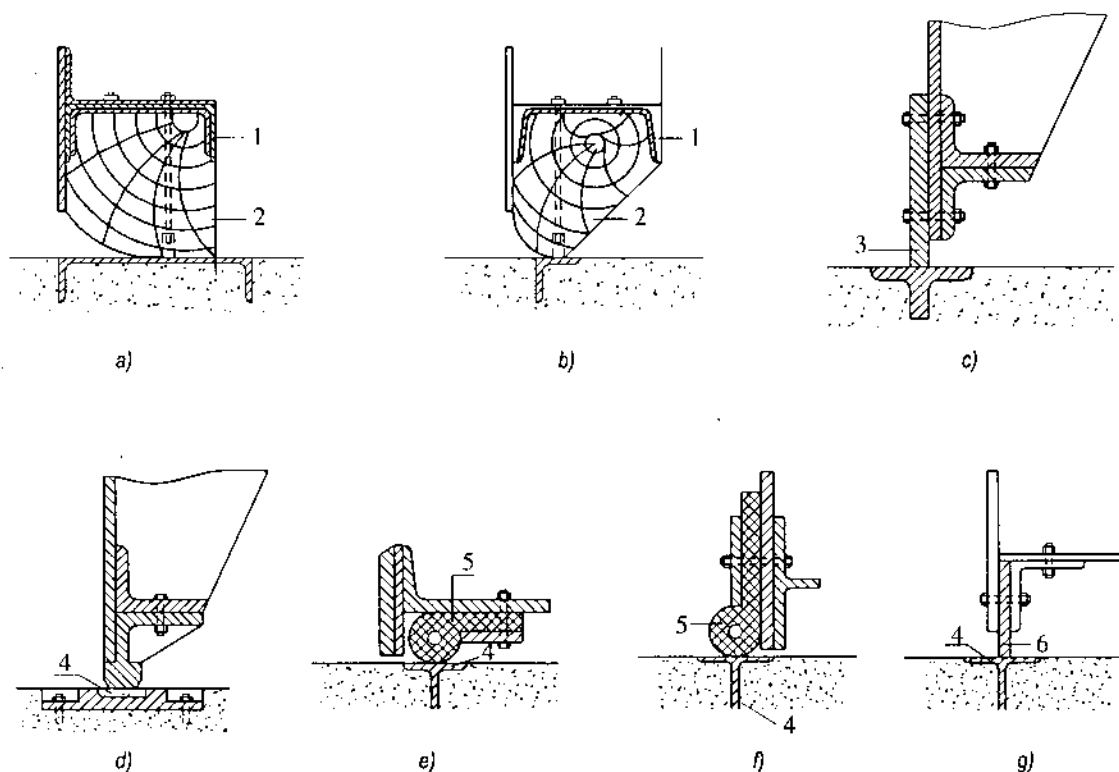
Hình 17-15. Bộ phận đỡ tựa và trượt tiếp xúc của cửa van phẳng
1. Thanh thép hình gắn vào mố trụ; 2. Thanh kim loại tỳ; 3. Thanh ray;
4. Bánh xe định hướng; 5. Gỗ ép; 6. Lớp kim loại không gỉ.

Để tránh nước rò rỉ qua các lỗ tiếp xúc giữa cửa van với đáy, khe mố trụ và với tường ngực, người ta đặt các thiết bị chắn nước. Thiết bị chắn nước có thể làm bằng gỗ, thép, cao su. Yêu cầu chung của các thiết bị này là phải khít, đảm bảo nước không rò rỉ. Hình (17-17) giới thiệu một số thiết bị chắn nước ở đáy. Loại này ngoài yêu cầu kín nước còn cần có hình dạng thích hợp để trong quá trình mở cửa nước chảy luôn bên dưới được dễ dàng không gây rung động.



Hình 17-16. Một số hình thức bánh xe cửa van phẳng

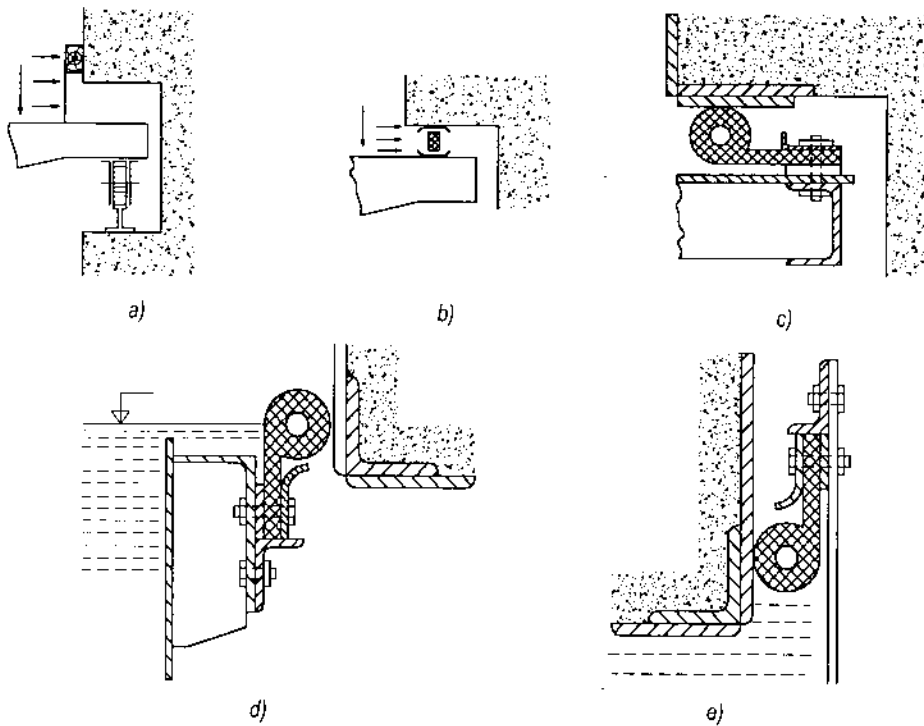
1. Bánh xe; 2. Trụ; 3. Vật chắn nước; 4. Dầm chính; 5. Bộ phận đỡ;
6. Cột chính; 7. Cột phụ; 8. Bản lề; 9. Bánh xe định hướng



Hình 17-17. Thiết bị chắn nước đáy cửa van phẳng

a, b) Vật chắn nước bằng gỗ; c, d) Vật chắn nước bằng kim loại;
e, f, g) Vật chắn nước bằng cao su; 1. Cao su chèn; 2. Dầm gỗ; 3. Bản thép;
4. Bộ phận đệm; 5. Cao su đúc; 6. Cao su cứng.

Hình (17-18) biểu thị một số thiết bị chắn nước bên cạnh để chống nước rò rỉ tại khe cửa van và thiết bị chắn nước ở tường ngực.



Hình 17-18. Thiết bị chắn nước bên cạnh (a, b, c) và tường ngược (d, e)
a và b) Vật chắn nước bằng gỗ; c, d, e) Bằng cao su.

§17.3. CỬA VAN HÌNH CUNG

I. Khái niệm chung

Cửa van hình cung là loại cửa van có bản chắn nước cong mặt trụ. Sau tấm chắn nước là hệ thống dầm tựa vào càng, chân càng tựa vào trục quay gắn vào trụ. Chuyển động khi nâng hoặc hạ cửa van là chuyển động quay.

Khi trục quay của cửa van trùng với tâm vòng tròn của tấm chắn, áp lực nước sẽ truyền qua càng đến trục quay. Nếu tâm quay nằm thấp hơn tâm cung mặt chắn thì lực mở sẽ giảm; khi tâm quay nằm phía trên tâm cung mặt chắn thì áp lực nước có tác dụng ép cửa van xuống ngưỡng làm cho đáy khít hơn, ít rò rỉ. Song nhược điểm của các trường hợp này là dễ gây hiện tượng rung động khi mở cửa. Vì vậy thường bố trí trục quay trùng với tâm vòng tròn của mặt chắn.

Ưu điểm của van hình cung là lực mở nhỏ, mở nhanh và dễ dàng, điều tiết lưu lượng khá tốt, trụ có thể làm mỏng so với van phẳng vì khe van nông. Tuy nhiên trụ phải làm dài để có đủ kích thước đặt càng van. Áp lực nước tác dụng tập trung lên trụ (qua càng van) làm cho ứng suất phát sinh trong trụ và việc bố trí cốt thép chịu lực phức tạp, nhất là những nơi van làm việc trong điều kiện chịu lực hai chiều. Về cấu tạo và lắp ráp van cung cũng khó khăn, phức tạp hơn van phẳng.

Cửa van cung là loại được áp dụng khá rộng rãi, nhất là khi cửa tháo có nhịp lớn hay những nơi cần tháo nước nhanh. Vật liệu làm cửa van thường bằng thép. Khi cửa van không lớn cũng có thể làm bằng gỗ.

II. Lực tác dụng lên cửa van hình cung

Áp lực nước thượng lưu W tác dụng lên cửa van là hợp lực của áp lực theo phương ngang W_1 và theo phương đứng W_2 như hình (17-19) biểu thị.

$$W = \sqrt{W_1^2 + W_2^2} ; \quad (17-16)$$

Áp lực ngang W_1 xác định theo công thức:

$$W_1 = 0,5\gamma H_1^2 l ; \quad (17-17)$$

trong đó:

- l - chiều dài nhịp van;
- γ - trọng lượng riêng của nước.
- Điểm đặt của W_1 cách đáy một khoảng $1/3H_1$ và cách tâm quay O một khoảng l_1 .

Áp lực đứng W_2 bằng trọng lượng khối nước ABC, điểm đặt cách tâm O một khoảng l_2 . Trị số l_2 xác định từ công thức:

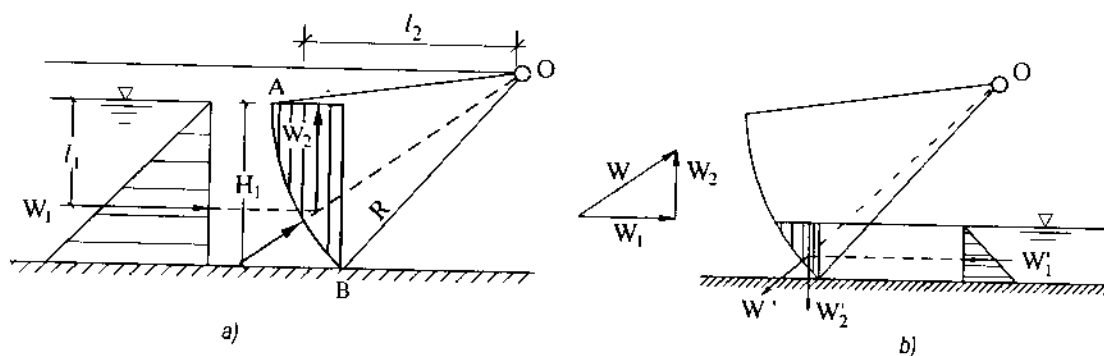
$$W_1 l_1 - W_2 l_2 = 0 ; \quad (17-18)$$

Cũng phân tích tương tự như trên để tính áp lực nước phía hạ lưu cửa van (sơ đồ hình 17-19b).

Trọng lượng cửa van bằng thép có thể xác định sơ bộ theo công thức do A.R.Bêrêzinskin đề nghị:

$$G = 1500F\sqrt[4]{F} , (N) ; \quad (17-19)$$

trong đó: F - diện tích bản chắn nước (m^2).



Hình 17-19. Sơ đồ áp lực nước tác dụng lên van cung

III. Xác định lực mở cửa van hình cung

Lực mở P_1 có thể xác định theo công thức:

$$P_1 = K_1 T_0 + K_2 (T_1 + T_2) ; \quad (17-20)$$

trong đó:

K_1, K_2 - hệ số an toàn, lấy $K_1 = 1,1$; $K_2 = 1,2$;

T_0 - lực để thắng trọng lượng bản thân;

T_1 - lực để thắng ma sát tại khớp quay;

T_2 - lực để thắng ma sát tại thiết bị chặn nước.

Lực T_0 có thể tính theo công thức sau:

$$T_0 = G \frac{l_3}{l_4} ; \quad (17-21)$$

trong đó: G - trọng lượng van.

Các ký hiệu khác xem hình vẽ (17-20).

Lực kéo T_1 để thắng ma sát ở khớp quay tính theo công thức:

$$T_1 = \frac{fQr}{l_4} ; \quad (17-22)$$

trong đó:

f - hệ số ma sát trượt, lấy giống như van phẳng;

r - bán kính trục tại khớp quay (m);

Q - lực tác dụng tổng hợp tại khớp quay (N).

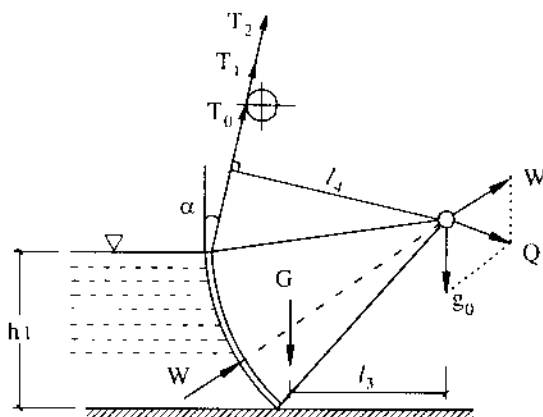
$$\vec{Q} = \vec{G}_0 + \vec{W} ; \quad (17-23)$$

W - áp lực nước tĩnh truyền lên khớp;

G_0 - thành phần trọng lượng bản thân truyền lên khớp quay, dựa vào điều kiện cân bằng lực, ta có:

$$G_0 = G \left(1 - \frac{l_3}{l_4} \cos \alpha \right) , \quad (17-24)$$

với α là góc giữa phương thẳng đứng và phương dây kéo.



Hình 17-20. Sơ đồ xác định lực mở van cung

Lực kéo T_2 để thắng ma sát tại thiết bị chắn nước ở hai bên:

$$T_2 = \frac{fP \left(R + \frac{e}{2} \right)}{l_4}; \quad (17-25)$$

trong đó:

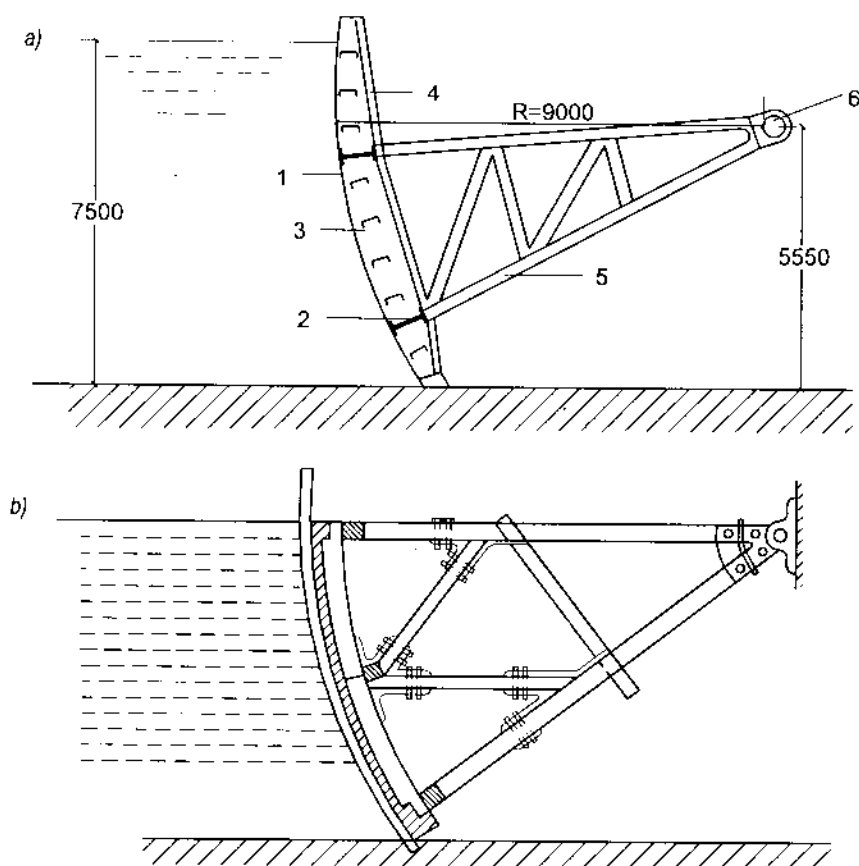
f - hệ số ma sát giữa vật liệu làm thiết bị chắn nước và vật liệu làm đệm gắn ở chỗ trụ.

P - áp lực nước tác dụng lên thiết bị chắn nước.

e - chiều rộng của thiết bị chắn nước.

IV. Một số nguyên tắc bố trí và cấu tạo

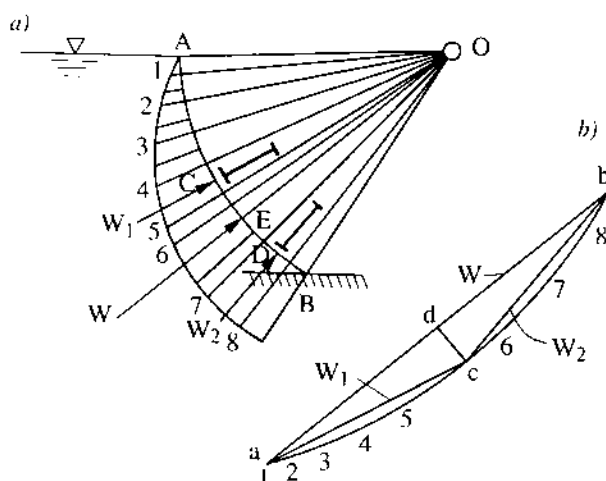
Cửa van hình cung bao gồm bản chắn nước, hệ thống dầm, càn đỡ và khớp quay (hình 17-21). Hệ thống dầm cũng bố trí theo nguyên tắc ở mọi chỗ bản mặt chịu lực như nhau, các dầm chính chịu lực như nhau để tiện thi công và tận dụng khả năng chịu lực của vật liệu.



Hình 17-21. Sơ đồ cấu tạo của van hình cung

1. Bản chắn nước; 2. Dầm chính; 3. Dầm phụ; 4. Cột đứng; 5. Càn đỡ; 6. Khớp quay.

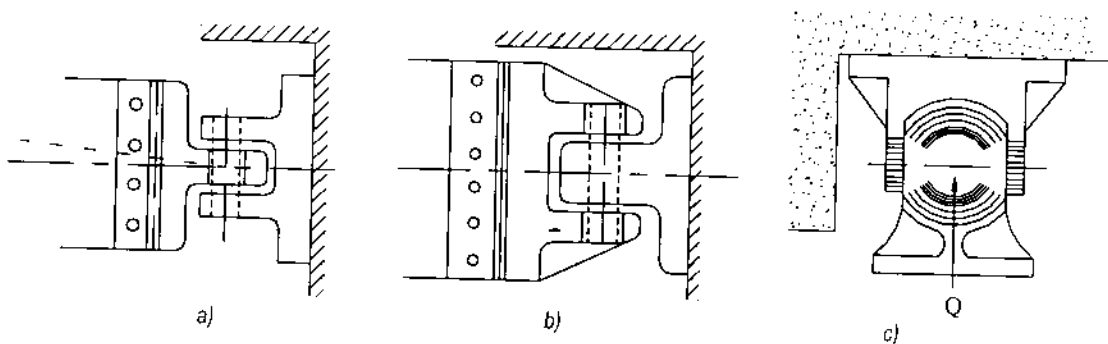
Hình (17-22) biểu thị cách xác định vị trí dầm chính trong trường hợp số dầm chính bằng 2.



Hình 17-22. Sơ đồ xác định vị trí của dầm chính van cung

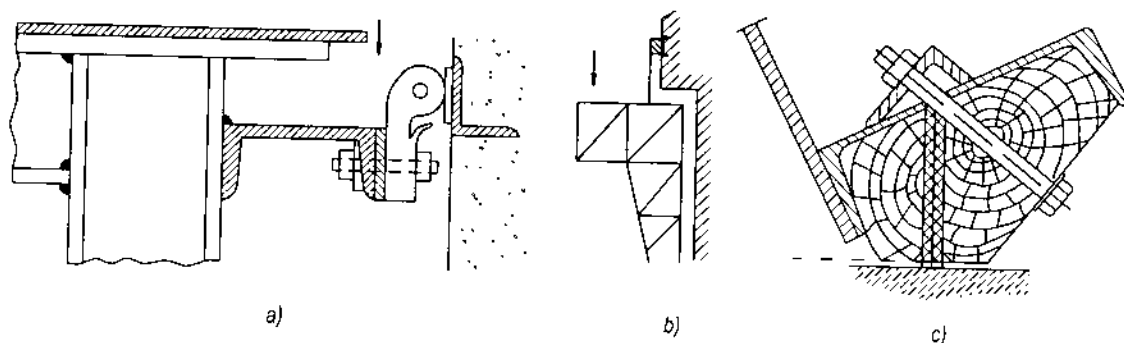
Dựa vào sơ đồ áp lực nước tác dụng, chia áp lực đó thành từng phần nhỏ 1, 2, 3... (hình 17-22a). Vẽ đa giác lực do các lực đó hợp thành. Nối điểm a và b ta được tổng lực W (hình 17-22b). Chia đoạn ab thành 2 phần bằng nhau $ad = db$. Từ d kẻ đường vuông góc với ab gặp đa giác lực tại c . Về trị số ta có $ac = cb$, tức là hai dầm đó chịu lực của nước truyền tới bằng nhau. Từ tâm O kẻ các đường $OC // ac$, $OD // cb$ ta xác định được phương và vị trí đặt hai dầm chính.

Đối với hệ thống còng van, chịu áp lực nước từ dầm và cột biên truyền tới, tính toán theo nguyên tắc giàn. Khớp quay là nơi còng tựa lên và quay khi đóng mở cửa. Hình 17-23 biểu thị một số hình thức khớp quay. Trường hợp bán kính van còng $R = (1,2 \div 1,5)h_1$, (trong đó h_1 là chiều sâu nước thượng lưu) thì khớp đặt thấp hơn mực nước thượng lưu. Khớp thường đặt cao hơn mực nước lớn nhất ở hạ lưu để tránh bị hạn gì.



Hình 17-23. Khớp quay của cửa van còng
a, b) Khớp trụ; c) Khớp cầu

Loại khớp cầu cấu tạo tương đối phức tạp nhưng có thể chuyển động được theo các chiều khác nhau. Do đó khi các trụ lún không đều trong chừng mực nhất định vẫn không ảnh hưởng tới việc đóng mở cửa. Khớp trụ cấu tạo đơn giản hơn, khi các trụ lún không đều sẽ có ảnh hưởng tới việc đóng mở cửa.

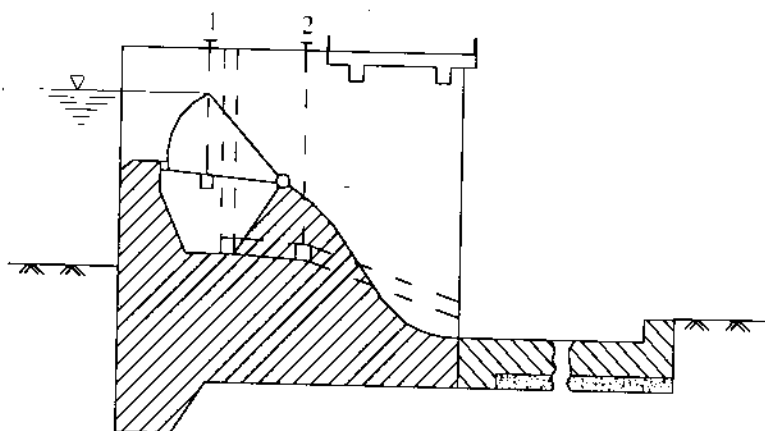


Hình 17-24. Một số thiết bị chặn nước của van cung
a, b) Chặn nước bên cạnh; c) Chặn nước đáy.

§17.4. MỘT SỐ LOẠI VAN ĐÓNG MỞ BẰNG SỨC NƯỚC

I. Cửa van quạt

Cửa van quạt là loại đóng mở nhờ chuyển động quay quanh các khớp đặt ở ngưỡng đáy và áp lực nước tác dụng lên tấm chắn nước truyền cho các giàn rồi truyền cho ngưỡng đáy. Khi mở, cửa van nằm trong buồng ở ngưỡng đáy (hình 17-25). Vì vậy van dùng trong trường hợp ngưỡng đáy có đủ chiều cao để bố trí buồng van; thường chiều cao của ngưỡng phải lớn hơn 1.5 lần chiều cao của cửa van. Cửa van của đường tràn hồ Cẩm Sơn (Lạng Sơn) là một ví dụ loại này.



Hình 17-25. Cửa van hình quạt

Hình vẽ (17-25) giới thiệu đường dẫn tháo nước qua trụ để dẫn nước vào hoặc tháo ra khỏi buồng van khi đóng hoặc mở. Khi mở cửa, người ta đóng khoá 1 và mở khoá 2, như vậy nước trong buồng được tháo về hạ lưu, van hạ xuống dưới tác dụng trọng lượng bản thân. Khi cần nâng van lên, đóng khoá 2 và mở khoá 1 để dẫn nước vào buồng van. Cửa van được nâng lên dưới tác dụng của áp lực nước. Nếu cần điều chỉnh, khoá 1 và 2 có thể giữ cửa van ở một độ mở nhất định nào đó.

Loại van này đóng mở nhẹ nhàng, nhanh chóng, điều tiết mực nước khá tốt, tiện cho việc tháo các vật nổi. Tuy nhiên, khi sông có nhiều bùn cát thì dễ gây lắng đọng trong buồng van.

Loại này có thể dùng cho các khoang lớn (tới 60m) nhưng không cao (tới 5m).

Khi cửa van nằm ở vị trí đóng ta có phương trình cân bằng mô men như sau (hình 17-26a):

$$Ga - W_2b \pm f_0 W_1 r \pm T_0 R = 0 ; \quad (17-26)$$

Khi cửa van ở một vị trí nào đó, ta có (hình 17-26b):

$$Ga - W_2b \pm W_3c \pm f_0 W_1 r \pm T_0 R = 0 ; \quad (17-26)$$

trong các công thức trên:

G - trọng lượng van;

a - cánh tay đòn của G đối với tâm quay;

W_1, W_2 - áp lực tác dụng vào 2 phía bản chắn;

W_3 - áp lực nước tác dụng vào tấm chắn phía trên cửa van, cánh tay đòn của W_3 là c ;

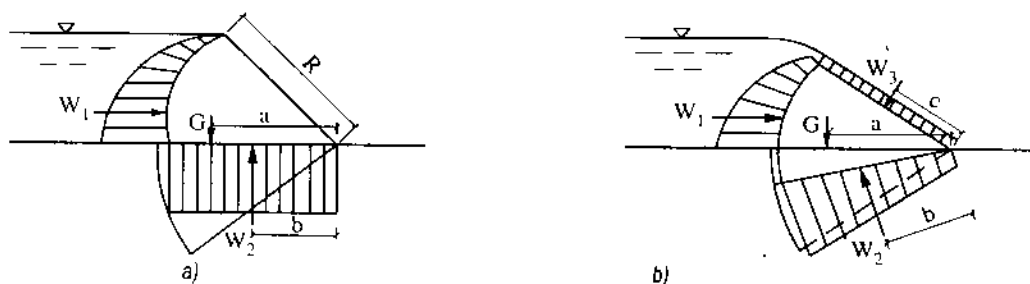
f_0 - hệ số ma sát của vật liệu khớp quay;

r - bán kính khớp quay;

T_0 - lực ma sát của thiết bị chắn nước bên cạnh;

R - bán kính cửa van.

Dấu $\pm$ trong các công thức tương ứng với thời điểm cửa van đang nâng lên hoặc hạ xuống.

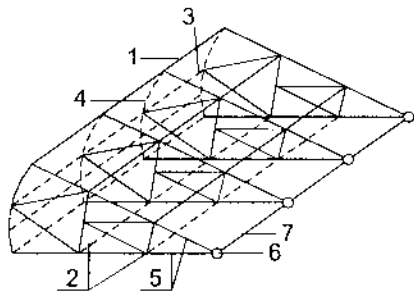


Hình 17-26. Sơ đồ lực tác dụng lên van quay

Về mặt cấu tạo, cửa van gồm bản chắn nước có bán kính cong $R = (1,4 \div 2)H$, với H là cột nước trước cửa van. Các dầm chính cũng bố trí theo nguyên tắc chịu lực như nhau. Các thanh chống hỗ trợ hình cong (xem như cột đứng) để tăng cường chịu lực và tăng độ cứng cho bản. Các thanh này gồm từng đoạn đặt sát vào bản chắn và gác lên dầm chính.

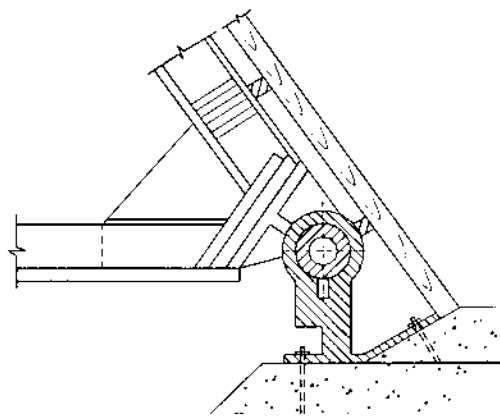
Hệ thống giàn phẳng đặt cách nhau khoảng $1,5 \div 3,0m$, chịu lực từ dầm chính để truyền cho khớp. Khác với van cung, van quạt có nhiều càng quay nên lực phân phối cho mỗi càng chịu nhỏ hơn do đó có thể bố trí theo kiểu giàn phẳng (hình 17-27). Trục của khớp quay là một thanh thép tròn đặc hoặc rỗng đặt dọc theo ngưỡng đáy và làm trục quay chung của các khớp, chịu lực từ giàn truyền tới rồi truyền cho ngưỡng đáy.

Hình (17-28) biểu thị bộ phận khớp quay van quạt có trục quay là một thanh thép tròn rỗng.



Hình 17-27. Cấu tạo cửa van hình quạt

1. Giàn mặt; 2. Dầm chính; 3. Dầm phụ; 4. Cột đứng;
5. Càng quay; 6. Khớp quay; 7. Trục khớp ngang



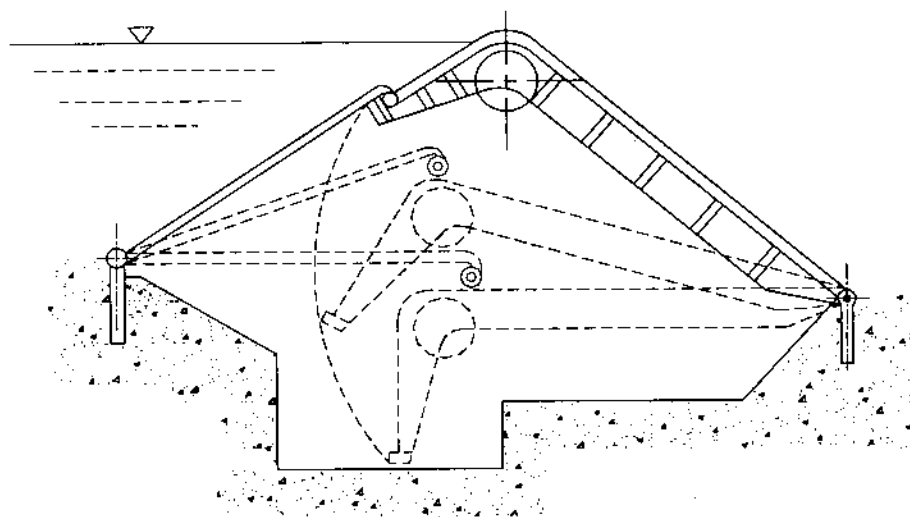
Hình 17-28. Khớp quay của van quạt

II. Cửa van mái nhà

Loại cửa van này gồm 2 tấm chắn nước giáp đầu nhau và quay quanh hai trục ở ngưỡng đáy, một ở thượng lưu, một ở hạ lưu.

Để nâng van lên, người ta giữ trong buồng van một mức nước nhất định. Vì vậy cũng giống như van quạt cần bố trí van phụ lấy nước dẫn qua trụ đưa vào buồng van và có đường tháo nước từ buồng van về hạ lưu khi cần hạ cửa xuống. Hình (17-29) giới thiệu một loại van mái nhà. Trong hình thức này có dùng phao đặt trong buồng van để tăng cường lực đẩy cửa van lên khi đóng cửa.

Tại chỗ hai cánh cửa tiếp giáp nhau, để cho việc đóng mở được dễ dàng người ta gắn bánh xe cho hai cửa tỳ lên nhau và chuyển động lăn khi đóng mở.



Hình 17-29. Cửa van kiểu mái nhà

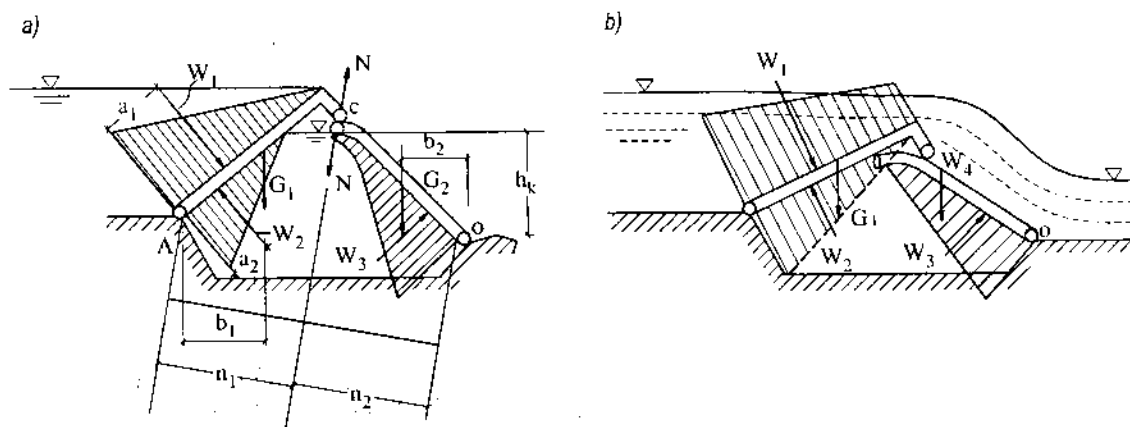
Tấm chắn hạ lưu thường xuyên chịu áp lực nước lớn hơn, do đó hệ thống dầm đỡ ở tấm chắn nước hạ lưu phải làm cứng hơn. Hệ thống dầm bố trí như hình thức khung giàn, các dầm đặt cách nhau $1,5 \div 2,0\text{m}$.

Trường hợp cửa ở vị trí đóng, sơ đồ lực tác dụng được thể hiện ở hình vẽ (17-30a). Cửa van chịu tác dụng của áp lực nước W_1, W_2, W_3 , trọng lượng các cánh cửa G_1, G_2 , phản lực N tại chỗ tiếp giáp C , phản lực ở khớp A, O , lực ma sát tại khớp A, C và O . Dựa vào điều kiện cân bằng mô men ta có:

$$W_1 a_1 - W_2 a_2 + G_1 b_1 - N n_1 = 0 ; \quad (17-27)$$

Đối với tấm chắn hạ lưu:

$$W_3 a_3 - G_2 b_2 - N n_2 = 0 ; \quad (17-28)$$



Hình 17-30. Phân tích lực tác dụng lên cửa van mái nhà

Các trị số cánh tay đòn của các lực a_2, a_3, n_1, n_2 và các lực W_2, W_3 có thể biểu thị bằng độ sâu h_k (tính từ cao trình mực nước trong buồng van đến điểm O). Khi biết được W_1, G_1, G_2, b_1, b_2 từ công thức (17-28) có thể xác định được h_k , tức là xác định được chiều sâu nước cần thiết trong buồng van.

Khi cửa van ở vị trí trung gian (hình 17-30b) trị số các lực W_1, W_2, W_3 và cánh tay đòn của các lực thay đổi. Ngoài ra còn có thêm lực tác dụng của nước tràn trên mặt W_4 , áp lực nước trong buồng van tác dụng lên phần trên tấm chắn thượng lưu W_5 . Dựa vào điều kiện cân bằng mô men ta xác định được mực nước trong buồng van.

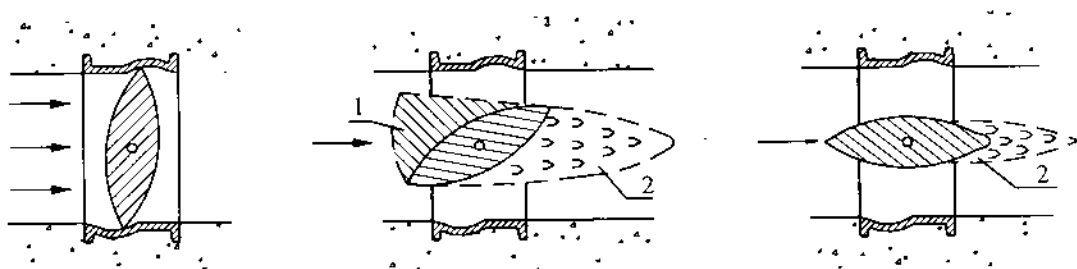
Do sử dụng được bộ phận dẫn tháo nước ở buồng van để đóng mở cửa, nên lực đóng mở nhỏ và tốc độ đóng mở nhanh. Vì vậy loại van này có thể dùng khi nhịp rộng tới $40 \div 45m$ với chiều cao $6 \div 7m$. Nhược điểm loại van này là trong quá trình tháo nước, cửa van thường không ổn định. Khi có nhiều bùn cát dễ gây lắng đọng, gây bất lợi cho chuyển động của cửa.

§17.5. MỘT SỐ LOẠI VAN DƯỚI SÂU

I. Cửa van đĩa

Van đĩa dùng để chắn nước ở các lỗ hoặc ống đặt dưới sâu như các lỗ trong thân đập, các đường ống dẫn nước vào tuabin của nhà máy thủy điện v.v... Đĩa làm bằng kim loại đặt trong một vỏ bằng thép. Van đĩa có loại quay quanh trục ngang (có tên gọi là van bướm) hoặc quay quanh trục đứng.

Loại van đĩa trục ngang vỏ thép, tại vị trí đóng mở có đường kính lớn hơn đường kính ống một chút, tạo thành hai vai đỡ là hai nửa vòng tròn khi đóng cửa van. Do nửa đĩa phía dưới chịu áp lực nước lớn hơn nửa đĩa phía trên sẽ tạo ra mômen quay ép chặt cửa van vào vai đỡ. Tuy nhiên để tăng lực ép cửa van vào vai, người ta vẫn bố trí thêm bộ phận cơ khí để ép cửa van khi đóng. Tại chỗ vai đỡ có bố trí thêm các nửa vòng đai bằng đồng thau hay bằng cao su để tăng độ khít, hạn chế rò rỉ nước. Khi đóng, cửa van nằm một góc gần 80° so với trục dọc của ống (hình 17-31). Khi mở hoàn toàn đĩa sẽ nằm theo trục dọc của ống. Nếu ta bố trí khi đóng mà cửa van hợp với trục dọc một góc 90° thì khi mở hoàn toàn sẽ hợp với trục dọc một góc gần 10° do điều kiện tiếp giáp của các nửa vòng tròn với trục quay của đĩa. Lúc van mở, áp lực ở nửa trên của đĩa sẽ tăng dần. Sở dĩ có hiện tượng này là do có áp lực dư (áp lực thủy động) ngoài áp lực tĩnh ở phía trước, ở phía sau có chân không (khu nước xoáy). Mômen do áp lực dư này sinh ra sẽ lớn nhất khi cửa van mở chừng $50^\circ \div 60^\circ$. Lúc này dòng chảy có khuynh hướng đóng cửa van lại, vì vậy cần có bộ phận giữ và tiếp tục mở cửa.



Hình 17-31. Cửa van đĩa trục ngang
1. Khu áp lực dư; 2. Khu nước xoáy.

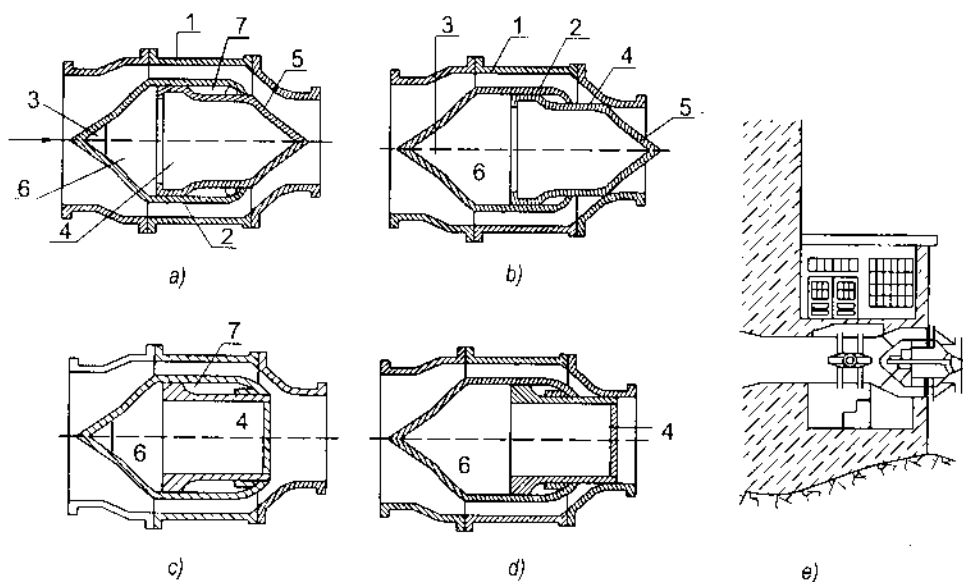
Hệ số tổn thất cột nước qua cửa van khi mở hoàn toàn khoảng 0,26. Cửa van đĩa có ưu điểm là lực đóng mở nhỏ, thao tác nhẹ nhàng, nhanh chóng, thường dùng làm van sự cố. Nhược điểm là dễ gây chấn động, có chân không lớn, khi mới mở cửa. Khi không điều tiết lưu lượng người ta đã dùng van đĩa đường kính $1,6 \div 3,45\text{m}$, với cột nước $55 \div 150\text{m}$. Van đĩa có thể sử dụng như cửa van điều tiết lưu lượng với cột nước $20 \div 30\text{m}$.

II. Van kim

Van kim là loại van có thể dùng điều tiết lưu lượng ở những nơi cột nước lớn. Van có thể làm việc trong trường hợp đóng, mở hoàn toàn hay ở vị trí trung gian mà không có rung động. Loại này dùng được ở những nơi có cột nước tới 800m và đường kính đạt tới 6,5m. Van thường đặt ở cuối các lỗ tháo nước phía hạ lưu đập và tháo nước ra không khí, tổn thất cột nước qua cửa van nhỏ (khoảng $0,20 \text{ v}^2/2g$). Loại van này có kết cấu phức tạp, đắt.

Cửa van (hình 17-32) gồm một vỏ bọc kim loại hình bầu dục 1, xi lanh cố định 2, phần đầu dạng hình côn 3. Trong xi lanh cố định có bộ phận chuyển động như một pittông 4. Ở đầu pittông gắn khối đúc hình kim 5. Khi cửa mở, nước chảy trong khoảng trống giữa vỏ và xi lanh cố định. Khoảng 6 ở sau hình côn; khoảng 7 giữa xi lanh và pittông đều ăn thông với thượng hạ lưu nhờ các ống dẫn.

Khi mở van người ta cho nước vào khoảng trống 7 và tháo nước trong khoảng trống 6 ra. Do tác dụng của áp lực nước trong buồng 7, pittông bị đẩy từ phải sang trái để mở cửa. Khi cần đóng cửa, dẫn nước vào buồng 6 và tháo nước ở buồng 7, pittông sẽ chuyển động từ trái sang phải. Trường hợp cửa van ở vị trí trung gian có thể dùng bộ phận cơ khí điều chỉnh trục van ở vị trí đã định. Hoặc có thể lợi dụng áp lực tác dụng vào đầu bộ phận hình kim đẩy lùi pittông đến vị trí nhất định.

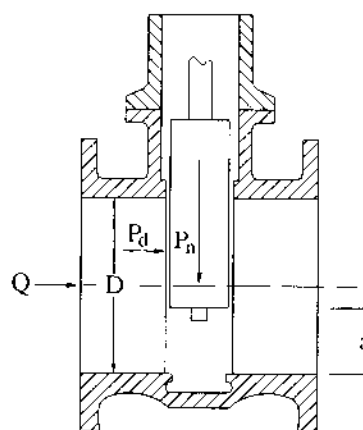


Hình 17-32. Van hình kim

III. Van khoá

Van khoá là dạng được sử dụng rộng rãi cho các đường ống dẫn nước, khí. Trong các công trình thuỷ lợi, van khoá được sử dụng nhiều ở các cống lấy nước dưới đập có đường kính không lớn ($D < 0,8\text{m}$), đặt cửa van ở cuối cống để tạo chế độ chảy có áp ổn định trong cống (xem chương 15). Phổ biến nhất là loại van khoá tròn (hình 17-33).

Về cấu tạo, van khoá tròn có một vỏ bằng gang đúc, bên trong có một đĩa chuyển động dạng phẳng (hình 17-33) hay hình nêm. Khi đường kính $D < 0,75\text{m}$, có thể mở van trong điều kiện có độ chênh áp lực ở mặt trước và sau van. Điều này cho phép sử dụng van khoá làm van chính hay van sự cố.



Hình 17-33. Sơ đồ van khoá tròn

Còn khi đường kính lớn hơn thì phải dùng đến thiết bị cân bằng áp lực để hỗ trợ khi mở van.

Trị số hệ số sức cản thuỷ lực của van khoá có tấm chắn phẳng song song phụ thuộc vào độ mở tương đối $m = a/D$ như trên bảng 17-2, trong đó ξ_v dùng khi van đặt trên đường ống; ξ'_v dùng khi van đặt ở cửa ra (không xét đến tổn thất cột nước lưu tốc ở cửa ra).

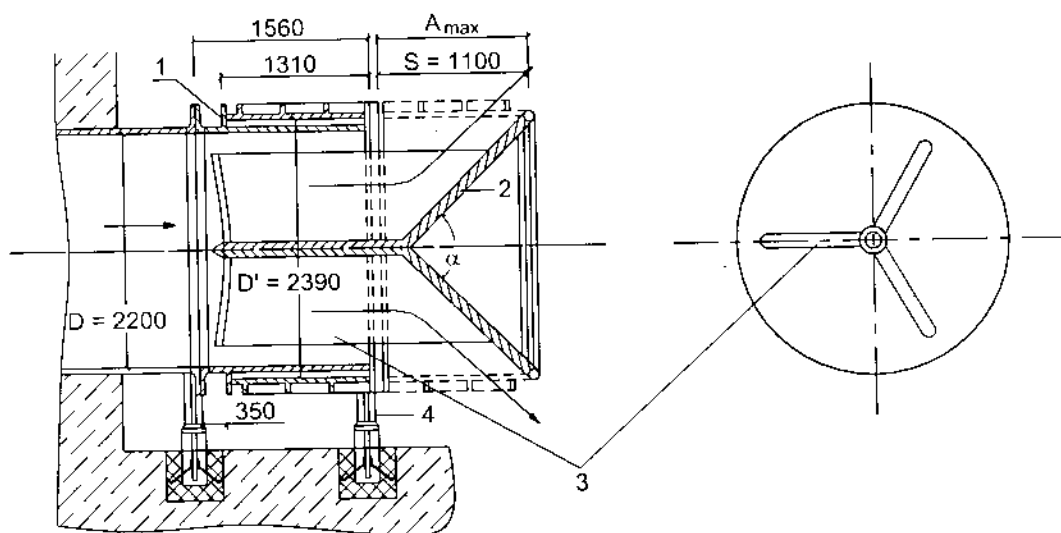
Bảng 17-2. Trị số hệ số sức cản thủy lực của van khoá

$m = a/D$	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,05
ξ_v	0,07	0,126	0,034	0,71	1,31	2,50	5,0	10,1	31	200	850
ξ'_v	0,106	0,213	0,75	1,70	2,30	3,85	7,1	14,2	36	200	850

IV. Van côn (van nút chai)

Van côn là một ống hình trụ cố định được đáy ở cuối bằng một nút hình côn (nón). Nhờ một cơ cấu đặc biệt, một xi lanh động có thể di chuyển dọc theo trục ống để điều khiển độ mở van. Van thường đặt ở cửa ra của ống tháo và dòng chảy phóng ra từ đó dưới dạng chùm tia phun vào không khí hoặc ngập dưới mực nước hạ lưu.

Trong xây dựng thủy lợi những năm gần đây, van côn đã được sử dụng tương đối nhiều ở các cống thép bọc bê tông cốt thép dưới đập đất, như ở cống Ea Soup thượng (Đak Lak): $D = 1,8\text{m}$; cống Nam Suối Dầu (Khánh Hoà): $D = 1,7\text{m}$; cống Vạn Hội (Bình Định): $D = 1,5\text{m}$...



Hình 17-34. Van côn có đường kính 2200mm (đơn vị trong hình vẽ: mm)

Cấu tạo của van côn gồm xi lanh cố định 1 (hình 17-34) nối liền với vỏ thép của ống dẫn; nút chặn hình côn 2 gắn cố định ở cuối; một xi lanh khác có đường kính nhỏ hơn có thể di động dọc theo trục ống nhờ một cơ cấu điều khiển để khống chế độ mở van. Góc ở đỉnh của nút hình côn thường chế tạo trong khoảng từ $50^\circ \div 90^\circ$; van có $\alpha = 50^\circ$ cho phép giảm nhỏ kích thước của buồng tiêu năng phía sau.

Hệ số tổn thất thủy lực của van côn có hành trình $S = 0,68D$ và $\alpha = 50^\circ$ xác định theo bảng 17-3.

Bảng 17-3. Hệ số sức cản thủy lực của van côn có $\alpha = 50^\circ$ và $S = 0,68D$

$\frac{D'}{D}$	Độ mở tương đối $m = A/S$									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1,10	66,3	19,7	9,83	5,77	3,73	2,50	1,71	1,17	0,80	0,52
1,04	128,3	30,5	13,6	7,67	4,86	3,27	2,29	1,63	1,18	0,91

Chương 18

BỂ LẮNG CÁT

§18.1. KHÁI NIỆM VÀ PHÂN LOẠI BỂ LẮNG CÁT

Nước từ sông vào các kênh tưới, nơi có vận tốc nhỏ hơn vận tốc trong sông sẽ để lại một phần bùn cát ở trong kênh đó. Bùn cát cỡ lớn sẽ lắng đọng ở lại đoạn đầu của các kênh chính. Bùn cát cỡ nhỏ hơn sẽ lắng đọng hầu hết trên kênh. Phần bùn cát còn lại sẽ được mang vào các cánh đồng tưới. Bùn cát gây nên sự lắng đọng trong kênh, làm giảm đáng kể khả năng thoát nước của các kênh, làm phức tạp và khó khăn cho phân phối nước và khai thác công trình thủy lợi. Việc dọn sạch kênh khỏi các bùn cát lắng đọng (có thể đạt tới 80 m³/ha) đòi hỏi những phí tổn lớn.

Ví dụ: sông Hồng có lượng ngậm cát trung bình nhiều năm từ 2,5÷3,0 kg/m³, hàm lượng bùn cát cực đại khoảng 16 kg/m³ và hàng năm sông Hồng có thể vận chuyển tới 100 triệu tấn bùn cát.

Trong thực tế, tùy theo tình hình mà có thể thực hiện các biện pháp để hạn chế một cách tối đa lượng bùn cát vào kênh, ví dụ như:

- Phòng chống hiện tượng xói mòn đất màu ở các lưu vực bằng cách chống phá rừng, trồng cây gây rừng.
- Làm các đập có thể thấm nước bằng cuội sỏi hay đập bằng bê tông lắp ghép ở các đoạn sông miền núi và trung du để giữ lại bùn cát đáy và một phần bùn cát cỡ lớn (biện pháp tạm thời).
- Bố trí hợp lý các công trình đầu mối lấy nước, loại trừ các loại bùn cát vào hệ thống kênh (tưới, phát điện) gây lắng đọng.
- Làm các bể lắng cát để lắng đọng lại các loại bùn cát lơ lửng cỡ trung bình và cỡ nhỏ trong nước có hại, không phù hợp với yêu cầu của các ngành dùng nước.

Trong các bể lắng cát không phải tất cả bùn cát đi qua đều lắng xuống. Nếu lắng đọng hoàn toàn tất cả các loại bùn cát là không có lợi, bởi vì : những hạt đất màu được đưa vào ruộng sẽ làm tăng độ phì nhiêu của đất. Mặt khác việc làm cho nước trong hoàn toàn có thể làm cho sau bể lắng bị xói lở.

Việc xác định kích thước của các hạt bùn cát có hại phụ thuộc vào yêu cầu của các ngành dùng nước. Ví dụ trong việc cấp nước cho nhà máy thủy điện, những hạt cát cứng, sắc cạnh đường kính $d \geq 0,25\text{mm}$ là những hạt bùn cát có hại, gây bào mòn và làm rối cánh tuabin. Khi thành phần bùn cát không có các hạt thạch anh hoặc những hạt có độ

cứng tương tự thì đường kính của các hạt có hại có thể lấy tới 0,4mm. Đối với hệ thống tưới thì mức độ có hại của các hạt bùn cát không chỉ phụ thuộc vào đường kính hạt mà còn phụ thuộc vào hàm lượng bùn cát trong nước. Bởi vì, việc tăng khối lượng bùn cát vào ruộng sẽ làm thay đổi lớn về địa hình, gây bất lợi cho việc quản lý. Còn kích thước các hạt bùn cát thì thường yêu cầu lắng lại các hạt có đường kính $d \geq (0,01 \div 0,05)\text{mm}$.

Bùn cát lắng đọng trong bể lắng cát được xói xuống hạ lưu của sông bằng phương pháp thủy lực nếu có độ chênh lệch mực nước thích hợp giữa bể lắng cát và hạ lưu sông. Nếu không có địa hình đó thì bùn cát được nạo vét bằng cơ giới (chủ yếu là bằng máy hút bùn).

Bể lắng cát có thể phân theo các loại như sau:

1. Theo nhiệm vụ của hệ thống: bể lắng cát của trạm thủy điện, bể lắng cát của hệ thống tưới và cung cấp nước.
2. Theo địa điểm bố trí: bể lắng cát ở đầu mỗi cửa lấy nước; bể lắng cát trên hệ thống kênh.
3. Theo số lượng buồng lắng: bể lắng một buồng, hai buồng và nhiều buồng.
4. Theo phương thức xói rửa bùn cát: bể lắng cát xói rửa liên tục và bể lắng cát xói rửa theo chu kỳ.

§18.2. BỂ LẮNG CÁT LÀM VIỆC THEO CHU KỲ

I. Kết cấu của bể lắng cát làm việc theo chu kỳ

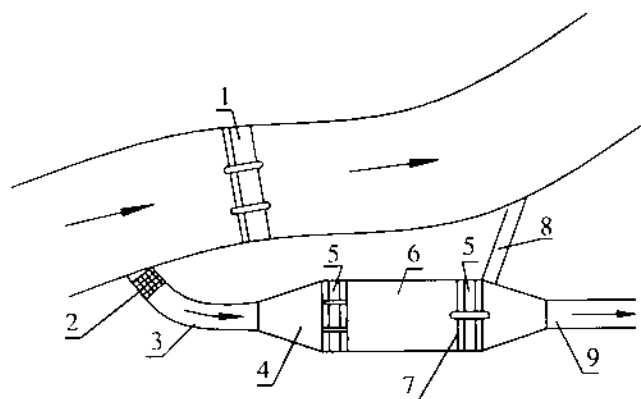
Trong quá trình làm việc, bùn cát sẽ dần dần lắng đọng trong các buồng của bể lắng, khi bùn cát lắng đọng nhiều, mặt cát ướt của bể lắng bị thu hẹp lại, vận tốc dòng chảy tăng lên, đến một thời điểm nào đó bùn cát có hại bắt đầu bị cuốn vào kênh. Tại thời điểm đó, cần phải xói rửa bùn cát ra khỏi bể lắng.

Chu kỳ xói rửa bể lắng phụ thuộc vào hàm lượng bùn cát của nước lấy từ sông, vào lưu lượng lấy, cấu tạo và kích thước của bể lắng. Trong thời kỳ lũ, khi nước ở trong sông đục hơn, bể lắng được xói rửa (1 ÷ 2) lần trong một ngày đêm, trong thời kỳ khác thì việc xói rửa thưa hơn.

Loại bể lắng đơn giản nhất là loại bể lắng có một buồng trên kênh hay là trong công trình đầu mối. Để dòng chảy mở rộng ra được êm khi vào bể lắng cát, người ta làm cửa vào dạng thuận dòng, còn bản thân bể lắng cát là một bể dài được mở rộng và đặt sâu xuống so với kênh; vận tốc của dòng chảy trong đó không lớn, trong giới hạn $(0,20 \div 0,35)\text{ m/s}$. Ở cuối bể lắng người ta đặt một cống điều tiết có các lỗ đáy xả cát và những khoang bên trên. Qua những khoang đó nước được chảy vào kênh tiếp theo. Khi xói rửa những bùn cát lắng đọng trong bể lắng thì cần phải đóng những khoang trên của cống điều tiết và ngừng cấp nước vào hệ thống để tránh tình trạng cuốn bùn cát bị khuấy đục chảy vào kênh tiếp theo. Để xói rửa bể lắng được nhanh hơn và tiết kiệm nước thì nên đặt ở trước cửa vào của bể lắng cát một cống điều tiết và nước xói rửa bùn cát được

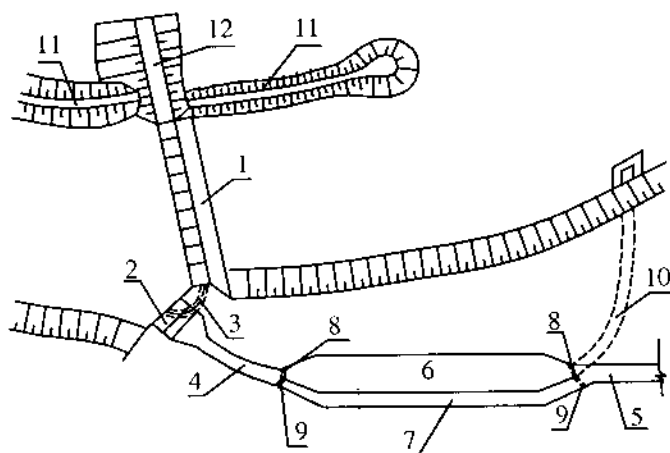
xả dưới cửa van sẽ rất có lợi. Lúc đó mực nước trong bể lắng hạ xuống nhanh và với lưu lượng xói rửa bùn cát như thế (hoặc nhỏ hơn một ít) ở trong buồng của bể lắng vận tốc sẽ tăng lên, do đó xói bùn cát lắng đọng sẽ nhanh chóng hơn.

Nếu như cùng một lúc vừa xói rửa bể lắng, vừa cấp nước vào hệ thống thì thời gian xói rửa sẽ kéo dài và ít có hiệu quả, mặt khác bùn cát có hại sẽ bị cuốn vào hệ thống kênh. Vì vậy bể lắng cát một buồng khi xói rửa thường ngừng cấp nước cho hệ thống. Tuy nhiên, khi chiều dài kênh lớn, bể lắng một buồng vẫn được sử dụng cho các hệ thống tưới, vì thời gian xói rửa tương đối ngắn, chu kỳ làm việc dài. Việc ngừng cấp nước trong một số giờ có thể bù đắp bằng cách tăng lưu lượng cấp nước sau khi đã xói rửa và kết quả của việc ngừng cấp nước trong thời gian xói rửa sẽ ảnh hưởng rất ít đến hệ thống tưới.



a) Bể lắng cát một buồng

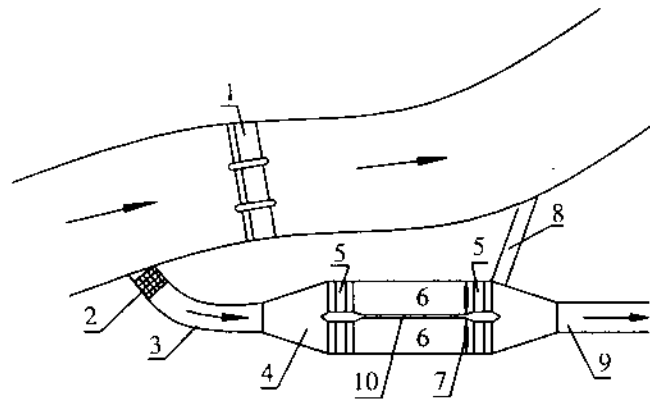
1. Đập hệ tổng tràn nước; 2. Phân vào; 3. Kênh thượng lưu; 4. Đoạn chuyển tiếp đầu bể; 5. Cống điều tiết; 6. Buồng lắng; 7. Lỗ đáy xả cát; 8. Đường dẫn nước bùn; 9. Kênh dẫn hạ lưu.



b) Bể lắng một buồng có kênh vòng

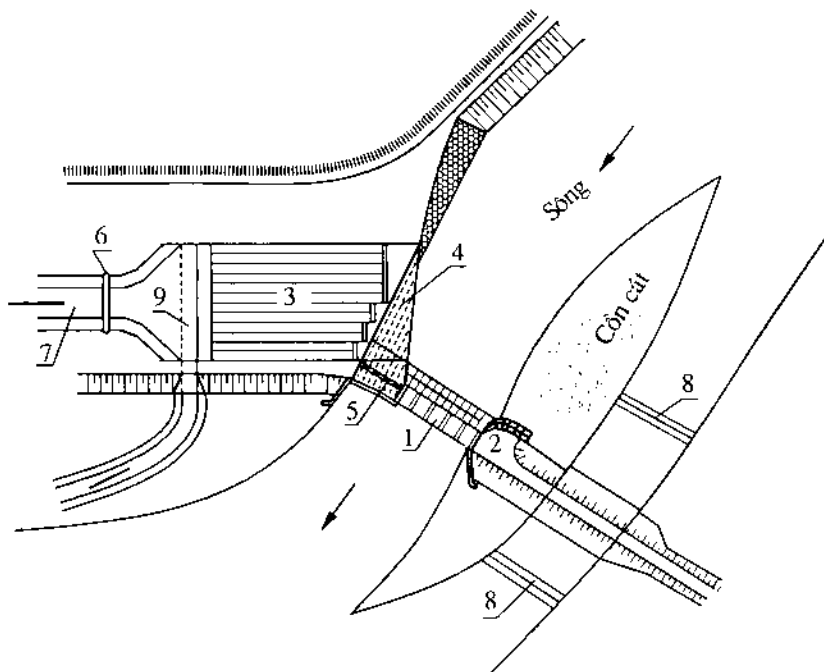
1. Đập; 2. Cống điều tiết đầu mối; 3. Các lỗ đáy xả cát; 4 và 5. Kênh dẫn và kênh chính; 6. Bể lắng cát một buồng; 7. Kênh vòng; 8 và 9. Cửa van của bể lắng cát và kênh vòng; 10. Đường dẫn bùn cát; 11. Các dè điều chỉnh; 12. Đập đất.

Hình 18-1a, b: Sơ đồ bể lắng cát xói rửa theo chu kỳ.



c) Bể lắng cát hai buồng

1. Đập bê tông tràn nước; 2. Cửa lấy nước; 3. Kênh thượng lưu;
4. Đoạn chuyển tiếp đầu bể; 5. Cổng điều tiết; 6. Buồng lắng; 7. Cửa van xả cát;
8. Đường xả cát; 9. Kênh dẫn hạ lưu; 10. Trụ giữa.



d) Mặt bằng công trình đầu mối lấy nước với bể lắng nhiều buồng

1. Đập bê tông tràn nước; 2. Đập đất; 3. Bể lắng cát; 4. Các lỗ xả cát ở ngưỡng bể lắng;
5. Các cửa van của chúng; 6. Cổng lấy nước vào kênh tưới; 7. Kênh tưới;
8. Các dè quai khi đang thi công; 9. Cổng xói rửa bể lắng

Hình 18-1c, d: Sơ đồ các bể lắng cát xói rửa theo chu kỳ.

Khi lấy nước cho nhà máy thủy điện, dùng bể lắng cát một buồng trong trường hợp khi sau các bể lắng cát ở trên đường dẫn nước có thể làm được một bể có đủ thể tích để

điều chỉnh việc cấp nước cho nhà máy, phù hợp với biểu đồ sử dụng hay là khi thể tích của bản thân kênh đủ đảm bảo được. Nếu không thoả mãn thì có thể thay thế bể lắng cát một buồng (hình 18-1a) bằng bể lắng cát một buồng có kênh vòng (hình 18-1b).

Loại bể lắng cát một buồng có kênh vòng bên cạnh có thể cấp nước cho hệ thống trong thời gian xói rửa bể lắng bằng kênh vòng. Tuy nhiên nước được cung cấp qua kênh vòng sẽ không thoả mãn được yêu cầu chất lượng nước lấy vì còn chứa nhiều bùn cát. Để giảm khối lượng bùn cát vào kênh ta nên tiến hành xói rửa bùn cát vào những giờ có nhu cầu về nước ít nhất.

Bể lắng cát một buồng chỉ dùng khi lưu lượng lấy vào không quá $10 \text{ m}^3/\text{s}$; nếu không kích thước buồng lắng sẽ lớn và thời gian xói rửa sẽ dài.

Trong trường hợp lưu lượng lớn hơn thì nên dùng bể lắng cát hai buồng (hình 18-1c). Loại này có thể cấp nước được liên tục. Khi thiết kế có thể tính toán cho hai trường hợp:

- Lưu lượng tính toán mỗi buồng bằng lưu lượng được đưa vào kênh dẫn, như vậy ta có thể tiến hành xói rửa một buồng vào bất cứ lúc nào, còn buồng kia vẫn tiếp tục cấp nước cho hệ thống.

- Lưu lượng tính toán ở cả hai buồng bằng lưu lượng được đưa vào kênh dẫn, như vậy khi một buồng xói rửa thì buồng còn lại không cấp đủ lưu lượng yêu cầu. Do đó việc xói rửa bể lắng cần được tiến hành trong thời gian hệ thống cần lưu lượng tương đối nhỏ.

Bể lắng cát nhiều buồng (hình 18-1d) về cấu tạo cũng như bể lắng cát một buồng.

Nếu các buồng luân phiên xói rửa, thì lưu lượng qua mỗi buồng là:

$$Q_b = \frac{Q_c}{n-1}; \quad (18-1)$$

trong đó:

Q_c - lưu lượng nước cần lấy vào hệ thống.

n - số lượng buồng.

Cửa lấy nước và kênh dẫn vào bể lắng được tính toán với lưu lượng:

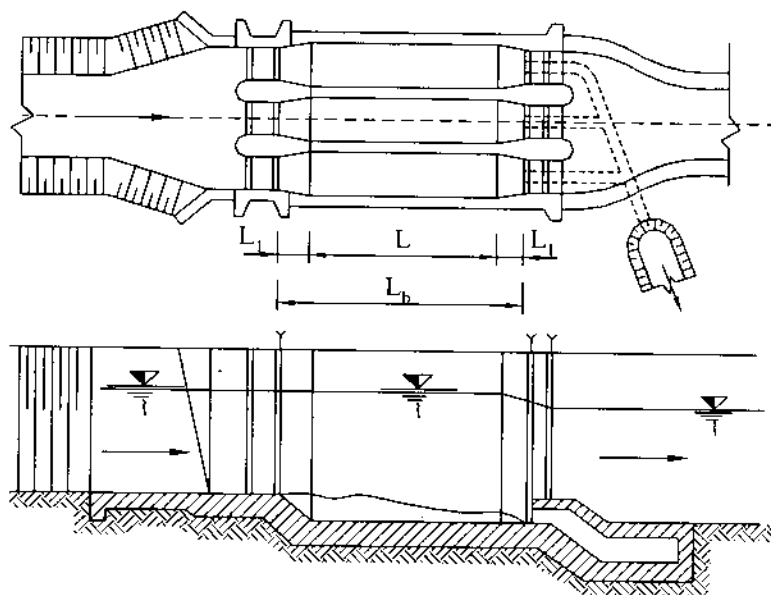
$$Q = (n-1).Q_b; \quad (18-2)$$

Việc xói rửa bể lắng cát được tiến hành khi mực nước trong buồng thấp, do đó lưu tốc trong buồng xói rửa được tăng lên. Để xói rửa được nhanh chóng và có hiệu quả tốt thì cần đảm bảo chênh lệch mực nước cần thiết giữa bể lắng và hạ lưu đường xả cát. Dòng chảy trong lỗ xả cát phần lớn là không áp, không ngập từ phía hạ lưu.

Khi nối bể lắng nhiều buồng vào kênh dẫn có thể không cần làm bể trước. Muốn thế phải đặt các buồng xiên một góc so với kênh dẫn như ở (hình 18-1d). Kết cấu của cách nối như thế đơn giản và làm việc không phức tạp; nhược điểm của nó là dẫn nước vào

buồng theo hướng xiên, ảnh hưởng xấu đến điều kiện làm việc của buồng. Để khắc phục nhược điểm này, người ta đặt những lưới điều hoà treo ở đầu các buồng. Để không chế mực nước trước bể lắng, người ta đặt cửa van tự động, xi phông, đập tràn bên bờ, v.v...

Bể lắng cát gồm các bộ phận chính sau đây: cửa vào, buồng lắng cát, cửa ra, thiết bị xói cát, v.v... (hình 18-2).



Hình 18-2. Sơ đồ cấu tạo bể lắng cát xói rửa theo chu kỳ

Giữa bể lắng với kênh dẫn vào và dẫn ra còn có đoạn quá độ mở rộng và thu hẹp dần để dòng chảy được khuếch tán và thu hẹp dần một cách đều đặn. Cửa vào các buồng được phân chia bằng các trụ pin. Khi bể lắng cát có nhiều buồng thì lưu tốc ở các buồng giữa và các buồng ở cạnh bờ sẽ khác nhiều so với lưu tốc trung bình, do đó hiệu quả làm việc của buồng sẽ giảm xuống. Vì vậy để khắc phục hiện tượng đó cần đặt hệ thống lưới điều hoà phía trước các buồng lắng.

Khi chiều rộng của buồng lắng lớn, để tránh đặt cửa van lớn và nặng, ở đầu và ở cuối mỗi buồng được làm thêm những trụ phụ, nó cũng có tác dụng điều hoà được phương của dòng chảy ở cửa vào của các buồng lắng.

Tuyến của buồng lắng nên làm thẳng, vì nếu làm theo dạng cong trong buồng lắng sẽ hình thành dòng chảy xoáy, làm cho lưu tốc phân bố không đều và điều kiện lắng đọng của bùn cát trở nên xấu.

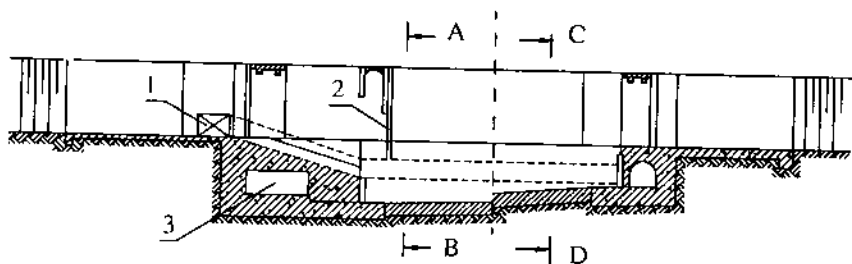
Đáy của buồng lắng thường làm dốc thuận, nhưng cũng có trường hợp làm dốc ngược, độ dốc thường là $i = (0,02 \div 0,005)$. Khi làm dốc thuận thì cửa vào của đường tháo cát đặt dưới phần cửa ra của buồng lắng. Lúc tiến hành xói rửa ta phải thực hiện các thao tác sau đây:

Đóng cửa lấy nước dẫn vào hệ thống, đóng một phần cửa van ở đầu buồng lắng, mở cửa van đường tháo cát. Khi xói rửa xong thì động tác điều khiển các cửa van sẽ theo thứ tự ngược lại. Lưu tốc trong các đường xả cát phụ thuộc vào kích thước của các nhóm hạt bùn cát được xả nhưng không nhỏ hơn $(2,0 \div 2,5)\text{m/s}$; Khi đáy buồng có độ dốc thuận thì đầu buồng lắng bùn cát sẽ lắng đọng nhiều và kích thước các hạt cũng lớn, nên độ sâu nước trong buồng lắng sẽ nhanh chóng giảm nhỏ, do đó chu kỳ xói rửa sẽ ngắn.

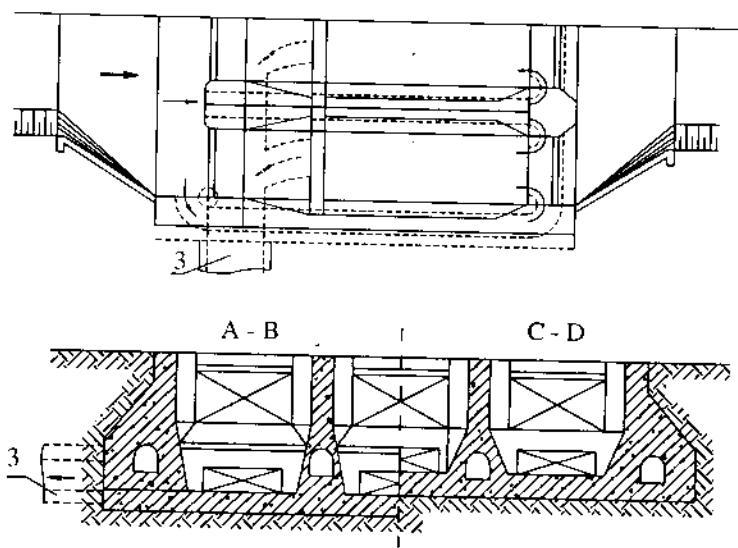
Để giảm số lần xói rửa, người ta làm đáy buồng có độ dốc ngược (hình 18-3). Lúc đó cửa vào của đường xả cát đặt dưới phần vào của buồng lắng. Việc xói rửa bùn cát có thể được tiến hành như sau:

Đóng cửa van ở cửa vào của buồng lắng, đóng một phần cửa van ở cuối buồng lắng, mở cửa van của đường xả cát. Cách xói rửa này không hợp lý vì dùng nước sạch đã lọc ở các buồng khác để xói rửa, mặt khác lưu lượng qua các buồng đó tăng lên so với lưu lượng làm việc bình thường, nên điều kiện làm việc của chúng trở nên xấu đi.

Mặt cắt dọc theo trục:



Một nửa mặt bằng bể lắng cát:



Hình 18-3. Bể lắng cát có độ dốc ngược

1. Đường hầm dẫn nước; 2. Lưới điều hoà lưu tốc; 3. Đường xả cát

Để khắc phục vấn đề đó, dưới các tường ngăn của các buồng lắng, người ta làm thêm các đường hầm dẫn nước nổi từ thượng lưu đến cuối buồng lắng và lúc đó ta tiến hành thao tác như sau:

Đóng cống dẫn vào hệ thống được xói rửa, đóng cửa van đầu buồng lắng; mở cửa van của đường ngầm dẫn nước, mở cửa van của đường xả cát. Khi xói rửa xong các thao tác cửa van được làm theo thứ tự ngược lại. Hệ thống xói rửa này hoàn chỉnh hơn nhưng kết cấu phức tạp vì phải làm thêm đường dẫn nước ngầm.

Bể lắng cát có độ dốc ngược có kết cấu tương đối phức tạp, chỉ khi nước sông có nhiều bùn cát lớn thì mới ứng dụng.

Cống lấy nước ở cuối bể lắng cần thoả mãn lấy được lớp nước trong, không phá huỷ tính chất của dòng chảy trong buồng. Do đó ngưỡng của cống thường làm dạng phẳng, làm việc trong điều kiện chảy ngập và chiều rộng lấy gần bằng chiều rộng của bể lắng, còn chiều rộng của lỗ xả cát thì lấy nhỏ hơn ($1,5 \div 2,0$) lần chiều rộng của buồng lắng.

II. Tính toán bể lắng cát làm việc theo chu kỳ

Chọn hệ thống và kết cấu của bể lắng là một vấn đề kinh tế, kỹ thuật phức tạp, được giải quyết trong cả hệ thống chung của công trình lấy nước đầu mối. Để giải quyết bài toán này, cần phải biết mức độ cần làm trong nước của hệ thống (thường xuyên hay gián đoạn), mặt bằng của hệ thống cấp nước, trạng thái nước và bùn cát của nguồn hệ thống công trình lấy nước.

1. Quá trình chìm lắng của bùn cát

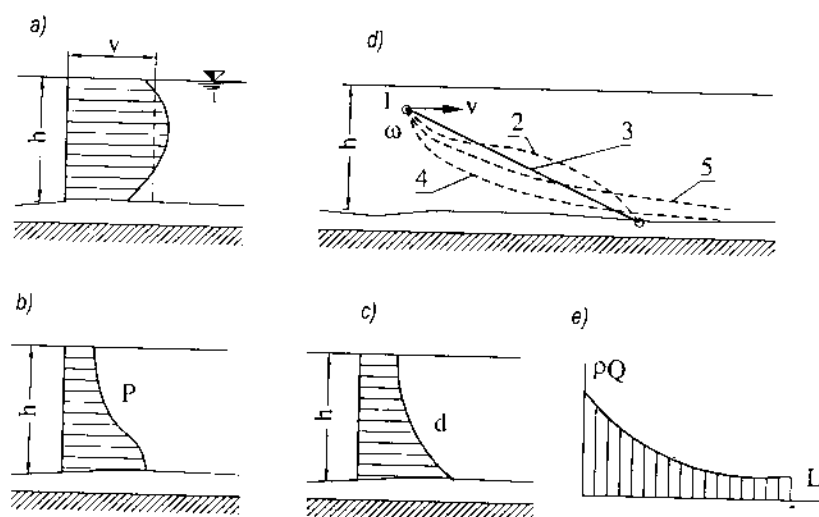
Sự hình thành nước trong lắng trong bể lắng có liên quan trực tiếp với quá trình chìm lắng của bùn cát dọc theo chiều dài của bể lắng. Quá trình đó phức tạp, phụ thuộc vào nhiều yếu tố.

Trong bể lắng lưu tốc dọc của dòng nước phân phối theo phương thẳng đứng là không đều (hình 18-4a), hàm lượng bùn cát p (kg/m^3) và kích thước của các hạt bùn cát cũng bé; càng xuống sâu hàm lượng bùn cát càng tăng, kích thước các hạt cũng lớn dần (hình 18-4b, c).

Khảo sát quá trình chìm lắng của hạt cát I (hình 18-4d) cho thấy: hạt cát chuyển động theo dòng nước với vận tốc v_0 , đồng thời do tác dụng của trọng lượng nó sẽ rơi xuống. Nếu như không chịu ảnh hưởng của nhân tố nào khác thì tốc độ rơi xuống bằng độ thô thủy lực của nó và nếu xem lưu tốc của dòng nước phân bố đều theo phương đứng thì hạt cát sẽ chuyển động theo đường thẳng 1-3. Nhưng thực tế lưu tốc v_0 phân bố không đều, càng gần phía đáy thì càng bé, do đó hạt cát sẽ chuyển động theo đường cong 1-2.

Trong bể lắng thường xảy ra hiện tượng mạch động của lưu tốc, ở đáy và ở sát thành của bể lắng hình thành các xoáy nước đi lên và tắt dần. Hiện tượng mạch động của lưu tốc làm chậm sự chìm lắng của các hạt bùn cát, làm cho quỹ đạo của các hạt bùn cát có dạng đường cong 1-4.

Tổng lượng bùn cát ($W = \rho Q$) được mang theo dòng chảy cũng giảm dần dọc theo chiều dài bể lắng cát (hình 18- 4e). Các loại bùn cát có kích thước lớn lắng chìm đầu bể, tiếp sau đó là những hạt bé dần. Kết quả mặt cắt ướt của buồng lắng bị thu hẹp lại, đến một lúc nào đó hạt bùn cát khảo sát không lắng chìm nữa mà ở trạng thái lơ lửng rồi theo dòng chảy qua bể lắng vào hệ thống, chuyển động của hạt bùn cát theo đường 1-5.



Hình 18-4. Quá trình chìm lắng của bùn cát.

Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình chìm lắng của bùn cát đều luôn luôn thay đổi theo thời gian. Khi thiết kế bể lắng cát chưa xét được hết các yếu tố, do đó giả thiết lưu tốc dọc của dòng chảy trong bể lắng bằng lưu tốc trung bình (v) và vận tốc rơi của hạt cát bằng độ thô thủy lực (ω) của nó.

2. Tính toán bể lắng cát

Phần vào của bể lắng thường không cần tính toán mà lấy hình dạng và kích thước theo cấu tạo, cốt đảm bảo cho nước chảy vào được êm. Đối với những công trình lớn, quan trọng người ta định hình dạng của buồng lắng bằng thí nghiệm mô hình. Trên cơ sở yêu cầu lắng và xói rửa bùn cát mà xác định hình thức, kích thước cơ bản của bể lắng, số lượng buồng, đường xả cát, chu kỳ xói rửa, v.v...

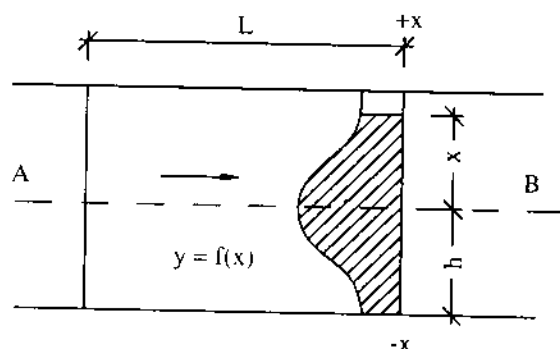
Với giả thiết tại mặt cắt đầu buồng lắng, một hạt bùn cát có độ thô thủy lực ω , ở cách đáy buồng lắng một đoạn h và bỏ qua hiện tượng mạch động của lưu tốc. Khi đó chiều dài rơi L của hạt bùn cát nằm ở mặt nước (trong trường hợp bể lắng có đáy nằm ngang) được xác định theo công thức:

$$L = \frac{h}{\omega} v ; \quad (18-1)$$

trong đó: v - lưu tốc dọc bình quân của dòng chảy trong bể lắng.

Tuy nhiên do dòng chảy trong bể lắng thường là dòng rối, do đó các hạt bùn cát chuyển động theo một quỹ đạo rất phức tạp, khác sự chuyển động của hạt bùn cát phụ thuộc nhiều yếu tố nên việc xác định các kích thước của bể lắng rất khó khăn và người ta đưa vào một số giả thiết để đơn giản hoá. Ví dụ, phương pháp của giáo sư M.A.Velikanốp dựa trên cơ sở tính toán xác suất chìm lắng của các hạt bùn cát.

Theo tác giả, chuyển động của các hạt có tỉ trọng bằng 1 đi qua một điểm A nào đó (hình 18-5). Do dòng chảy rối nên các hạt đó đi qua một khoảng cách L, sẽ lệch so với đường nằm ngang AB một đoạn nào đó. Quan hệ giữa mật độ phân phối y với độ lệch thẳng đứng x tuân theo đường cong Gauss:



Hình 18-5. Sơ đồ đường cong phân phối mật độ tần suất.

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} ; \quad (18-2)$$

trong đó:

x - độ lệch thẳng đứng so với quỹ đạo nằm ngang AB ở khoảng cách L;

σ - trị số quân phương của độ lệch đó.

Trong dòng rối các hạt sẽ chuyển động lúc lên, lúc xuống theo một quỹ đạo phức tạp nhưng nếu tổng cộng chiều cao của các hạt ở vị trí khởi điểm và độ lệch theo phương thẳng đứng nhỏ hơn chiều sâu chìm lắng của các hạt được tính theo công thức (18-1) thì có thể đảm bảo các hạt đó sẽ chìm xuống đáy trong phạm vi đoạn L. Do đó điều kiện cần và đủ để cho hạt cát chìm xuống đáy là:

$$x + h \leq \frac{L\omega}{v} \quad \text{hoặc} \quad x \leq \frac{L\omega}{v} - h ; \quad (18-3)$$

Mỗi một trị số x đều có một tần số nhất định được tính theo công thức (18-2). Do đó để tính xác suất chìm lắng của các hạt trong khoảng cách L phải cộng các tần số ứng với các trị số x thoả mãn hệ thức (18-3), nghĩa là phải tích phân biểu thức (18-2) trong phạm vi:

$$P = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\frac{\omega L}{v} - h} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} dx = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\lambda} e^{-t^2} dt; \quad (18-4)$$

trong đó:

$$\begin{aligned} t &= \frac{x}{\sigma\sqrt{2}}; \\ \lambda &= \frac{\left(\frac{\omega L}{v} - h\right)}{\sigma\sqrt{2}}; \end{aligned} \quad (18-5)$$

Trị số quân phương σ được xác định theo tài liệu thí nghiệm hoặc thực đo. Dựa vào kết quả thí nghiệm và quan trắc thực tế, Xavêlêp, Pôpôp và Xôkêrin đã cho biết giữa σ , L và h có quan hệ như sau:

$$\frac{1}{\sigma\sqrt{2}} = \frac{2,73}{\sqrt{Lh}}; \quad (18-6)$$

Kết hợp phương trình (18-5) ta có:

$$\lambda = 2,73 \left(\frac{\omega}{v} \sqrt{\frac{L}{h}} - \sqrt{\frac{h}{L}} \right); \quad (18-7)$$

Các trị số xác suất P được xác định từ phương trình (18-4) phụ thuộc vào trị λ được biểu thị ở bảng (18-1):

Bảng 18-1

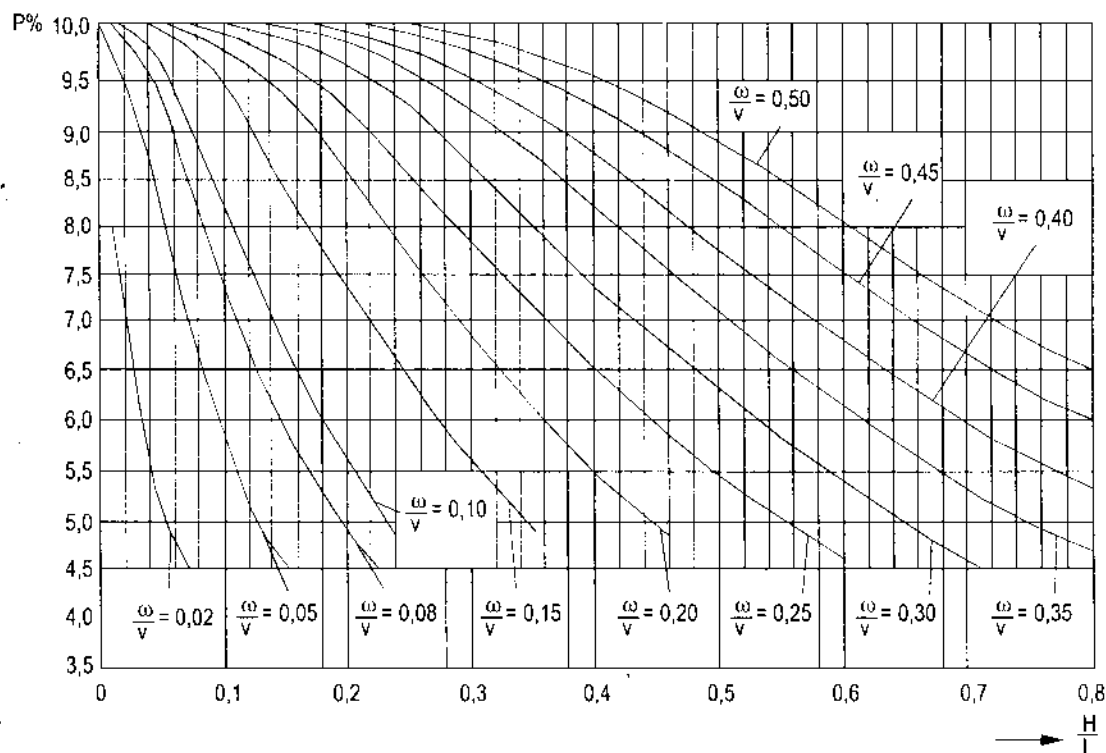
λ	P%	λ	P%	λ	P%	λ	P%
-2	0,2	-0,8	12,9	0	50	0,8	87,1
-1,5	1,7	-0,7	16,1	0,1	55,6	0,9	89,8
-1,4	2,4	-0,6	19,8	0,2	61,1	1,0	92,1
-1,3	3,3	-0,5	24,0	0,3	66,4	1,1	94,0
-1,2	4,5	-0,4	28,6	0,4	71,4	1,2	95,5
-1,1	6,0	-0,3	33,7	0,5	76,0	1,3	96,7
-1,0	7,9	-0,2	38,9	0,6	80,2	1,4	97,6
-0,9	10,2	-0,1	44,4	0,7	83,9	1,5	98,8
						2,0	99,8

Dựa vào bảng (18-1) ta xác định được trị số λ khi biết xác suất chìm lặn của bùn cát P . Chiều dài tính toán của bể lặn được xác định theo công thức (18-7) khi biết độ thô thuỷ lực ω , lưu tốc bình quân của dòng chảy v , chiều cao chìm lặn h .

Ta biết rằng xác suất chìm lắng P là tỉ số giữa lượng cát lắng đọng trong bể lắng và lượng cát vào bể lắng. Do vậy để tính toán được lượng bùn cát lắng đọng trong bể ta phải biết được quy luật phân bố bùn cát theo chiều sâu của dòng nước tại mặt cắt đầu bể lắng. Để đơn giản trong tính toán, ta xem bùn cát phân bố đều theo chiều sâu. Với giả thiết này độ cao bình quân của các nhóm hạt bùn cát và chiều dài tính toán của bể lắng sẽ tăng lên một ít.

Để thuận tiện trong tính toán, ta có thể sử dụng biểu đồ cho sẵn quan hệ: $P = f\left(\frac{H}{L}\right)$

ứng với các tỉ số $\frac{\omega}{v}$. Trong quá trình lập các biểu đồ tính toán các công thức (18-4) và (18-7) đã có những biến đổi thuận lợi cho việc ứng dụng tính toán trong thực tế.



Hình 18-6: Biểu đồ quan hệ $P\% = f\left(\frac{H}{L}\right)$

Sau đây là trình tự tính toán các kích thước cơ bản của bể lắng:

a) Xác định chiều sâu bể và lưu tốc trung bình trong bể lắng cát:

Để công trình làm việc tốt, chiều sâu bể thường lấy bằng $(4,5 \div 6,5)\text{m}$. Theo hình (18-2) thì chiều sâu của bể lắng cát là:

$$H_u = H - h_b; \quad (18-8)$$

trong đó:

H - chiều sâu toàn bộ của bể lắng cát;

h_b - chiều sâu của bùn cát bồi lắng, phụ thuộc vào thời đoạn tính toán, khi tính toán có thể sơ bộ lấy $h_b = (0,25 \div 0,30)H$.

Lưu tốc bình quân của dòng chảy (v) trong bể lắng phụ thuộc vào kích thước của nhóm bùn cát nhỏ nhất được lắng lại trong bể lắng. Khi đường kính hạt từ $(0,25 \div 0,40)$ mm thì lưu tốc dòng chảy lấy khoảng $(0,25 \div 0,50)$ m/s; khi đường kính hạt lớn hơn đến 0,7mm thì $v_{bq} = (0,7 \div 0,8)$ m/s.

b) Chiều dài của bể lắng:

Theo hình (18-2): Chiều dài toàn bộ của bể lắng (L_b) bằng chiều dài công tác của buồng lắng L cộng với chiều dài hai đoạn quá độ L_1 và L_2 .

$$L_b = L + L_1 + L_2 ; \quad (18-9)$$

trong đó: L_1, L_2 được xác định trên cơ sở thực nghiệm mô hình hoặc có thể lấy theo công trình tương tự.

Lúc tính toán sơ bộ, độ dốc đáy của đoạn quá độ phía trước có thể lấy bằng $(1/2,5 \div 1/3,0)$.

Chiều dài công tác của buồng lắng được tính toán trên cơ sở quan hệ $P = f\left(\frac{H_u}{L}\right)$.

Xác suất chìm lắng P lấy trong giới hạn $(80 \div 90)\%$. Nếu khối lượng bùn cát ít thì giá trị P nên lấy gần với giá trị dưới và độ dốc đáy buồng nên lấy trong khoảng $(0,005 \div 0,02)$.

Xác định chiều dài công tác của buồng lắng thực hiện theo các bước:

1. Xác định tài liệu tính toán:

- Độ dốc đáy của bể lắng;
- Lưu lượng làm việc của bể lắng;
- Thành phần các nhóm hạt bùn cát vào bể lắng.

2. Xác định nhóm hạt có kích thước bé nhất cần lắng lại trong buồng lắng.

3. Xác định lưu lượng của các nhóm hạt có kích thước lớn hơn đường kính các hạt có hạt nhỏ nhất trong bể lắng. Ví dụ: $(G_1)_0; (G_2)_0; (G_3)_0; \dots (G_n)_0$ kg/s và tổng của chúng là $\sum(G_i)_0$ kg/s. Với mỗi nhóm ta có các độ thô thủy lực tương ứng là $\omega_1; \omega_2; \omega_3; \dots \omega_n$.

Các độ thô thủy lực này được xác định theo các đường kính nhỏ nhất của các nhóm hạt.

4. Tính các trị số: $\frac{\omega_1}{v}; \frac{\omega_2}{v}; \dots; \frac{\omega_n}{v}$.

5. Giả thiết một số tỉ số giữa chiều sâu công tác và chiều dài công tác của bể lắng $\frac{H_u}{L}$ (thường lấy bằng 0,2; 0,15; 0,1; 0,075; 0,05; và 0,025). Ứng với mỗi tỉ số đó dựa trên biểu đồ hình (18-6) ta xác định được xác suất $(P_i)_k$ tương ứng với mỗi $\frac{\omega_i}{v}$.

6. Tính toán lưu lượng của các nhóm hạt bồi lắng trong bể ứng với mỗi tỉ số $\frac{H_u}{L}$ theo công thức:

$$(G_i)_k = \frac{(P_i)_k}{100} (G_i)_0, \text{ (kg/s)}; \quad (18-10)$$

7. Xác định lưu lượng tổng cộng của các nhóm hạt đã bồi lắng $\sum (G_i)_k$ và sau đó xác định xác suất chung của các nhóm hạt theo công thức:

$$P_k = \frac{\sum (G_i)_k}{\sum (G_i)_0} \cdot 100\%; \quad (18-11)$$

Tóm lại: với nhiều trị số $\frac{H_u}{L}$ ta sẽ có trị các trị số P_k tương ứng và chúng ta có thể tiến hành vẽ đường quan hệ $P_k = f\left(\frac{H_u}{L}\right)$, trên đường quan hệ này ta chọn được một trị số $\frac{H_u}{L}$ ứng với mức đảm bảo P và trên cơ sở đó ta xác định được chiều sâu và chiều dài công tác của bể lắng.

c) *Chiều rộng của bể lắng:*

Chiều rộng của bể lắng được xác định theo công thức:

$$B = \frac{Q}{H_u \cdot v}; \quad (18-12)$$

trong đó:

Q - lưu lượng làm việc của bể lắng cát;

H_u - chiều sâu tính toán của bể lắng cát;

v - lưu tốc trung bình trong bể lắng.

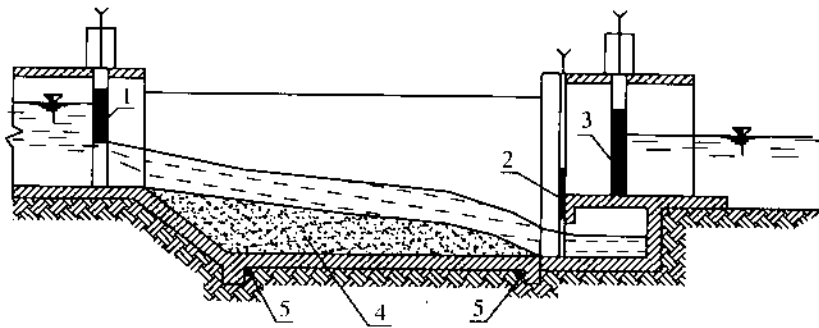
3. Xối rửa bùn cát theo chu kỳ

Theo mức độ bồi lắng mà vận tốc dòng chảy tăng lên, cường độ lắng đọng bùn cát giảm xuống và có thể dẫn đến tình trạng là những hạt bùn cát có hại sẽ chảy vào kênh. Để đề phòng vấn đề đó chúng ta cần phải tiến hành xối rửa bể lắng theo trình tự như sau: Đóng cửa van lấy nước 3 (hình 18-7). Dòng nước trong buồng lắng ngừng lại và mực

nước trong đó nhanh chóng bằng mực nước thượng lưu; đóng cửa van 1 ở cửa vào nhưng để lại một độ mở nào đó để nước chảy tự do dưới cửa van với lưu lượng xói rửa bằng $(0,5 \div 1,0)$ lưu lượng làm việc của buồng lắng. Sau đó mở hoàn toàn cửa van xói cát.

Do ở cửa vào cống xả bùn cát có vận tốc lớn mà những bùn cát bị sụp từng mảng xuống đáy bể lắng và nhanh chóng bị cuốn vào đường xả cát. Quá trình này phát triển dần về phía thượng lưu buồng lắng. Ở đầu buồng do dòng chảy dưới cửa van có vận tốc lớn nên trên lớp bề mặt bùn cát bị bồi lắng cũng bị xói nhanh chóng và được mang đi dưới trạng thái lơ lửng vào cống xả cát. Ở đoạn giữa bể, quá trình xói diễn ra chậm hơn, theo hướng từ trên xuống dưới và từ hai phía thượng hạ lưu lại (hình 18-7). Theo kinh nghiệm khai thác thì quá trình xói rửa kéo dài không quá 15 phút. Do vậy ở cửa vào bể lắng và cửa đường xả cát cần đặt các cửa van đóng mở nhanh để tránh lãng phí nước.

Sau khi xói rửa xong, người ta đóng các lỗ cống đáy xả cát, mực nước trong buồng lúc này bằng mực nước thượng lưu, tiếp đó người ta nâng cửa van ở cửa vào buồng và sau đó thì nâng cửa van ở cửa ra của bể lắng để lấy nước vào hệ thống kênh.



Hình 18-7: Sơ đồ xói rửa bùn cát khỏi buồng.

1. Cửa vào bể lắng cát; 2. Cửa xả cát; 3. Cửa cống dẫn nước;
4. Phạm vi xói rửa; 5. Vật thoát nước

Tổ chức xói rửa các buồng lắng có độ dốc ngược khác với quá trình nêu trên chút ít. Đầu tiên người ta hạ hoàn toàn cửa van ở đường dẫn nước vào hệ thống kênh. Tiếp đó đóng hoàn toàn cửa van ở đầu buồng lắng. Sau đó mở cửa van của hệ thống đường ngầm dẫn nước riêng vào bể lắng và mở cửa van ở các đường xả cát. Đôi khi cuối quá trình xả, người ta mở một phần cửa van ở đầu bể lắng để xói rửa hết bùn cát ở đầu vào của bể lắng. Quá trình xói rửa bùn cát của loại bể lắng này dài hơn ở bể lắng có độ dốc thuận.

Đối với các bể lắng của các nhà máy thủy điện, loại bể lắng chủ yếu giữ lại những hạt bùn cát trung bình và lớn thì nên lấy trị số vận tốc xói v_x theo công thức kinh nghiệm gần đúng sau:

$$v_x = \omega \cdot \sqrt{\frac{h_x}{d}} \cdot \sqrt[4]{P} ; \quad (18-13)$$

trong đó:

d - đường kính của các hạt bùn cát mà trong khối bùn cát bồi lắng thì số bùn cát có đường kính nhỏ hơn d chiếm 75%;

ω - độ thô thủy lực của bùn cát xói phụ thuộc vào đường kính d ;

h_x - độ sâu trung bình trong bể lắng khi xói rửa, chiếm (10 ÷ 30)% độ sâu tính toán trong bể lắng H_u ;

P - hàm lượng bùn cát trong dòng chảy để xói rửa bể lắng, tính bằng % theo trọng lượng, theo tài liệu thí nghiệm có thể lấy khoảng (2 ÷ 8)%.

Lưu lượng đơn vị xói rửa có thể lấy bằng:

$$q_x = (1,1 \div 1,25) h_x \cdot v_x ; \quad (18-14)$$

với v_x - lưu tốc dòng xói, thường lấy không nhỏ hơn (2 ÷ 2,5)m/s.

Độ dốc đáy bể lắng được tính theo công thức Sêdi:

$$i_0 = \frac{v_x^2}{C^2 \cdot R} ; \quad (18-15)$$

trong đó:

C - hệ số Sêdi được xác định bởi hệ số nhám $n = 0,0275$;

R - bán kính thủy lực, lấy bằng h_x .

Giá thiết rằng bùn cát được xói rửa đều đặn theo thời gian thì thời gian xói rửa có thể tính theo công thức:

$$t_x = \frac{100 \gamma_0 W_b}{P q_x B} ; \quad (18-16)$$

trong đó:

W_b - thể tích bùn cát bồi lắng được xói đi (m^3);

γ - dung trọng của bùn cát bồi lắng (T/m^3);

B - chiều rộng công tác của buồng lắng (m);

P - hàm lượng bùn cát của dòng xói, tính bằng % trọng lượng.

Thời gian xói rửa thực tế có thể bằng (1,5 ÷ 2,0) lần thời gian xói rửa tính toán. Vì do trong quá trình tính toán chưa xét đến thời gian đóng, mở các cửa van. Mặt khác trong quá trình xói rửa, phân bố của dòng chảy theo chiều rộng buồng lắng cũng không đều nhau.

4. Tính toán hệ thống xói rửa bùn cát làm việc theo chu kỳ

Lưu lượng xói qua đường xả cát lấy bằng lưu lượng xói của bể lắng cát:

$$Q_x = q_x B ; \quad (18-17)$$

Theo G.h Poerơ, đối với các hạt cát thì vận tốc của dòng chảy trong đường dẫn nước có mặt cát chữ nhật trong điều kiện dòng chảy không áp phải không được nhỏ hơn trị số tính theo công thức sau:

$$v_x = 11,2 \left(\frac{m+2}{m} \right)^{0,326} R^{0,473} [(\gamma_b - 1)\omega]^{0,326} \cdot \frac{\gamma_T^{0,0814}}{\Delta^{0,17}} \text{ (m/s)}; \quad (18-18)$$

trong đó:

$$m = \frac{b}{H};$$

b - chiều rộng của dòng chảy trong đường xả cát (m);

H - chiều sâu của dòng chảy trong đường xả cát (m);

R - bán kính thủy lực (m);

ω - độ thô thủy lực trung bình đặc trưng của bùn cát (m/s);

γ_b - trọng lượng riêng của nước bùn (T/m^3);

γ_T - trọng lượng riêng của các hạt bùn cát (T/m^3);

Δ - độ nhám tuyệt đối của đường xả cát.

Công thức (18-18) có thể được viết lại như sau:

$$v_x = A \left[\frac{m+2}{m} (\gamma_b - 1) \omega \right]^{0,326} R^{0,473}; \quad (18-19)$$

trong đó:

$A = 39,3$ khi $\gamma_T = 2,65 T/m^3$ và $\Delta = 0,001$ (có lớp trát bằng xi măng)

$A = 29,8$ khi $\gamma_T = 2,65 T/m^3$ và $\Delta = 0,005$ (bê tông đổ).

Trên cơ sở có lưu lượng xói và lưu tốc xói trong đường xả cát, có thể tính được kích thước của đường xả cát. Trong thiết kế thường yêu cầu chiều rộng của đường xả cát không lớn hơn một nửa chiều rộng của buồng lắng cát và mực nước cuối đường xả cát không thấp hơn mực nước sông khi có lũ. Khi thiết kế cần phải kiểm tra theo điều kiện:

$$H + i_0 L \leq Z - i_1 L_1 + h_x; \quad (18-20)$$

trong đó:

H - chiều sâu toàn bộ của bể lắng;

i_0 - độ dốc đáy bể lắng;

L - chiều dài công tác của bể lắng;

Z - chênh lệch mực nước thượng hạ lưu đường xả cát;

i_1 - độ dốc đường xả cát, khi tính toán sơ bộ ta có thể lấy: $i_1 = (0,012 \div 0,017)$;

L_1 - chiều dài đường xả cát;

h_x - chiều sâu bình quân mực nước trong bể lắng, khi xói rửa có thể lấy bằng $(0,1 \div 0,3)H_{lt}$.

Để tăng khả năng vận chuyển bùn cát của đường xả cát, có thể tạo nên dòng chảy xoăn bằng cách làm những mố nhám nhân tạo kiểu dầm trên đáy và thành của đường xả cát.

§18.3. BỂ LẮNG CÁT LÀM VIỆC LIÊN TỤC

I. Kết cấu của bể lắng cát làm việc liên tục

Người ta làm các bể lắng cát xối rửa liên tục theo kiểu một buồng cũng như nhiều buồng (tuỳ theo lưu lượng tháo qua). Đối với loại bể lắng này người ta xối rửa trong điều kiện dòng chảy có áp. Bể lắng cát xối rửa liên tục có những đặc điểm sau:

- Bùn cát được liên tục xả về hạ lưu sông nên buồng của bể lắng không cần có dung tích để giữ chứa bùn cát.

- Khi xối rửa liên tục, mực nước ở trong buồng không hạ thấp xuống trong lúc xối rửa. Bởi thế đòi hỏi độ chênh lệch mực nước thượng và hạ lưu nhỏ, do đó công trình đầu mối có thể làm với độ dâng mực nước sông thấp.

- Do có thành phần lưu tốc thẳng đứng phát sinh do lưu lượng xối rửa nên tốc độ chìm lắng của các hạt bùn cát lớn hơn độ thô thuỷ lực, vì vậy chiều dài của buồng lắng có thể rút ngắn lại.

- Trong thời kỳ bùn cát ít, có thể sử dụng như bể lắng xối rửa chu kỳ.

Nhược điểm của loại bể lắng này là tiêu hao lượng nước lớn, cấu tạo phức tạp, cho nên chỉ dùng khi sông có hàm lượng và kích thước các hạt bùn cát lớn, lượng nước dồi dào.

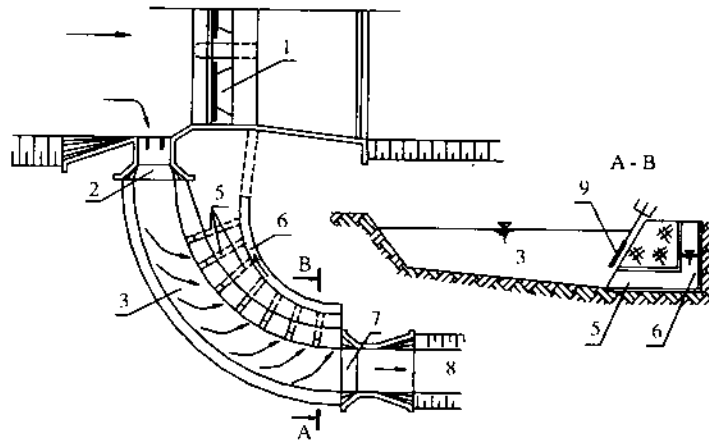
Sau đây giới thiệu một số hình thức bể lắng cát xối rửa liên tục:

1. Bể lắng cát xối rửa liên tục kiểu I.K.Nikitin (hình 18-8)

Buồng lắng cát của hình thức này có tuyến cong với góc ngoặt trung tâm là 90° và bán kính bằng 4 lần chiều rộng đáy (B). Đáy của buồng lắng nghiêng về phía bờ lồi với độ dốc khoảng 0,07. Do đó bùn cát đáy và gần đáy sẽ bị đẩy tới đây do dòng xoáy xoăn ngang và bị xả xuống hào tập trung qua các lỗ đáy xả cát. Từ hào đó bùn cát được xả xuống hạ lưu sông. Lưu lượng xối gần bằng 15% lưu lượng làm việc.

Khi hàm lượng bùn cát bé thì loại bể lắng này cũng có thể xối rửa theo chu kỳ.

Loại bể lắng này thường được làm ở vùng trung du, trong các khu công trình một bộ phận hứng cát hay là hứng sỏi để gạn nước sạch. Trong bộ phận hứng sỏi quan hệ $\frac{B}{H}$ được chọn từ (10 ÷ 8), độ dốc ngang của buồng lắng thường lấy bằng (0,10 ÷ 0,125).



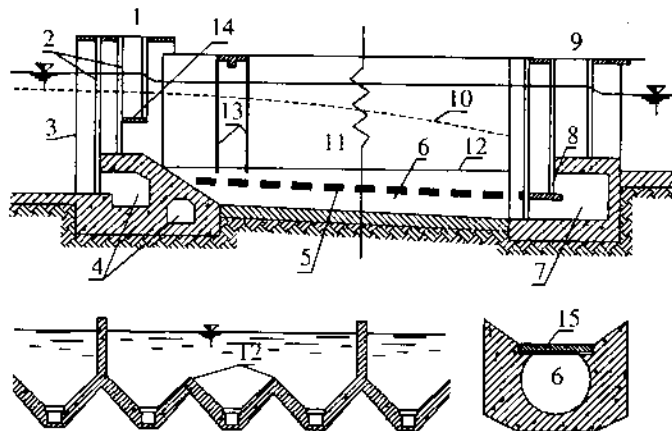
Hình 18-8: Bể lắng cát xối rửa liên tục kiểu L.N.Nikitin

1. Đập dâng; 2. Cổng lấy nước ở cửa vào; 3. Buồng lắng; 4. Hướng chuyển động của bùn cát đáy; 5. Lỗ xả cát; 6. Đường tập trung cát và xả cát; 7. Ngưỡng ra; 8. Kênh dẫn vào hệ thống; 9. Cửa van.

2. Bể lắng cát xối rửa liên tục của Zamarin (hình 18-9)

Trong quá trình làm việc, bùn cát trong buồng lắng được lắng chìm và tập trung xuống hầm 6. Để tạo cho dòng chảy trong đường hầm có đủ vận tốc để chuyển bùn cát, người ta ngăn cách giữa đường hầm và buồng lắng bằng những tấm nắp có lỗ 15 hoặc bằng lưới chắn 5. Dòng chảy trong đường hầm là dòng có áp có lưu tốc lớn hơn lưu tốc trong buồng lắng, do đó chỉ cần một lưu lượng tương đối nhỏ cũng có thể chuyển bùn cát xuống hạ lưu.

Để tăng khả năng vận chuyển bùn cát trong đường hầm, chúng ta có thể tạo nên dòng chảy vòng hướng ngang trong đó bằng cách làm những tấm nắp có các lỗ xiên hoặc làm thêm những dầm xiên trên các tường bên và đáy của đường hầm. Khả năng vận chuyển của dòng xoắn do các dầm tạo nên sẽ bằng $(1,5 \div 2,0)$ lần so với trường hợp không có dầm.



Hình 18-9 : Bể lắng cát xối rửa kiểu Zamarin

- 1 và 9. Công trình điều tiết tại cửa vào và cửa ra; 2. Cửa van; 3. Lưới chắn rác; 4. Lỗ xả cát; 5. Lưới chắn đáy; 6. Đường hầm thu bùn cát; 7. Đường xả cát; 8. Lỗ để xối rửa theo chu kỳ; 10. Đường do áp của đường hầm thu bùn cát; 11. Buồng lắng; 12. Đáy buồng lắng kiểu răng cưa; 13. Lưới điều hoà; 14. Ngưỡng tháo vật nổi; 15. Tấm nắp có lỗ xiên.

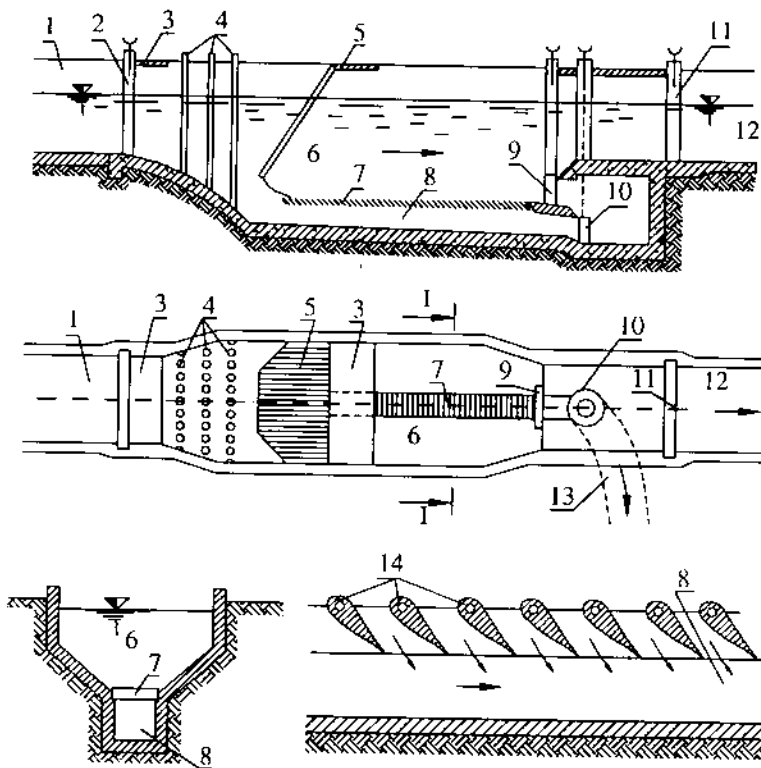
Lưu lượng trong đường hầm được tăng dần theo chiều dài của nó. Để lưu tốc không thay đổi nhiều, đảm bảo khả năng vận chuyển mà không gây tổn thất thủy lực quá lớn, người ta làm chiều cao của nó tăng dần.

3. Bể lắng xói rửa kiểu Diaphuro (hình 18-10)

Đặc tính của bể lắng loại này là dòng chảy khi đi vào bể lắng được phân thành hai thành phần không đều nhau: phần dưới mang nhiều bùn cát hạt thô được hướng vào đường hầm tập trung cát 8, còn phần chính của dòng chảy mặt mang bùn cát hạt nhỏ được đưa vào buồng của bể lắng. Buồng của bể lắng và đường hầm tập trung cát được ngăn cách bởi hệ thống lưới 7 đặt ở dưới đáy. Trong quá trình làm việc các hạt bùn cát trong buồng lắng tiếp tục rơi xuống qua lưới 7 vào đường hầm tập trung cát và được xả liên tục qua lỗ 10 xuống hạ lưu sông. Lỗ 9 được dùng khi lỗ 10 đóng và tiến hành định kỳ xả rác bẩn trên hệ thống lưới 7.

Trong thời kỳ dòng chảy có hàm lượng bùn cát nhỏ, kiểu bể lắng này có thể xói rửa bùn cát theo chu kỳ.

Ở bể lắng cát kiểu Diaphuro, lưu lượng nước hao tổn trong quá trình làm việc xấp xỉ 20% lưu lượng của kênh.



Hình 18-10: Bể lắng cát kiểu Diaphuro

1. Kênh dẫn vào bể lắng; 2. Cửa van đầu bể lắng; 3. Cầu công tác; 4. Lưới điều hoà lưu tốc;
5. Lưới chắn rác; 6. Buồng lắng; 7. Lưới chắn đáy; 8. Đường hầm tập trung cát; 9. Cửa van để xả rác bẩn trên lưới chắn đáy; 10. Cửa van xả cát; 11. Cửa van lấy nước vào hệ thống;
12. Kênh dẫn vào hệ thống; 13. Đường xả cát; 14. Cánh hướng dòng của lưới chắn đáy.

II. Tính toán bể lắng cát làm việc liên tục

Đặc điểm của bể lắng loại này là không có thể tích trữ bùn cát lắng đọng; đáy bể lắng nằm ngang; việc xói rửa được tiến hành trong điều kiện dòng chảy có áp; lưu lượng xói rửa tăng dần theo chiều dài của bể lắng.

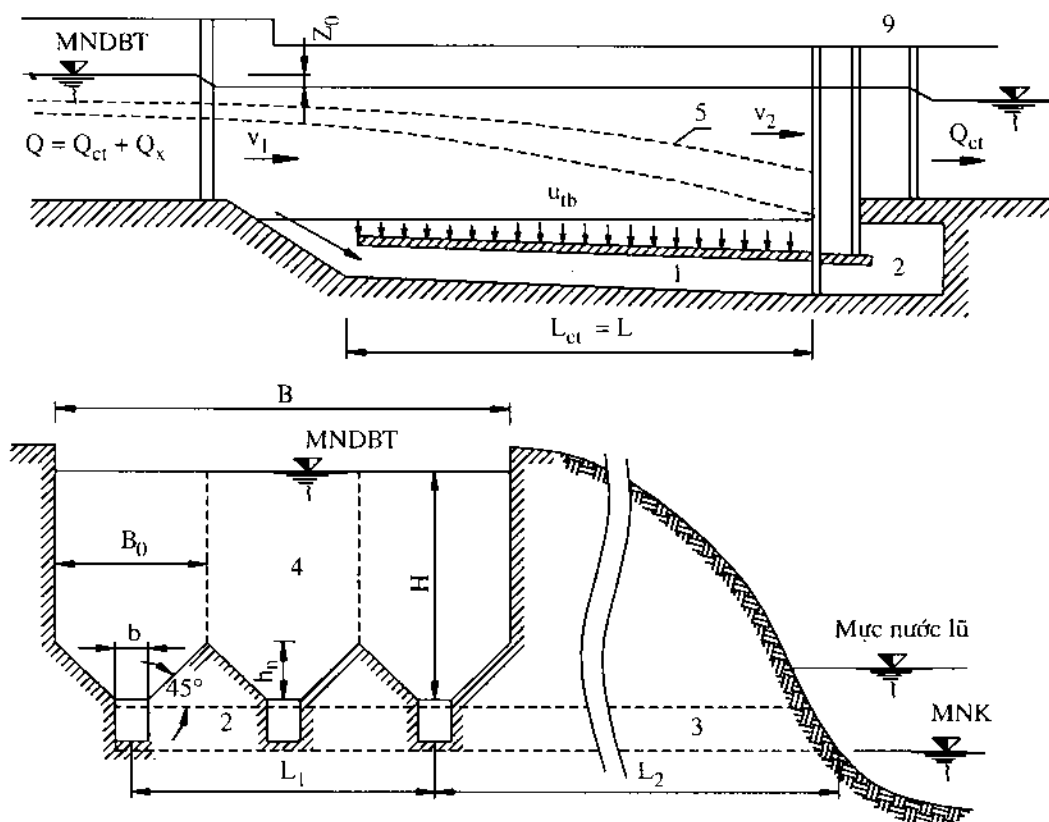
1. Xác định kích thước cơ bản của bể lắng xói rửa liên tục

Theo kinh nghiệm:

- Chiều sâu buồng lắng $H = (3 \div 5)\text{m}$;
- Lưu tốc trung bình của dòng chảy trong bể lắng: $v = (0,2 \div 0,5)\text{m/s}$;
- Lưu lượng xói rửa: $Q_x = (0,1 \div 0,2)Q$, trong đó: Q - lưu lượng làm việc của bể lắng;
- Chiều rộng đường hầm xả cát ở đáy $b = (0,5 \div 1,0)\text{m}$;
- Chiều cao mép đáy nghiêng $h_n = (1 \div 2)\text{m}$ và góc nghiêng $\alpha = 45^\circ$.

Chiều rộng làm việc toàn bộ của bể lắng:

$$B = n(b + 2h_n); \quad (18-21)$$



Hình 18-11. Sơ đồ tính toán bể lắng cát xói rửa liên tục.

1. Đường hầm tập trung cát; 2. Đường xả cát nối với các đường hầm tập trung cát trong các ô lắng; 3. Đường xả cát xuống hạ lưu; 4. Các ô lắng; 5. Đường đo áp của đường hầm tập trung cát.

Diện tích mặt cắt ướt của từng ô trong bể lắng:

$$S = HB_o - h_n^2 ; \quad (18-22)$$

Số ô cần thiết trong bể lắng:

$$n = \frac{Q + 0,5Q_x}{VS} ; \quad (18-23)$$

Chiều rộng trung bình của bể lắng:

$$B_{tb} = \frac{nS}{H} ; \quad (18-24)$$

Chiều sâu trung bình của bể lắng:

$$H_{tb} = \frac{n.S}{B} ; \quad (18-25)$$

Chiều dài làm việc của bể lắng:

$$L = \frac{H}{\omega_{min} + u_{tb}} \cdot \frac{v_1 + v_2}{2} = \frac{H}{\omega_{min} + u_{tb}} \cdot v_{tb} ; \quad (18-26)$$

trong đó:

v_1, v_2 - lưu tốc trung bình của dòng chảy tại đầu và cuối bể lắng;

v_{tb} - lưu tốc trung bình, có thể tính theo công thức:

$$v_{tb} = \frac{Q + (0,4 \div 0,45)Q_x}{nS} ; \quad (18-27)$$

u_{tb} - lưu tốc trung bình thẳng đứng sinh ra do lưu lượng xói, có thể được tính theo công thức:

$$u_{tb} = \frac{(0,8 \div 0,9)Q_x}{LB_{tb}} ; \quad (18-28)$$

ω_{min} - độ thô thủy lực của hạt bùn cát có kích thước nhỏ nhất cần xả.

2. Xác định các chỉ số cơ bản của trạng thái bùn cát

Trong bể lắng, ngoài những nhóm bùn cát cần được xả lắng xuống mà một phần bùn cát có kích thước nhỏ hơn cũng lắng lại. Độ cao chìm lắng của bùn cát hạt nhỏ có thể được tính theo công thức:

$$h_i = L \frac{\omega_i}{v_{tb}} + \frac{(0,8 \div 0,9)Q_x}{B_{tb} v_{tb}} ; \quad (18-29)$$

Giả sử phần bùn cát hạt nhỏ lắng lại trong bể tỉ lệ với tỉ số chiều sâu, tổng số phần trăm bùn cát bị giữ lại được tính theo công thức:

$$\sum P = \sum P_l + \sum \frac{h_i}{H_{tb}} \cdot P_b ; \quad (18-30)$$

trong đó:

$\sum P_l$ - tổng số phần trăm bùn cát hạt lớn được giữ lại trong bể;

P_b - số phần trăm của bùn cát hạt nhỏ được giữ lại trong bể.

Lưu lượng bùn cát đi vào bể lắng G_v và vào hệ thống kênh G_k được xác định theo công thức:

$$G_v = (Q + Q_x) \rho_o , \text{ (kg/s) ;} \quad (18-31)$$

$$G_k = Q \rho_o \left(1 - \frac{\sum P}{100} \right) , \text{ (kg/s) ;} \quad (18-32)$$

Để tránh hiện tượng bồi lắng kênh sau bể lắng thì cần đảm bảo điều kiện:

$$\rho_k = \frac{G_k}{Q} \leq [\rho_k] ; \quad (18-33)$$

trong đó: ρ_k , $[\rho_k]$ - hàm lượng bùn cát vào kênh và hàm lượng bùn cát mà kênh có thể vận chuyển được (kg/m^3).

Hàm lượng bùn cát của dòng xói được xác định theo công thức:

$$\rho_k = \frac{G_v - G_k}{Q_x} , \text{ (kg/m}^3\text{) ;} \quad (18-34)$$

Trong bể lắng xói rửa liên tục hàm lượng bùn cát của dòng xói không lớn, không vượt quá $(20 \div 25) \text{ kg/m}^3$.

3. Tính toán hệ thống xói

Hệ thống xói của bể lắng gồm đường hầm tập trung cát đặt ở đáy buồng và đường xả cát về hạ lưu (hình 18-11).

Lưu lượng xói vào đường hầm tập trung cát qua lỗ phía trước và các lỗ của tấm nắp đáy. Do đó lưu lượng trong đường hầm tập trung cát sẽ lớn dần về phía cuối. Lưu lượng vào lỗ phía trước thường bằng $(0,1 \div 0,2)$ lưu lượng của đường hầm tập trung cát.

$$(Q_d)_{dh} = (0,1 \div 0,2) \cdot Q_{dh} ; \quad (18-35)$$

Lưu lượng xói của đường hầm tập trung cát bằng:

$$Q_{dh} = \frac{Q_x}{n} ; \quad (18-36)$$

Lưu lượng khổng chế đề nghị xác định theo công thức thực nghiệm của V.X. Knorôđơ dùng cho đường hầm có tiết diện tròn:

$$v_{dh}^{1,25} = \omega \sqrt[6]{P} \sqrt[4]{\frac{4Q_{dh}}{\pi \cdot d^2}}, \text{ (m/s)}; \quad (18-37)$$

trong đó: $P\% = 0,1\rho_x$. (18-38)

Thông thường lưu tốc trong đường hầm không nhỏ hơn 1,3m/s đối với cát hạt nhỏ; 1,5m/s đối với cát hạt trung bình và 2m/s đối với đá sỏi.

Khi tính toán sơ bộ đường hầm tập trung cát, ta có thể chia đường hầm ra một số đoạn (thường 3 ÷ 4 đoạn). Trong mỗi đoạn ta xem dòng chảy là dòng đều, lưu lượng trong mỗi đoạn là không đổi và được xác định theo công thức:

$$Q_{L_i} = (Q_d)_{dh} + \frac{Q_{dh} - (Q_d)_{dh}}{L} L_i, \text{ (m}^3/\text{s)}; \quad (18-39)$$

trong đó: L_i - khoảng cách từ đầu đường hầm đến giữa đoạn đang xét.

Tổn thất cột nước tại chỗ vào phía trước của đường hầm tính theo công thức:

$$Z_d = \left(\frac{(Q_d)_{dh}}{\mu \Omega \sqrt{2g}} \right)^2; \quad (18-40)$$

trong đó:

Ω - diện tích mặt cắt đầu đường hầm;

μ - hệ số lưu lượng, lấy $\mu = 0,65$.

Tổn thất cột nước dọc theo chiều dài mỗi đoạn tính toán được xác định theo công thức:

$$h_i = \frac{(v_x)_i^2}{C_i^2 R_i} L_i; \quad (18-41)$$

Do xét đến tổn thất phụ do các tia dòng chảy qua lỗ ở nắp đáy đường hầm nên hệ số nhám lấy khoảng:

$$n = (0,03 \div 0,04).$$

Diện tích lỗ ở nắp đáy được xác định theo công thức:

$$\Omega_i = \frac{q_{dh} L_i}{n_i \varphi \sin \alpha \sqrt{2g Z_i}}; \quad (18-42)$$

trong đó:

q_{dh} - lưu lượng xói đơn vị theo chiều dài tính toán bể đổ vào đường hầm:

$$q_{dh} = \frac{(0,8 \div 0,9) Q_{dh}}{L};$$

L_1 - chiều dài của đoạn tính toán;

n_1 - số lỗ ở nắp đáy trong đoạn tính toán;

α - góc nghiêng của lỗ so với mặt nằm ngang;

Z_1 - chênh lệch mực nước trong bể lắng và đường áp lực của đường hầm;

φ - hệ số lưu tốc.

Đường xả cát có hai đoạn (xem hình 18-11): đoạn nằm trong phạm vi chiều rộng bể lắng có chiều dài L_1 và diện tích mặt cắt ngang của nó tăng dần theo lưu lượng, ở mặt cắt đầu lưu lượng bằng $(Q_0)_{dh}$, ở mặt cắt cuối bằng Q_L , đoạn từ bể lắng đến sông có mặt cắt không đổi chuyển lưu lượng Q_L .

Lưu tốc trong đường xả cát lấy không nhỏ hơn $(2-3)$ m/s. Cột nước tổn thất trong đó cũng tính theo công thức (18-41).

Điều kiện đảm bảo để bể lắng cát có thể tiến hành xói rửa liên tục được xác định theo công thức:

$$Z_0 + Z_d + \sum h_1 + \sum h_2 < Z; \quad (18-43)$$

trong đó:

Z_0 - cột nước tổn thất ở cửa vào bể lắng;

Z_d - cột nước tổn thất tại lỗ vào phía trước đường hầm;

$\sum h_1$ - tổng cột nước tổn thất theo chiều dài;

$\sum h_2$ - tổng cột nước tổn thất cục bộ.

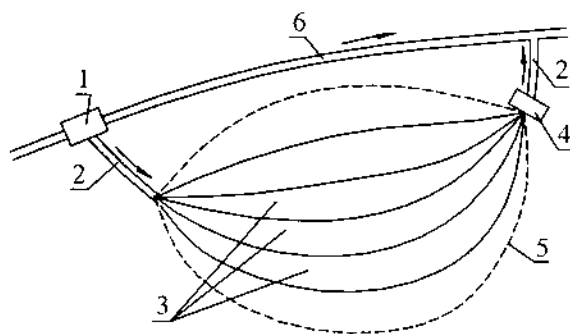
§18.4. BỂ LẮNG CÁT TRÊN HỆ THỐNG TƯỚI

I. Bố trí bể lắng cát trên hệ thống tưới

Nước chảy vào các cánh đồng sẽ để lại ở đó những bùn cát chứa trong nước. Bởi vậy nước dùng để tưới cần phải được gạn sạch khỏi bùn cát một cách kỹ hơn so với nước dùng cho nhà máy thủy điện. Yêu cầu dùng nước khi chảy vào ruộng là chỉ mang những hạt đất màu, làm tăng độ phì nhiêu. Vì vậy lưu tốc trong bể lắng của hệ thống tưới cần phải nhỏ, kích thước của bể lắng phải lớn.

Trong công trình lấy nước kiểu không đập, độ chênh mực nước thượng hạ lưu không lớn. Bởi vậy, để đảm bảo việc xói rửa bùn cát trong bể lắng (hay là xói rửa một phần bùn cát lắng đọng) thì nên đặt bể lắng cát cách xa cửa lấy nước để tạo được cột nước cần thiết. Nếu cửa lấy nước đặt ở phía trước đoạn sông cong thì đoạn kênh dẫn từ cửa lấy nước đến bể lắng có thể rút ngắn được. Trên cơ sở đảm bảo cột nước xói rửa cần thiết, việc rút ngắn đoạn kênh phía trước bể lắng sẽ giảm được một phần công việc nạo vét bằng thủ công hoặc cơ giới trên đoạn kênh đó.

Nếu địa chất bờ sông tốt thì ta có thể đặt công trình lấy nước ở bờ sông. Đoạn kênh sau công trình lấy nước được dùng để lắng bùn cát lơ lửng cỡ lớn. Tại đây sẽ dùng cơ giới để nạo vét bùn cát. Những bùn cát lơ lửng cỡ nhỏ sẽ lắng lại trong bể trên kênh đặt tại vị trí có cột nước cần thiết cho việc xói rửa bùn cát xuống hạ lưu.



Hình 18-12: Bể lắng cát tạm thời

1. Cụm công trình điều tiết trước bể lắng; 2. Kênh; 3. Các ô lắng bùn cát;
4. Cống điều tiết ở cửa ra bể lắng; 5. Phạm vi vùng lắng; 6. Kênh vòng

Trong nhiều trường hợp, có thể dùng những chỗ có địa hình thấp trong khu tưới để làm những bể lắng tạm thời. Có thể dùng đê để chia vùng lắng thành nhiều ô hình thoi, tạo điều kiện cho bùn cát lắng chìm, các ô được sử dụng luân phiên. Đối với các bể lắng cát tạm thời không nên lắng hết bùn cát, vì nước trong quá có thể dẫn tới việc xói mòn kênh ở sau bể lắng. Để tránh tình trạng này, người ta làm thêm cống điều tiết ở cửa ra của các ô lắng cát để điều chỉnh mực nước khống chế bùn cát lắng chìm. Ngoài ra người ta còn bố trí thêm hệ thống kênh vòng, một phần nước được tháo qua các ô lắng cát, còn một phần vào kênh vòng (hình 18-12). Các phân lưu lượng này được xác định trên cơ sở sau khi hỗn hợp giữa nước sạch từng ô lắng và nước từ kênh vòng đến, đảm bảo khi chảy vào ruộng không gây xói hoặc bồi lấp các kênh sau bể lắng. Với việc giải quyết như vậy còn có thể kéo dài thêm tuổi thọ của các bể lắng tạm thời.

II. Tính toán bể lắng cát trên hệ thống tưới

Trong các bể lắng của những hệ thống tưới, những bùn cát nhỏ chiếm một phần lớn (50 ÷ 70)% lượng ngậm cát nói chung của dòng chảy và sẽ được lắng xuống.

Hiện tượng mạch động của lưu tốc trong dòng rối ảnh hưởng đến vận tốc lắng của các hạt bùn cát nhỏ.

Giáo sư A.N.Gôxtunxki đề nghị tính toán bồi lắng của các bể trong hệ thống kênh tưới có kể đến khả năng vận chuyển của dòng chảy trong bể lắng và tính toán độ trong của dòng chảy dựa vào lượng bùn cát lắng đọng trong bể do hàm lượng ($\rho - \rho_1$) còn dư (ρ là hàm lượng bùn cát trong bể; ρ_1 là hàm lượng bùn cát mà dòng chảy trong bể có khả năng chuyển được). Phương trình tính toán chiều dài của bể lắng có hàm lượng bùn

cát trong bể lắng đó gồm những bùn cát đồng chất, với độ thô thủy lực ω , được lập trên cơ sở tách một khối lắng trụ thẳng đứng với diện tích đáy F ở trong một bể lắng có chiều sâu lớp nước là H , trong khoảng thời gian dt . Khối lượng đó sẽ có lượng cát chìm lắng là $(\rho - \rho_1)\omega F dt$ và hàm lượng bùn cát biến đổi trong khối nước hình lắng trụ sau thời gian đó là:

$$-d\rho = \frac{(\rho - \rho_1)\omega F dt}{FH} = \frac{(\rho - \rho_1)\omega dt}{H}; \quad (18-44)$$

$$\Leftrightarrow -\frac{d\rho}{(\rho - \rho_1)} = \frac{\omega}{H} dt; \quad (18-45)$$

Nếu coi H , ω , ρ_1 là những hằng số thì từ đây chúng ta tìm được:

$$\ln \frac{\rho_0 - \rho_1}{\rho - \rho_1} = \frac{\omega t}{H}; \quad (18-46)$$

trong đó:

ρ_0 - hàm lượng bùn cát trung bình của dòng chảy vào bể lắng;

ρ - hàm lượng bùn cát của dòng chảy ở cuối bể lắng sau thời gian t ;

Với $t = \frac{x}{v}$ (x : là chiều dài đoạn đường mà khối lắng trụ chuyển động với lưu tốc v

sau thời gian t) ta tìm được quy luật biến đổi của hàm lượng bùn cát trong bể như sau:

$$\rho_x = \rho_1 + (\rho_0 - \rho_1) \cdot e^{-\frac{\omega \cdot x}{v}}; \quad (18-47)$$

trong đó: $q = hv$.

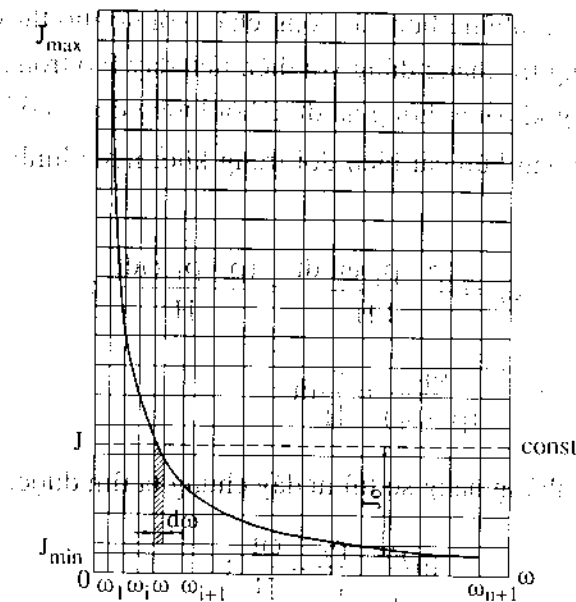
Nếu thay $\rho_x = \rho_2$ và $x = L$ ta sẽ xác định được chiều dài của bể lắng L ứng với hàm lượng bùn cát đã cho ở cuối bể lắng ρ_2 :

$$L = \frac{q}{\omega} \cdot \ln \frac{\rho_0 - \rho_1}{\rho_2 - \rho_1}; \quad (18-48)$$

Thực tế do quá trình bồi lắng mà những đại lượng h , v , ρ_1 luôn thay đổi nên khi tính toán phải tiến hành theo từng thời đoạn. Trong mỗi thời đoạn xem h , v , ρ_1 là hằng số và khi đó hàm lượng bùn cát cuối thời đoạn trên là hàm lượng của đầu thời đoạn tiếp theo.

Khi có nhiều loại bùn cát khác nhau thì độ thô thủy lực tính toán lấy bằng độ thô thủy lực bình quân.

A.G.Khatratrion đã nghiên cứu trạng thái bùn cát của các sông và đưa ra đồ thị phân bố của chúng theo đường hypecbol, với hằng số C_0 nào đó làm đặc trưng cơ bản của thành phần bùn cát lơ lửng (hình 18-13):



Hình 18-13. Đồ thị $J\omega = C_0$

$$J\omega = C_0; \quad (18-49)$$

Ở đây J là tọa độ phân bố của bùn cát với độ thô thủy lực thay đổi từ $\omega_{\min} = \omega_1$ đến $\omega_{\max} = \omega_{i+1}$. Lượng bùn cát tương đối được xác định như là hàm lượng bùn cát trung bình trong giới hạn của từng nhóm hạt:

$$J_i = \frac{\rho_i}{2(\omega_{i+1} - \omega_i)}; \quad (18-50)$$

trong đó: ρ_i - hàm lượng bùn cát đơn vị của nhóm i với những độ thô thủy lực giới hạn các hạt trong nhóm ω_1 và ω_{i+1} .

Có thể xác định hằng số C_0 bằng diện tích giới hạn bởi đường cong phân bố và các đường thẳng $J = J_{\min}$ và $\omega = \omega_1$ (theo hình 18-13).

Ta có:
$$\rho_0 = J_0 \cdot d\omega;$$

$$\Rightarrow \rho_0 = \int_{\omega_1}^{\omega_{i+1}} J_0 \cdot d\omega; \quad (18-51)$$

Ở đây: $J_0 = J_k - J_{\min}$ mà $J_k = \frac{C_0}{\omega}$ và $J_{\min} = \frac{C_0}{\omega_{i+1}}$.

Thay các giá trị trên vào (18-51) và tích phân, kết quả ta có:

$$\rho_0 = C_0 \left(\ln \frac{\omega_{n+1}}{\omega_1} - \frac{\omega_{n+1} - \omega_1}{\omega_{n+1}} \right); \quad (18-52)$$

trong đó: ρ_0 - hàm lượng bùn cát của nhóm nào đó mà thành phần hạt của nó có độ thô thuỷ lực lớn nhất $\omega_{\max} = \omega_{n+1}$ và độ thô thuỷ lực nhỏ nhất $\omega_{\min} = \omega_1$.

Trị số độ thô thuỷ lực lớn nhất ω_{n+1} phụ thuộc vào yếu tố thuỷ lực của dòng chảy và độ nhám lòng sông, thường lấy bằng lưu tốc thẳng đứng lớn nhất (u_d). Theo thí nghiệm:

$$\omega_{n+1} = u_d = 0,065(v - 0,05)i^{1/4}; \quad (18-53)$$

hoặc:
$$\omega_{n+1} = \frac{0,065n^{1/2}v^{1/2}(v - 0,05)}{R^{1/3}}; \quad (18-54)$$

Độ thô thuỷ lực nhỏ nhất ω_1 phụ thuộc chủ yếu vào thành phần cơ học, cấu tạo của đất lòng sông cũng như nguồn cung cấp nó.

Quy luật phân bố các hạt bùn cát theo độ thô thuỷ lực cho phép xác định được trị số độ thô thuỷ lực nhỏ nhất của bùn cát theo tài liệu phân tích hạt. Nếu biết trị số độ thô thuỷ lực lớn nhất ω_{n+1} có thể xác định được độ thô thuỷ lực nhỏ nhất ω_1 theo công thức:

$$\left(L_n \omega_1 - \frac{\omega_1}{\omega_{n+1}} \right) (1 - \rho_{i1}) = L_n \omega_{i1} - \frac{\omega_{i1}}{\omega_{n+1}} - \rho_{i1} (L_n \omega_{n+1} - 1); \quad (18-55)$$

trong đó: ρ_{i1} , ω_{i1} - hàm lượng đơn vị và độ thô thuỷ lực lớn nhất của nhóm bùn cát thứ nhất (nhóm hạt bé).

Trong trường hợp dòng chảy chứa một lượng bùn cát tới mức bão hoà giới hạn thì hằng số của đường cong phân bố bùn cát đạt tới trị số giới hạn C_{gh} . Trong tính toán sơ bộ đó có thể lấy theo công thức:

$$C_{gh} = 200u_d \quad (18-56)$$

Do đó khả năng vận chuyển bùn cát có thể được xác định:

$$\rho_{gh} = 200u_d \left(\frac{1}{n} \frac{u_d}{\omega_1} - \frac{u_d - \omega_1}{u_d} \right) \quad (18-57)$$

Trường hợp hàm lượng bùn cát vào bể lắng nhỏ hơn khả năng vận chuyển cát của dòng chảy trong bể thì $C_0 < C_{gh} = 200u_{n+1}$, nghĩa là dòng chảy vào bể lắng không bão hoà bùn cát và đây cũng là trường hợp thường thấy trong thực tế.

Ngoài ra, giáo sư A.G.Khachatrian đề nghị một số phương trình có thể xác định được trị số hàm lượng bùn cát trong bể khi biết chiều dài bể lắng, chế độ thuỷ lực, tính chất và thành phần hàm lượng bùn cát ban đầu. Đồng thời cũng cho phép xác định chiều dài bể lắng khi biết hàm lượng bùn cát tính toán ở cuối bể lắng.

Chương 19

ÂU THUYỀN, ĐƯỜNG CHUYỂN GỖ VÀ DẪN CÁ

A- ÂU THUYỀN

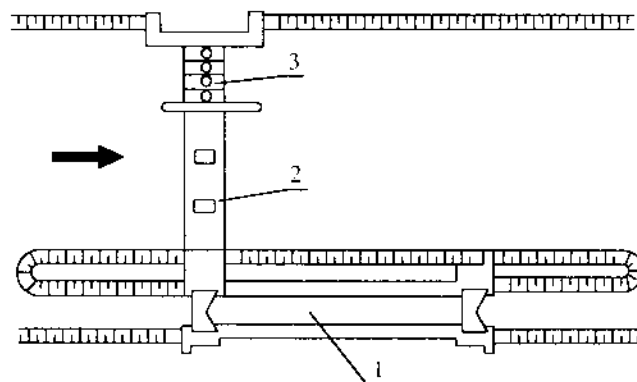
§19.1. KHÁI NIỆM VÀ PHÂN LOẠI ÂU THUYỀN

I. Khái niệm

Giao thông vận tải thủy thường cho giá thành vận tải rẻ nhất so với các dạng vận tải khác vì chở được khối lượng hàng hoá lớn, có kích thước công kênh; tốc độ trung bình lớn; chi phí nhiên liệu trong quá trình vận chuyển nhỏ, v.v...

Nước ta có rất nhiều thuận lợi trong việc vận tải thủy nhờ có bờ biển dài, nhiều sông ngòi, tính trung bình 1000km² diện tích có 146km sông ngòi (ở Liên xô cũ chỉ có 22km; Pháp - 20km; Anh - 17km đường sông vận tải), chỉ tính riêng ở miền Bắc đã có 25424km đường sông. Tuy nhiên ở nước ta sông ngòi chưa được khai thác triệt để để phục vụ cho giao thông vận tải.

Âu thuyền là công trình thủy công dùng để đưa tàu thuyền qua nơi có mực nước chênh lệch đột ngột (đập chắn, nhà máy thủy điện, v.v...). Sự chênh lệch mực nước có thể tồn tại trong tự nhiên hoặc được tồn tại bởi một lý do kinh tế khác (hình 19-1).

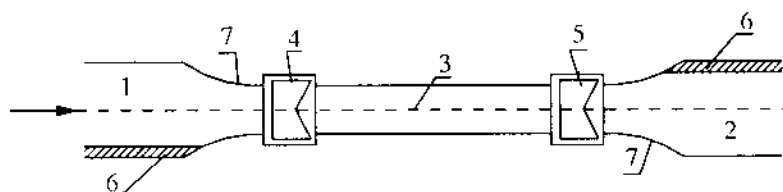


Hình 19-1: Sơ đồ bố trí âu thuyền trong hệ thống công trình đầu mối

1. Âu thuyền ; 2. Đập chắn nước; 3. Trạm thủy điện

Nhiệm vụ của âu thuyền là làm cho mực nước trong âu cân bằng dần dần với mực nước thượng và hạ lưu khi cho thuyền qua âu.

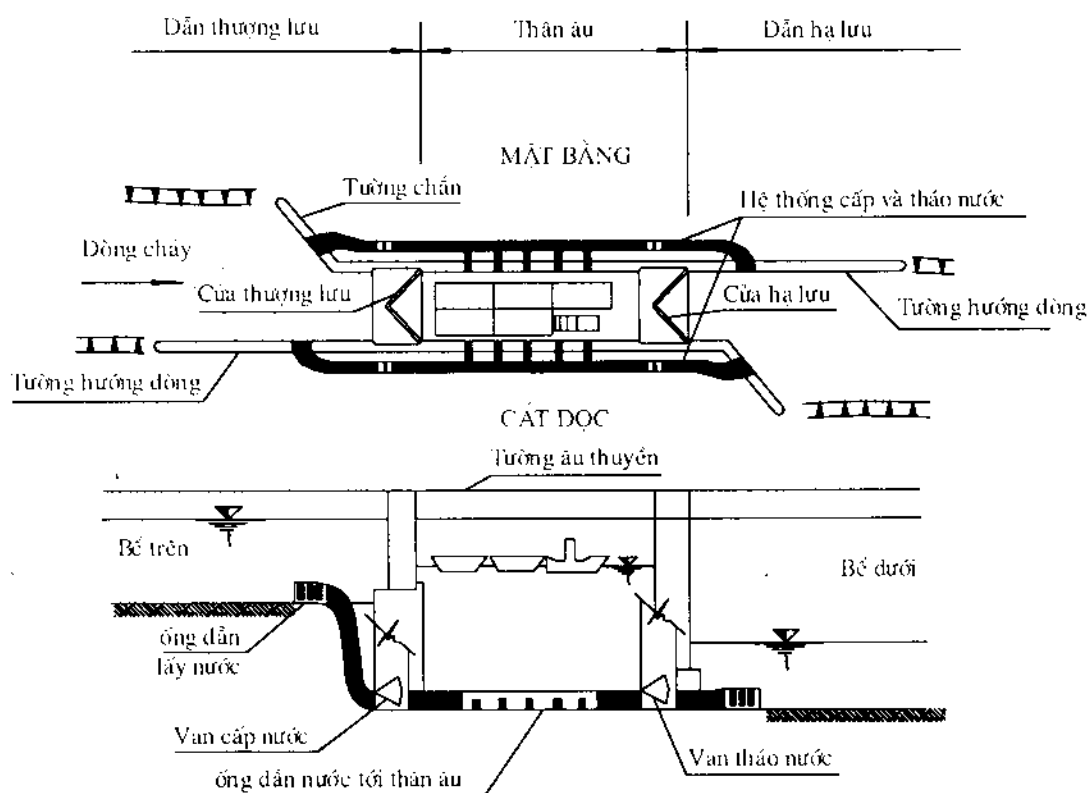
Âu thuyền gồm các bộ phận chủ yếu sau: đường dẫn thuyền (đường dẫn thượng, hạ lưu), buồng âu, đầu âu và hệ thống cấp thoát nước (hình 19-2 và 19-3).



Hình 19-2: Các bộ phận của âu thuyền

1,2. Đường dẫn thuyền thượng, hạ lưu; 3. Buồng âu;

4,5. Đầu âu thượng và hạ lưu; 6. Bến thuyền ; 7. Giá đỡ thuyền



Hình 19-3: Bố trí chung âu thuyền có các cống dẫn nước đặt trong tường bên

- Đường dẫn thuyền nằm tiếp giáp với đầu âu về hai phía thượng và hạ lưu để đảm bảo cho tàu thuyền ra vào được an toàn và thuận lợi. Trên đường dẫn thuyền có bố trí giá đỡ thuyền để tránh va chạm. Ngoài ra ở đây còn được bố trí bến để tàu thuyền đậu chờ qua âu.

- Đầu âu là bộ phận tiếp giáp với buồng âu, bao gồm đầu âu thượng và đầu âu hạ. Nếu âu thuyền có nhiều buồng xây nối tiếp nhau thì còn bố trí một số đầu âu giữa. Tại đầu âu có cửa van chắn nước, thiết bị cấp thoát nước.

- Buồng âu là bộ phận để đưa tàu thuyền từ hạ lưu lên thượng lưu hay ngược lại. Cửa trên và cửa dưới là những hàng rào di động có thể mở cho phép tàu thuyền vào hoặc ra khỏi buồng âu.

- Hệ thống cấp thoát nước: là hệ thống ống dẫn, cống cấp và cống tháo nước để làm đầy hoặc tháo cạn buồng âu lúc vận hành.

II. Phân loại âu thuyền

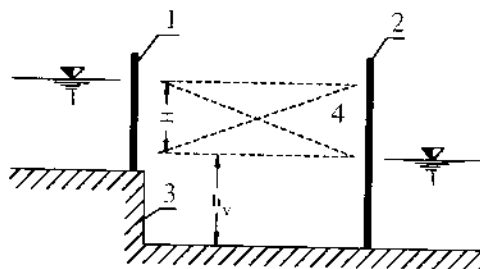
1. Dựa vào số lượng buồng âu bố trí hàng dọc:

a) Âu đơn cấp: là loại âu chỉ có một buồng (một bậc), loại này thường được sử dụng nhất (hình 19-4).

- Trên nền mềm âu thuyền được xây dựng với cột nước $H \leq 22\text{m}$.

- Trên nền đá cứng âu thuyền được xây dựng với cột nước đến 42m .

Có trường hợp âu thuyền đơn cấp có làm thêm cửa phụ ở giữa âu (hình 19-5). Khi có nhiều thuyền qua thì cửa phụ được mở để thuyền có thể đậu được theo cả buồng, khi thuyền qua âu ít thì đóng cửa phụ lại để cho thuyền chỉ đậu trong một phần buồng âu rồi chuyển tiếp sang giai đoạn khác. Với cách bố trí trên thì rút ngắn được thời gian thuyền qua âu, tiết kiệm được lượng nước hao phí mỗi lần thuyền qua.



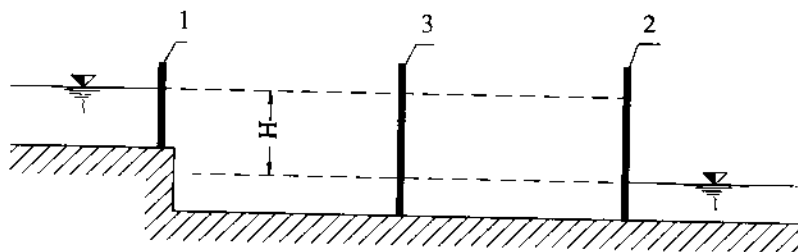
Hình 19-4: Âu đơn cấp

1. Cửa âu trên; 2. Cửa âu dưới;

3. Ngưỡng âu; 4. Khối nước cấp tháo;

H. Chênh lệch cột nước;

h_v . Chiều sâu vận tải thủy.

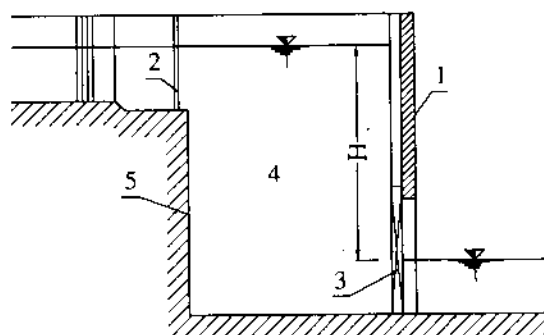


Hình 19-5: Âu thuyền đơn cấp có cửa van phụ ở giữa buồng âu.

1, 2. Cửa van thượng và hạ lưu; 3. Cửa van phụ.

Khi chênh lệch cột nước thượng hạ lưu (H) quá lớn ($H = 20\div 30\text{m}$ hoặc lớn hơn). Để giảm chiều cao cửa van ở đầu âu hạ, người ta làm tường ngực cho buồng âu. Cao trình đáy tường ngực phải cao hơn mực nước lớn nhất ở hạ lưu một giới hạn nhất định để thuyền qua lại được thuận lợi và an toàn.

Loại này gọi là âu thuyền kiểu giếng (hình 19-6).



Hình 19-6: Âu thuyền kiểu giếng.

1. Tường ngực; 2. Cửa van thượng lưu; 3. Cửa van hạ lưu; 4. Buồng âu; 5. Ngưỡng âu

b) Âu đa cấp:

Loại âu thuyền này được xây dựng tại những chỗ mực nước quá cao không cho phép làm âu đơn cấp (hình 19-7).

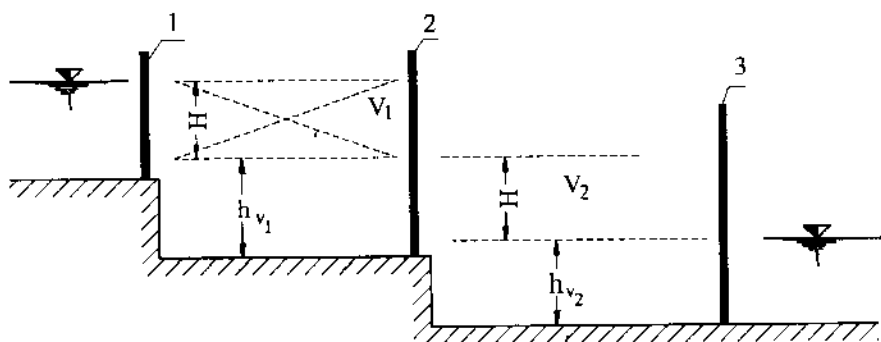
- Âu đa cấp là âu có từ hai buồng trở lên, được bố trí nối tiếp nhau để tàu thuyền có thể vượt qua cột nước nhiều lần.

- Âu thường được xây dựng ở những nơi có cột nước cao, mà nếu xây âu đơn cấp thì phải giải quyết nhiều vấn đề kỹ thuật phức tạp. Vì vậy khi thiết kế cần dựa vào điều kiện địa chất, địa hình, cột nước H , v.v... thông qua so sánh kinh tế kỹ thuật để chọn phương án hợp lý.

- Để thuận lợi cho thi công, nên thiết kế các buồng âu như nhau và phân phối các cột nước cho các buồng âu như nhau.

- Âu đa cấp có thể có kênh ngăn ở giữa các buồng âu, làm nơi tránh gặp nhau của tàu thuyền. Tuy nhiên cũng có thể bố trí liên tục.

Nhược điểm của loại này là thời gian thuyền qua âu lớn, số lượng buồng âu nhiều.

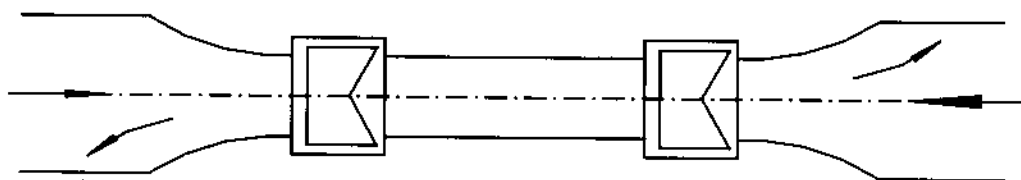


Hình 19-7: Âu đa cấp.

1, 2 và 3. Cửa âu; H . Cột nước chênh lệch; h_v . Độ sâu nước tối thiểu trong buồng âu.

2. Dựa vào số lượng buồng âu bố trí hàng ngang:

a) Âu đơn tuyến: trên tuyến tàu thuyền chạy chỉ có duy nhất một âu (hình 19-8)

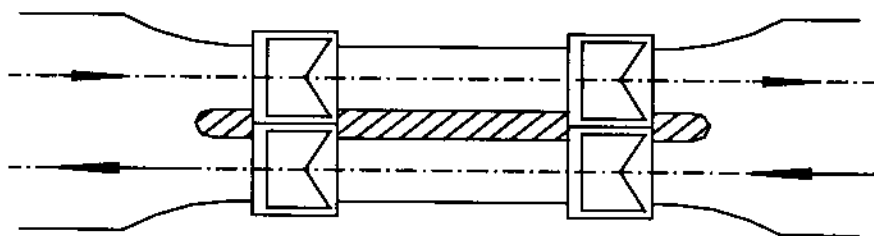


Hình 19-8: Âu đơn tuyến

b) Âu đa tuyến: bố trí song song từ hai âu trở lên (hình 19-9)

- Thường được xây dựng tại vùng sông có mật độ tàu thuyền lớn, âu đơn tuyến không đáp ứng được yêu cầu thông qua.

- Để tiện cho thiết kế và thi công: thường làm các buồng âu giống nhau. Song cũng có thể theo yêu cầu vận tải và để tiết kiệm nước mà các buồng âu có thể làm không giống nhau, có tuyến dài hoặc tuyến ngắn.



Hình 19-9: Âu đa tuyến.

§19.2. BỐ TRÍ MẶT BẰNG ÂU THUYỀN

I. Yêu cầu bố trí mặt bằng

Âu thuyền được bố trí trong hệ thống công trình đầu mối cùng với các hạng mục khác. Khi bố trí mặt bằng phải đảm bảo để lối vào âu từ thượng lưu và hạ lưu có độ sâu cần thiết để đảm bảo cho thuyền bè đi lại được an toàn trong tất cả mọi trường hợp thay đổi mực nước có thể xảy ra.

Bố trí mặt bằng âu thuyền hợp lý là một vấn đề quan trọng khi thiết kế âu thuyền. Do đó cần phải dựa vào các tài liệu địa hình, địa chất, thủy văn, quy mô công trình, tình hình kinh tế, giao thông ở vùng lân cận, điều kiện thi công mà đề ra những phương án khác nhau, thông qua so sánh kinh tế, kỹ thuật chọn ra phương án hợp lý nhất.

1. Nguyên tắc bố trí

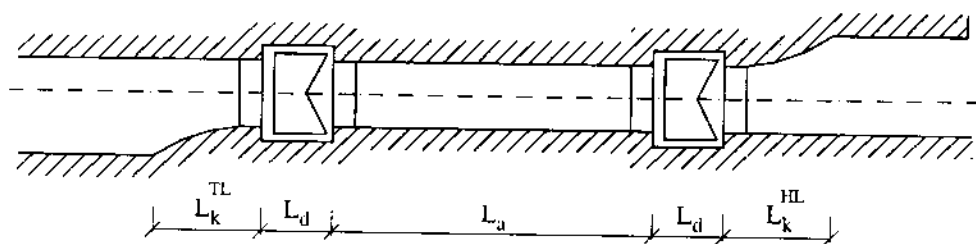
- Đảm bảo cho tàu thuyền ra vào và chờ đợi được an toàn, nhanh chóng.

- Đảm bảo cho các công trình thủy công trong hệ thống công trình đầu mối thủy lợi vận hoạt động bình thường.
- Đảm bảo chi phí xây dựng, quản lý rẻ nhất.

2. Những yêu cầu cụ thể

- Phải đảm bảo đủ độ sâu trên đường đất tàu thuyền.
- Khi tàu ra vào âu phải tuyệt đối đi thẳng, vì vậy cần phải bố trí âu thuyền và kênh đất tàu thuyền trên một đường thẳng (hình 19-10).

$$L_{thẳng} \geq 2L_d + L_a + L_k^{TL} + L_k^{HL}; \quad (19-1)$$



Hình 19-10: Bố trí âu thuyền trên một đường thẳng.

Trên kênh đất tàu thuyền cần bố trí khu vực tàu thuyền đậu để chờ đợi. Khu vực này phải xây dựng công trình bảo vệ để tránh sóng gió, đảm bảo cho tàu thuyền đậu được an toàn, phải xây giá đất tàu thuyền để hướng vào âu, tránh tàu thuyền va vào đầu âu.

Chiều dài đề bảo vệ: $L_d = 1,2 \cdot L_a;$ (19-2)

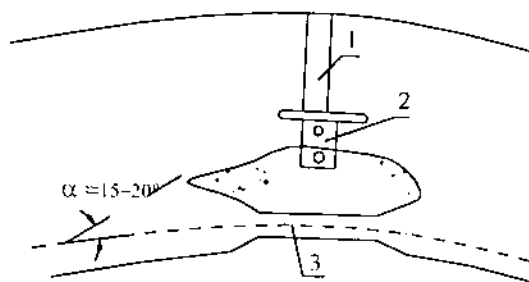
trong đó: L_a - chiều dài buồng âu.

Khi âu thuyền bố trí gần các công trình khác như đập tràn, trạm thủy điện, thì cần đảm bảo khi tháo nước từ các công trình đó không làm ảnh hưởng đến sự đi lại của thuyền.

Cửa vào kênh dẫn không nên làm ở đoạn sông có lưu tốc lớn và không nên hợp với trục dòng sông một góc quá lớn, góc này thường $\alpha = 15 \div 20^\circ$ (hình 19-11).

Lưu tốc trong đường dẫn phía hạ lưu không được lớn quá $(2 \div 2,5) \text{ m/s}$. Ở phía cửa vào, lưu tốc chảy vòng không vượt quá $(0,4 \div 0,5) \text{ m/s}$.

Phần lưu tốc dòng chảy ngang có thể đưa tàu thuyền dạt vào bờ hoặc va vào các công trình khác. Vì vậy yêu cầu lưu tốc của dòng chảy ngang $\leq (0,2 \div 0,3) \text{ m/s}$.



Hình 19-11: Bình đồ bố trí âu thuyền.

1. Đập tràn; 2. Trạm thủy điện; 3. Âu thuyền.

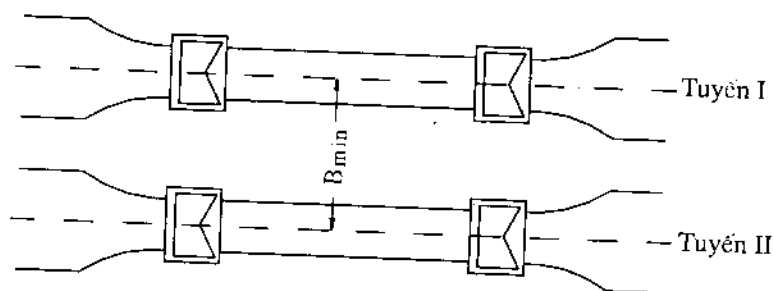
Âu thuyền trực tiếp xây dựng trên sông ở đầu mỗi công trình thủy lợi thì : đập tràn, trạm thủy điện và âu thuyền cần bố trí nằm song song tiếp liền nhau để đảm bảo tuyến chắn nước ngắn nhất và giao thông thuận tiện.

II. Một số dạng mặt bằng phổ biến

1. Âu thuyền bố trí trên kênh hoặc sông đào

Khi âu thuyền được xây dựng độc lập trên kênh thì chú ý bố trí âu nối tiếp với kênh và với bến đất tàu thuyền.

Có thể cần chú ý trong tương lai có thể xây tuyến âu thứ II song song với tuyến I do nhu cầu vận tải tăng lên (hình 19-12).



Hình 19-12: Bố trí âu thuyền trong kênh và sự phát triển trong tương lai

Trong trường hợp này khoảng cách giữa hai trục âu cần hợp lý để khỏi làm trở ngại vận tải bình thường của tuyến I, để khỏi phá hoại kết cấu âu thuyền tuyến I (khi thi công tuyến II) và hố móng tuyến II (đang thi công không vì ảnh hưởng của tuyến I mà mất ổn định).

Âu thuyền tuyến II có thể bố trí nằm song song với tuyến I hoặc có thể lệch nhau, cao trình tuyến II tùy theo điều kiện địa hình và yêu cầu vận tải mà lựa chọn hợp lý.

2. Âu thuyền ở hồ chứa nước hoặc sông rộng

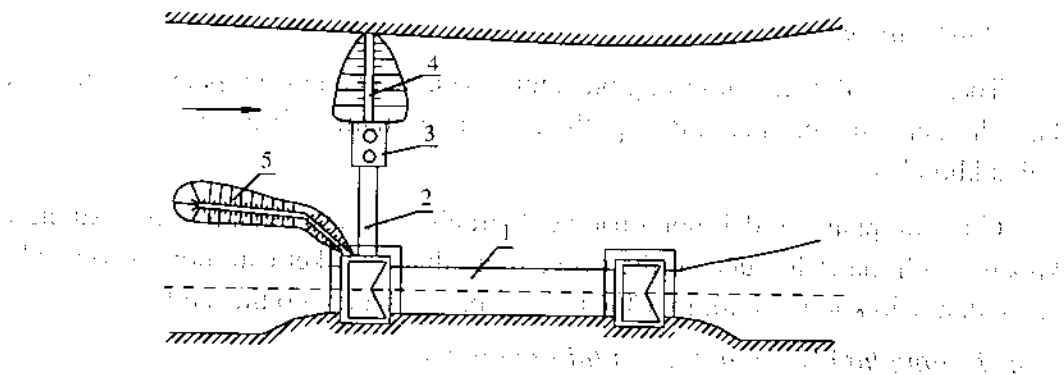
Thường ở đây có những công trình đầu mối thủy lợi như đập tràn, các công trình lấy nước, v.v...

Với loại bình đồ này yêu cầu:

- Âu thuyền đặt sát vào bờ, ở vị trí sâu, không bị bồi lắng và có địa chất tốt. Để đảm bảo thuyền ra vào ổn định, âu thuyền phải cách xa dòng chảy xả từ nhà máy thủy điện hoặc đập tràn ra ở phía hạ lưu, hoặc những chỗ nước chảy mạnh ở thượng lưu. Hình thức này sẽ giảm được lượng nạo vét đường dẫn thuyền, nhưng khi xây dựng phải đắp dê quai để ngăn sông và đường dẫn thuyền.

- Trước âu phải xây dựng công trình bảo vệ.

- Phía hạ lưu, ở chỗ nối kênh dẫn thuyền với sông phải chú ý vấn đề bồi xói ảnh hưởng đến ổn định công trình.



Hình 19-13 : Sơ đồ bố trí âu thuyền trong đầu mối công trình thủy lợi

1. Âu thuyền; 2. Đập tràn; 3. Nhà máy thủy điện; 4. Đập đất; 5. Đê bảo vệ

Trường hợp đoạn sông có bãi cát rộng thì có thể bố trí âu thuyền trong phạm vi bãi cát và có đường dẫn thuyền nối liền với sông. Âu thuyền loại này để tránh được luồng nước chảy mạnh ở thượng lưu tháo xuống. Khi thi công không ảnh hưởng đến vận tốc bình thường trong sông.

3. Trường hợp bố trí âu thuyền nhô về phía thượng lưu

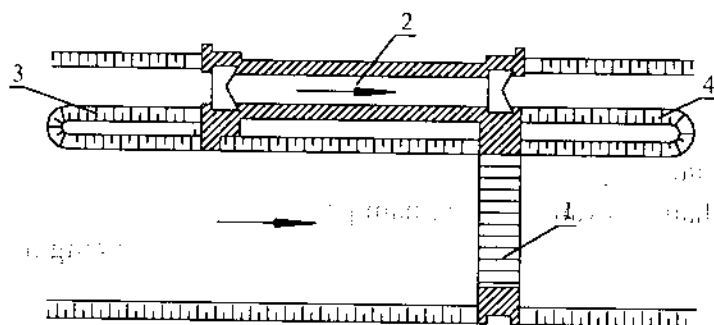
Khi bố trí âu thuyền nhô về phía trước tuyến đập sẽ có một số ưu nhược điểm sau:

* Ưu điểm:

- Đường tàu thuyền vào kênh dẫn thượng lưu xa đập (đang xả nước) nên tránh được trường hợp tàu thuyền bị cuốn và vào đập.

- Có thể rút ngắn được chiều dài đê bảo vệ thượng lưu (thông thường chiều dài đoạn đê bảo vệ thượng lưu bằng chiều dài buồng âu L_a), do đó giảm được khối lượng xây dựng đê dẫn thượng lưu.

- Cầu giao thông đặt ở phía dưới đầu âu hạ, nằm cùng tuyến với trục giao thông qua đập. Có thể được xây dựng cố định mà vẫn đảm bảo được độ cao cần thiết để tàu thuyền qua lại phía dưới thuận tiện.



Hình 19-14: Âu thuyền bố trí nhô về phía trước tuyến đập

1. Đập; 2. Âu thuyền; 3 và 4. Đê bảo vệ thượng hạ lưu.

** Nhược điểm:*

- Toàn bộ âu thuyền nằm trong phần nước sâu, nên công trình phải chịu áp lực rất lớn, làm cho kết cấu nặng nề, phức tạp, thiết bị chống thấm phải hoàn thiện, lúc tu sửa gặp nhiều khó khăn.

- Ở hạ lưu phải kéo dài tường bảo vệ để tránh dòng chảy mạnh từ trên xuống tới một khoảng cách mà ở đó nước có thể trở về trạng thái tĩnh, kết cấu tường bảo vệ phải chắc chắn, đảm bảo không bị xói lở. Chiều dài đê bảo vệ hạ lưu có thể dài tới 1km.

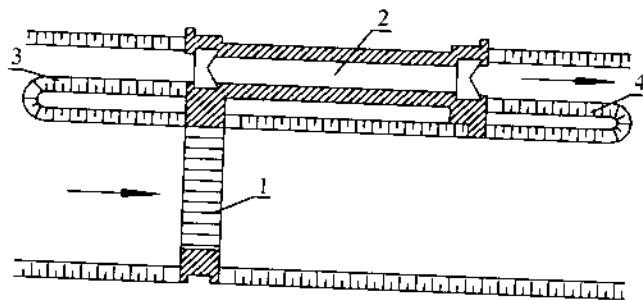
4. Trường hợp bố trí âu thuyền lùi về phía hạ lưu

Cách bố trí này có ưu nhược điểm sau:

** Ưu điểm:*

- Không cần kéo tường đê bảo vệ hạ lưu (do lợi dụng được chiều dài buồng âu).

- Áp lực nước tác dụng vào âu nhỏ nên kết cấu công trình nhẹ nhàng, đỡ phức tạp hơn.



Hình 19-15: Âu thuyền bố trí lùi về phía sau tuyến đập

1. Đập; 2. Âu thuyền; 3 và 4. Đê bảo vệ thượng hạ lưu.

** Nhược điểm:*

- Phải kéo dài đê bảo vệ thượng lưu.

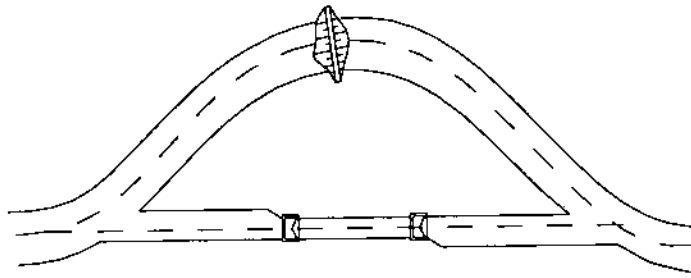
- Khó đảm bảo độ tĩnh không khi xây dựng cầu ở thượng lưu. Thường phải làm cầu cát và như vậy có lúc giao thông sẽ bị gián đoạn. Nếu bố trí cầu giao thông ở phía đầu âu hạ thì tuyến giao thông bị gây khúc.

Khi bố trí âu thuyền sát đập thì phía trước lại xảy ra sự mở rộng đột ngột mặt cắt ứ đọng, do đó vận tốc dòng chảy giảm đi. Khi tường bảo vệ ở hạ lưu bị tràn bởi mực nước lớn thì tại kênh đất tàu thuyền hạ lưu tốc độ bồi lắng tăng lên, độ sâu chạy tàu thuyền giảm, gây khó khăn cho vận tải, hàng năm phải nạo vét. Để hạn chế quá trình bồi lắng kênh hạ lưu, ta có thể nâng cao tường bảo vệ hoặc tháo một lượng nước nhất định qua âu khi nước lớn.

Thường đặt âu thuyền và trạm thủy điện ở hai bờ đối diện, để nước từ trạm thủy điện tháo ra ít ảnh hưởng đến thuyền qua lại, đồng thời sóng do tàu thuyền qua lại ít bị ảnh hưởng đến nhà máy thủy điện.

5. Bố trí âu thuyền trên đoạn sông cong

Trường hợp khối công trình đặt ở đoạn sông cong thì nên bố trí âu thuyền tách rời đặt phía bờ lồi và có kênh dẫn riêng (hình 19-16).



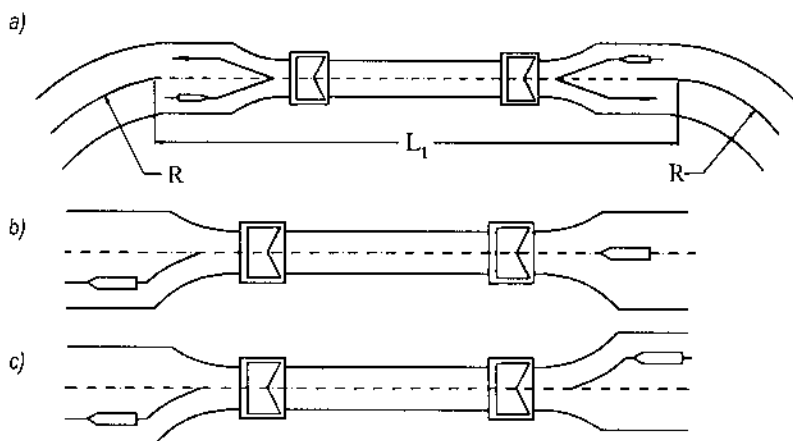
Hình 19-16 : Bố trí âu thuyền trên đoạn sông cong.

Bố trí như vậy rất thuận tiện cho thi công, không cần đắp đê quai, thi công âu trên khô, sau đó mới đào kênh dẫn tàu thuyền nối với sông chính. Lối vào (ra) của kênh dẫn tàu thuyền thượng lưu được nối với cung lõm trên lối vào (ra) của kênh dẫn tàu thuyền hạ lưu và được nối với cung lõm dưới tiếp theo. Như vậy sẽ hạn chế được hiện tượng bồi lắng kênh dẫn tàu thuyền.

Một ưu điểm nổi bật nữa là âu thuyền nằm xa đập tràn, nhà máy thủy điện, nên tránh được luồng nước mạnh, bảo đảm an toàn cho tàu thuyền ra vào.

Nhược điểm của cách bố trí này là khối lượng đào kênh dẫn lớn, chi phí tốn kém.

Trên các kênh đào, tại các nút công trình trong hệ thống lấy nước cũng thường hay gặp âu thuyền bố trí theo cách có đường kênh dẫn tách rời, đường kênh dẫn có thể bố trí theo hình thức mở rộng đối xứng. Thuyền qua âu đều theo trục vận tải đường cong (hình 19-17a). Cũng có thể do tình hình địa hình và khối lượng vận chuyển mà bố trí đường kênh dẫn mở rộng không đối xứng về một phía (hình 19-17b). Luồng vận chuyển nhiều hàng hoá đi theo đường thẳng, còn luồng kia theo đường cong hoặc có thể bố trí kênh dẫn mở rộng không đối xứng về hai phía thượng và hạ lưu khác nhau (hình 19-17c).



Hình 19-17 : Các hình thức mặt bằng đoạn kênh dẫn.

Tóm lại việc chọn sơ đồ bố trí trong mọi trường hợp phải tiến hành dựa vào các điều kiện tại chỗ, vào cách tổ chức và phương pháp thi công, vào sự so sánh kinh tế, kỹ thuật cho các phương án bố trí.

Trong thiết kế đường vận chuyển trên các kênh lớn, cần lưu ý các công trình chắn dòng hoặc nối tiếp nằm trên kênh có thể làm trở ngại đến sự đi lại của thuyền bè. Bởi thế, trong các trường hợp chuyên chở hàng hoá bằng đường thủy, biện pháp kinh tế nhất là xây dựng âu thuyền ở kế công trình nối tiếp. Khi bố trí âu thuyền ở khu công trình đầu mối cùng với công trình ngăn nước thì trong thời gian đưa thuyền qua âu, các kênh ở phía dưới công trình sẽ bị ngừng cấp nước và mực nước ở trong kênh đó dĩ nhiên là bị hạ xuống. Sau khi đã đưa thuyền qua âu mực nước sẽ trở lại bình thường như cũ. Mực nước ở trong kênh thay đổi nhiều như thế làm cho việc quản lý khó khăn. Để giữ các mực nước cần thiết ở trong kênh phía dưới âu thuyền thì tốt nhất là đặt âu thuyền trên kênh vòng tránh đoạn kênh có công trình chắn dòng hay công trình nối tiếp.

Trong trường hợp dung tích của kênh lớn, cho phép dễ dàng điều chỉnh mực nước trong kênh, thì có khả năng xây dựng trên công trình chắn dòng một khoang cho thuyền bè qua lại bên cạnh cửa của công trình chắn dòng đó.

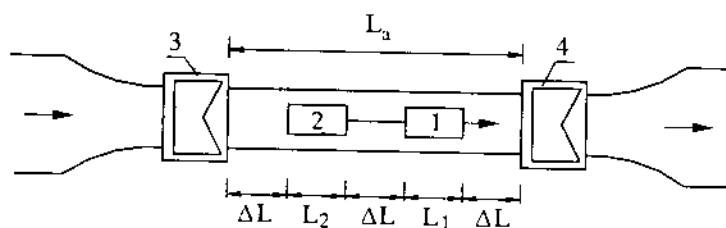
Ví dụ: trong khu công trình trên kênh Caracumxki có một khoang thuyền rộng 12m và được đóng bằng một cửa van có trục quay nằm ngang (kết cấu của V. A. Aniximốp). Khi khai thác bình thường, cửa van nằm ở đáy buồng âu thuyền; trong những trường hợp xảy ra sự cố thì cửa van được nâng lên và đóng kín khoang thuyền lại.

§19.3. KÍCH THƯỚC CƠ BẢN CỦA ÂU THUYỀN

Khi thiết kế, cần xác định các kích thước buồng âu cho hợp lý, đảm bảo tất cả các loại tàu thuyền chạy trên sông có thể qua lại được thuận lợi. Kích thước buồng âu phụ thuộc vào lượng vận chuyển hàng hoá trong năm, kiểu và kích thước của âu thuyền, cách tổ chức thuyền qua âu. Khi thiết kế cần dựa vào tình hình cụ thể, xét đến khả năng phát triển giao thông thủy trong tương lai để tiến hành so sánh kinh tế, kỹ thuật, đảm bảo phí tổn xây dựng, đầu tư và chi phí vận tải, đảm bảo giao thông an toàn và tiện lợi.

Những kích thước cơ bản của buồng âu được xác định theo đội thuyền tính toán qua âu.

1. Chiều dài hữu ích của buồng âu



Hình 19-18: Sơ đồ tính toán chiều dài buồng âu
1. Tàu kéo; 2. Thuyền; 3 và 4. Đầu âu thượng và đầu âu hạ

Trên (hình 19-18) chiều dài hữu ích của buồng âu được xác định theo công thức sau:

$$L_a = L_1 + nL_2 + (n + 2)\Delta L ; \quad (19-3)$$

trong đó:

L_1 - chiều dài của tàu kéo;

L_2 - chiều dài thuyền;

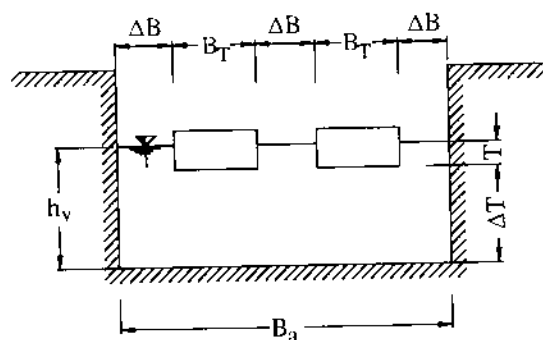
n - số thuyền ở trong đội thuyền xếp theo chiều dọc của buồng âu;

ΔL - khoảng cách giữa các thuyền và giữa thuyền và đầu âu.

Khi đoàn thuyền tổ chức theo kiểu tàu kéo thì $\Delta L = (2 \div 5)m$ hoặc lấy $\Delta L = 0,03L_2$.

Nếu tổ chức theo hình thức đẩy sát đoàn thuyền thì sẽ giảm bớt được chiều dài buồng âu. Trong trường hợp này: $(n + 2)$ ở số hạng cuối của (19-3) sẽ được thay bằng 2.

2. Chiều rộng hiệu quả của buồng âu



Hình 19-19: Sơ đồ tính toán chiều rộng buồng âu và chiều sâu vận tải thủy

Chiều rộng hiệu quả của buồng âu theo (hình 19-19) được xác định theo công thức:

$$B_a = mB_T + (m + 1)\Delta B ; \quad (19-4)$$

trong đó:

B_T - chiều rộng thuyền;

ΔB - khoảng cách giữa thuyền với tường bên và giữa các thuyền với nhau, thường

$$\Delta B = (0,05 \div 0,07)B_T;$$

m - số hàng thuyền xếp theo chiều rộng buồng âu.

Trường hợp các thuyền ghép sát nhau thì khi có tàu kéo hoặc tàu đẩy trị số $(m+1)$ trong phương trình (19-4) sẽ thay bằng 2.

Chiều rộng buồng âu theo kinh nghiệm, có thể được xác định theo công thức:

$$B_a = (1,10 \div 1,15) \sum B'_T ; \quad (19-5)$$

trong đó: $\sum B'_T$ - tổng chiều rộng của các thuyền qua âu cùng một lúc.

3. Chiều sâu vận tải thủy (h_v)

Chiều sâu vận tải thủy là chiều sâu kể từ mực nước thấp nhất đến đáy buồng âu (hình 19-19), được tính theo công thức sau:

$$h_v = T + \Delta T ; \quad (19-6)$$

trong đó:

T- chiều sâu ngập nước khi thuyền chở đầy;

ΔT - độ sâu an toàn dưới đáy thuyền;

Đối với âu thuyền bằng gỗ, chiều sâu vận tải thủy :

+ $h_v < 1,0\text{m}$ thì $\Delta T = 0,1\text{m}$;

+ $h_v > 1,0\text{m}$ thì $\Delta T = 0,15\text{m}$.

Đối với âu thuyền bằng đá xây, bê tông cốt thép:

+ $h_v < 2,5\text{m}$ thì $\Delta T = 0,3\text{m}$;

+ $h_v > 2,5\text{m}$ thì $\Delta T = 0,5\text{m}$.

Theo tài liệu Liên Xô cũ, kích thước mặt cắt ngang của buồng âu (m) như dưới đây là phổ biến nhất:

Bảng 19-1

Chiều rộng (m)	30	18	15	11	7,5
Chiều sâu (m)	4,0÷5,5	3,0÷4,0÷5,5	1,5÷2,0÷2,5	1,5÷2,0	1,3

Để đảm bảo cho thuyền ra vào âu thuận lợi, an toàn chúng ta cần bố trí đoạn kênh dẫn kế tiếp với đầu âu thượng và hạ lưu một đường thẳng với trục âu thuyền. Chiều dài đoạn thẳng L bao gồm âu và kênh dẫn được tính theo công thức:

$$L = n \cdot L_a + (n+1)L_d + 2L_K ; \quad (19-7)$$

trong đó:

L_a - chiều dài buồng âu;

n - số lượng buồng âu;

L_d - chiều dài đầu âu;

L_K - chiều dài đoạn kênh dẫn ở mỗi phía thượng và hạ lưu âu.

Theo kinh nghiệm :

$$L_K = 1,2L_a ; \quad (19-8)$$

Đối với loại âu thuyền một bậc (đơn cấp) thì:

$$L = (3,7 \div 3,8)L_a ; \quad (19-9)$$

Nối tiếp với đoạn thẳng, nếu kênh phải uốn cong thì độ cong không nên quá lớn. Để đảm bảo cho thuyền qua lại được dễ dàng thì bán kính cong thường được lấy:

$$R_{\min} \geq 6L_2; \quad (19-10)$$

trong đó: L_2 - chiều dài thuyền hoặc đoàn thuyền.

Để đảm bảo cho thuyền qua lại, tránh nhau trong kênh được dễ dàng thì chiều rộng kênh tại mặt nước ứng với chiều sâu vận tải là:

$$B_1 = 2B_2 + a_1 + 2a_2 \approx 2,6B_2; \quad (19-11)$$

trong đó:

B_2 - chiều rộng thuyền hoặc đoàn thuyền;

a_1 - khoảng cách giữa hai thuyền hoặc đoàn thuyền, $a_1 \approx 0,2a_2$;

a_2 - khoảng cách giữa thuyền và bờ, $a_2 = 0,2B_2$.

4. Cao trình đáy âu và cao trình đỉnh âu

Chọn cao trình đáy âu thích hợp sẽ giảm được kinh phí xây dựng và đảm bảo cho âu làm việc tốt, tàu thuyền đi lại an toàn.

Cao trình đáy và đỉnh âu liên quan đến mực nước thượng, hạ lưu. Mực nước thượng, hạ lưu luôn luôn thay đổi theo thời gian và chia ra làm hai loại:

+ Mực nước tĩnh: phụ thuộc vào điều kiện thủy văn của sông ngòi, hồ chứa nước trong thời gian dài.

+ Mực nước động: phụ thuộc vào các ảnh hưởng tức thời do việc điều chỉnh lưu lượng hàng ngày của nhà máy thủy điện, do cấp tháo nước qua âu, do sóng gió, thủy triều gây ra.

a) Cao trình đáy âu và kênh dẫn tàu thuyền:

Cao trình đáy âu thuyền căn cứ vào mực nước vận tải thiết kế nhỏ nhất mà định ra, đồng thời có xét đến ảnh hưởng của mực nước động:

$$\nabla_{\text{đáy âu}} = MN_{\text{động}_{\min}} - h_v; \quad (19-12)$$

Ngoài ra, còn phải chú ý đến sự phát triển trong tương lai mà định ra cao trình đáy âu cho hợp lý.

b) Cao trình đỉnh âu thuyền:

Cao trình đỉnh âu thuyền căn cứ vào mực nước thiết kế cao nhất mà định ra, đồng thời có xét đến ảnh hưởng của mực nước động.

Đối với tuyến sông chính, mực nước cao nhất lấy với tần suất $P = (1+2)\%$, song cũng cần xét đến trường hợp lũ cao.

$$\nabla_{\text{đỉnh âu}} = \text{MN động}_{\text{max}} + \text{độ vượt cao an toàn } \delta ; \quad (19-13)$$

trong đó: δ - xác định theo cấp công trình.

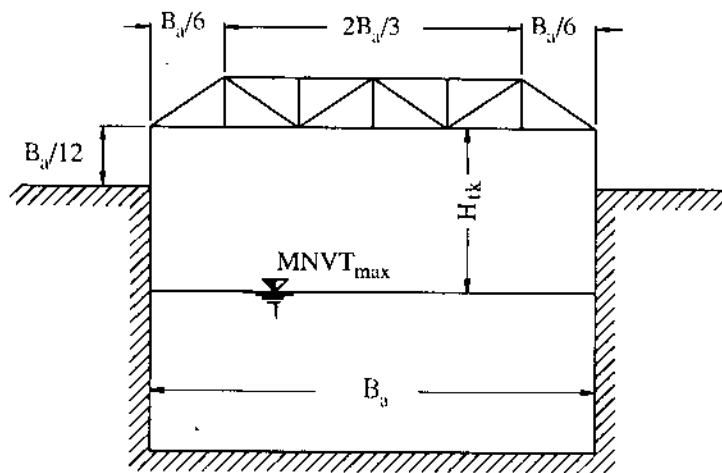
Chú ý: cần so sánh kinh tế và kỹ thuật để quyết định tần suất thiết kế, mực nước lớn nhất cho phép vận hành âu thuyền trong mùa lũ.

c) *Cao trình của cửa đầu âu trên:*

Cao trình của cửa đầu âu trên thường cao hơn mực nước thượng lưu ít nhất là 0,15m. Nếu có sóng gió lớn thì lấy $\delta = 0,5\text{m}$.

5. Độ cao của cầu bắc qua âu

Khi xây dựng cầu giao thông qua âu, phải chú ý đến độ cao của cầu kể từ mực nước vận tải cao nhất để đảm bảo cho tàu thuyền qua lại được an toàn. Độ cao đó gọi là độ tĩnh không của cầu (H_{tk}).



Hình 19-20: Cầu bắc qua âu thuyền.

Để giảm bớt kinh phí và độ tĩnh không, người ta thường xây dựng cầu ở đầu âu dưới. Độ tĩnh không (H_{tk}) cần phải được đảm bảo trên cả chiều rộng $\frac{2}{3} B_a$, phần còn lại mỗi bên $\frac{1}{6} B_a$ cho phép giảm dần chiều cao tới trị số $\leq \frac{1}{12} B_a$.

Theo quy phạm của Liên xô cũ thì độ tĩnh không (H_{tk}) được lấy như sau:

Bảng 19-2

Cấp đường sông	1	2	3	4	5
$H_{tk}(\text{m})$	$\geq 13,5$	12,5	10	10	7

§19.4. QUÁ TRÌNH VÀ KHẢ NĂNG VẬN CHUYỂN QUA ÂU THUYỀN

Trong quá trình vận chuyển có thể tổ chức cho các thuyền qua âu theo phương thức một chiều hay hai chiều. Qua âu một chiều là cho đoàn tàu thượng lưu về hạ lưu hay ngược lại, sau đó đóng cửa âu thuyền lại là kết thúc một quá trình làm việc. Qua âu hai chiều là sau khi một đoàn thuyền đã đi qua, ra khỏi âu thì đoàn thuyền khác ngược chiều đoàn thuyền trước lợi dụng cửa còn mở thì vào âu ngay để đi qua. Như vậy, hình thức này tiết kiệm được thời gian và lượng nước qua âu.

1. Trình tự và thời gian chuyển thuyền qua âu

a) Trường hợp qua âu một chiều:

Ví dụ từ hạ lưu lên thượng lưu, bao gồm các thao tác và thời gian sau đây:

- Thời gian thuyền đi vào buồng âu: t_2
- Thời gian đóng kín cửa hạ lưu: t_1
- Thời gian mở cửa dẫn nước cho nước vào buồng âu, đến khi mực nước trong buồng ngang bằng mực nước thượng lưu: t_3
- Thời gian mở cửa thượng lưu: t_1
- Thời gian đoàn thuyền ra khỏi âu: t_4
- Thời gian đóng kín cửa thượng lưu: t_1
- Thời gian mở cửa tháo nước trong buồng âu về hạ lưu cho đến khi mực nước trong buồng âu ngang bằng mực nước hạ lưu: t_3
- Thời gian mở cửa hạ lưu: t_1

Sau khi kết thúc các thao tác nói trên là hoàn thành một lần thuyền qua âu một chiều. Ở đây ta xem thời gian đóng mở cửa van (t_1), thời gian dẫn tháo nước (t_3) là như nhau.

Thời gian đoàn thuyền qua âu một chiều:

$$T_1 = 4t_1 + t_2 + 2t_3 + t_4; \quad (19-14)$$

Theo kinh nghiệm: thời gian cần cho đoàn thuyền qua âu một chiều là (20 ÷ 30) phút.

b) Trường hợp thuyền qua âu hai chiều:

Sau khi đã hoàn thành 6 thao tác đầu thì cần tiếp tục các thao tác sau:

- Thời gian cho đoàn thuyền đi vào buồng âu (theo chiều ngược lại- từ thượng lưu về hạ lưu): t_2
- Thời gian đóng cửa van thượng lưu: t_1
- Thời gian tháo nước trong buồng âu ra ngang bằng với mực nước hạ lưu: t_3
- Thời gian mở cửa hạ lưu: t_1
- Thời gian cho đoàn thuyền ra khỏi âu đi về hạ lưu: t_4

Thời gian kéo dài của mỗi chu kỳ toàn phần trong trường hợp đưa thuyền qua âu hai chiều là:

$$T_2 = 4t_1 + 2t_2 + 2t_3 + 2t_4 ; \quad (19-15)$$

Theo kinh nghiệm: thời gian cho đoàn thuyền qua âu hai chiều khoảng (30 ÷ 90) phút. Phương thức thuyền qua âu hai chiều đòi hỏi đoàn thuyền phía thượng lưu và hạ lưu phải phối hợp chặt chẽ, nhịp nhàng để đỡ tốn thời gian.

Cần chú ý rằng, khi tổ chức các đoàn thuyền qua âu hai chiều, nếu đoàn thuyền đi từ hạ lưu qua âu trước rồi mới cho đoàn thuyền từ thượng lưu xuôi về hạ lưu thì thời gian mất ít hơn và lượng nước tổn thất chỉ bằng một nửa so với cách tổ chức ngược lại.

Thời gian đưa thuyền ra và vào buồng âu trong trường hợp làm việc hai chiều dài hơn thời gian cho cùng những thao tác như thế một chút khi làm việc một chiều, vì cần phải giảm vận tốc chuyển động của các thuyền khi thuyền lướt qua nhau trong âu. Trong các âu thuyền một buồng thì lợi nhất là để cho thuyền làm việc hai chiều, bởi vì như thế sẽ rút ngắn được thời gian đưa thuyền qua âu.

Trong thời gian T_2 đã tiến hành hai lần thuyền qua âu, cho nên trong mỗi lần thực tế thời gian qua âu nhỏ hơn T_1 , tức là $\frac{T_2}{2} < T_1$.

Trong thực tế số lần thuyền qua âu từ trên xuống hoặc dưới lên khó đảm bảo bằng nhau. Vì thế trong tính toán thường dùng trị số trung bình:

$$T = \frac{1}{2}(T_1 + \frac{T_2}{2}) .$$

Khi thuyền đi lại hai chiều qua âu nhiều buồng thì thời gian qua âu để cho mỗi đội thuyền tăng lên:

$$\Delta T = (n - 1)(2t'_3 + 4t_1 + t_5) ; \quad (19-16)$$

trong đó:

n - số buồng âu lần lượt thuyền phải đi qua;

$2t'_3$ - thời gian làm đầy và tháo cạn các buồng giữa;

t_5 - thời gian đưa đội thuyền từ buồng âu này đến buồng âu khác(buồng bên cạnh).

Khi thuyền qua âu, có những thao tác tiến hành cùng với thao tác khác, do đó không tính vào thời gian thuyền qua âu. Chẳng hạn như : việc đóng cửa van của đường dẫn nước sau khi nước đã vào đầy hoặc sau khi nước đã tháo hết ở buồng âu thì có thể tiến hành trong quá trình vào hoặc ra khỏi âu. Thời gian tổ chức thuyền qua âu dài hay ngắn có ảnh hưởng đến lượng chuyển hàng hoá, nó phụ thuộc vào các yếu tố như : quy mô âu thuyền, cách tổ chức và thiết bị dắt đoàn thuyền, kích thước đường dẫn tháo nước, thiết bị đóng mở cửa âu, v.v... Hiện nay các âu thuyền hiện đại đã cơ giới hoá và điện khí hoá do đó đã rút ngắn được thời gian thuyền qua âu. Thời gian đóng mở cửa âu t_1 rất nhỏ và

thực tế là không đổi. Bởi thế rất ít ảnh hưởng đến khả năng cho thuyền đi qua cửa âu, thường người ta lấy $t_1 = 1,5$ phút cho loại âu thuyền rộng dưới 18m và gần bằng $(1,5 \div 2,0)$ phút cho loại âu thuyền rộng $(18 \div 30)$ m.

Thời gian dẫn tháo nước t_3 phụ thuộc vào dung tích buồng âu, cột nước chênh lệch, hình thức và cấu tạo kích thước các bộ phận dẫn tháo nước, thời gian này thường từ $(5 \div 15)$ phút. Theo tài liệu kinh nghiệm, khi chiều dài buồng âu là $L_a < 150$ m thì $t_3 = (6 \div 10)$ phút; khi $L_a = (200 \div 300)$ m thì $t_3 = (8 \div 15)$ phút. Thời gian kéo dài của mỗi chu kỳ dẫn tháo nước này đôi khi khống chế bởi tốc độ di chuyển lớn nhất của thuyền theo phương thẳng đứng trong buồng âu, tức là tốc độ dâng lên hay hạ xuống của mực nước trong buồng âu đó, thường bằng $(4 \div 6)$ cm/s.

Thời gian thuyền vào và ra chủ yếu là quá trình đưa thuyền qua âu. Thời gian này phụ thuộc vào cách tổ chức các đoàn thuyền và phương tiện dắt thuyền (dùng tàu kéo hoặc dắt trên bờ).

Tốc độ thuyền đi vào (v_1) và đi ra (v_2) khỏi buồng âu có thể tính theo công thức:

$$v_1 = \frac{n-1}{n\sqrt{\alpha}} \cdot v; \quad (19-17)$$

$$v_2 = \frac{n-1}{n} \cdot v; \quad (19-18)$$

trong đó:

v - tốc độ trung bình của thuyền chạy trên sông;

$$n = \frac{\omega_1}{\omega_2};$$

ω_1 - diện tích mặt cắt ướt đường dắt thuyền;

ω_2 - diện tích mặt cắt ở giữa của thuyền phần ngập dưới nước;

α - hệ số xét đến ảnh hưởng khi đóng cửa âu gây sóng dội lại làm cản thuyền.

Do tốc độ chuyển động của các thuyền khác nhau (vì loại thuyền khác nhau, thuyền chở hàng hay thuyền không) nên tốc độ đưa thuyền vào và ra khỏi âu thuyền cũng khác nhau. Trong tính toán sơ bộ, tốc độ chuyển động trung bình trong âu thuyền có thể lấy theo bảng sau:

Bảng 19-3

Loại hình qua âu	Tốc độ trung bình (m/s)		
	Vào	Ra	Chuyển từ buồng này sang buồng khác
Đội thuyền	0,8	1,3	0,7
Bè	0,6	0,6	0,5
Tàu máy	1,1	1,7	0,9

Theo kinh nghiệm, tốc độ trung bình đối với thuyền qua âu hai chiều: $v_1 = (0,4 \div 0,6)\text{m/s}$ và $v_2 = (0,5 \div 0,8)\text{m/s}$. Tốc độ trung bình đối với thuyền qua âu một chiều $v_1 = (0,4 \div 0,6)\text{m/s}$ và $v_2 = (0,6 \div 1,0)\text{m/s}$.

Thời gian thuyền vào và ra khỏi âu được tính theo công thức:

$$t_2 = \frac{L_v}{v_1}; \quad (19-19)$$

$$t_4 = \frac{L_r}{v_2}; \quad (19-20)$$

trong đó:

L_v, L_r - chiều dài đoạn đường thuyền đi vào và đi ra khỏi âu thuyền, giá trị này thường lấy bằng ηL_a ;

L_a - chiều dài buồng âu;

η - hệ số, khi thuyền qua âu một chiều thì $\eta = 1,5$ và khi thuyền qua âu hai chiều thì $\eta = 3,0$.

2. Năng lực vận tải của âu thuyền

Khả năng chở hàng qua âu phụ thuộc vào kích thước của âu, vào cấu trúc của luồng hàng, vào kiểu và kích thước của thuyền bè đi lại, vào tổ chức cho thuyền bè đi qua, vào sự vận chuyển không đồng đều và vào thời gian đưa thuyền qua âu.

Khả năng lý thuyết chuyển hàng đi qua âu trong N ngày đêm vận chuyển với tải trọng trung bình của các thuyền chở hàng P_p tính theo tấn và số lượng m thuyền trong mỗi đội thuyền là:

$$P = nNmP_p; \quad (19-21)$$

trong đó:

n - số lần đưa thuyền qua âu trong mỗi ngày đêm, $n = \frac{1440}{T}$;

T - thời gian mỗi lần thuyền qua âu;

N - số ngày vận chuyển trong năm.

Do một số nguyên nhân khác như trong số thuyền qua âu có thuyền chở không đủ tải trọng vì hàng hoá công kênh, do tình hình quản lý hoặc là những thuyền phục vụ chở khách, thuyền không, v.v... Nên khả năng khai thác thực tế chuyển hàng đi qua của âu thuyền sẽ ít hơn. Vì thế người ta đưa vào hệ số biểu thị không chở đầy thuyền α (thông thường $\alpha = 0,7 \div 0,8$ hoặc có thể nhỏ hơn).

Để tính đến sự đi lại không đồng đều của các thuyền trong suốt thời kỳ hoạt động của đường thủy, ví dụ như do chở theo mùa, người ta đưa vào hệ số không cân đối của biểu đồ vận chuyển β (thường $\beta = 1,25 \div 1,75$), β là tỷ số giữa khối lượng vận chuyển hàng hóa của tháng lớn nhất với khối lượng vận chuyển hàng hóa bình quân một tháng trong năm. Nếu như tính đến lúc âu thuyền nghỉ để kiểm tra và sửa chữa thì số giờ sử dụng âu thuyền trong một ngày đêm τ thực tế sẽ ít hơn 24 giờ. Theo tài liệu nước ngoài $\tau = 20 \div 21$ giờ. Do đó năng lực vận chuyển thực tế được tính theo công thức:

$$P_{sd} = n \cdot \frac{N \cdot m \cdot P_p \cdot \alpha}{\beta} \cdot \frac{\tau}{24}; \quad (19-22)$$

Để tăng cường vận chuyển thì cần giảm hệ số không cân đối của biểu đồ vận chuyển β , tăng khả năng lợi dụng tải trọng của thuyền, giảm bớt thời gian nghỉ của âu thuyền, rút ngắn thời gian mỗi lần thuyền qua âu, kéo dài thời gian vận chuyển trong năm và tăng tải trọng của thuyền. Qua tài liệu thu thập được cho thấy năng lực vận chuyển thực tế qua âu đạt khoảng $(20 \div 50)\%$ so với năng lực vận chuyển theo tính toán lý thuyết.

3. Lưu lượng nước dùng cho mỗi lần đưa thuyền qua âu

Trong mỗi lần đưa thuyền qua âu phải tháo từ thượng lưu xuống hạ lưu một lượng nước nào đó, phụ thuộc vào thể tích nước bị thuyền chiếm chỗ và các mực nước ở thượng hạ lưu. Trong mỗi lần đưa thuyền qua âu một chiều, thể tích nước chảy vào âu thuyền một buồng bằng thể tích phần trong buồng âu giới hạn giữa mực nước thượng lưu và hạ lưu. Thể tích đó là khối tràn của âu thuyền V_o . Trong trường hợp buồng âu có tường mặt thẳng đứng thì thể tích của khối nước tràn V_o sẽ bằng:

$$V_o = L_a \cdot B_a \cdot H_a; \quad (19-23)$$

trong đó:

L_a, B_a - chiều dài và chiều rộng buồng âu;

H_a - chênh lệch cột nước thượng và hạ lưu.

Theo kinh nghiệm:

$$V_o = (1,15 \div 1,20) \cdot \Omega \cdot H_a; \quad (19-24)$$

với: Ω là diện tích bình quân mặt nước trong buồng âu.

Trong thiết kế cần xét đến khả năng mất nước qua âu. Lượng nước hao hụt là do tháo nước ra khỏi âu khi cho thuyền qua lại và do rò rỉ qua các thiết bị chắn nước. Lượng hao hụt ở mỗi lần khác nhau tùy theo đoàn thuyền qua âu ngược hoặc xuôi.

Khi thuyền từ hạ lưu lên thượng lưu, lượng nước mất trong mỗi lần là:

$$V_l = V_o + D; \quad (19-25)$$

Khi thuyền từ thượng lưu về hạ lưu, lượng nước mất trong mỗi lần là:

$$V_2 = V_0 - D ; \quad (19-26)$$

với: D là thể tích nước bị thuyền chiếm chỗ.

Trong một ngày đêm, có n_1 lần thuyền lên thượng lưu và n_2 lần thuyền xuống hạ lưu. Theo hình thức qua âu một chiều thì lượng nước tháo qua âu là:

$$\sum V = n_1(V_0 + D) + n_2(V_0 - D) ; \quad (19-27)$$

Nếu tổ chức cho các đoàn thuyền qua âu hai chiều thì lượng nước tháo qua âu tính theo công thức:

$$\text{Khi } n_1 > n_2 : \quad \sum V = (n_1 - n_2)(V_0 + D) + n_2 V_0 ; \quad (19-28)$$

$$\text{Khi } n_1 < n_2 : \quad \sum V = (n_2 - n_1)(V_0 - D) + n_1 V_0 ; \quad (19-29)$$

Thường thường trong tính toán thực tế vì không biết chính xác số lượng thuyền và lượng choán nước của thuyền, sau này trong các thời kỳ âu thuyền làm việc với cường độ cao nhất là bao nhiêu, nên có thể bỏ qua ảnh hưởng của thể tích nước bị thuyền chiếm chỗ trong lưu lượng nước dùng cho mỗi lần đưa thuyền qua âu. Bởi thế có thể lấy thể tích dùng nước cho mỗi lần đưa thuyền qua âu một buồng và nhiều buồng bằng V_0 , còn trường hợp âu thuyền làm việc hai chiều thì qua âu một buồng là $0,5V_0$ (cho mỗi đội thuyền). Như đã chỉ dẫn trong tính toán về khả năng cho thuyền đi qua âu thuyền, số lượng đội thuyền đi lên và đi xuống qua âu một buồng thường được coi là bằng nhau. Với giả thiết trên, đối với âu thuyền một buồng thì nhu cầu tính toán lượng nước trong một ngày đêm dùng cho việc đưa thuyền qua âu là:

$$V_{\text{ngày đêm}} = 0,75nV_0 ; \quad (19-30)$$

với n là số lần đưa thuyền qua âu nhiều nhất trong một ngày đêm theo tính toán.

Lưu lượng tháo trung bình qua âu là :

$$q = \frac{\sum V}{86400} + q_t ; \quad (19-31)$$

trong đó: q_t - lưu lượng tổn thất do rò rỉ qua các vật chắn nước ở các cửa van của âu thuyền, xác định theo công thức:

$$q_t = C \cdot \sum l ; \quad (19-32)$$

với : C - độ rò rỉ nước trên 1mét dài qua các vật chắn nước ở các cửa van;

$\sum l$ - tổng chiều dài của vật chắn nước ở các cửa van (m).

Theo tài liệu thống kê thì:

$C = (1,5 \div 2) \text{ l/sm}$ khi cột nước trong âu $H_a < 10\text{m}$;

$C = (2,5 \div 3) \text{ l/sm}$ khi cột nước trong âu $H_a > 10\text{m}$.

§19.5. CẤU TẠO CÁC BỘ PHẬN CỦA ÂU THUYỀN

I. Đầu âu thuyền

Đầu âu thuyền là bộ phận nối tiếp giữa kênh dẫn và buồng âu. Kết cấu và kiểu đầu âu phụ thuộc vào công trình dẫn tháo nước, hệ thống của âu và điều kiện địa chất đất nền.

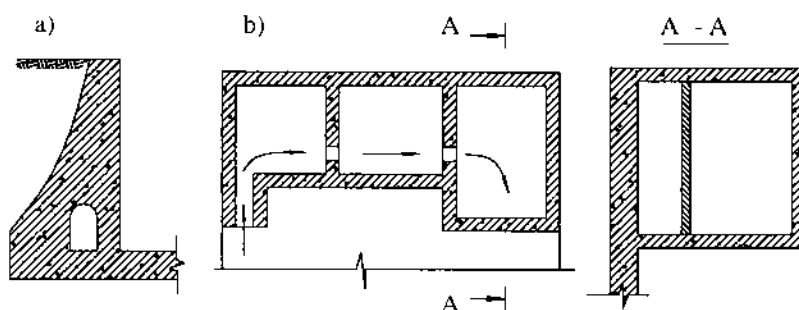
Cấu tạo đầu âu bao gồm tường bên và bản đáy. Thường tường và bản đáy liền thành một khối. Để giảm bớt các chiều cao của cửa van, ở đầu âu trên và đầu âu giữa (nếu có), người ta làm những tường tràn nước. Hiện nay theo điều kiện làm việc của các cửa van và của bản thân của các đầu âu về phương diện trượt cũng như theo áp lực đất, đầu âu của các âu thuyền lớn có kết cấu bằng bê tông cốt thép liên tục.

Tuỳ theo hệ thống cấp nước làm đầy buồng âu mà đầu âu có thể chia ra 3 loại cơ bản sau:

- Đầu âu với các đường hầm dẫn nước đặt trong đầu âu và trong tường.
- Đầu âu có hệ thống cấp nước trên hay dưới cửa van.
- Đầu âu không có công trình dẫn nước (lấy nước thượng lưu từ bên hông).

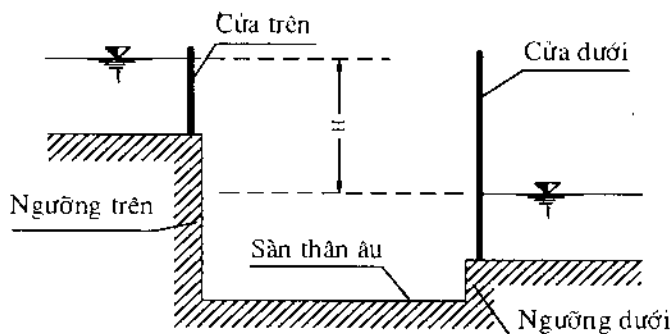
Ở đầu âu dưới người ta dùng loại cửa âu hai cánh và đường hầm vòng ở trong các tường bên.

Tường bên là loại tường trọng lực đặc hoặc có hành lang để dẫn nước (hình 19-21a) hoặc loại có ô trống dùng trong điều kiện địa chất xấu (hình 19-21b).



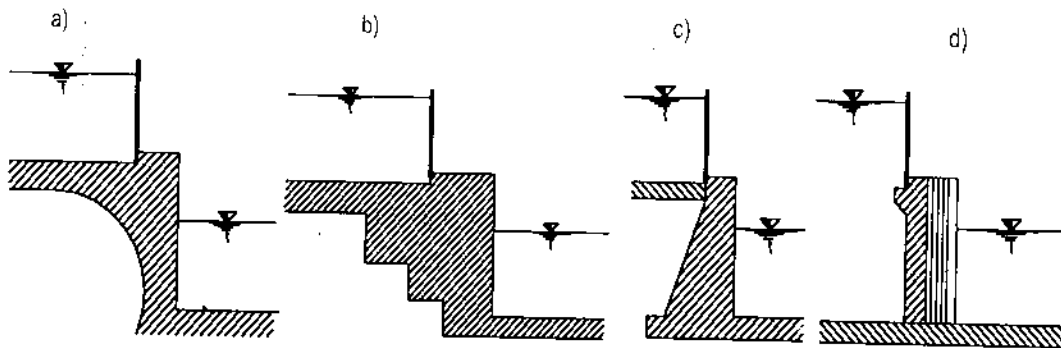
Hình 19-21: Tường đầu âu thuyền

Cao độ ngưỡng (hình 19-22). Việc chọn cao độ ngưỡng phải đảm bảo cho thuyền vào, ra khỏi âu được an toàn và đảm bảo cho đầu âu liên kết tốt với nền.



Hình 19-22: Cao độ ngưỡng.

Khi cột nước thượng lưu lớn, để giảm chiều cao của cửa van và tường bên, người ta làm các ngưỡng bậc. Nếu địa chất là nền đá tốt thì đáy chỉ đổ một lớp bê tông tương đối mỏng và có móc thép neo vào nền đá (hình 19-23a). Nếu địa chất là nền đất thì dùng kiểu bậc (hình 19-23b) hoặc kiểu tường chắn đất (hình 19-23c). Nếu đáy đầu âu và đáy buồng âu ngang nhau thì có thể xây ngưỡng để đặt cửa van (hình 19-23d) để đảm bảo giảm bớt được chiều cao cửa van và đủ chiều sâu vận tải thủy.



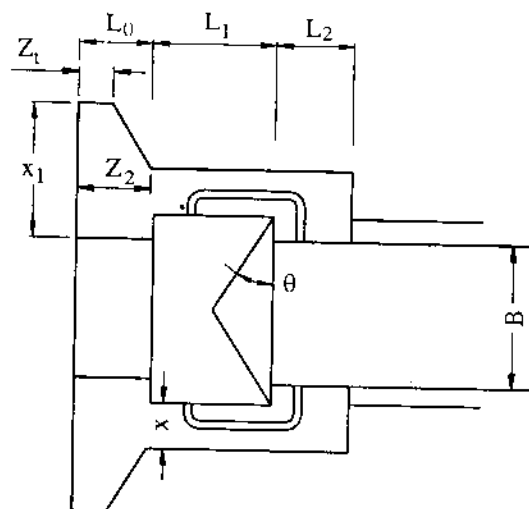
Hình 19-23: Một số kiểu ngưỡng đầu âu.

Đầu âu là kết cấu không gian chịu lực phức tạp. Để đơn giản trong tính toán có thể đưa về bài toán phẳng (tính gần đúng). Nội dung tính toán bao gồm kiểm tra ổn định thấm, trượt, lún và lật, tính toán đảm bảo cường độ của tường và bản đáy âu.

Khi thiết kế thường tính toán cho trường hợp sử dụng bình thường (cửa van đóng, chênh lệch mực nước thượng và hạ lưu lớn) và khi tu sửa (trong âu không có nước).

Khi thiết kế sơ bộ có thể tham khảo đề nghị của giáo sư B. Yu. Kalinovich:

Đối với loại đầu âu có cửa van chắn nước hình chữ V (hình 19-24):



Hình 19-24: Sơ đồ đầu âu có cánh chữ V

Chiều dài bộ phận cửa vào:

$$L_0 = \left(\frac{1}{2} \div \frac{1}{3}\right)H ; \quad (19-33)$$

trong đó: H- chênh lệch cột nước lớn nhất giữa thượng lưu và hạ lưu, trị số 1/2 dùng cho đầu âu thượng và trị số 1/3 dùng cho đầu âu hạ.

hoặc:
$$L_0 = (0,5 \div 0,7)H_a ; \quad (19-34)$$

với H_a - cột nước trong âu.

Chiều dài phần tựa sau cửa âu:

$$L_2 \approx H_1 ; \quad (19-35)$$

ở đây: H_1 - chiều cao của tường đầu âu kể tới đáy âu.

Để các cửa không đụng chạm tới thuyền bè đi qua thì chiều dài của tủ chứa trong âu khi mở:

$$L_1 = (1,1 \div 1,2) \frac{B_a + d}{2 \cos \theta} ; \quad (19-36)$$

trong đó:

B_a - chiều rộng của buồng âu;

d- chiều rộng của tủ chứa cánh cửa khi mở, $d \approx 0,1B_a$;

θ - góc hướng ngang của phần tựa (góc đặt cánh cửa), $\theta = 20 \div 22^\circ$.

Chiều dày của thành tủ (chiều dày tường tại chỗ đặt cánh cửa):

$$t = 3C ; \quad (19-37)$$

ở đây: C- chiều rộng của đường hầm dẫn tháo nước.

Chiều dài tường cánh thông thường:

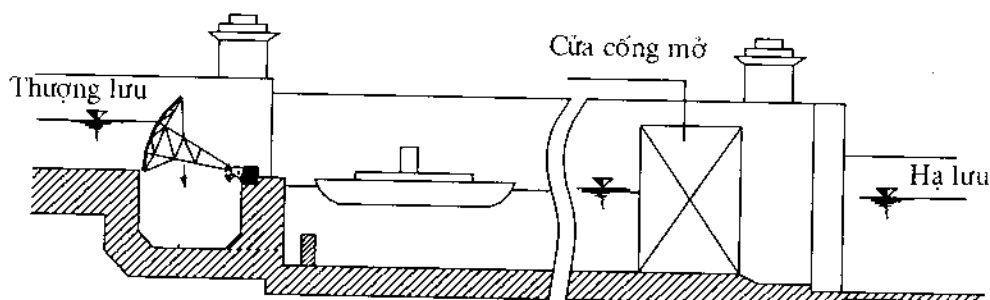
$$x_1 \geq m H_1 + 0,5 ; \quad (19-38)$$

trong đó: m- hệ số mái kênh, $m = 1,5 \div 2,0$.

Thường dùng những dạng cửa âu sau đây: cửa âu hai cánh; cửa âu đẩy một cánh (ví dụ như ở trong các âu thuyền trên công trình đầu mối Kamxki - Liên xô cũ) khi mở âu thuyền người ta đẩy cửa âu đó vào buồng chứa làm ở trong tường biên của đầu âu; cửa van phẳng nâng lên hạ xuống; cửa âu cánh quạt quay xung quanh trục ngang và khi mở thì hạ xuống hồ làm ở bản đáy âu của đầu thuyền (hình 19-25).

Cửa âu hai cánh có khối lượng và lực mở cửa nhỏ nên được sử dụng rộng rãi trong trường hợp $\frac{B_a}{h_c} \leq 2,5 \div 3,0$, trong đó h_c - chiều cao cửa âu.

Những cửa âu đày được dùng ở đầu âu trên và đầu âu dưới khi không có tường tràn nước hoặc là chiều cao của tường tràn nước nhỏ, khi chiều rộng buồng âu lớn hơn $(25 \div 30)m$, tức là $\frac{B_u}{h_c} \geq 3 \div 4$. Những cửa âu phẳng nâng lên hạ xuống được dùng ở đầu âu dưới của âu thuyền kiểu giếng và những âu thuyền có cột nước ở buồng âu không lớn lắm. Loại cửa âu cánh quạt hạ xuống cho thuyền đi qua được dùng ở đầu âu trên ở các âu thuyền trên kênh, Maxcova.

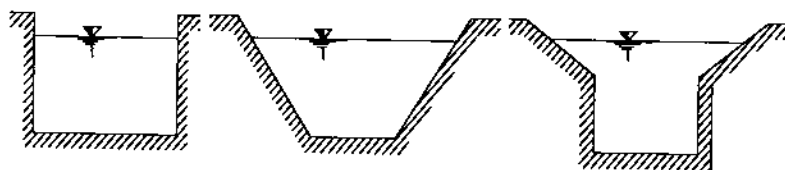


Hình 19-25: Sơ đồ âu thuyền khi mở cửa van thì hạ xuống hố ở bán đáy của đầu âu.

II. Buồng âu

Buồng âu làm việc trong điều kiện mực nước thay đổi thường xuyên và nhanh chóng, vì vậy áp lực tác dụng vào buồng âu cũng thay đổi. Do đó yêu cầu kết cấu buồng âu phải thật ổn định và vững chắc.

Mặt cắt ngang buồng âu có thể là hình chữ nhật, hình thang, hoặc kết hợp cả hình chữ nhật và hình thang.



Hình 19-26: Một số dạng mặt cắt ngang buồng âu.

Loại mặt cắt chữ nhật thường được sử dụng, nhất là trong trường hợp cột nước cao. Loại này có ưu điểm là lợi dụng được toàn bộ chiều rộng của buồng âu để đậu thuyền, do vậy tiết kiệm được lượng nước tiêu hao mỗi lần tháo qua âu.

Loại mặt cắt hình thang dùng khi cột nước thấp, loại này có kết cấu đơn giản. Song thuyền chỉ đậu được trong phạm vi bằng chiều rộng đáy buồng âu, để đảm bảo khi mực nước trong buồng âu hạ thấp, đáy thuyền không chạm vào bờ dốc buồng âu. Vì vậy lượng nước mỗi lần tháo qua âu sẽ tốn hơn.

Loại kết cấu kết hợp bao gồm phần ở đáy theo mặt cắt chữ nhật, có dạng tường chắn đất ở hai bên, phía trên là mái dốc theo mặt cắt hình thang. Loại này tiết kiệm được một

phần tường chắn đất và khắc phục được một phần nhược điểm mặt cắt hình thang. Loại này được sử dụng trong trường hợp có cột nước vừa và nhỏ.

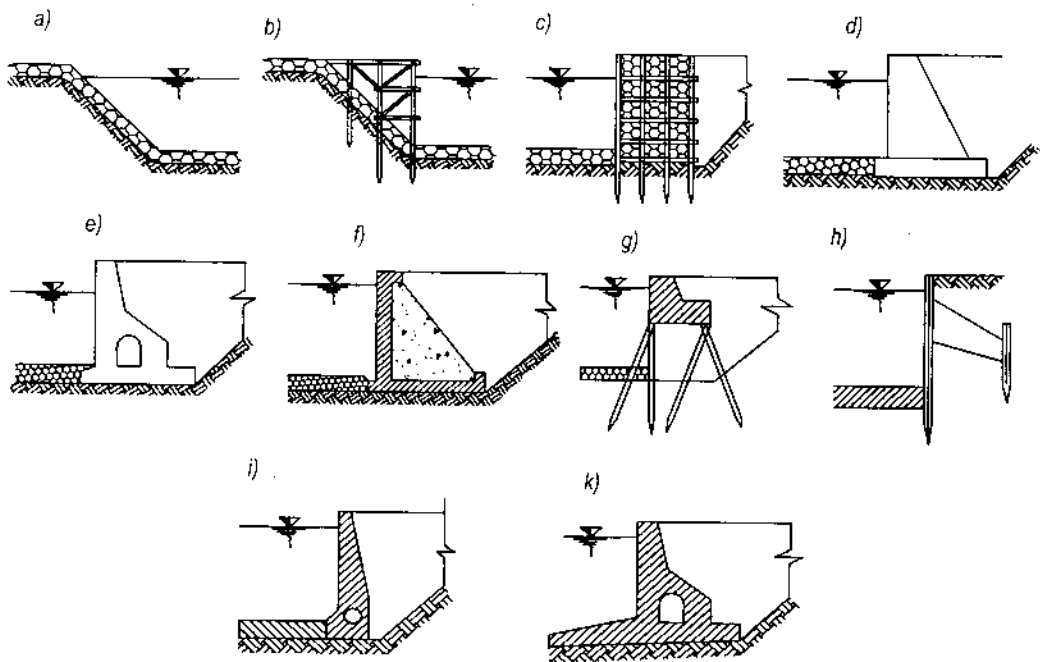
Với âu thuyền ở khu công trình có trạm thủy điện lớn thì tường âu được làm thẳng đứng hoặc có độ nghiêng ($\frac{1}{50} \div \frac{1}{100}$). Kết cấu của bản đáy phụ thuộc vào địa chất nền.

Tường bên của buồng âu thường là bê tông khối có cốt thép, dùng cho tất cả các loại buồng âu với cột nước và hệ thống cấp nước bất kỳ.

Với âu thuyền xây trên nền đất, thường dùng hai loại buồng âu:

- Loại I: Có các tường đứng độc lập và bản đáy thấm nước.
- Loại II: Có các tường nối cứng với bản đáy.

Loại buồng âu có đáy thấm nước: phần đáy được làm bằng đá lát khan hoặc tấm bê tông lắp ghép. Nước thấm từ thượng lưu được thoát dễ dàng qua đáy buồng âu, làm giảm áp lực thấm lên đáy âu. Tuy vậy do đường viền thấm được rút ngắn nên cần có biện pháp để phòng để nền không bị xói ngầm như làm sân phủ chống thấm dầu âu, đóng cọc cừ, v.v...



Hình 19-27: Một số hình thức mặt cắt ngang buồng âu thuyền

Buồng âu dạng mặt cắt hình thang, hệ số mái dốc thường chọn $m = 1,5 \div 2,0$. Ở mái nghiêng dùng đá lát khan hoặc đá xây bảo vệ, còn ở đáy thường dùng đá xếp (hình 19-27a). Ngoài ra để tránh nguy hiểm cho thuyền đậu trong phạm vi bờ dốc khi mực nước rút xuống, người ta bố trí thêm giàn gỗ, phía trên hệ thống giàn còn được lát ván để tiện cho việc dắt thuyền qua âu (hình 19-27b).

Buồng âu có tường bên có kết cấu kiểu chuông, trong chuông đổ đá hộc và đất (hình 19-27c) thường được dùng cho âu nhỏ, có cột nước thấp và có sẵn gỗ đá. Loại này tuy đơn giản nhưng không bền vì trong điều kiện mực nước luôn luôn thay đổi, gỗ chóng hỏng nên thường xuyên phải tu sửa. Hiện nay âu thuyền loại này ít được sử dụng.

Buồng âu có kiểu tường trọng lực bằng đá xây hoặc đổ bê tông (hình 19-27d) được sử dụng khi địa chất nền tương đối tốt, dùng được cho bất kỳ cột nước nào, có khi trong tường còn được trang bị hành lang dẫn nước (hình 19-27e). Trong trường hợp địa chất nền yếu thì cần xử lý nền.

Buồng âu có kết cấu kiểu nhẹ (hình 19-27f) bằng bê tông cốt thép dùng khi cột nước vừa và cao hoặc khi địa chất nền không tốt. Ưu điểm là khối lượng vật liệu giảm nhưng phải sử dụng nhiều thép và ván khuôn.

Buồng âu có tường kiểu bệ cọc cao (hình 19-27g): bệ cọc gồm các hàng cọc bằng bê tông cốt thép hay gỗ hoặc bản cọc chấn đất, phía trên được xây dựng tường chấn đất. Loại này có ưu điểm là giảm được chiều cao tường.

Trong trường hợp cột nước thấp ($H = 5 \div 6\text{m}$) có thể sử dụng tường cọc ván và sau tường có các thanh néo (hình 19-27h). Loại này tiết kiệm được bê tông, kết cấu nhẹ nhưng không bền.

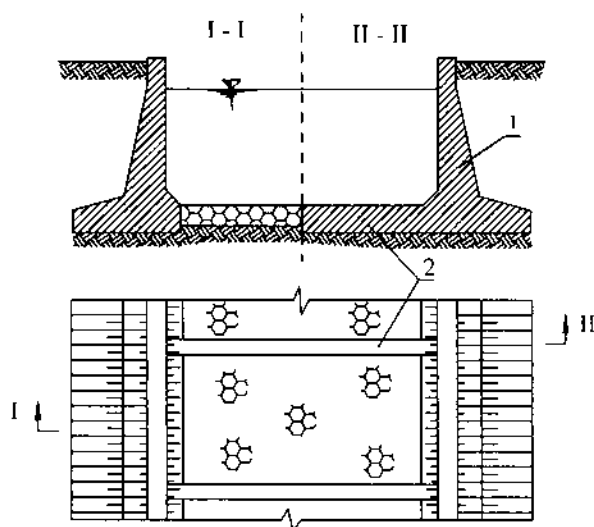
Buồng âu kiểu tường và đáy đúc liền (hình 19-27i) có thể dùng cho các âu thuyền có cột nước cao ($H \geq 8 \div 10\text{m}$). Chiều dày bản đáy thường khoảng $\frac{1}{4} \div \frac{1}{5}$ chiều cao tường.

Loại này có ưu điểm là lực truyền xuống nền phân bố tương đối đều, do vậy được sử dụng khi địa chất nền tương đối xấu. Tường bên của âu chỉ cần thoả mãn yêu cầu chịu lực, không xét đến vấn đề ổn định do đó kích thước tường có thể giảm bớt. Bản đáy đúc liền tường phải khá dày để thoả mãn yêu cầu chịu lực, vì vậy thường ít dùng khi âu có chiều rộng $B_a > 20\text{m}$.

Cấu tạo buồng âu có rất nhiều loại, khi chọn cần chú ý đến điều kiện địa chất, vật liệu xây dựng, điều kiện thi công và quy mô công trình.

Với loại đáy buồng âu không thấm nước, theo kinh nghiệm thì thường dùng cột nước tương đối lớn $H \geq 8\text{m}$, địa chất không tốt lắm. Tuy nhiên khi: $\frac{H_a}{B_a} \leq 0,3$ thì không nên sử dụng loại này.

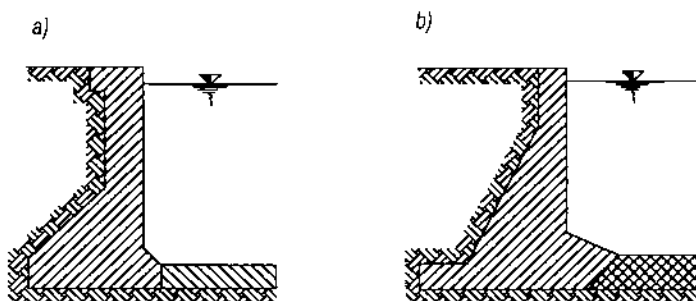
Khi cột nước thấp $H < 8 \div 10\text{m}$, địa chất nền không tốt và $\frac{H_a}{B_a} < 0,6$ thì có thể sử dụng được loại đáy thấm nước. Nếu đáy là loại thoát nước xây bằng đá xếp thì chiều dày lớp xếp dày khoảng $(0,25 \div 0,4)\text{m}$. Phía dưới có các lớp sỏi đá và cát được làm theo nguyên tắc tầng lọc ngược và có chiều dày toàn bộ từ $(0,20 \div 0,25)\text{m}$.



Hình 19-28: Buồng âu đáy thấm nước có đặt các thanh chống ngang.
1. Tường bên ; 2. Dầm ngang đáy.

Khi lực đẩy ngang lên hai bên tường chắn bên quá lớn. Để tăng ổn định cho tường phía dưới đáy thì cách khoảng 5m nên làm thanh chống ngang (hình 19-28). Các thanh này liên kết với tường bên theo hình thức nối cứng, khớp nối hoặc khe tách rời.

Nếu đáy buồng âu làm bằng các tấm bê tông đúc sẵn thì chiều dày của các tấm này khoảng $(0,15 \div 0,3)m$, có các lỗ đục để giảm áp lực thấm. Các tấm này đặt trên lớp đệm, được bố trí theo nguyên tắc tầng lọc ngược.



Hình 19-29 : Buồng âu không thấm nước có bản đáy tách rời.

Nếu bản đáy là một khối bê tông đúc liền, để giảm tải trọng cho bản đáy và giảm chiều dày, người ta làm bản đáy tách rời với tường và có thiết bị chống thấm (hình 19-29). Khe tách rời này có thể làm thẳng (hình 19-29a) hoặc có thể làm xiên (hình 19-29b) để lợi dụng cho bản đáy không bị đẩy nổi khi áp lực thấm đẩy ngược phía dưới bản đáy quá lớn.

Mặt trên của tường bên làm cao hơn mực nước cao nhất trong buồng âu. Trong tính toán thiết kế kỹ thuật, tường và bản đáy của buồng âu thường được tiến hành trong ba trường hợp cơ bản:

1. Trường hợp khai thác: khoảng trống sau tường được lấp đất, nước trong buồng âu nằm ngang mực nước hạ lưu, sau tường là mực nước ngầm.

2. Trường hợp thi công: các tường đã xây xong nhưng khoảng trống phía sau tường chưa được lấp đất, mực nước ngầm ở vị trí ban đầu.

3. Trường hợp sửa chữa: nước trong buồng âu đã được tháo cạn, khoảng trống phía sau tường đã được lấp đất và mực nước ngầm ở sau tường ở vị trí cao nhất.

III. Hệ thống dẫn tháo nước

Có nhiều hình thức dẫn tháo nước, hệ thống này nhằm mục đích dẫn nước vào buồng âu hoặc tháo nước về hạ lưu làm cho mực nước trong buồng âu ngang bằng với mực nước thượng lưu hoặc hạ lưu.

Khi thiết kế các hệ thống dẫn tháo nước cho các âu thuyền cần phải thoả mãn các điều kiện sau đây:

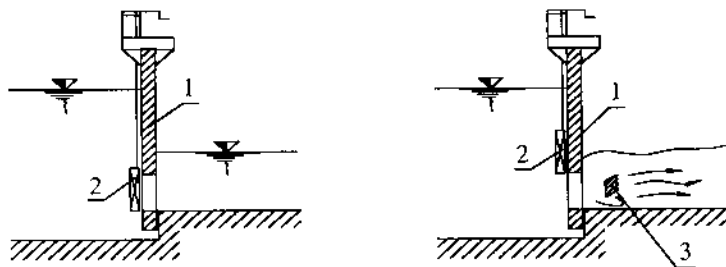
- Lấy nước từ thượng lưu vào để đưa thuyền qua âu một cách tiết kiệm nhất.
- Thời gian làm đầy và tháo cạn buồng âu là ít nhất với mọi khả năng có thể.
- Phải đảm bảo trạng thái thủy lực ở trong buồng âu ổn định khi thuyền di chuyển trong thời gian qua âu (không bị va chạm và di động mạnh), cơ động được trong buồng âu và trong kênh dẫn.

Hệ thống dẫn tháo nước gồm hai loại chủ yếu: dẫn tháo tập trung và dẫn tháo phân tán.

1. Tháo dẫn nước tập trung

a) Hệ thống dẫn tháo nước qua cửa van phụ đặt ngay ở cửa van chính

Cửa dẫn nước có thể được bố trí thành hàng ngang. Số lượng lỗ nhiều hay ít, kích thước lớn hay nhỏ là tùy thuộc yêu cầu (hình 19-30). Đây là loại có cấu tạo đơn giản các cửa van của lỗ chắn nước là cửa van phẳng, chuyển động theo phương thẳng đứng, máy đóng mở đặt trên cầu công tác, được bố trí ngay trên cửa van chính.



Hình 19-30 : Hệ thống đưa nước tập trung qua cửa van chính.

1. Cửa van chính ; 2. Cửa van phụ dẫn nước; 3. Tấm tiêu năng.

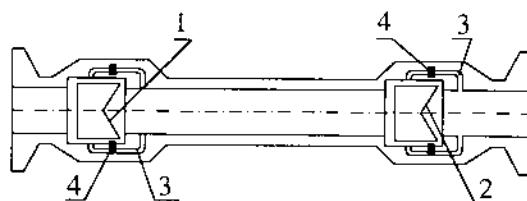
Khuyết điểm của loại này là khi nước chảy vào tập trung ảnh hưởng đến thuyền đậu trong âu như dòng chảy xô va vào thuyền, tạo ra độ dốc mặt nước trong buồng âu. Để

khắc phục vấn đề này: các van phụ có thể mở từ từ hoặc bố trí các dầm tiêu năng ở sau lỗ để khuếch tán và cản dòng chảy. Các lỗ dẫn này cần được đặt ngập sâu dưới mực nước hạ lưu, nó cũng có tác dụng làm giảm các chấn động do dòng chảy gây ra.

Do kết cấu đơn giản, giá thành hạ, sử dụng thuận lợi nên ở các âu thuyền có cột nước thấp ($H = 3 \div 4\text{m}$) thường hay sử dụng hình thức này. Nếu cột nước khá lớn thì ngoài đặc điểm bất lợi trên, khi dẫn tháo nước qua lỗ, dòng chảy còn gây rung động mạnh đối với cửa van chính.

b) Hệ thống tháo dẫn nước tập trung bằng đường ống

Hệ thống đưa nước tập trung hai bên đầu âu vòng qua cửa van được biểu thị ở hình 19-31.



Hình 19-31 : Hệ thống dẫn tháo nước tập trung đặt trong tường đầu âu

1, 2. Cửa van chính đầu âu trên và dưới; 3. Đường hầm dẫn nước;

4. Cửa van của đường hầm dẫn nước.

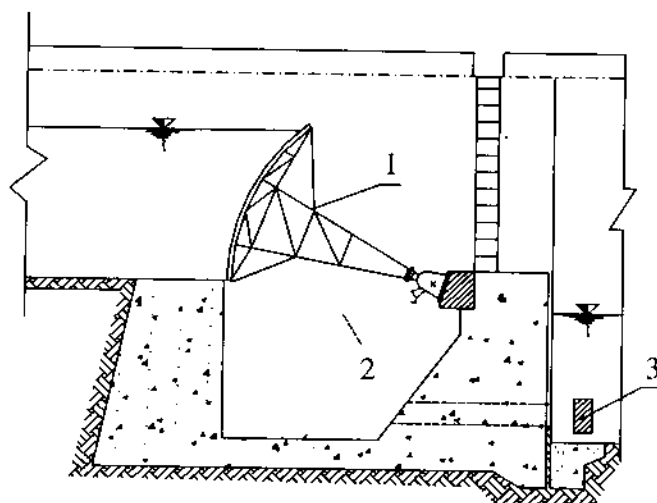
Ở đầu âu thượng khi cửa van đường dẫn mở, nước từ thượng lưu qua cống dẫn đặt trong tường chảy vòng và đổ vào buồng âu tại chỗ ra sau cửa van chính. Hướng chảy ra vuông góc với trục âu thuyền. Ở đầu âu hạ nước tháo từ buồng âu ra cũng chảy vòng sau cánh cửa tháo về hạ lưu. Bộ phận cửa ra có thể có một hoặc nhiều lỗ để phân bố dòng chảy. Mặt cắt cửa ra được mở rộng dần bằng $(1,5 \div 1,8)$ lần diện tích tại chỗ đặt cửa van phụ để cho dòng chảy thuận và tạo điều kiện cho việc phân bố dòng chảy khi tháo. Cửa ra đường dẫn nước cần đặt thấp hơn mực nước vận tải thủy khoảng $(0,5 \div 0,75)\text{m}$ để tránh hiện tượng xâm thực.

Đối với âu thuyền bằng bê tông hoặc bê tông cốt thép, thường thường người ta sử dụng đường ống dẫn nước vì chiều dài ngắn, kết cấu nhẹ và đơn giản.

So với loại đặt lỗ dẫn nước qua cửa van chính thì năng lượng dòng chảy được tiêu hao nhiều hơn vì dòng chảy xô va vào nhau. Tuy vậy vẫn chưa khắc phục được nhược điểm là tạo ra dòng chảy dọc theo buồng và gây khó khăn cho việc đậu thuyền trong âu. Vì vậy không nên dẫn lưu lượng lớn mà cần kéo dài thời gian dẫn nước để khắc phục nhược điểm này. Loại này được sử dụng nhiều khi cột nước $H = (5 \div 6)\text{m}$.

c) Tháo dẫn nước vào âu thuyền khi dùng cửa van quạt

Hệ thống dẫn nước tập trung đi luồn dưới ngưỡng bậc đầu âu (hình 19-32):



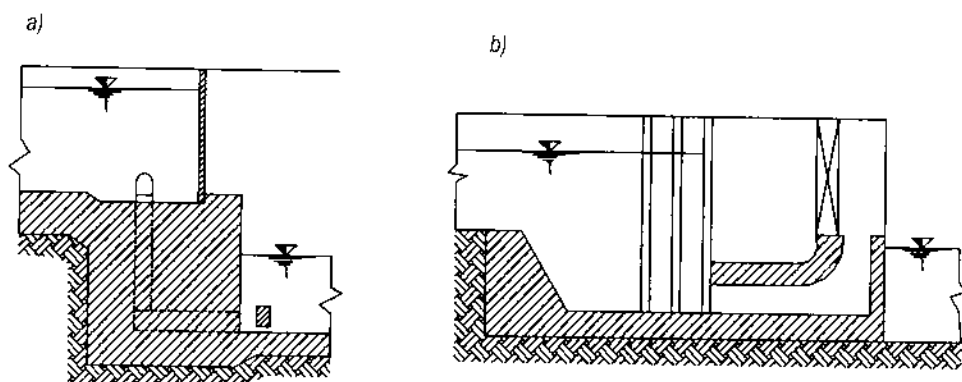
Hình 19-32 : Dẫn nước qua phía dưới cửa van cùng.
 1. Van cùng; 2. Buồng tiêu năng; 3. Dầm tiêu năng.

Trong trường hợp này không cần phải làm thêm cửa van phụ. Khi dẫn tháo nước thì chỉ cần nhấc cửa van lên một ít là nước đi vào buồng tiêu năng rồi chảy vào buồng âu (cũng có trường hợp hạ cửa van xuống cho nước tràn qua). Để tránh cho dòng nước chảy gây xô va, tại chỗ cửa ra cần bố trí dầm tiêu năng.

d) Tháo dẫn nước bằng đường ống bên trong tường và ngưỡng đầu âu

Cũng có thể bố trí hình thức đường dẫn nước đi qua cả tường và ngưỡng đầu âu (hình 19-33a).

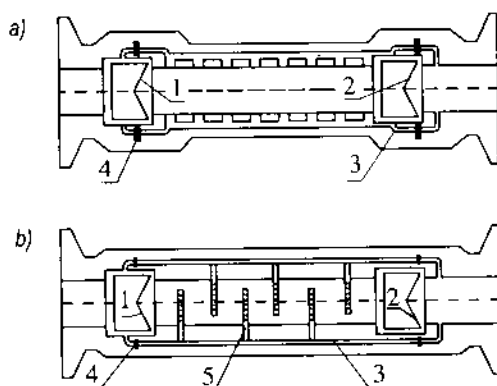
Khi ngưỡng tương đối cao, cần bố trí cửa vào ở tường dẫn đầu âu qua cống dẫn nước nằm trong mặt phẳng thẳng đứng, cống dẫn vòng 180° rồi chảy vào đường hầm ở dưới ngưỡng đầu âu để tháo nước. Tại đoạn cống nằm ngang này cũng bố trí các dầm để tiêu hao năng lượng dòng chảy. Khi ngưỡng không cao lắm, cống dẫn nước bố trí vòng 180° trong mặt phẳng nằm ngang (hình 19-33b).



Hình 19-33 : Đường dẫn nước qua tường và ngưỡng đầu âu.

2. Tháo dẫn nước phân tán

Trong hệ thống dẫn tháo nước kiểu phân tán, buồng âu được cấp nước bằng những đường ống dẫn nước dọc theo toàn bộ chiều dài buồng âu qua những cửa tháo nước ở tường buồng âu (hình 19-34a) hay các đường ống ở đáy (hình 19-34b). Khác với hệ thống tập trung nước đầu âu, đối với hệ thống phân tán thì trong buồng âu hiện tượng sóng sẽ yếu và vận tốc dọc sẽ giảm.



Hình 19-34: Sơ đồ dẫn tháo nước kiểu phân tán.

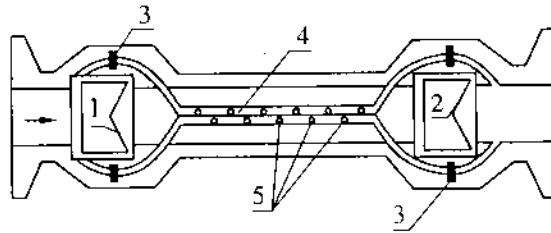
1 và 2. Cửa đầu âu thượng và hạ lưu; 3. Đường hầm dọc dẫn nước;
4. Cửa van đường dẫn nước; 5. Đường hầm ngang và các cửa thoát nước.

Hệ thống cấp tháo nước phân tán được xây dựng trong những âu thuyền có cột nước tương đối cao, lớn hơn $(12 \div 13)\text{m}$. Để đảm phân phối được đều dọc theo buồng âu, lưu lượng nước qua các cửa thoát nước đi vào buồng âu, người ta dựa vào kết quả thí nghiệm và tính toán thủy lực mà định ra số lượng và diện tích của từng cửa thoát nước theo chiều dài của đường hầm dẫn nước. Hình dạng mặt cắt ngang của đường hầm có thể khác nhau: chữ nhật, tròn, v.v...

Bố trí đường ống dẫn trong tường thân âu thì nước được dẫn phân bố đều dọc theo buồng âu. Tuy nhiên nếu một bên dẫn nước vì một lý do nào đó không làm việc được thì nước chảy ra không đối xứng làm thuyền bị dạt sang một bên. Ngoài ra khi nước chảy trong ống dẫn càng xa càng yếu, do đó để đảm bảo cho nước chảy ra phân bố được đều, cần bố trí cửa ra càng về sau càng lớn, hoặc khoảng cách giữa các cửa ra cần gần nhau hơn.

Ngoài ra, để tạo nên trạng thái thủy lực trong buồng âu được ổn định hơn trong thời gian làm đầy buồng âu, có thể dùng sơ đồ cấp nước chảy theo những đường ống dẫn nước đặt trong các tường dọc và hệ thống đường ống phụ thoát nước ngang và nước từ đường ống qua các cửa hay các lưới để chảy vào buồng âu (hình 19-34b).

Khi xây dựng âu thuyền trên nền đá hoặc âu có đáy không thấm nước, có thể bố trí ống dẫn nước ở đáy (hình 19-35). Loại này nước chảy vào âu phân bố khá đều, song vì đường ống dẫn ở đáy, nước chảy từ dưới lên dễ làm cho thuyền bị lắc hoặc ảnh hưởng đến đáy. Để khắc phục nhược điểm này thể xây dựng các tấm che để tiêu hao năng lượng dòng chảy.



Hình 19-35 : Hệ thống dẫn nước kiểu phân tán ở đáy.
 1 và 2. Cửa van đầu âu thượng và hạ; 3. Van đường dẫn tháo nước;
 4. Ống dẫn tháo nước; 5. Các lỗ thoát nước.

Theo một số tài liệu, khi cột nước $H < 10\text{m}$, nên dùng loại dẫn tháo nước kiểu tập trung; khi $H > 14\text{m}$ nên dùng loại dẫn tháo nước kiểu phân tán. Trong phạm vi $10\text{m} \leq H \leq 14\text{m}$ cần so sánh lựa chọn hình thức hợp lý.

§19.6. CỬA VAN CỦA ÂU THUYỀN

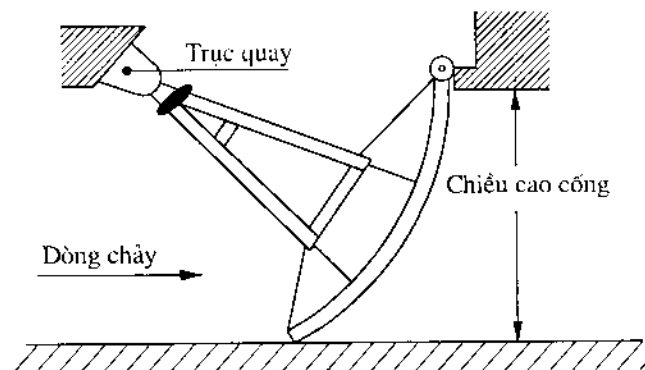
I. Khái quát

Cửa van âu thuyền đặt tại đầu âu để chặn nước. Yêu cầu van ít bị rò rỉ, đóng mở nhẹ, chắc chắn và đơn giản.

Cửa van âu thuyền có nhiều loại, khi thiết kế cần dựa vào tình hình cụ thể để chọn cho thích hợp.

Sáu loại van sau thường được sử dụng:

- Van phẳng trực đứng (1 cánh, 2 cánh);
- Van phẳng trượt;
- Van xe goòng (van máy nâng thẳng đứng có bánh xe);
- Van bướm;
- Van cung;
- Van cung bố trí ngược (hình 19-36).



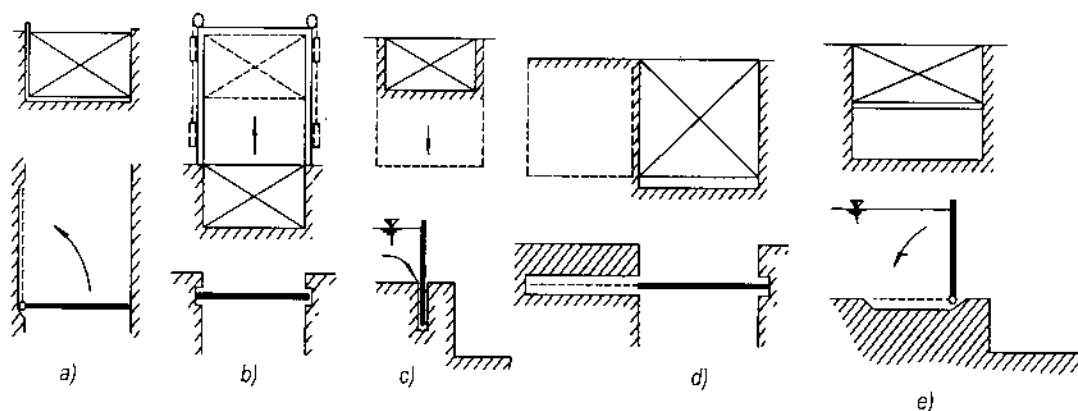
Hình 19-36: Van cung bố trí ngược.

II. Một số loại van phẳng, van cung, van hình tam giác

Loại van phẳng có một cánh quay quanh trục đứng (hình 19-37a) dùng ở các âu hẹp và cao. Cửa van phẳng kiểu kéo lên (hình 19-37b) dùng ở đầu âu dưới cổ cột nước lớn (âu thuyền kiểu giếng).

Loại cửa van phẳng kiểu hạ xuống (hình 19-37c) dùng khi đầu âu có ngưỡng cao. Loại cửa van phẳng kéo ngang (hình 19-37d) dùng được ở vùng chịu ảnh hưởng thủy triều (làm việc hai chiều), loại này có cấu tạo phức tạp, khó bố trí đường dẫn nước.

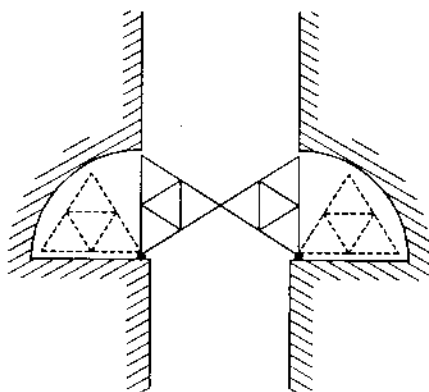
Loại cửa van phẳng quay quanh trục ngang ở đáy (hình 19-37e) dùng cho âu rộng, có cột nước thấp.



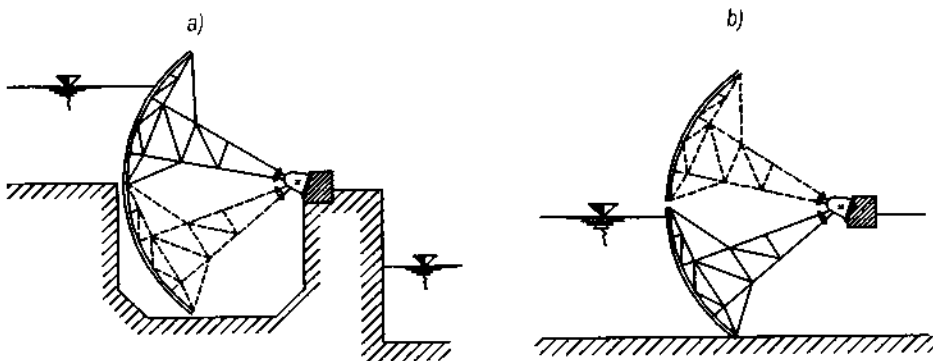
Hình 19-37: Một số hình thức cửa van phẳng.

Cửa van hình tam giác (hình 19-38) được sử dụng nơi có chế độ thủy triều, trong điều kiện làm việc hai chiều. Loại này lực đóng mở nhỏ nhưng tường phải làm dày để đặt cửa van khi mở.

Cửa van hình cung khi hạ xuống (hình 19-39a) dùng khi ngưỡng đáy cao; còn kéo lên (hình 19-39b) dùng khi đáy bằng. Loại này lực đóng mở nhỏ, nhưng tường đầu âu phải đủ dài để bố trí càn van.



Hình 19-38 : Cửa van kiểu tam giác.



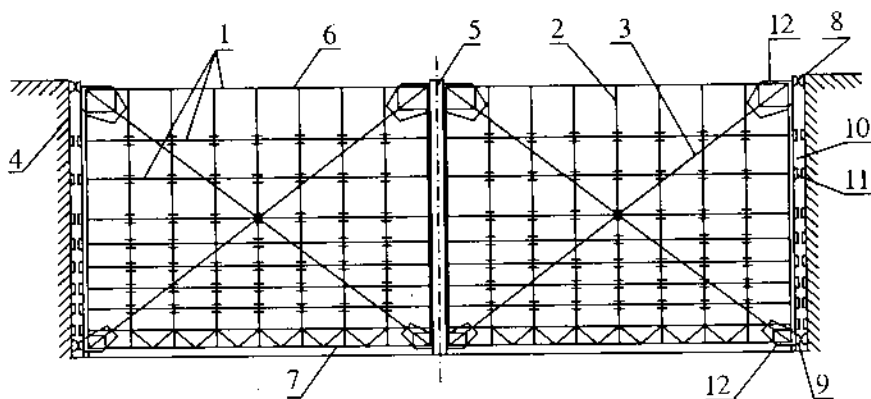
Hình 19-39: Cửa van hình cung.

III. Cửa van chữ V (cửa chữ nhân)

Loại kết cấu này đơn giản (hình 19-40), lực đóng mở nhỏ. Khi mở cửa cánh nằm ép sát vào khe ở hai đầu âu. Nhược điểm là tường đầu âu phải dài, dày và chỉ dùng trong điều kiện âu làm việc một chiều.

Cửa van chữ V có thể làm bằng thép, gỗ hoặc bê tông cốt thép. Tùy theo cách bố trí dầm có thể gồm: loại có hệ thống dầm ngang thông suốt dùng khi $h > \frac{3}{4}l$ và loại có hệ thống dầm đứng thông suốt dùng khi $h > \frac{3}{4}l$.

Các bộ phận van chữ V được thể hiện trên hình 19-40.



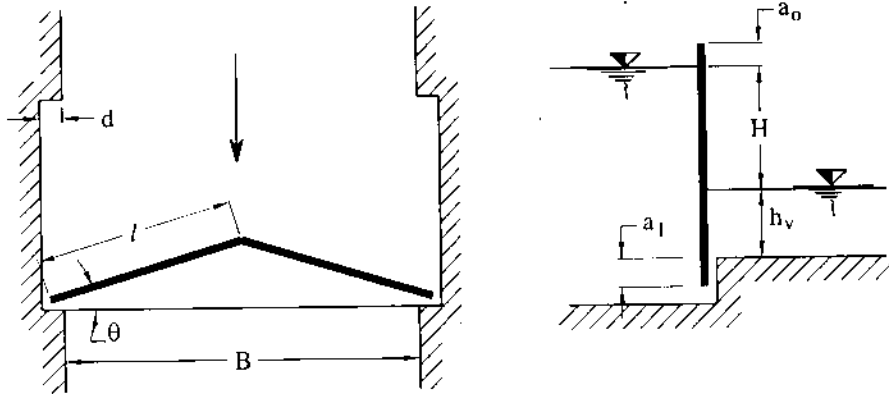
Hình 19-40: Các bộ phận của cửa van chữ V

1. Dầm đỉnh ; 2. Dầm phụ ; 3. Thanh chéo ; 4. Trụ cửa ; 5. Trụ khe cửa ;
6. Dầm đỉnh ; 7. Dầm đáy ; 8. Ổ trục đỉnh ; 9. Ổ trục đáy ;
10. Gối quay ; 11. Gối tựa ; 12. Thép gá.

- Ổ trục ở đỉnh và ở đáy là chỗ dựa chính của trụ cửa khi quay, do đó phải đảm bảo cho nó nằm trên đường thẳng đứng.

- Thanh chéo có tác dụng chống biến hình, tránh cho cửa không bị xô lệch.
- Trụ khe có tác dụng truyền lực giữa hai cánh và chống rò rỉ nước.

Sơ bộ xác định kích thước cửa:



Hình 19-41: Sơ đồ kích thước van chữ V.

- Chiều rộng cửa (b):

$$b = \frac{B + 2m}{2 \cdot \cos \theta} ; \quad (19-39)$$

trong đó:

m - khoảng cách từ mặt tựa cửa tới mặt tường buồng âu, thường $m = (0,4 \div 0,45)d$; với d là chiều sâu khe cửa, $d = (0,08 \div 0,11)B$;

θ - góc đặt cánh cửa, thường $\theta = 20 \div 22^\circ$.

- Chiều cao cửa (h):

$$h = H + a_0 + h_v + a_1 ; \quad (19-40)$$

trong đó:

H- độ chênh lệch cột nước thượng và hạ lưu;

h_v - chiều sâu vận tải thủy;

a_0 - khoảng cách từ dầm đỉnh tới mặt nước, $a_0 = (0,1 \div 0,35)m$;

a_1 - khoảng cách từ mặt ngưỡng đến dầm đáy, $a_1 = (0,15 \div 0,25)m$.

Việc tính toán thiết kế của van được trình bày trong các tài liệu chuyên môn.

B - ĐƯỜNG CHUYỂN BÈ TRE GỖ

Để đảm bảo cho bè tre, gỗ vận chuyển qua nơi đã xây dựng công trình có độ chênh lệch mực nước thượng hạ lưu hoặc dùng âu thuyền, hoặc làm đường vận chuyển riêng. Nếu bè tre, gỗ vận chuyển nhiều và thường xuyên thì nên bố trí đường vận chuyển riêng. Các công trình thuộc loại này như đường thả bè, máng chuyển gỗ.

§19.7. ĐƯỜNG THẢ BÈ

Để thả bè trôi qua những công trình đầu mối, người ta làm những công trình thả bè đặc biệt. Trên những sông không lớn lắm và không dùng cho giao thông thủy thì người ta thả gỗ bằng những cây rôi hoặc bó cây. Trên các sông hàng vận thường người ta cho trôi thành những đội bè. Viện sĩ A. N. Kôxchiakôp đã nêu ra những môn nước và độ sâu dự trữ tới mặt đáy của bè sau đây:

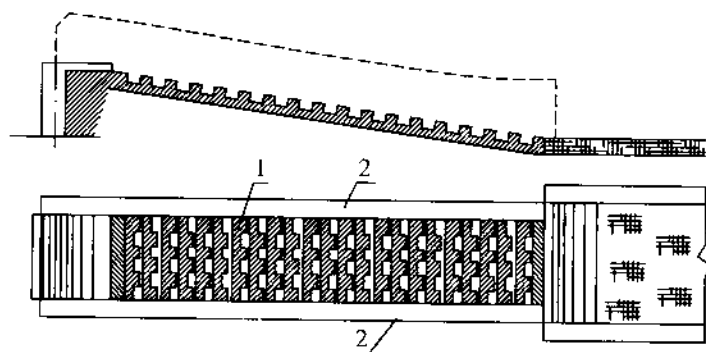
Bảng 19-4

Vật liệu thả trôi	Môn nước (m)	Độ dự trữ (m)
Cây rôi (hoặc bó cây)	$0,2 \div 0,3$	0,2
Bè một hàng	$0,3 \div 0,4$	0,25
Bè hai hàng	$0,5 \div 0,65$	0,3

Môn nước của nhiều bè gồm một số hàng gỗ cây (đến 8 hàng) đạt tới $(2,7 \div 2,9)$ m và chỉ có thể thả những bè như thế ở trên sông hàng vận lớn. Tùy thuộc vào phương pháp thả bè mà người ta xây dựng ở những khu công trình đầu mối một loại công trình thả bè tương ứng.

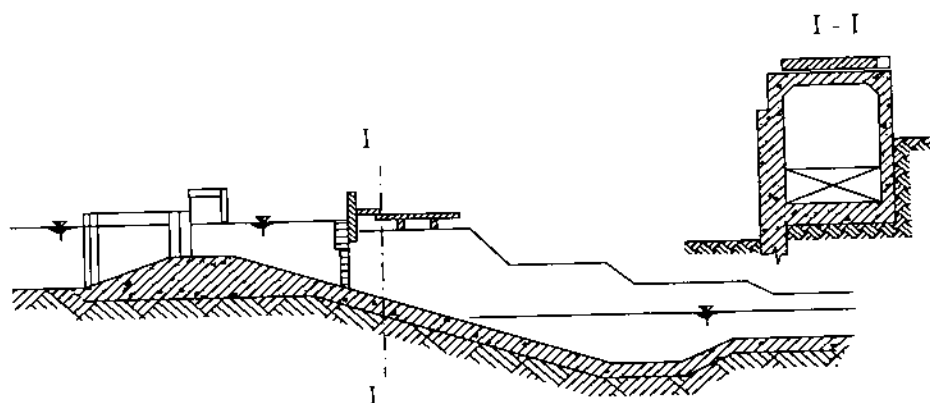
Đường thả bè là một máng rộng bằng bê tông, đá xây, có độ dốc nghiêng về phía hạ lưu. Ở cửa vào của máng có cửa van chắn nước, ở cuối dốc máng có bể sâu để tiêu năng. Có khi tại đây còn bố trí hàng gỗ nổi để khi thả bè xuống tránh va chạm vào đáy bể.

Lưu tốc trong đường thả bè không nên quá lớn, thường $v = (3 \div 4)$ m/s. Độ dốc máng $i = (0,01 \div 0,02)$, đôi khi còn làm độ dốc tăng lên đến 0,03 và làm các mố nhân tạo. Hình 19-42 là một máng dốc thả bè có mố nhám nhân tạo. Khi xác định kích thước của máng thả bè, nếu để cho bè có thể trôi tự do thì chiều rộng máng lấy lớn hơn đường chéo lớn nhất của bè từ $(0,6 \div 1,0)$ m. Nếu có sự điều khiển thì lấy lớn hơn chiều rộng bè từ $(1,6 \div 2,0)$ m. Nói chung chiều rộng của máng thả bè thường bằng khoảng $(4 \div 20)$ m. Chiều sâu của nước trong máng căn cứ vào mức chìm của bè mà xác định, thường bằng khoảng $(0,6 \div 1,0)$ m.



Hình 19-42: Máng thả bè có mố nhám đáy
1. Mố nhám; 2. Tường chắn.

Hình 19-43 là một kiểu đường thả bè, ngoài cửa van đầu máng còn có hàng cửa thứ hai tạo thành một khoang không lớn. Sau khi bè vào khoang này, đóng cửa đầu máng lại rồi mở cửa thứ hai cho bè theo nước trôi từ khoang về hạ lưu. Kiểu này có ưu điểm là giảm bớt được lượng nước dùng.



Hình 19-43: Đường thả bè kiểu có buồng.

Nói chung vị trí đường thả bè nên đặt sát bờ sông, cách xa âu thuyền, nhà máy thủy điện để không ảnh hưởng đến những công trình đó.

§19.8. MÁNG CHUYỂN GỖ

Trường hợp không đóng bè mà thả từng cây hoặc ghép hai ba cây lại với nhau thì lúc đó làm đường chuyển gỗ. Hình thức này có nhược điểm là khi vận chuyển phải tháo bè thành từng mảng nhỏ hoặc tháo rời từng cây gỗ, khi xuống hạ lưu mới ghép lại thành bè.

Loại này kích thước công trình nhỏ, máng thường có mặt cắt chữ nhật, hình thang hoặc tam giác. Trên mặt bằng, tuyến máng nên thẳng, nếu vì lý do nào đó phải làm cong thì bán kính cong không nhỏ hơn 10 lần chiều dài cây gỗ.

Chiều sâu nước trong máng phụ thuộc vào hình thức chuyển gỗ. Khi chuyển gỗ nổi, chiều sâu nước phải lớn hơn độ chìm của gỗ. Độ dốc hướng dọc $i = (0,001 \div 0,01)$ hoặc có khi lớn hơn, nhất là khi có mố nhám nhân tạo. Lưu tốc trong máng $v = (0,4 \div 0,6)\text{m/s}$.

Khi chuyển gỗ nửa nổi, chiều sâu nước trong máng bằng $(0,1 \div 0,7)$ đường kính cây gỗ. Độ dốc có thể dùng tương đối lớn $i = (0,04 \div 0,2)$. Loại này có ưu điểm là tiết kiệm nước, song gỗ va vào đáy dễ gây hư hỏng.

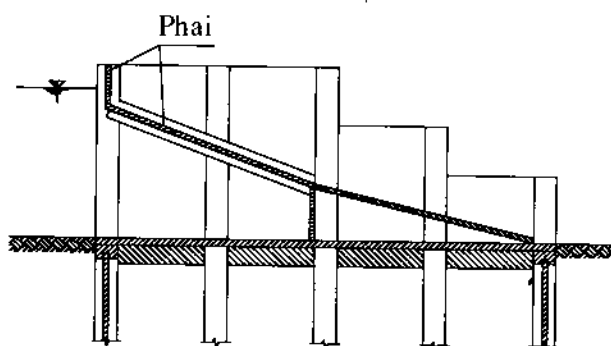
Trường hợp chuyển gỗ ướt hoặc trượt thì chiều sâu nước cần trong máng rất nhỏ để giảm ma sát khi trượt (hệ số ma sát $f = 0,1 \div 0,2$). Độ sâu này bằng khoảng $(0,1 \div 0,15)$ đường kính cây gỗ. Độ dốc đáy máng phải khá lớn $i = (0,1 \div 0,7)$. Tốc độ thả nhanh $v = (10 \div 30)\text{m/s}$ song gỗ dễ bị hư hỏng.

Khi lựa chọn vị trí đặt máng cần chú ý sao cho gỗ đi vào cửa được thuận lợi và trôi dọc theo máng dễ dàng về hạ lưu.

Việc hướng cho cây gỗ đến cửa của công trình thả gỗ thực hiện bằng cách làm một công trình hướng gỗ. Để đảm bảo cho độ sâu cần thiết ở trong công trình thả gỗ và nhất là để thả những cây gỗ vào công trình khi mực nước ở thượng lưu thay đổi, người ta dùng các kết cấu như sau:

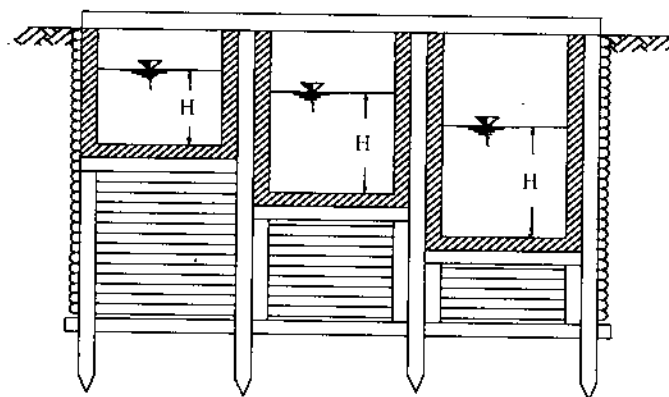
1. Khi công trình thả gỗ cây có ngưỡng cố định thì cửa vào của nó được đóng bằng các phai, những phai này dần dần được tháo đi tùy theo độ hạ thấp mực nước ở thượng lưu nhằm đảm bảo cấp cho máng một lưu lượng cần thiết để các cây gỗ đi vào.

2. Phần trên của đáy máng làm bằng những phai đặt nghiêng, những phai này cũng được tháo dần ra tùy theo mức độ làm việc của hồ chứa nước, như thế sẽ hạ thấp được ngưỡng của máng xuống (hình 19-44). Kết cấu này được ứng dụng khi cột nước dao động trong phạm vi 1,5m. Khuyết điểm của loại này là nước bị rò rỉ rất nhiều qua các khe phai và việc đặt phai khi tạm ngừng chở gỗ rất phức tạp.



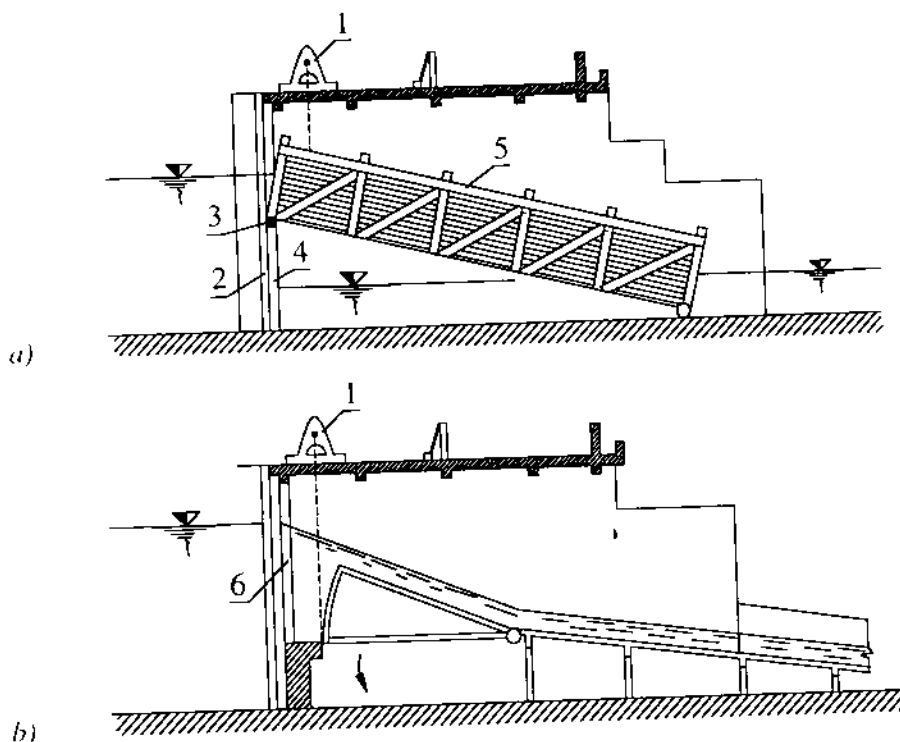
Hình 19-44 : Máng có tấm phai xếp nghiêng.

3. Làm một số máng cố định có các ngưỡng ở những cao trình khác nhau, cách nhau khoảng $(0,5 \div 0,8)\text{m}$. Các cửa vào được đóng bằng những phai (hình 19-45). Cùng với sự hạ thấp mực nước ở thượng lưu người ta mở các cửa của những máng tương ứng.



Hình 19-45 : Cửa vào của những máng cố định

4. Máng chuyển gỗ kiểu di động, đầu dưới của máng có bố trí bánh xe, đầu trên treo lên hệ thống tời, cửa vào được chắn kín bằng hàng phai. Nhờ hệ thống tời có thể nâng hoặc hạ cửa vào của máng tùy theo sự thay đổi mực nước thượng lưu. Chỗ tiếp xúc giữa máng và hàng phai thường bị rò rỉ nước khá nhiều (hình 19-46a).



Hình 19-46: Máng kiểu di động (a) và máng có cửa van hình cung (b)

1. Hệ thống tời; 2. Hàng phai; 3. Trục ngang;

4. Rãnh trục ngang; 5. Máng chuyển; 6. Rãnh phai.

Kiểu máng phân vào có cửa van hình cung (hình 19-46b). Cửa van này được bịt kín ở mặt trên, phần thứ hai của máng là cố định. Hạ và nâng cửa van lên có thể điều chỉnh được lượng gỗ đi vào máng. Phần vào và ra của máng tốt nhất là đặt theo phương dòng chảy, thẳng góc với diện chịu áp của công trình đầu mối. Đôi khi người ta làm những máng thả gỗ để tháo những cây gỗ đi vòng qua chương ngại gặp phải trên các sông chuyên chở gỗ.

Chú ý: không để gỗ va chạm vào van khi tháo dẫn gỗ qua.

Chiều rộng B của công trình tháo gỗ lấy ở mép nước theo công thức:

$$B = nd + \Delta B;$$

(19-41)

trong đó:

n - số cây gỗ cùng đi qua mặt cắt ngang của máng;

d - đường kính trung bình của cây gỗ;

ΔB - độ dự trữ ở hai bên thành máng, lấy bằng (0,1 ÷ 0,15)m.

Thông thường chiều rộng của công trình tháo gỗ bằng $(1 \div 2)m$. Để giảm vận tốc dòng chảy người ta làm những mố nhân tạo như là ở đầu dốc nước.

Khả năng thả gỗ qua công trình tháo gỗ tính theo một giờ được xác định theo công thức:

$$N = 3600\varphi\omega vn \text{ (m}^3/\text{h)} ; \quad (19-42)$$

trong đó:

- ω - diện tích mặt cắt ngang trung bình các cây gỗ (m^2);
- n - số hàng cây gỗ theo bề rộng của mặt cắt ngang công trình thả gỗ;
- v - vận tốc của dòng chảy ở chỗ đưa cây gỗ từ thượng lưu vào máng hay là vận tốc dẫn bè khi dùng sức người (trung bình $1m/s$);
- φ - hệ số chứa gỗ cây theo bề dọc cửa vào; khi thả gỗ theo hàng một thì $\varphi = 0,7$; khi thả gỗ theo hàng hai thì $\varphi = 0,6$ và khi thả gỗ theo hàng ba thì $\varphi = 0,5$.

C- ĐƯỜNG DẪN CÁ

Việc xây dựng các công trình đầu mối trên những sông lớn sẽ làm thay đổi, ảnh hưởng đến động vật sống ở sông, đặc biệt là các loại cá. Đập sẽ ngăn mất luồng lạch (di chuyển theo thời kỳ) của cá lớn; những loài cá đó thường sống ở dưới biển và đi ngược dòng lên thượng lưu sông, tới những vùng thích hợp để đẻ trứng. Đồng thời, đập cũng ngăn cản không cho cá con xuôi về biển sau khi đã phát triển. Khi xây dựng các công trình đầu mối sẽ tạo nên những hồ chứa nước, làm ngập những đoạn sông và bãi bồi ở các nơi mà trước kia (khi chưa có hồ chứa nước) cá thường sinh sản, đẻ trứng trong nước chảy. Tại những đoạn sông ở phía trên công trình đầu mối thì điều kiện địa chất thủy văn, điều kiện sinh sống của cá trong nước sẽ thay đổi: nhiệt độ của nước, thời hạn xảy ra lũ, sự di chuyển và lắng đọng bùn cát; thành phần hoá học và thành phần sinh vật học của nước cũng bị thay đổi, v.v...

Do tác dụng điều tiết của hồ nên về mùa lũ, vùng ngập lụt ở hạ lưu bị thu hẹp khá nhiều. Một trong những phương tiện để làm giảm ảnh hưởng của những yếu tố đã nêu trên trong việc bảo tồn loài cá là xây dựng ở khu công trình đầu mối những đường cá đi và công trình ngăn cá.

§19.9. BỐ TRÍ ĐƯỜNG DẪN CÁ

Cần bố trí đường cá đi sao cho cá đi lại được dễ dàng, phù hợp với điều kiện tự nhiên, tránh làm cho cá sợ. Theo điều kiện làm việc và cấu tạo, người ta chia các công trình cá đi ra làm 3 loại:

- Đường cá đi;
- Âu thả cá và thiết bị nâng cá;
- Công trình tháo cá.

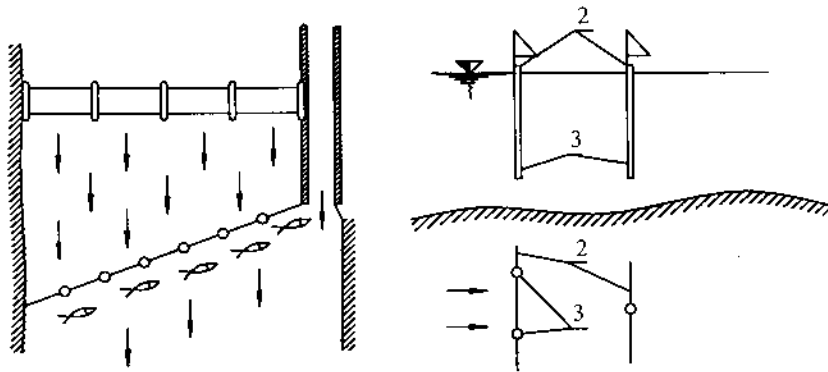
Đường cá đi là một cái máng, theo đó nước chảy từ thượng lưu xuống hạ lưu; còn cá thì đi ngược từ hạ lưu lên thượng lưu. Để cá có thể bơi ngược dòng chảy ở trong đường

cá đi, đồng thời tùy theo loại cá mà người ta quy định vận tốc của dòng chảy ở trong đó phải nhỏ hơn một giới hạn nhất định, nhỏ hơn vận tốc mà cá có thể vượt được. Bằng sự quan sát và những thí nghiệm đặc biệt, người ta xác định được các đại lượng gần đúng về trị số vận tốc để cá có thể vượt qua được theo (bảng 19-5).

Bảng 19-5

Loại cá	Vận tốc dòng chảy cá có thể vượt được khi nó di chuyển (m/s)	
Cá nước ngọt	0,5 ÷ 1,0	0,8 ÷ 1,2
Cá biển	0,8 ÷ 1,2	1,0 ÷ 1,5
Cá hồi	1,5 ÷ 2,5	2,0 ÷ 3,0

Hình (19-47) là sơ đồ bố trí đường cá đi. Để cá đi vào đường dẫn cá bơi ngược dòng về thượng lưu an toàn, làm cho cá không bơi vào vùng nước vật nguy hiểm sau đường tràn, trạm thủy điện, v.v... cần bố trí lưới chắn cá.



Hình 19-47: Bố trí lưới chắn cá. 1. Lưới; 2. Dây cáp; 3. Cực điện

§19.10. KẾT CẤU CÁC BỘ PHẬN CỦA ĐƯỜNG DẪN CÁ

Đường cá đi cho phép cá có thể tự ngược dòng mà không cần phải có những thiết bị nâng cá từ hạ lưu lên thượng lưu. Những tường và đáy của đường cá đi cần phải loại trừ được khả năng có thể gây tổn thương cho cá khi chúng đi qua công trình. Khả năng cho cá đi qua đường dẫn cá phụ thuộc vào vị trí và cấu tạo của chúng, trạng thái hạ lưu và cường độ di chuyển của cá, v.v... Theo cấu tạo người ta chia đường cá đi ra các loại: đường cá đi kiểu máng, kiểu hồ và kiểu bậc thang.

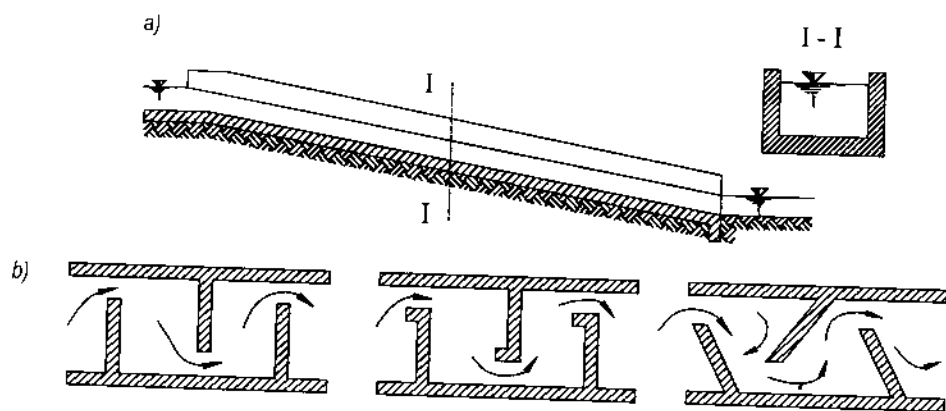
1. Đường cá đi kiểu máng

Đường cá đi kiểu máng có nhiều hình thức khác nhau. Trong máng có thể là trơn nhẵn. Người ta tạo nên vận tốc dòng chảy trên toàn bộ chiều dài như thế nào đó, để cá có thể ngược dòng bơi từ hạ lưu lên thượng lưu. Cấu tạo và sự làm việc của đường cá đi theo kiểu máng tương tự như dốc nước. Các máng phân lớn có tiết diện chữ nhật, được làm bằng gỗ hoặc bê tông. Cần đảm bảo cho vận tốc ở đường cá đi từ (1,5 ÷ 3,0)m/s.

Khi độ dốc máng không lớn lắm $i = (0,001 \div 0,003)$, với độ dốc như thế muốn vượt qua được cột nước $H = (10 \div 15)m$ thì chiều dài của đường cá đi sẽ lớn và việc ứng dụng đường cá đi kiểu máng trở nên không có lợi. Để giảm chiều dài người ta làm kiểu máng có độ nhám nhân tạo hoặc làm những tường ngăn nửa chừng.

Hình (19-48a) là loại máng dốc trơn nhẵn. Mặt cắt ngang thường là hình chữ nhật, có độ dốc đáy $i = 0,05$ và lưu tốc trong máng khoảng $(2 \div 2,5)m/s$. Loại này thường được dùng ở những nơi có cột nước thấp $H = (5 \div 7)m$.

Hình (19-48b) là loại máng có các tường chắn răng lược. Dòng nước khi chảy phải đi vòng, do đó có tác dụng làm giảm lưu tốc. Loại này được sử dụng khá rộng rãi, đã có nơi dùng khi chênh lệch đầu nước tới 27m. Loại máng này có độ dốc $i = (\frac{1}{7} \div \frac{1}{13})$ hoặc xoắn hơn. Có những máng đã xây dựng có chiều rộng từ $(1,6 \div 6,0)m$, phần thu hẹp rộng $(0,35 \div 0,6)m$, nước trong máng từ $(0,4 \div 1,5)m$ và lưu tốc dòng chảy trong máng từ $(0,8 \div 2,0)m/s$.



Hình 19-48 : Một số dạng đường cá đi kiểu máng.

2. Đường cá đi kiểu bậc thang

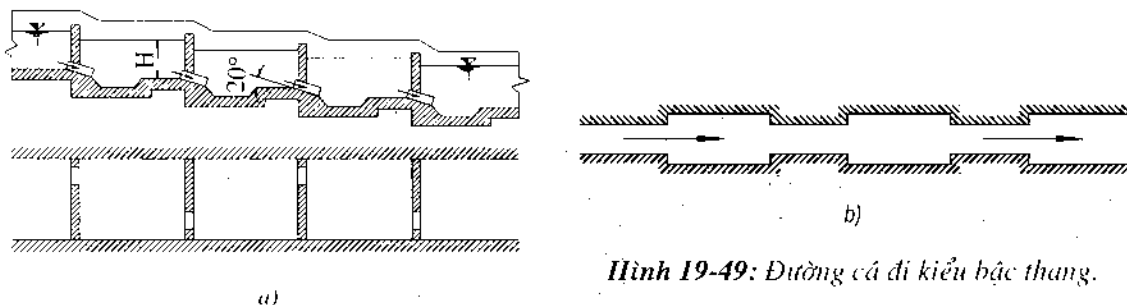
Đây là loại thông dụng nhất, thích hợp cho các loại cá khác nhau. Loại đường cá đi này gồm một cái máng, ở trong đó làm những bể kiểu bậc thang ngăn cách nhau bởi những tường ngăn và trên tường có những lỗ đi qua rất thuận (hình 19-49a). Khi đường cá đi hoạt động thì độ chênh lệch mực nước giữa các bể kề nhau là $(0,3 \div 0,45)m$. Để tiêu hao năng lượng dòng nước được nhiều nhất, người ta làm các lỗ vào thuận và bố trí theo hình bàn cờ nằm chéo nhau ở phía trái và phía phải của bậc thang. Tùy vào số lượng cá đi qua mà kích thước các lỗ đó lấy trong khoảng có chiều rộng từ 0,3m (cho loại cá nhỏ) và 1,5m (cho loại cá to). Để cho trạng thái thủy lực được tốt hơn (làm giảm tình trạng xoáy nước) người ta đặt ở tường ngăn những tấm hướng dòng. Tùy thuộc vào điều kiện đi lại của cá, người ta làm những lỗ vào thuận trên bề mặt (ví dụ loại cá mòi) hoặc dưới đáy (loại cá chiên). Để làm giảm chiều dài của bể, người ta làm các lỗ đáy ở

dưới dạng một đoạn ống ngắn. Tùy thuộc vào lưu lượng tháo qua đường cá đi, điều kiện tạo nên trạng thái chảy êm và tùy loại cá mà người ta lấy kích thước của các bể như sau:

- Chiều dài $L = (1,5 \div 6,0)\text{m}$
- Bề rộng $B = (1,5 \div 5,0)\text{m}$
- Độ sâu nước trong bể $H = (0,6 \div 2,0)\text{m}$

Những trị số nhỏ dùng cho loại cá vùng nước ngọt, những trị số lớn dùng cho loại cá chiên, cá hồi.

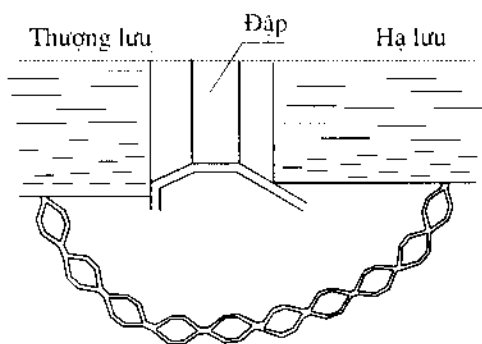
Khi cột nước chênh lệch lớn khoảng $(20 \div 30)\text{m}$ thì cứ sau mỗi khoảng $(2,5 \div 4,0)\text{m}$ nên làm một bể rộng và dài hơn bể bậc thang để cho cá nghỉ trong quá trình di chuyển (hình 19-49b).



Hình 19-49: Đường cá đi kiểu bậc thang.

III. Đường cá đi gồm các bể đào kiểu bậc (hình 19-50)

Loại đường cá đi này gồm các bể nối với nhau bằng các đoạn kênh dẫn ngắn. Chênh lệch cột nước trong bể khoảng $(0,5 \div 1,5)\text{m}$. Các bể này đào ở bờ sông, rất gần với tình hình tự nhiên nên cá thích đi qua loại đường này. Tuy nhiên loại này chỉ xây dựng trong điều kiện địa hình, địa chất cho phép, cột nước chênh lệch khoảng $(10 \div 25)\text{m}$.



Hình 19-50 : Sơ đồ đường cá đi kiểu bể

Kích thước các bể được xác định theo điều kiện tiêu hao năng lượng dòng chảy trong các bể đó khi dòng chảy từ kênh, máng qua bể. Độ dốc và chiều dài của các máng xác định theo vận tốc cho phép để cá có thể vượt qua được. Để làm tăng độ nhám, đáy và đường của máng được gia cố bằng đá không sắc cạnh (để tránh làm cho cá bị tổn thương).

Phần V

KHẢO SÁT, THIẾT KẾ, QUẢN LÝ VÀ NGHIÊN CỨU CÔNG TRÌNH THỦY LỢI

Chương 20

KHẢO SÁT VÀ THIẾT KẾ CÔNG TRÌNH THỦY LỢI

§20.1. MỘT SỐ KHÁI NIỆM

I. Trình tự đầu tư, xây dựng, tổ chức và cá nhân thiết kế

1. Trình tự đầu tư và xây dựng

Quy chế quản lý đầu tư xây dựng được ban hành theo Nghị định 52/1999/NĐ-CP ngày 08 tháng 7 năm 1999 của Chính phủ đã nêu rõ trình tự đầu tư xây dựng gồm ba giai đoạn: giai đoạn 1 - chuẩn bị đầu tư, giai đoạn 2 - thực hiện đầu tư và giai đoạn 3 - kết thúc xây dựng, đưa công trình vào khai thác sử dụng.

a) Giai đoạn chuẩn bị đầu tư, bao gồm:

- Nghiên cứu sự cần thiết và quy mô đầu tư.
- Xác định hiệu ích của công trình, nguồn vốn đầu tư và lựa chọn hình thức đầu tư.
- Điều tra, khảo sát và chọn địa điểm xây dựng.
- Lập dự án đầu tư (lập báo cáo nghiên cứu tiền khả thi, lập báo cáo nghiên cứu khả thi).
- Thẩm định dự án đầu tư.

b) Giai đoạn thực hiện đầu tư, bao gồm:

- Xin cấp và giao đất.
- Xin giấy phép xây dựng.
- Đền bù, giải phóng mặt bằng, tái định cư và phục hồi, chuẩn bị mặt bằng.
- Mua sắm thiết bị và công nghệ.
- Khảo sát và thiết kế xây dựng (thiết kế kỹ thuật, thiết kế bản vẽ thi công).
- Thẩm định, phê duyệt thiết kế và tổng dự toán, dự toán công trình.
- Thi công xây lắp.
- Kiểm tra, giám sát chất lượng thiết bị và xây lắp.
- Vận hành thử, nghiệm thu, bàn giao, bảo hành công trình.

c) *Giai đoạn kết thúc xây dựng, đưa công trình vào khai thác sử dụng, bao gồm:*

- Nghiệm thu bàn giao công trình.
- Thực hiện việc kết thúc xây dựng công trình.
- Vận hành công trình và hướng dẫn sử dụng công trình.
- Bảo hành công trình.
- Quyết toán vốn đầu tư.

2. Tổ chức và cá nhân thiết kế

Chỉ có các tổ chức, cá nhân có chuyên môn đã đăng kí hoạt động tư vấn tại cơ quan có thẩm quyền và chịu hoàn toàn trách nhiệm trước pháp luật về chất lượng thiết kế, kết quả tính toán, an toàn kết cấu và sự ổn định của công trình, tính chính xác của tiên lượng, giá trị dự toán mới được thực hiện thiết kế.

Mỗi đồ án thiết kế phải có chủ nhiệm đồ án - người chỉ huy đây chuyển công nghệ thiết kế, người chịu trách nhiệm cá nhân trước pháp luật về chất lượng, tính đúng đắn của đồ án thiết kế, giải pháp kỹ thuật nêu ra và tiên lượng thiết kế.

Tổ chức thiết kế phải thực hiện công tác giám sát tác giá trong suốt quá trình thi công xây lắp, hoàn thiện và nghiệm thu công trình.

II. Nhiệm vụ, nội dung và các phương pháp khảo sát công trình thuỷ lợi

Công tác khảo sát là khâu quan trọng nhằm chuẩn bị các tài liệu đầu vào cần thiết phục vụ cho thiết kế và thi công công trình thuỷ lợi.

Nội dung cơ bản của công tác khảo sát công trình thuỷ lợi thường bao gồm: khảo sát địa hình, địa chất công trình, thuỷ văn (nước mặt và nước ngầm), vật liệu xây dựng địa phương. Trong đó, tài liệu thuỷ văn và địa chất công trình cần được đặc biệt chú ý, đảm bảo đủ mức chi tiết và tin cậy. Ngoài ra, còn cần điều tra thu thập đầy đủ các tài liệu khác về điều kiện tự nhiên, yêu cầu dùng nước và tác động của công trình đến môi trường.

Công tác khảo sát cần phải đáp ứng đầy đủ nội dung, mức độ chi tiết, chính xác theo quy mô (cấp công trình), theo đặc điểm loại hình công trình và theo các giai đoạn thiết kế. Vì vậy, tùy theo quy mô, loại và cấp công trình, giai đoạn xây dựng và thiết kế để định ra nội dung, mức độ chi tiết của công tác khảo sát. Tài liệu khảo sát càng đầy đủ và chính xác thì càng tạo điều kiện thuận lợi để thiết kế công trình phù hợp với thực tế, an toàn và kinh tế.

Phương án kỹ thuật khảo sát phải phù hợp theo từng giai đoạn thiết kế (thiết kế sơ bộ, thiết kế kỹ thuật, hoặc thiết kế kỹ thuật-thi công), đặc điểm công trình và phù hợp với điều kiện tự nhiên của vùng dự kiến xây dựng. Hồ sơ khảo sát phải phản ánh đúng hiện trạng mặt bằng, địa hình tự nhiên, địa chất công trình, điều kiện khí tượng thuỷ văn, môi trường, phù hợp với quy chuẩn xây dựng, tiêu chuẩn kỹ thuật, quy trình khảo sát.

Đối với mỗi dự án, hoặc công trình, thường phải lập đề cương cụ thể, trong đó xác định rõ nhiệm vụ, nội dung, phương pháp điều tra, khảo sát, để xây dựng bộ tài liệu cơ bản (dầu vào) cho thiết kế. Ví dụ, nhiệm vụ khảo sát khu vực đập là phải cung cấp các tài liệu về cấu trúc địa chất, cường độ chịu tải, tính thấm, khả năng mất nước của nền và hai bên vai đập, điều kiện vật liệu xây dựng tại chỗ... Đối với lòng hồ, đó là tình hình ngập lụt, sinh lầy khi mực nước hồ dâng cao, sạt lở và tái tạo bờ hồ, khả năng thấm lậu mất nước qua các hang động...

Phương pháp, thiết bị khảo sát cần phù hợp và đáp ứng được yêu cầu đánh giá, xây dựng được tài liệu có độ tin cậy, chính xác cao. Ví dụ: để đánh giá nền đập là đá cần dùng phương pháp khoan lấy mẫu và ép nước thí nghiệm tại hiện trường; để đánh giá khả năng chịu tải của nền đất cát hạt nhỏ pha bùn sét không chỉ dùng khoan lấy mẫu, mà còn cần dùng phương pháp xuyên tĩnh, thí nghiệm SPT.

Công tác khảo sát và thiết kế có quan hệ mật thiết với nhau, trong đó khảo sát phải đi trước một bước và đáp ứng được yêu cầu về nội dung và mức độ chi tiết cần thiết cho các giai đoạn thiết kế. Sau đây là yêu cầu về nội dung và mức độ chi tiết đối với một số công tác khảo sát chủ yếu.

1. Khảo sát địa hình

Tài liệu địa hình cần thiết bao gồm các bản đồ, bình đồ địa hình (trong đó có thể hiện các hệ thống mốc, cao độ khống chế mặt bằng, cao độ các điểm đo và định vị tim, tuyến công trình), các mặt cắt dọc, mặt cắt ngang.

Trong giai đoạn lập báo cáo nghiên cứu khả thi: thường cần sử dụng các bản đồ địa hình khu vực tỷ lệ 1 : 50 000, 1 : 25 000 để nghiên cứu tổng thể, hoặc cần dùng các bình đồ tỷ lệ 1 : 10 000, 1 : 5000, 1 : 1000 để nghiên cứu tính toán lòng hồ và các khu tưới. Để bố trí công trình đầu mối công trình thường dùng các bình đồ địa hình tỷ lệ 1 : 2000, 1 : 1000 và 1 : 500; trong giai đoạn thiết kế kỹ thuật - bản vẽ thi công tỷ lệ này thường là 1 : 200. Thiết bị khảo sát địa hình thường dùng là máy thăng bằng, máy kinh vĩ, thước kỹ thuật...

2. Khảo sát địa chất

Tài liệu địa chất cần thiết bao gồm bản đồ địa chất công trình, mặt cắt địa chất công trình, hình trụ hố khoan, hố đào, kết quả thí nghiệm hiện trường về ép nước hoặc sức chịu tải của nền, kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu vật lý và lực học của các mẫu đất đá... Các phương pháp khảo sát địa chất thường dùng, gồm: mô tả các điểm lộ tự nhiên, đào hố, khoan địa tầng và lấy mẫu, thăm dò địa vật lý bằng địa chấn, thăm dò địa vật lý bằng điện, thăm dò địa vật lý bằng từ trường, thí nghiệm hiện trường, thí nghiệm trong phòng, chụp ảnh ... Các thiết bị khảo sát địa chất thường dùng là khoan máy hoặc khoan tay, trong đó khoan xoay (khi nền đá), khoan guồng xoắn (khi nền đất); máy thăm dò địa chấn, máy thăm dò địa vật lý điện, máy thăm dò địa vật lý từ, máy ép nước...

Khi khảo sát địa chất cần đặc biệt chú ý đến phân bố và cấu trúc của các tầng đất đá, các hiện tượng uốn nếp, đoạn tầng, khe nứt, tầng phong hoá; các hiện tượng sụt lún, trượt, động đất, castor ... Các vấn đề này ảnh hưởng lớn đến ổn định công trình, lún và thấm mồi nước qua nền.

Về địa chất thủy văn, cần chú ý đến phân bố của tầng đất đá thấm nước mạnh, tầng đất rất ít thấm, xác định hệ số thấm của các tầng đất đá, sự thay đổi mực nước ngầm, thành phần hoá học của nước ngầm ... Các tài liệu này phục vụ cho thiết kế thoát nước hố móng, xử lý chống thấm, chống ăn mòn hoá học vật liệu, cũng như đánh giá tác động của môi trường đến công trình.

3. Điều tra, khảo sát khí tượng, thủy văn

Tài liệu khí tượng cần thiết gồm nhiệt độ, độ ẩm, mưa, bốc hơi, tốc độ gió và hướng gió. Tài liệu thủy văn cần thiết bao gồm các liệt số, bảng biểu, biểu đồ quan trắc và tính toán về lưu lượng, mực nước, lưu tốc, hàm lượng bùn cát. Ngoài các trạm khí tượng, thủy văn cố định; khi cần thiết có thể phải lập các trạm đo đặc tại vị trí tuyến công trình để thu thập thêm các số liệu cần thiết; đồng thời điều tra thu thập các tài liệu về lũ quét, lũ lịch sử, mực nước kiệt nhất ...

4. Khảo sát vật liệu xây dựng địa phương

Cần xác định phân bố, trữ lượng, tính chất cơ lý và phẩm chất của các loại vật liệu địa phương phục vụ cho xây dựng công trình. Trong nhiều trường hợp, trữ lượng và chất lượng của các loại vật liệu tại chỗ quyết định đến hình thức, kết cấu và giá thành công trình đập. Thông thường, công tác khảo sát vật liệu xây dựng địa phương được kết hợp thực hiện trong quá trình khảo sát địa chất công trình.

III. Trình tự các bước khảo sát thiết kế công trình thủy lợi

Sau khi quy hoạch lưu vực đã được lập và phê duyệt, các bước khảo sát và thiết kế tiếp theo bao gồm:

- Lập Báo cáo nghiên cứu tiền khả thi (đối với dự án nhóm A thuộc thẩm quyền quyết định của Chính phủ; đối với các dự án nhóm B và C thuộc thẩm quyền quyết định của Bộ trưởng, Chủ tịch Ủy ban nhân dân các tỉnh thì chỉ lập báo cáo nghiên cứu tiền khả thi nếu xét thấy cần thiết).

- Lập báo cáo nghiên cứu khả thi, trong đó có thiết kế sơ bộ, so sánh lựa chọn ra phương án công trình hợp lý về kinh tế và kỹ thuật.

- Thiết kế kỹ thuật (sau khi Báo cáo nghiên cứu khả thi đã được phê duyệt).

- Thiết kế bản vẽ thi công (đối với công trình có yêu cầu kỹ thuật cao, địa chất phức tạp thì thực hiện thiết kế hai bước: thiết kế kỹ thuật (thiết kế triển khai) và thiết kế bản vẽ thi công (thiết kế chi tiết); đối với công trình kỹ thuật đơn giản thì thiết kế một bước: thiết kế kỹ thuật - thi công).

§20.2. NỘI DUNG CỦA TỪNG GIAI ĐOẠN KHẢO SÁT THIẾT KẾ

I. Giai đoạn báo cáo nghiên cứu tiền khả thi

Nội dung chủ yếu của Báo cáo nghiên cứu tiền khả thi gồm: nghiên cứu về sự cần thiết phải đầu tư, các điều kiện thuận lợi và khó khăn; dự kiến quy mô và hình thức đầu tư; chọn địa điểm xây dựng và dự kiến nhu cầu diện tích sử dụng đất trên cơ sở giảm tới mức tối đa việc sử dụng đất và những ảnh hưởng về môi trường, xã hội và tái định cư; phân tích, lựa chọn sơ bộ các phương án xây dựng và phương án quản lý sử dụng nguồn nước; xác định sơ bộ tổng mức vốn đầu tư, phương án huy động các nguồn vốn, khả năng hoàn vốn, trả nợ và thu lãi; tính toán sơ bộ hiệu quả đầu tư về mặt kinh tế-xã hội của dự án; xác định tính độc lập khi vận hành, khai thác của các dự án thành phần hoặc tiểu dự án.

II. Giai đoạn báo cáo nghiên cứu khả thi

Nội dung chủ yếu của Báo cáo nghiên cứu khả thi gồm:

- Xác định những căn cứ cần thiết phải đầu tư, nghĩa là phải xác định được nhu cầu dùng nước của các ngành kinh tế quốc dân và khả năng cung cấp nước của hệ thống công trình thủy lợi của dự án.

- Lựa chọn hình thức đầu tư như cải tạo, nâng cấp hoặc xây dựng mới.

- Lập các phương án khả thi; Thiết kế sơ bộ về vùng tuyến, về hình thức và quy mô công trình; phương án đền bù giải phóng mặt bằng và kế hoạch tái định cư; đánh giá tác động môi trường (tác động của môi trường đến các công trình của dự án và tác động của các công trình đến môi trường trong quá trình vận hành, khai thác, sử dụng hệ thống); xác định nguồn vốn (hoặc loại nguồn vốn), khả năng tài chính, tổng mức đầu tư và nhu cầu vốn theo tiến độ, cũng như phương án hoàn trả vốn đầu tư; phương án quản lý khai thác sau khi dự án hoàn thành và sử dụng. Trên cơ sở đó, tiến hành so sánh kinh tế-kỹ thuật để chọn ra phương án hợp lý nhất.

- Phân tích hiệu quả đầu tư; lập các mốc thời gian chính thực hiện các giai đoạn đầu tư; kiến nghị hình thức quản lý điều hành các giai đoạn thực hiện dự án; xác định chủ đầu tư; xác định mối quan hệ và trách nhiệm của các cơ quan liên quan đến dự án...

III. Giai đoạn thiết kế kỹ thuật

Thiết kế kỹ thuật (thiết kế triển khai) là các tài liệu thể hiện trên thuyết minh và các bản vẽ. Khi thiết kế công trình thủy lợi cần phải sử dụng các tài liệu địa hình, địa chất, khí tượng, thủy văn và các tài liệu cần thiết khác do các tổ chức có đủ tư cách pháp lý về các lĩnh vực nêu trên cung cấp.

Hồ sơ thiết kế kỹ thuật phải đáp ứng được các yêu cầu sau:

- Thiết kế phù hợp với nội dung của thiết kế sơ bộ nêu trong báo cáo nghiên cứu khả thi đã được phê duyệt.

- Nội dung thiết kế theo các bước phải tuân thủ quy chuẩn xây dựng, tiêu chuẩn kỹ thuật hiện hành.

- Tổng dự toán công trình được lập trên cơ sở định mức, đơn giá, chế độ, chính sách hiện hành liên quan tới chi phí đầu tư xây dựng và không được vượt quá tổng mức đầu tư đã ghi trong quyết định đầu tư.

Nội dung hồ sơ thiết kế kỹ thuật bao gồm ba phần: thuyết minh, bản vẽ và tổng dự toán.

Phần thuyết minh gồm:

- Các căn cứ để lập thiết kế kỹ thuật như: quyết định phê duyệt đầu tư; tóm tắt thiết kế sơ bộ trong báo cáo nghiên cứu khả thi đã được phê duyệt; danh mục quy chuẩn xây dựng, tiêu chuẩn kỹ thuật, thiết kế mẫu được áp dụng; điều kiện tự nhiên như địa hình, địa chất công trình, khí tượng, thủy văn, động đất tại khu vực xây dựng, tác động của môi trường; hiện trạng của hệ thống thủy lợi, chất lượng của các công trình trong hệ thống.

- Các giải pháp tổng quát, như: sơ đồ tổng quát của hệ thống (ví dụ: giải pháp hồ chứa đa mục tiêu có các công trình đầu mối đập đất, đường tràn dọc bên bờ hồ chứa, cống ngầm lấy nước, kênh và các công trình trên kênh), các thông số kỹ thuật và các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật chủ yếu của công trình đầu mối và hệ thống các giải pháp bảo vệ môi trường và an toàn công trình, quy trình kỹ thuật vận hành và duy tu công trình.

- Các biện pháp kỹ thuật và diễn giải tính toán như: gia cố nền, móng cọc; kết cấu chủ yếu của các bộ phận; sử dụng các phần mềm, diễn giải các bước và kết quả tính toán; tổng hợp khối lượng các công tác xây lắp, vật tư vật liệu, máy móc thiết bị chủ yếu của từng hạng mục và toàn bộ công trình; các biện pháp thi công đặc biệt...

Phần bản vẽ, bao gồm:

- Tổng mặt bằng bố trí công trình,

- Các bản vẽ mặt bằng, mặt cắt dọc, mặt cắt ngang, chính diện thể hiện các hạng mục, các biện pháp kỹ thuật chủ yếu, các chi tiết điển hình.

Phần tổng dự toán, bao gồm:

- Các căn cứ để lập tổng dự toán,

- Diễn giải tiên lượng và các phụ lục cần thiết,

- Tổng hợp khối lượng xây lắp, máy móc thiết bị chủ yếu.

- Tổng dự toán thiết kế.

IV. Giai đoạn thiết kế bản vẽ thi công

Thiết kế bản vẽ thi công (thiết kế chi tiết) là các tài liệu thể hiện trên bản vẽ được lập trên cơ sở thiết kế kỹ thuật đã được duyệt. Nội dung hồ sơ thiết kế bản vẽ thi công bao gồm hai phần: bản vẽ và dự toán chi tiết.

Phần bản vẽ bao gồm: các bản vẽ thi công phải thể hiện được chi tiết, bố trí mặt bằng, kiến trúc, kết cấu, hệ thống cung cấp điện, cấp thoát nước, các chi tiết cơ khí, các sơ đồ và chỉ dẫn biện pháp thi công và lắp đặt máy, các bảng kê khối lượng xây lắp, vật tư vật liệu, máy móc thiết bị của các hạng mục và của toàn bộ công trình, quy trình kỹ thuật vận hành, bảo trì công trình ... để nhà thầu có thể xây dựng, chế tạo và lắp đặt đúng thiết kế.

Phần dự toán chi tiết gồm: các căn cứ để lập dự toán, diễn giải tiên lượng và các phụ lục cần thiết, dự toán chi tiết các hạng mục công trình và tổng hợp dự toán của toàn bộ công trình.

§20.3. LỰA CHỌN VỊ TRÍ VÀ HÌNH THỨC ĐẬP

Lựa chọn vị trí, hình thức đập và bố trí công trình đầu mối là công tác quan trọng bậc nhất trong các giai đoạn thiết kế.

Ở giai đoạn quy hoạch lưu vực, dựa vào yêu cầu lợi dụng tổng hợp nguồn nước, điều kiện địa hình và các tài liệu khác để chọn ra các vùng tuyến có khả năng xây dựng công trình.

Trong giai đoạn lập báo cáo nghiên cứu khả thi, dựa vào tài liệu quy hoạch, địa hình, địa chất, vật liệu xây dựng, nhiệm vụ và quy mô công trình ... để tiến hành tính toán so sánh kinh tế kỹ thuật lựa chọn được tuyến đập, hình thức đập, quy mô và các thông số cơ bản của công trình đầu mối.

Trong giai đoạn thiết kế kỹ thuật và thiết kế bản vẽ thi công, vì đã có đầy đủ các tài liệu khảo sát, vì thế cho phép xác định vị trí tuyến đập, hình thức và kết cấu của đập một cách chính xác và hợp lý nhất.

Khi lựa chọn vị trí và hình thức đập, cần phân tích đầy đủ các điều kiện sau đây:

I. Điều kiện địa chất và địa chất thủy văn

Điều kiện địa chất tuyến đập có ý nghĩa quyết định đến vị trí, bố trí tổng thể công trình đầu mối và hình thức đập.

Xét về yêu cầu địa chất nền, thì đập vòm có đòi hỏi cao nhất về nền và bờ là đá tươi liền khối vững chắc, tiếp theo sau là đập trụ chống và đập bê tông trọng lực...

Nền đập cần thỏa mãn yêu cầu về cường độ chịu tải, ít thấm nước, không bị phong hoá, đảm bảo tính chỉnh thể, đồng nhất, không bị đứt gãy, đoạn tầng... Tuy nhiên, trong thực tế rất khó tìm được nền đập đáp ứng được tất cả các yêu cầu đề ra. Vì vậy, cần khảo sát, đánh giá chính xác điều kiện nền đập để có các biện pháp xử lý thích hợp, đáp ứng được yêu cầu xây dựng đập.

II. Điều kiện địa hình

Điều kiện địa hình ảnh hưởng đến khối lượng đập, sự thuận lợi để bố trí tổng thể các công trình đầu mối, dẫn dòng, bố trí mặt bằng và đường thi công. Địa hình lòng sông hẹp có vách bờ dốc được chú trọng xem xét lựa chọn vị trí xây dựng đập, vì đó là nơi cho khối lượng đắp đập nhỏ, địa chất nền và vai đập thường tốt hơn so với những chỗ địa hình thoải.

III. Điều kiện vật liệu xây dựng

Do đập có khối lượng lớn, và thông thường, đập bằng vật liệu tại chỗ có giá thành hạ hơn khi so sánh với phương án loại đập khác. Vì vậy, đây là điều kiện quyết định trực tiếp đến việc lựa chọn hình thức đập, và sử dụng vật liệu tại chỗ để xây dựng đập là phương án đầu tiên phải xét đến.

IV. Điều kiện thi công

Cần chú ý đảm bảo dẫn dòng thi công thuận lợi, gần đập có các bãi rộng để bố trí mặt bằng thi công, tận dụng các đường sẵn có vào đập để vận chuyển máy móc thiết bị và vật liệu...

§20.4. BỐ TRÍ TỔNG THỂ CÔNG TRÌNH ĐẦU MỐI

Bố trí tổng thể các công trình đầu mối là một khâu rất quan trọng, không những ảnh hưởng lớn đến các thông số kinh tế-kỹ thuật của công trình, điều kiện thi công, mà còn ảnh hưởng đến sự thuận lợi và chất lượng sử dụng khai thác công trình.

I. Nguyên tắc bố trí các công trình đầu mối

Khi bố trí các công trình đầu mối cần phải xem xét, phân tích nhiều yếu tố, và cần tuân theo một số nguyên tắc sau đây:

1. Thuận lợi khi khai thác sử dụng

Khi vận hành, các công trình trong đầu mối không ảnh hưởng lẫn nhau. Cần đặc biệt chú ý mối quan hệ giữa đập tràn xả lũ, nhà máy thủy điện và âu thuyền. Dòng chảy xả từ đập tràn làm thay đổi điều kiện thủy lực ở hạ lưu, dẫn đến có thể làm giảm công suất của nhà máy thủy điện. Dòng chảy xả từ đập tràn hoặc từ nhà máy thủy điện dễ gây mất an toàn cho tàu thuyền ra vào âu.

Đối với những công trình quan trọng việc bố trí công trình đầu mối cần được kiểm tra trên mô hình thí nghiệm.

2. An toàn, hiệu ích và đáp ứng sự phát triển trong tương lai

Cần đảm bảo các công trình đầu mối làm việc an toàn, ổn định, thỏa mãn tối đa các yêu cầu dùng nước, giảm chi phí vốn đầu tư và giảm chi phí vận hành khai thác hàng năm.

Cần tính đến và đáp ứng được sự phát triển trong tương lai về yêu cầu điện, giao thông, nước tưới, nước sinh hoạt và công nghiệp của khu vực.

3. Thuận lợi cho thi công

Cần đảm bảo an toàn và thuận tiện cho dẫn dòng, bố trí mặt bằng, bố trí các tuyến đường để thi công.

4. Mỹ thuật và phát triển du lịch

Các công trình đầu mối thủy lợi, đặc biệt là các hồ chứa nước cần thỏa mãn yêu cầu về mặt mỹ thuật và phát triển du lịch ngày càng cao của xã hội.

II. Yêu cầu bố trí đối với từng công trình thành phần trong đầu mối

1. Công trình đập

Đối với đập không tràn nước, thường bố trí tuyến đập thẳng, chỉ trong điều kiện địa hình, địa chất không cho phép lúc đó mới bố trí tuyến đập cong hoặc gãy khúc. Trên mặt bằng, phải bố trí sao cho không xuất hiện dòng chảy song song với tuyến đập khi đập tràn làm việc. Yêu cầu này đặc biệt quan trọng đối với đập đất, vì dòng chảy có thể gây xói mái đập. Nếu như vì điều kiện địa hình không thể tránh được thì phải gia cố chống xói thích đáng cho mái đập.

Đối với đập tràn nước, việc bố trí phải không ảnh hưởng đến điều kiện làm việc bình thường của trạm thủy điện, âu thuyền, và công trình lấy nước. Cửa vào đập tràn cần làm theo nguyên tắc dòng chảy thuận, thu hẹp dần, tổn thất thủy lực nhỏ. Đối với cửa ra của đập tràn, tốt nhất là cùng hướng với dòng chảy chính trong lòng sông cũ, tránh xói lở hạ lưu ảnh hưởng đến an toàn của đập. Có thể bố trí đập tràn ở lòng sông hoặc ở bờ sông. Khi đập dâng nước bằng bê tông, thì một phần đập là đập tràn, lúc đó nên đặt vị trí đập tràn ở lòng sông. Khi đập dâng nước là đập đất, đập đá đổ hoặc đất đá hỗn hợp, thì đập tràn thường phải bố trí tách khỏi đập chắn, và đặt ở một bên bờ của hồ chứa hoặc nơi có eo núi thích hợp; đó là kiểu đường tràn dọc bên bờ hồ chứa được ứng dụng rất phổ biến.

2. Trạm thủy điện

Cửa vào của trạm thủy điện cần bố trí theo nguyên tắc dòng chảy thuận, tổn thất thủy lực nhỏ nhất. Khi bố trí cửa ra, cần tránh mực nước hạ lưu dao động nhiều ảnh hưởng đến điều kiện làm việc bình thường hoặc giảm công suất của nhà máy.

Cần bố trí nhà máy thủy điện ở phía có đường giao thông để thuận tiện cho việc vận chuyển, lắp ráp các thiết bị khi thi công và khi sửa chữa. Nhà máy cần bố trí khác phía với đập tràn xả lũ. Trong trường hợp buộc phải bố trí nhà máy cùng phía với đập tràn xả lũ, thì cần có biện pháp tường ngăn chống ảnh hưởng của dòng chảy xả khi đập tràn làm việc.

Trường hợp chiều dài tuyến đập không đủ để bố trí đập tràn và trạm thủy điện thì có thể bố trí nhà máy bên trong đập, hoặc kiểu đập tràn trên đỉnh nhà máy thủy điện.

3. Công trình lấy nước tưới

Trường hợp hồ có nhiệm vụ chính là cung cấp nước tưới thì cống ngầm lấy nước cần đặt ở phía bờ có khu tưới nhằm tránh phải xây dựng thêm công trình chuyển nước (cầu máng hoặc xi phông ngược) vượt qua sông. Cao trình ngưỡng cống thường cao hơn cao trình bùn cát thiết kế lắng đọng và thấp hơn cao trình mực nước chết trong hồ chứa.

Trong trường hợp nhiệm vụ chính của hồ là phát điện thì công trình lấy nước phục vụ tưới có thể bố trí như sau:

- Khi cao trình mực nước hạ lưu của trạm thủy điện đảm bảo tưới tự chảy thì có thể làm công trình dẫn nước từ kênh xả của trạm thủy điện đến khu tưới.

- Khi cao trình mực nước hạ lưu của trạm thủy điện thấp, không đủ đảm bảo tưới tự chảy, thì có thể phải làm trạm bơm lấy nước từ kênh xả. Cũng có thể làm thêm công trình lấy nước trực tiếp từ hồ, nhưng dung tích hữu ích của hồ chứa phải được thiết kế có tính đến phần dung tích để cung cấp nước tưới. Việc chọn phương án cần thông qua tính toán so sánh kinh tế-kỹ thuật.

4. Công trình vận tải thủy

Để đảm bảo giao thông thủy liên tục giữa hạ lưu và thượng lưu, cần bố trí âu thuyền trong khu công trình đầu mối. Âu thuyền thường được bố trí cách xa trạm thủy điện một khoảng cách nhất định, hoặc âu thuyền và nhà máy thủy điện được bố trí ở hai phía bờ khác nhau.

Cửa vào của âu phải bố trí sao cho không xuất hiện dòng chảy ngang, có chỗ cho thuyền đỗ, chờ đợi trước khi thông âu, thậm chí còn có thể cần bố trí chỗ tránh cho thuyền bè khi có gió và sóng lớn trong hồ. Cần đặc biệt chú ý đảm bảo an toàn cho tàu thuyền ra vào âu an toàn khi đập tràn xả lũ.

5. Công trình chuyển gỗ

Công trình chuyển gỗ thường được bố trí cách xa nhà máy thủy điện để không ảnh hưởng đến điều kiện làm việc bình thường của nhà máy. Vì các bè gỗ được thả tự do, nên cần có đoạn sông thẳng phía hạ lưu sau công trình chuyển gỗ.

6. Công trình chuyển cá

Công trình chuyển cá, dẫn cá đi cần có nước chảy thường xuyên để dẫn cá, nhằm đảm bảo cho một số loài cá di chuyển từ thượng lưu xuống hạ lưu và ngược lại trong

mùa sinh sản, tránh cho các loài cá này không bị tiết chủng khi xây dựng công trình đầu mối thủy lợi. Công trình chuyển cá thường được bố trí bên cạnh nhà máy thủy điện.

7. Công trình giao thông và các công trình khác

Việc bố trí các công trình cầu, đường sắt, đường bộ trong khu công trình đầu mối thủy lợi cần phải tuân theo quy định kỹ thuật của ngành giao thông.

Các công trình khác như khu quản lý, kho tàng, xưởng sửa chữa, các khu dịch vụ văn hoá, du lịch ... cần được bố trí một cách hợp lý, tạo điều kiện dễ dàng cho việc quản lý khai thác, phát huy tốt hiệu ích tổng hợp của công trình.

III. Bố trí tổng thể cụm công trình đầu mối thủy lợi

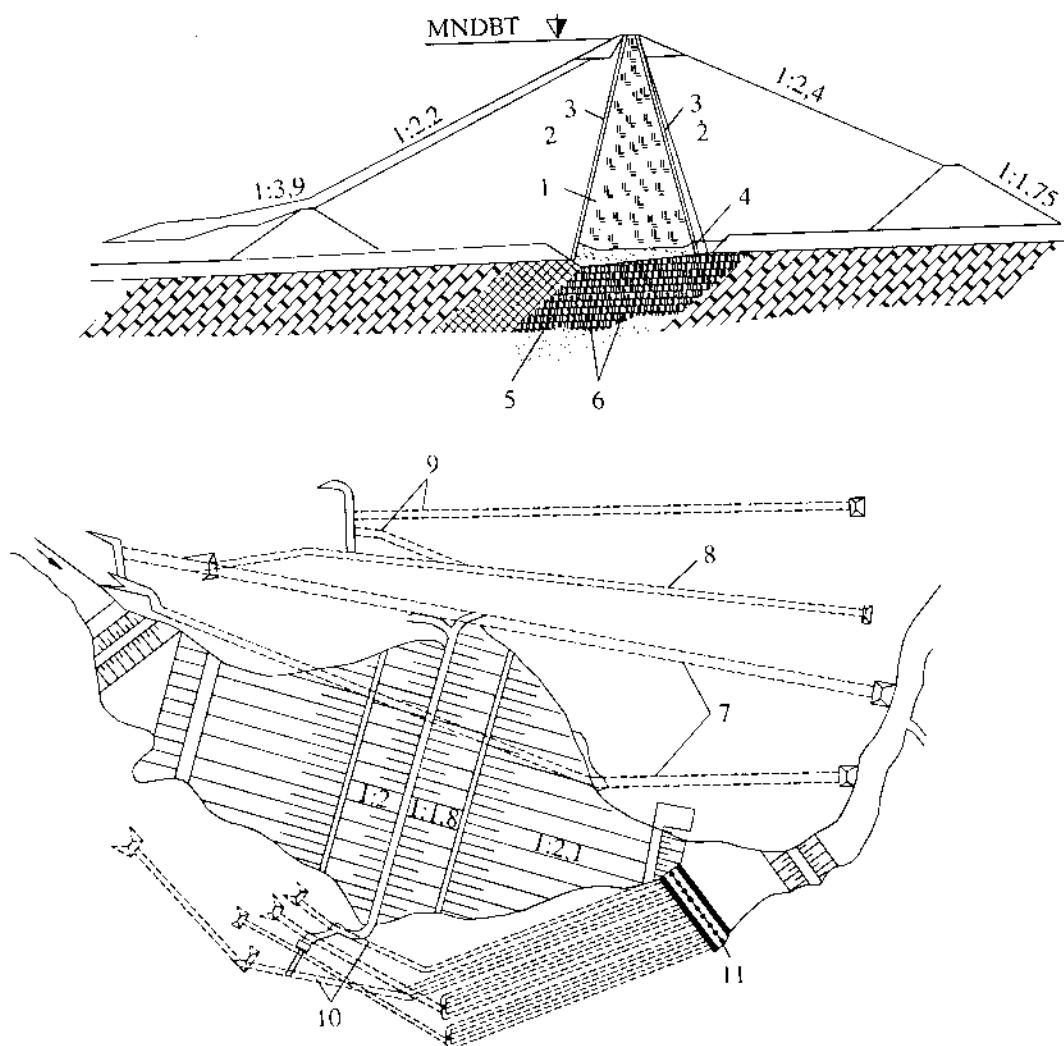
Muốn tìm ra một phương án bố trí tổng thể công trình đầu mối thủy lợi hợp lý nhất, cần phải phân tích một cách tổng hợp những nguyên tắc và yêu cầu nêu trên để vận dụng vào điều kiện cụ thể của thực tiễn. Trước hết, phương án bố trí phải đảm bảo các công trình trong đầu mối phát huy tốt nhiệm vụ, quan hệ và tác động lẫn nhau giữa chúng có lợi nhất cho vận hành, khai thác và quản lý. Cần chú ý đến đặc điểm riêng của công trình đầu mối, vị trí xây dựng để đưa ra phương án bố trí hợp lý. Sau đây là nguyên tắc bố trí tổng thể của một số loại công trình đầu mối.

1. Công trình đầu mối của hồ chứa có cột nước cao

Các hồ chứa quy mô vừa và lớn thường là công trình đa mục tiêu như chống lũ (cắt lũ), phát điện, cung cấp nước tưới, nước cho công nghiệp và sinh hoạt, du lịch, thủy sản ... Do công trình đầu mối chịu cột nước cao, nên yêu cầu an toàn ổn định của các công trình trong đầu mối là vấn đề hàng đầu. Vì vậy, cần bố trí đập tựa và cắm sâu hơn vào hai bên phía bờ để có thể vững chắc, đặc biệt là đối với loại đập vòm và đập liên vòm.

Xả lũ an toàn, phòng tránh xói lở cho hạ lưu cũng là vấn đề lớn, do vậy đối với đập bằng vật liệu tại chỗ như đập đất, đập đất đá hỗn hợp thường phải bố trí đập tràn ở bờ thoải hoặc ở một eo núi tách rời đập chắn, đồng thời cần đảm bảo cửa ra của lòng dẫn xả lũ phải cách xa chân đập một khoảng cách nhất định. Đối với công trình đầu mối có đập bê tông trọng lực, đập tràn được đặt ở vị trí lòng sông, hai bên là đập bê tông không tràn, nhà máy thủy điện thường đặt ở sau đập, hoặc ở ngang đập. Các công trình đầu mối của hồ chứa có cột nước cao ở nước ta như: Hoà Bình, Thác Bà, Thác Mơ, Yaly, Trị an, Dầu Tiếng, Cẩm Sơn ...

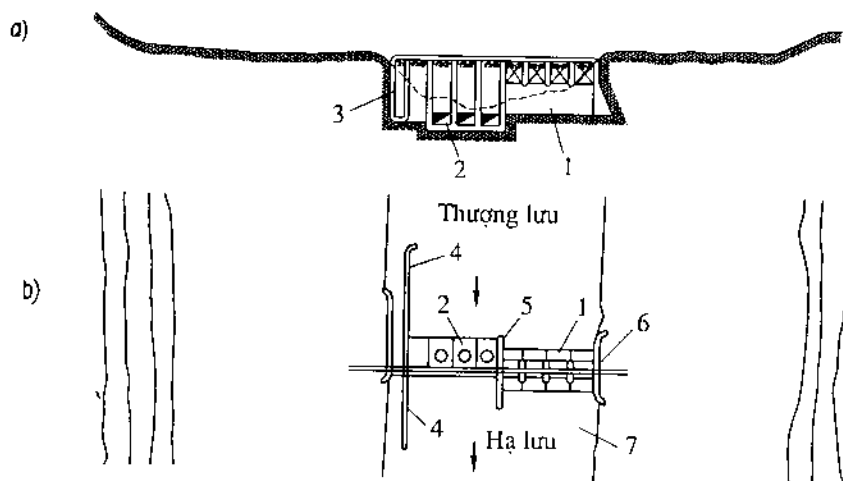
Hình 20-1 là một ví dụ về bố trí một cụm công trình đầu mối hồ chứa Nuréch ở Tajikixtan có cột nước cao: Đập dâng nước là đập đá đổ có tường tâm chống thấm; tháo lũ qua đường hầm; nhà máy thủy điện bố trí ở sau đập.



Hình 20-1. Bố trí công trình đầu mối Nuréch (Tajikixtan) có cột nước cao
 1. Lõi chống thấm, 2. Các khối bên của đập đá đổ, 3. Các lớp chuyển tiếp,
 4. Nút bê tông, 5, 6. Màng chống thấm, 7, 8, 9. Các đường hầm tháo lũ,
 10. Đường hầm dẫn nước vào nhà máy thủy điện, 11. Nhà máy thủy điện

2. Công trình đầu mối có cột nước thấp

Loại công trình đầu mối này thường được xây dựng ở những đoạn sông trung du và đồng bằng. Đập ngăn sông thường là đập tràn bê tông chiều cao thấp, có hoặc không có cửa van khổng lồ. Khi xây dựng trên sông có hàm lượng bùn cát lớn thường phải làm cửa xả bùn cát gần cửa lấy nước để xả bùn cát xuống hạ lưu, tránh bồi lấp cửa lấy nước. Một số công trình đầu mối có cột nước thấp ở nước ta như: đập Bái Thượng (trên sông Chu), đập Thảo Long (trên sông Hương) ... Hình 20-2 là một ví dụ về bố trí một cụm công trình đầu mối có cột nước thấp.



Hình 20-2. Bố trí công trình đầu mối có cột nước thấp

a) Cắt dọc; b) Mặt bằng: 1. Đập tràn, 2. Nhà máy thủy điện, 3. Âu thuyền, 4. Tường dẫn thuyền phía thượng lưu, 5. Tường phân cách, 6. Tường bên, 7. Hạ lưu đập tràn

Bố trí tổng thể công trình đầu mối, đặc biệt là các công trình đầu mối dâng nước liên quan đến nhiều yếu tố. Đối với các công trình đầu mối thủy lợi quy mô lớn, hoặc xây dựng trong điều kiện tự nhiên phức tạp, khi cần thiết cần kiểm tra lại phương án bố trí trên các mô hình thí nghiệm.

§20.5. NGUYÊN TẮC SO SÁNH KINH TẾ – KỸ THUẬT CÁC PHƯƠNG ÁN

Trong nghiên cứu khả thi, nội dung quan trọng nhất là xây dựng các phương án khả thi và so sánh kinh tế-kỹ thuật để lựa chọn phương án hợp lý nhất. Khi so sánh kinh tế-kỹ thuật lựa chọn phương án hợp lý nhất, cần phân tích đầy đủ các mặt sau đây của các phương án nghiên cứu:

- Đáp ứng được yêu cầu sử dụng và khai thác tổng hợp tài nguyên nước;
- Đảm bảo thực hiện được chức năng, nhiệm vụ của công trình đầu mối và cả hệ thống;
- Phù hợp với điều kiện tự nhiên và tình hình kinh tế xã hội trong khu vực xây dựng;
- Phù hợp với quy hoạch phát triển nguồn nước của lưu vực và của địa phương;
- Giải pháp về hạng mục công trình, về kết cấu, cũng như kích thước chủ yếu của chúng là hợp lý, đảm bảo an toàn ổn định và kết cấu công trình bền vững;
- Có nguồn đảm bảo cung cấp vật liệu xây dựng, lao động, thiết bị, giao thông vận tải ...
- Chi phí về di dân, đền bù, ngập lụt, xử lý nền, bảo vệ tài nguyên môi trường sinh thái và di tích lịch sử văn hoá không quá lớn;
- Bố trí mặt bằng tổng thể và bố trí cụ thể các công trình thành phần trong đầu mối hợp lý;

- Phương án dẫn dòng và tổng tiến độ thi công;
- Khối lượng xây dựng chủ yếu;
- Tổng mức vốn đầu tư;
- Các chỉ tiêu kinh tế của phương án như: hệ số nội hoàn kinh tế EIRR, giá trị thu nhập ròng NPV, tỷ số thu nhập/chi phí (B/C), suất đầu tư đơn vị, thời gian hoàn vốn...

Trên cơ sở đó, tiến hành phân tích, so sánh để chọn ra phương án hợp lý nhất về kinh tế-kỹ thuật. Đó là một phương án có tính khả thi cao, đáp ứng đầy đủ các tiêu chí đảm bảo thực hiện chức năng, nhiệm vụ của hệ thống, đảm bảo an toàn ổn định, độ bền của các công trình, đồng thời là phương án có các chỉ tiêu kinh tế tốt nhất.

Chương 21

QUẢN LÝ, SỬ DỤNG VÀ CẢI TẠO CÔNG TRÌNH THUỶ LỢI

§21.1. MỤC ĐÍCH, YÊU CẦU QUẢN LÝ CÔNG TRÌNH THUỶ LỢI

Sau khi được xây dựng hoàn thành, công tác quản lý sử dụng là giai đoạn khai thác phát huy hiệu quả của hệ thống công trình thủy lợi.

Công tác quản lý công trình thủy lợi, theo nghĩa rộng, bao gồm nhiều mặt như quản lý nhân sự, lao động, quản lý tài sản, phương tiện, thiết bị, vật tư... và đặc biệt là tổ chức và điều khiển các hoạt động kỹ thuật để đảm bảo an toàn, vận hành và khai thác công trình có hiệu quả cao nhất.

Trong quá trình quản lý, khai thác, cần duy tu, bảo dưỡng công trình một cách thường xuyên, sửa chữa công trình khi có hư hỏng, sự cố, hoặc nâng cấp, mở rộng, tôn cao để đáp ứng yêu cầu khai thác một cách có hiệu quả cao hệ thống thủy lợi.

Thông qua quản lý sử dụng chúng ta có điều kiện kiểm tra lại mức độ chính xác của quy hoạch, chất lượng đã thiết kế và thi công. Công trình thủy lợi thực tế là mô hình vật lý tỷ lệ 1/1 chịu tác động toàn diện của các yếu tố tự nhiên một cách cụ thể. Vì vậy, từ công trình thủy lợi thực tế, chúng ta có thể nghiên cứu để bổ khuyết, nâng cao trình độ quy hoạch, thiết kế, thi công và quản lý khai thác công trình thủy lợi.

Công tác quản lý kỹ thuật công trình thủy lợi phải đảm bảo các yêu cầu sau:

- Đảm bảo an toàn ổn định, độ bền và tuổi thọ của các công trình trong hệ thống;
- Giám sát chất lượng kỹ thuật khi vận hành các công trình, khai thác chúng một cách có hiệu quả cao như thiết kế đã đề ra;
- Quan trắc các thông số kỹ thuật của tự nhiên và của công trình để phục vụ cho công tác tổng kết, nghiên cứu;
- Phòng và chống lũ cho công trình;
- Đánh giá được năng lực và chất lượng của từng công trình và toàn hệ thống; trên cơ sở đó để đề ra nhiệm vụ sửa chữa, nâng cấp, hoặc khi cần thiết và điều kiện cho phép có thể tôn cao, mở rộng công trình.

§21.2. VẬN HÀNH, DUY TU VÀ BẢO DƯỠNG CÔNG TRÌNH THUỶ LỢI

I. Vận hành công trình thủy lợi

Căn cứ vào đặc điểm điều kiện tự nhiên, đặc điểm và nhiệm vụ của công trình để lập quy trình vận hành cho mỗi công trình. Quy trình vận hành đặc biệt cần thiết đối với các

cửa thủy lực điều tiết dòng chảy, như đập tràn tháo lũ có cửa van, các cửa cống điều tiết, các đường hầm, cống ngầm ...

Quy trình vận hành cần nêu rõ:

- Đặc điểm, nhiệm vụ, các mực nước và lưu lượng đặc trưng (mực nước thấp nhất, mực nước dâng bình thường, mực nước báo động lũ ở các cấp, mực nước cao nhất và các lưu lượng tương ứng), các biểu đồ quan hệ giữa độ mở cửa van và lưu lượng xả, các thông số thể hiện năng lực của công trình;

- Chế độ đóng mở cửa van, các điều kiện thủy lực để tiêu năng tốt nhất ở hạ lưu công trình;

- Trình tự các bước thao tác, tốc độ đóng mở cửa van, các điều kiện đảm bảo an toàn cho máy móc thiết bị;

- Phương tiện thông tin và các phương án xử lý khi có hiện tượng bất thường hoặc sự cố ...

- Các phương án phòng chống bão lũ cho công trình;

- Các biện pháp phòng chống bùn cát bồi lấp cửa lấy nước và xói lở hạ lưu công trình, chế độ mở cống xói rửa bùn cát;

- Các quy định về nghiêm cấm nổ mìn gần công trình, ngăn ngừa các vật nổi, phòng và cứu hỏa...

Dựa vào quy trình đã thiết lập để vận hành công trình một cách an toàn và có hiệu quả nhất.

II. Duy tu và bảo dưỡng công trình thủy lợi

Duy tu và bảo dưỡng là nhiệm vụ thường xuyên trong quản lý vận hành nhằm phát hiện, bổ khuyết, sửa chữa kịp thời những hư hỏng nhẹ tuy chưa ảnh hưởng đến điều kiện làm việc bình thường của công trình, nhưng nếu để lâu sẽ dẫn đến giảm chất lượng, hư hỏng nặng thêm. Công trình có sẵn sàng ở trạng thái hoạt động tốt hay không, chính là do công tác duy tu và bảo dưỡng.

Nội dung của công tác duy tu bảo dưỡng công trình gồm:

1. Duy tu bảo dưỡng máy móc và kết cấu thép

- Thường xuyên lau chùi máy móc, làm vệ sinh sạch sẽ tất cả các bộ phận kết cấu;

- Kiểm tra thường nhật và định kỳ để phát hiện kịp thời các sai lệch, khuyết thiếu, hư hỏng mức độ nhẹ của các máy nâng, xe thả phai, thiết bị quan trắc, cửa van, các chi tiết kết cấu thép (như các bu lông, rivê, các mối hàn...);

- Thay thế dầu mỡ và các chi tiết mau hỏng, đánh gỉ và sơn lại;

- Sửa chữa kịp thời những hư hỏng nhẹ của các bộ phận chuyển động, chịu lực xung kích dễ dẫn đến hư hỏng nặng, sự cố.

2. Duy tu bảo dưỡng công trình đất

- Diệt trừ mối và các sinh vật trong các hang, hốc ở thân dẽ, đập, sau đó đào rãnh, hoặc khoan phụt vữa lấp lại.

- Tu bổ, sửa chữa thường xuyên rãnh thoát nước, các lớp gia cố bảo vệ mái đập thượng và hạ lưu.

- Các mái dẽ, đập bị bào mòn, sạt lở do mưa lũ cần phải đắp lại, trồng cỏ và làm lại các lớp gia cố bảo vệ mái.

- Sửa chữa mặt dẽ, đập bị nứt như sau:

+ Trong trường hợp chỉ có vết nứt đơn lẻ không quá sâu thì có thể đào hố hình nêm đến độ sâu lớn hơn đáy vết nứt 0,3 đến 0,5m với bề rộng đáy tối thiểu 0,5m rồi đắp đất đầm chặt lại.

+ Trường hợp có nhiều vết nứt nghiêm trọng với chiều sâu lớn không thể đào để đắp lại được thì phải khoan phụt hỗn hợp vữa đất-xi măng để bịt kín.

3. Duy tu bảo dưỡng công trình bê tông và bê tông cốt thép

- Khi các khối bê tông có vết nứt ở mặt ngoài, có thể dùng vữa xi măng pha phụ gia cường độ cao (hoặc phụ gia chống thấm khi yêu cầu chống thấm) để bịt lại bằng phương pháp trát (khi vết nứt nông) hoặc khoan phụt (khi nhiều vết nứt lớn và sâu).

- Khi lớp bê tông bề mặt bị xộp, bị nổ tróc lên do xâm thực thì cần đục bỏ, quét lớp vữa phụ gia cường độ cao, sau đó ốp cốt pha đổ bê tông lại phần đã đục bỏ đi.

- Các khe co giãn phòng lún bị hở ra, cần đổ nhựa đường nóng chảy bịt kín lại để chống thấm và chống xâm thực bê tông.

- Trước khi tháo nước qua cống, cần dọn sạch đá sỏi để tránh gây bào mòn sàn tiêu năng.

4. Duy tu bảo dưỡng kết cấu gỗ

- Chống mục gỗ bằng việc quét phủ lên lớp thuốc chống nấm.

- Kiểm tra, xiết chặt lại các bu lông, các thanh giằng, tăng dơ.

- Xiết chặt lại các đai cột gỗ.

- Thay thế các thanh gỗ đã bị mục, mối, mọt.

§21.3. QUAN TRẮC CÔNG TRÌNH THUỶ LỢI

I. Mục đích

Quan trắc là nhiệm vụ không thể thiếu trong quản lý, khai thác công trình thủy lợi. Ngay trong quá trình thiết kế, đặc biệt là khi thi công phải chú ý đặt và chôn các thiết bị quan trắc, bố trí phương tiện và thiết bị để kiểm tra, bảo dưỡng và sửa chữa công trình.

Các số liệu kết quả quan trắc là tài liệu rất quan trọng để phân tích, kiểm tra, kiểm định kết quả tính toán, xác định các nguyên nhân gây ra hư hỏng, sự cố, đề ra giải pháp sửa chữa, cũng như phục vụ cho công tác tổng kết nghiên cứu khoa học.

II. Yêu cầu

Công tác quan trắc phải đáp ứng một số yêu cầu sau đây:

- Quan trắc đầy đủ các thông số phục vụ cho các chuyên đề cần nghiên cứu, ví dụ như: mực nước, lưu tốc để phục vụ xác định lưu lượng dòng chảy qua công trình, mực nước ngầm, áp lực nước lỗ rỗng, lún bề mặt để xác định đường bão hoà và quá trình cố kết thắm ...
- Thời gian và số lần quan trắc phải đủ mức chi tiết cần thiết để nghiên cứu, ví dụ, đối với lũ lớn nhưng thời gian lũ lên và lũ rút ngắn thì cần tăng số lần đo mực nước và lưu tốc ...
- Cần quan trắc đồng thời các hiện tượng khi chúng có quan hệ hữu cơ với nhau, ví dụ như để đánh giá ổn định và độ bền của các đập bằng vật liệu tại chỗ cần quan trắc đồng thời về thắm, ứng suất và biến dạng tại các điểm trong thân đập.
- Từ kết quả đo đạc được cần chỉnh biên, lập các bảng biểu, xây dựng dữ liệu để phân tích, đánh giá và rút ra kết luận.

III. Phương pháp và thiết bị quan trắc

Các phương pháp quan trắc thường dùng bao gồm:

- Quan trắc bằng mắt những hiện tượng dễ nhìn thấy như nứt nẻ, sạt lở, rò rỉ nước, lún bề mặt ...
- Lắp đặt cố định các thiết bị đo ở bề mặt công trình như máy thăng bằng đo lún, máy đo biến dạng, máy đo mực nước tự ghi ...
- Lắp đặt cố định các thiết bị đo ở bên trong thân công trình như máy đo nhiệt độ, độ ẩm, áp lực đất, áp lực nước lỗ rỗng, biến dạng ...
- Dùng các thiết bị di động cho từng đợt quan trắc cần thiết như máy ảnh, máy quay video, máy đo lưu tốc, máy đo siêu âm dò khuyết tật, máy đo sâu hồi âm...

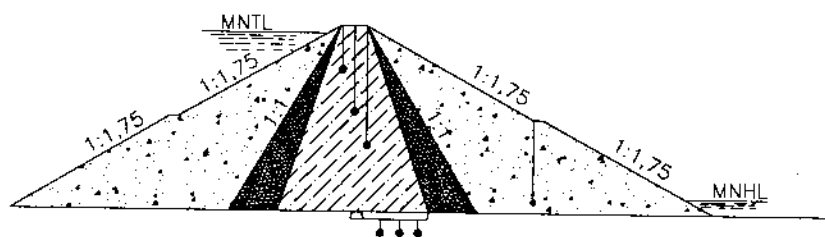
Thiết bị đo có nhiều loại khác nhau, tùy theo mục đích đo và độ chính xác yêu cầu, ví dụ:

- Dụng cụ đo đơn giản như thước đo dài, phao, ống dẫn thẳng bằng... Các dụng cụ đơn giản này được dùng trong các trường hợp cần xác định nhanh hiện tượng xảy ra, không đòi hỏi độ chính xác cao.
- Thiết bị quan trắc quang học như các máy đo thăng bằng để đo lún, máy laser để kiểm tra và hiệu chỉnh độ nâng đều của các cửa van...
- Các thiết bị quan trắc dùng nguyên lý đo điện, bán dẫn, điện tử và vi mạch như các đầu đo sóng, áp lực nước lỗ rỗng, áp lực đất, biến dạng...
- Các máy móc, thiết bị quan trắc hiện đại hiện nay thường được thiết kế theo nguyên lý mạng. Các tín hiệu đo được chuyển về thiết bị vi xử lý thành các tín hiệu số, sau đó được xử lý, hiệu chỉnh, phân tích trên máy tính nhờ có các phần mềm chuyên dụng.

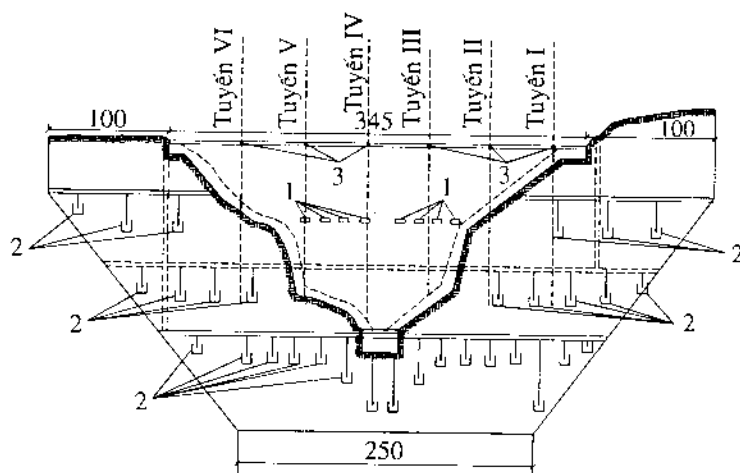
VI. Quan trắc các công trình đầu mối

Đối với các công trình đầu mối thủy lợi nội dung quan trắc chủ yếu bao gồm:

- Diễn biến mực nước ở thượng lưu và ở hạ lưu công trình và ở trong kênh;
- Phân bố lưu tốc và lưu lượng tháo qua đập tràn, lưu lượng nước lấy vào kênh;
- Phân bố của dòng bùn cát lơ lửng và bùn cát đáy, bồi lắng thượng lưu trước cửa lấy nước;
- Xói lở và sự hạ thấp mực nước ở hạ lưu;
- Tình hình sạt lở bờ hồ chứa;
- Tình hình lún bề mặt và hư hỏng bề mặt công trình;
- Diễn biến đường bão hoà, lưu lượng thấm và biến hình thấm của thân, nền và hai bên vai công trình;
- Mức độ nứt nẻ, độ võng, rò rỉ của các kết cấu bê tông, bê tông cốt thép, kết cấu thép;
- Hiện tượng xâm thực, ăn mòn bê tông và đá nền;
- Hiện tượng khí thực và chấn động của các công trình tháo nước;
- Đối với các đập cao còn đòi hỏi quan trắc chuyển vị dọc theo phương dòng chảy, chuyển vị theo phương ngang, áp lực nước kẽ rộng trong tường lõi, tường nghiêng, sân phủ, biến dạng của các bộ phận chịu lực lớn và chống thấm, áp lực nước sau màng chống thấm ...



Hình 21-1. Sơ đồ bố trí ống đo áp trong thân đập và sau màng chống thấm



Hình 21-2. Sơ đồ bố trí dụng cụ quan trắc trong đập đất

1. Thiết bị đo áp lực chấn động, 2. Ống đo áp lực nước ngầm, 3. Móc quan trắc lún

§21.4 PHÒNG CHỐNG LŨ CHO CÔNG TRÌNH THUỶ LỢI

I. Mục đích, yêu cầu và nội dung

Nước ta nằm trong vùng địa lý nhiệt đới gió mùa thường xuyên xảy ra lũ lớn. Vì vậy, phòng chống lũ cho công trình thuỷ lợi là nhiệm vụ thường xuyên hàng năm không thể thiếu được nhằm giảm thiểu thiệt hại về người và của ở các địa phương, tránh các sự cố, hư hỏng, thậm chí các thảm hoạ có thể xảy ra nếu hồ chứa lớn bị vỡ.

Nội dung phòng chống lũ cho công trình thuỷ lợi bao gồm:

- Dự báo lũ hàng năm (dự báo dài hạn) để có kế hoạch phòng chống và dự báo ngắn hạn (cho từng trận lũ) để phục vụ cho phương án vận hành hồ chứa hợp lý nhất.
- Lập phương án công trình phòng lũ như bố trí công trình xả lũ tạm, công trình xả lũ kiểu cầu chì, công trình phân lũ, công trình làm chậm lũ ...
- Chuẩn bị đầy đủ vật tư, vật liệu, phương tiện đảm bảo giao thông, thông tin để dự phòng chống lũ tại chỗ như đá học, rọ thép, bao tải, tre, xuống cứu hộ ...
- Huấn luyện kỹ thuật và thao diễn thực tập chống lũ lụt.

II. Một số biện pháp tình thế chống lũ

Khi có lũ vượt quá lũ thiết kế, nước tràn qua đỉnh đập, đe dọa an toàn của đập, có thể xử lý như sau:

- Đắp con trạch trên đỉnh đập bằng đất, bao tải đất, gỗ tẩm, cọc để tạm thời nâng cao đỉnh đập;
- Mở thêm tràn tạm để tăng khả năng tháo lũ, giảm thấp mực nước hồ.

Khi trong hồ có sóng lớn làm hỏng lớp bảo vệ mái, xói lở mái đập có thể xử lý bằng cách:

- Giảm bớt tác động của sóng vào mái đập bằng việc thả các bè nổi ghép bằng các cây gỗ, tre còn nguyên cành, các bó cành cây;
- Củng cố mái đập bằng cách thả các bó rỗng tre, rọ đá.

Khi phát hiện có nước đục rò rỉ ra hạ lưu đập, hoặc có nước thấm lậu ra từ các hang hốc cần khẩn cấp làm tầng lọc ngược, đón và dẫn nước thấm thoát ra ngoài bằng các máng, tránh làm sũng đất gây sạt lở; đồng thời, tìm các cửa hang, vết nứt ở mái đập thượng lưu để bịt lại bằng đất sét.

Khi mái đập đất bị sạt lở, trước hết làm tầng lọc ngược, đón và dẫn nước thấm thoát ra ngoài, không để khối trượt ngấm nước, sạt trượt phát triển thêm; sau đó xếp bao tải cát hộ chân, đắp lại mái dốc ổn định.

Khi dòng chảy gây xói lở hạ lưu cống có thể xử lý theo các cách sau:

- Thả các bó cành cây, rọ đá để lấp hố xói;
- Thả rọ đá, bao tải đất ở hạ lưu hố xói để làm đập tràn tạm nâng cao mực nước và giảm xói lở;
- Thả rỗng tre, rọ đá tạo kè bảo vệ bờ lòng dẫn thoát lũ.

§21.5. SỬA CHỮA CÔNG TRÌNH THUỖ LỢI

I. Mục đích, yêu cầu

Sửa chữa hư hỏng của các kết cấu hoặc bộ phận công trình nhằm giữ cho công trình an toàn ổn định, khôi phục lại điều kiện làm việc, độ bền và trạng thái hoạt động bình thường của chúng.

Khi tiến hành sửa chữa, cần đảm bảo các yêu cầu sau đây:

- Xác định rõ nguyên nhân đã gây ra hư hỏng sự cố để "điều trị đúng bệnh";
- Không được làm hư hỏng mở rộng và trầm trọng hơn;
- Đảm bảo nối tiếp tốt giữa phần công trình cũ và phần mới sửa;
- Khi bố trí lại kết cấu, hoặc tăng thêm trọng lượng, tải trọng tác dụng lên công trình thì phải tính toán kiểm tra lại ổn định và độ bền của kết cấu và của toàn bộ công trình;
- Tận dụng vật liệu, thiết bị cũ còn có thể tiếp tục sử dụng lại được;
- Cố gắng không hoặc ít gây ảnh hưởng đến điều kiện làm việc bình thường của công trình, nhanh chóng đưa công trình trở lại phục vụ sản xuất.

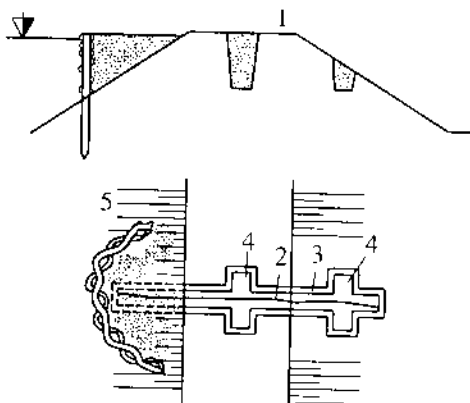
II. Một số loại sửa chữa

I. Sửa chữa nứt nẻ và rò rỉ

a) Đối với đập đất

- Khi thiết bị chống thấm bị hư hỏng tạo thành dòng thấm tập trung, có thể đắp đất sét phía mái đập thượng lưu để tạo thành tường nghiêng chống thấm, hoặc khoan phụt vữa chống thấm để khôi phục lại thiết bị chống thấm.

- Khi đập bị nứt theo phương mặt cắt ngang vuông góc với trục đập, khe nứt thông từ mặt đập thượng lưu về hạ lưu, có thể đắp đê quay quanh miệng vùng nứt phía thượng lưu, rồi đào rãnh dọc theo vết nứt, đào các rãnh nêm rồi đắp đất chèn lại (hình 21-3).



Hình 21-3. Xử lý khe nứt đắp đất thẳng góc với trục đập
1. Đỉnh đập, 2. Vết nứt, 3. Rãnh đào, 4. Rãnh nêm, 5. Đê quay

- Khi xảy ra xói ngầm, nước thoát ra đục, mang theo cát, cần phải làm tăng lọc ngược để ngăn cốt đất thoát ra dẫn đến moi rỗng thân đập; đồng thời có thể đắp đất sét phía mái đập thượng lưu để tạo thành tường nghiêng chống thấm, hoặc đắp mở rộng thân đập để giảm độ dốc thủy lực của dòng thấm, hạn chế rò rỉ.

b) Đối với đập bê tông

- Khi đập có các khe nứt thông từ thượng lưu về hạ lưu, có thể bố trí các lỗ khoan phụt vữa xi măng theo phương pháp tuyến với mặt vết nứt, từ đỉnh đập phía giáp mặt thượng lưu xuống, hoặc từ mái đập hạ lưu xiên vào.

- Khi đập có vùng bê tông bị xâm thực, thoái hoá, nếu dùng biện pháp khoan phụt thì ít có hiệu quả, do vậy cần đào bỏ và đổ lại bê tông.

- Khi đập có nhiều vết nứt, hoặc vùng bê tông cục bộ khi đổ đã không đầm chặt nên có nhiều lỗ rỗng bị thấm nước qua thì có thể chống thấm bằng cách: phụt vữa chống thấm, phụt vữa có đặt cốt thép và xi măng lưới thép ở mặt chống thấm, đổ ốp lớp nhựa đường lên mặt cần chống thấm, đúc bản bê tông chống thấm cho mặt đập.

c) Đối với rò rỉ nền và vai đập

Khi nền và vai đập bị rò rỉ nhiều, trước hết phải làm tăng lọc ngược cho nước trong thoát ra hạ lưu. Trong trường hợp này, nếu là đập bê tông trên nền đá thì có thể làm thêm các lỗ thoát nước để giảm áp lực thấm, đảm bảo ổn định cho đập. Các biện pháp xử lý chống thấm bao gồm:

- Khoan phụt tạo màng chống thấm cho nền và hai bên vai đập,

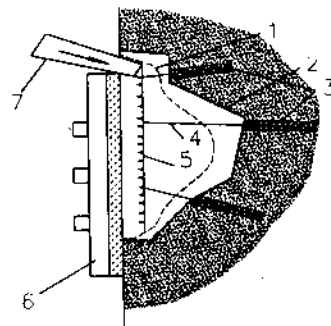
- Đổ đất sét xuống đáy sông phía thượng lưu và hai bên phía vai đập để tạo thành sân phủ chống thấm,

- Đào giếng thoát nước và làm tăng lọc ngược trong nền hoặc hai bên vai đập để giảm áp lực thấm và tăng ổn định thân đập.

2. Sửa chữa công trình thủy lợi bị lún và chuyển dịch

a) Đối với đập đá xếp, đá đổ bị lún sụt

Thân đập đá xếp, đá đổ bị lún sụt cần kiểm tra lại thiết bị chống thấm để bị hư hỏng. Khi sửa chữa đập cần đặc biệt chú ý đến thiết bị chống thấm.



Hình 21-4. Sơ đồ đổ lại bê tông bề mặt đập bị thoái hoá

1. Đường viền bê tông thoái hoá,
2. Đường viền đào khoét phần bê tông cũ,
3. Các hố khoan neo, 4. Cốt thép neo,
5. Cốt thép gia cố, 6. Cốt pha,
7. Máng đỡ bê tông

b) Đối với đập đất bị lún

Đối với đập đất bị lún đặc biệt cần chú ý kiểm tra cả thiết bị chống thấm và thiết bị thoát nước khi sửa chữa.

c) Đối với cống bị lún

- Nếu cống bị lún do xói ngầm trong đất nền gây ra thì trước hết cần làm tăng lọc ngược ở hạ lưu để lọc giữ cốt đất lại và thoát nước thấm, đồng thời bổ sung thêm thiết bị chống thấm phía thượng lưu, tiếp đến là tìm các giải pháp sửa chữa đảm bảo ổn định, độ bền và điều kiện làm việc bình thường cho cống.

- Nếu cống bị lún do đất nền yếu không đủ sức chịu tải thì có thể dùng biện pháp cọc vây quanh cống để gia cường khả năng chịu tải của nền.

d) Đối với các công trình bị chuyển dịch quá nhiều

Khi các cống, các đập bê tông có chiều cao nhỏ... bị chuyển dịch quá nhiều, có thể sử dụng các biện pháp sau để xử lý:

- Tăng thêm lực chống đỡ bằng cách đóng cọc và đổ bê tông gia cố sâu sau;
- Bơm nước thấm trong nền để giảm áp lực đẩy ngược dưới đáy công trình;
- Làm sân trước bê tông cốt thép vừa để chống thấm, vừa neo cốt thép vào thân công trình để tăng ổn định chống trượt.

3. Sửa chữa mái đập đất bị trượt

- Trước khi đắp lại phải đào và dọn sạch khối đất trượt,
- Nếu trong nền có lớp đất mềm yếu gây sụt lở mái đập thì phải đào bỏ, đặt thiết bị thoát nước đắp lại bằng đất tốt,
- Nếu trên mặt cắt của đập bố trí các khối đất đắp không hợp lý dẫn đến làm dâng cao đường bão hoà, giảm sức kháng cắt của đất, gây ra sạt trượt mái, thì trước hết phải tìm biện pháp đặt thiết bị tiêu thoát nước thấm để dâng ra hạ lưu, tăng cường chống thấm phía mái đập thượng lưu, hạ thấp đường bão hoà, sau đó đắp lại mái đập.

- Nếu do mực nước hồ rút nhanh, hoặc do mái thượng lưu quá dốc mà gây ra trượt thì phải đắp lại mái thoải hơn, đồng thời bố trí tầng lọc ngược tiêu thoát nước bên dưới lớp gia cố chống sóng bảo vệ mái.

4. Sửa chữa cống bị xói lở

Trước hết, cần xác định rõ nguyên nhân gây ra xói lở để đề ra các biện pháp xử lý thích hợp. Cần chú ý một số biện pháp sau đây:

- Xây dựng quy trình vận hành cống, đặc biệt là trình tự đóng mở cửa van một cách hợp lý;
- Củng cố thiết bị tiêu năng đảm bảo tiêu năng hiệu quả cao để hạn chế xói lở;
- Ngưỡng cống, sân và mố tiêu năng chịu tác động lớn của các lực xung kích, rung động, vì thế cần gia cố cốt thép bề mặt để chống xói, chống khí thực;
- Bố trí các lỗ thoát nước một cách hợp lý để giảm áp lực đẩy ngược lên cống;
- Nếu cống xây trên nền đá, có thể đặt các neo cốt thép cắm vào nền đá để tăng cường ổn định chống trượt cho cống;
- Nếu vùng xói lở chưa ảnh hưởng đến ổn định của cống, có thể thả rọ đá để củng cố hạ lưu cống.

5. Xử lý đập bằng vật liệu địa phương bị vỡ

Khi đập đất, đập đá, đập đất đá hỗn hợp bị vỡ, trước hết phải hàn khẩu bằng cách bảo vệ vững chắc hai đầu mố, không cho mở rộng miệng vỡ, thả rồng tre, rồng đá, rọ đá, bao tải đất để bịt lỗ vỡ. Tìm mọi cách hạ thấp mực nước thượng lưu, sau đó đắp đê quây, dọn sạch khối đất đá đã lún bùn, đắp lại thân đập.

§21.6. TÔN CAO, MỞ RỘNG CÔNG TRÌNH ĐẬP

Sau một thời gian khai thác, công trình thuỷ lợi nói chung và các công trình đập nói riêng, có thể cần phải tôn cao mở rộng nhằm đáp ứng yêu cầu tăng dung tích hồ chứa để tăng thêm lưu lượng cấp nước. Thông thường cần tôn cao, mở rộng công trình thuỷ lợi vì các lý do sau đây:

- Công trình đầu mối thuỷ lợi được phân ra nhiều giai đoạn thi công để giảm sự tập trung vốn đầu tư và từng bước khai thác công trình có hiệu quả phù hợp với sự phát triển kinh tế của địa phương, nay cần xây dựng ở giai đoạn tiếp theo;
- Do sản xuất của vùng công trình đảm nhiệm phát triển dẫn đến yêu cầu cần phải mở rộng nhiệm vụ, tăng năng lực của công trình thuỷ lợi;
- Do cần cải tiến, hiện đại hoá quản lý vận hành các công trình đầu mối thuỷ lợi;
- Các công trình đầu mối thuỷ lợi có thiếu sót, nay cần sửa chữa khắc phục...

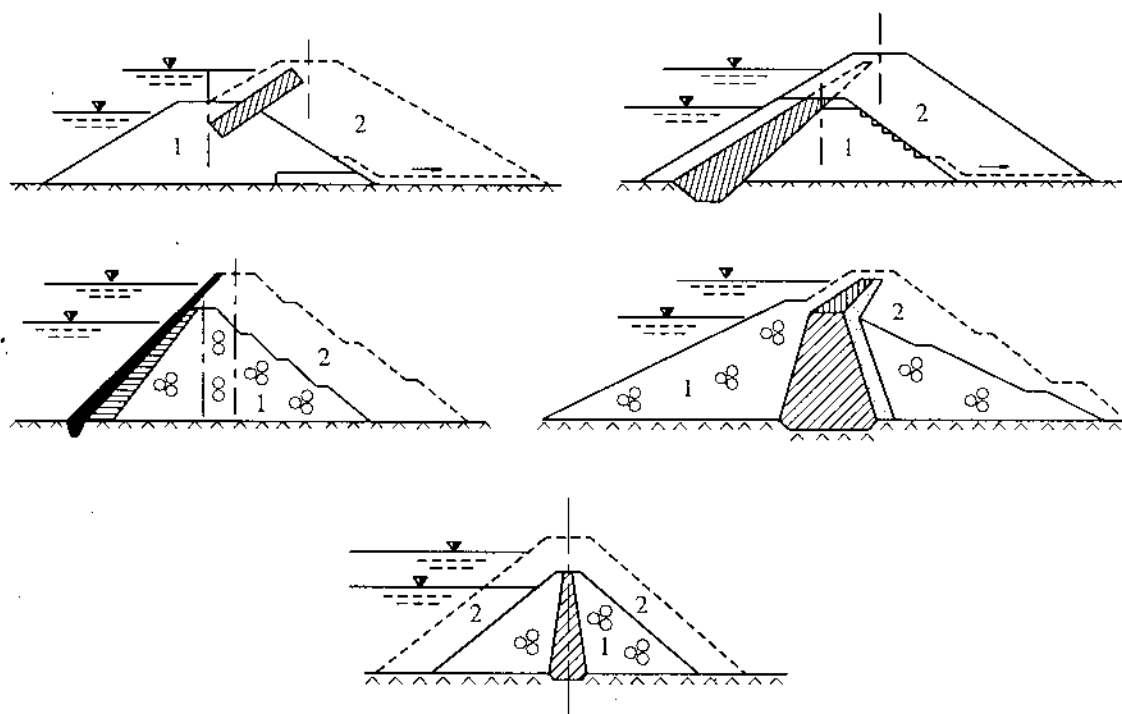
I. Tôn cao, mở rộng đập bằng vật liệu địa phương

Tôn cao, mở rộng đập đất, đập đá, đập đá đổ và đất đá hỗn hợp thường tiến hành trong điều kiện không phải tháo cạn hồ chứa. Khối đắp tôn cao, mở rộng chủ yếu thông thường là ở phía hạ lưu của đập (hình 21-5).

Đối với đập đất đồng chất, có thể đắp thêm ở phía thượng lưu bằng phương pháp bồi lắng (nếu dùng phương pháp đầm nén thì buộc phải tháo cạn hồ chứa).

Cần cải tiến, mở rộng thiết bị thoát nước và nâng cao thiết bị chống thấm tường nghiêng, tường lõi khi đắp tôn cao, mở rộng đập.

Chú ý việc chọn đất đắp phải phù hợp với sơ đồ mặt cắt tôn cao, mở rộng. Bố trí đất đắp có tính thấm nước khác nhau cần theo nguyên tắc: phòng thấm cho đập ở phía mái đập thượng lưu, thoát nước thấm về phía mái đập hạ lưu để hạ thấp đường bão hoà thấm.

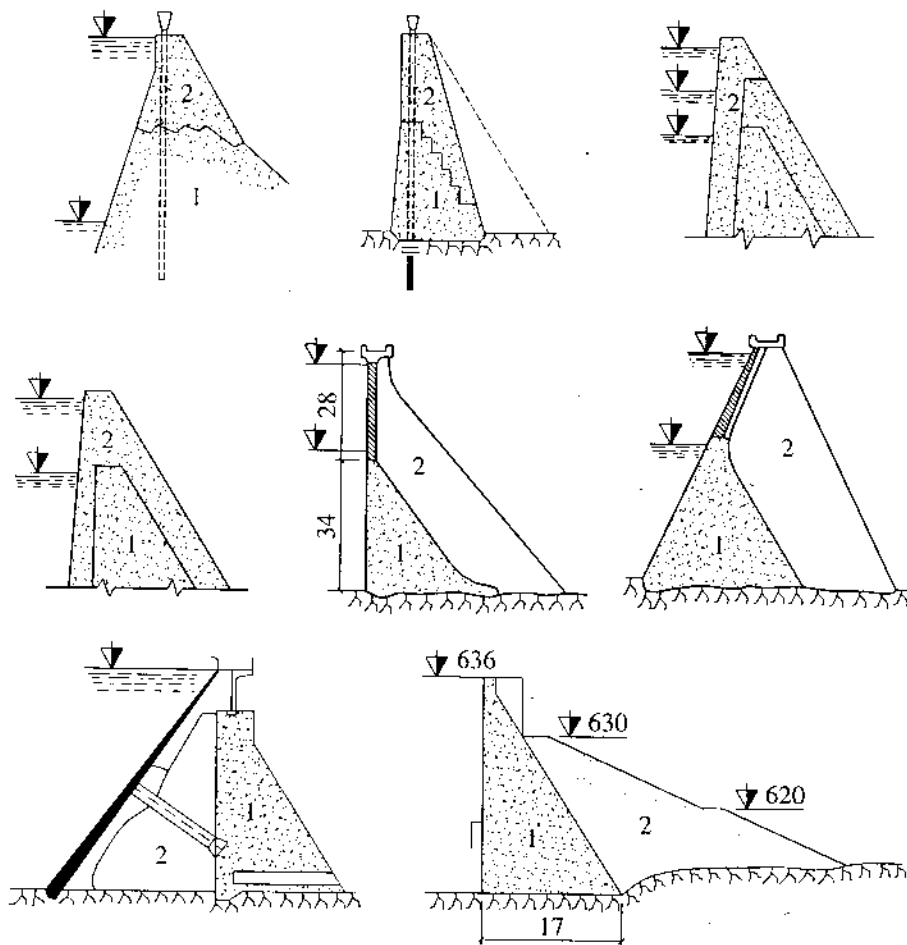


Hình 21-5. Một số giải pháp tôn cao và mở rộng đập bằng vật liệu địa phương
1. Khối đập cũ, 2. Khối đập tôn cao, mở rộng

II. Tôn cao, mở rộng đập bê tông và bê tông cốt thép

Thông thường, mặt cắt đập bê tông trọng lực có thể được tôn cao, mở rộng về phía thượng lưu hoặc về phía hạ lưu tùy theo điều kiện có tháo cạn hồ hay không.

Cần chú ý là phải đảm bảo ổn định và độ bền cho toàn đập. Đặc biệt, sau khi tôn cao, mở rộng đập, tải trọng tác dụng lên khối đập cũ và khối đập mới gây ra sự phân bố ứng suất khác với trường hợp mặt cắt đập liền khối được thi công một giai đoạn. Các mặt tiếp giáp, các vùng nối tiếp dễ phát sinh ứng suất kéo. Vì vậy, cần phải gia cường, đảm bảo chất lượng các khu vực này (hình 21-6).



Hình 21-6. Một số giải pháp tôn cao và mở rộng đập bê tông trọng lực
1. Khối đập cũ, 2. Khối đập tôn cao, mở rộng

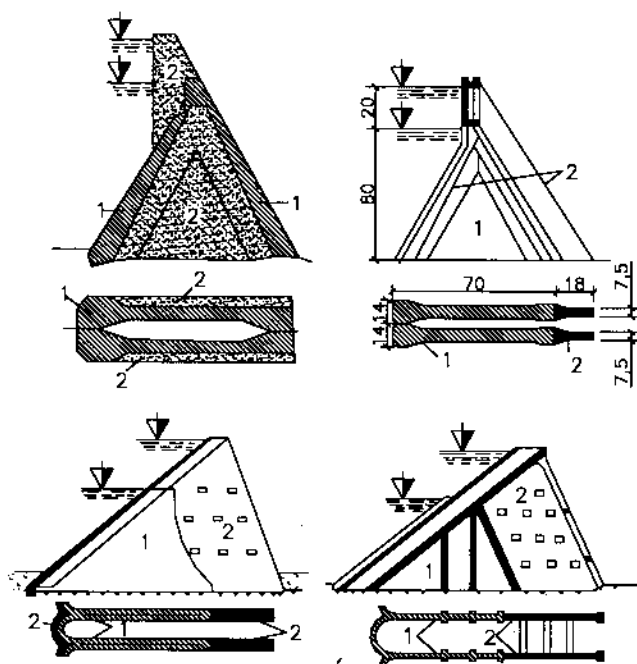
Trong trường hợp chất lượng thân đập bê tông trọng lực và nền đá tốt, độ dự trữ an toàn ổn định của đập cao, có thể tôn cao đập bằng cách neo cáp ứng suất trước khối đập thượng lưu xuống nền, mà không phải mở rộng mặt cắt theo phương ngang.

Nếu khối đập cũ có tính thấm nước lớn, nên mở rộng đập về phía thượng lưu để tăng cường chống thấm và cả hai khối đập cũ và mới sẽ cùng kết hợp chịu áp lực nước thượng lưu tác dụng theo phương ngang.

Nếu cho phép tháo cạn hồ chứa thì có thể so sánh để chọn phương án mở rộng mặt cắt đập về phía thượng lưu, hay phía hạ lưu, hoặc mở rộng theo cả hai phía.

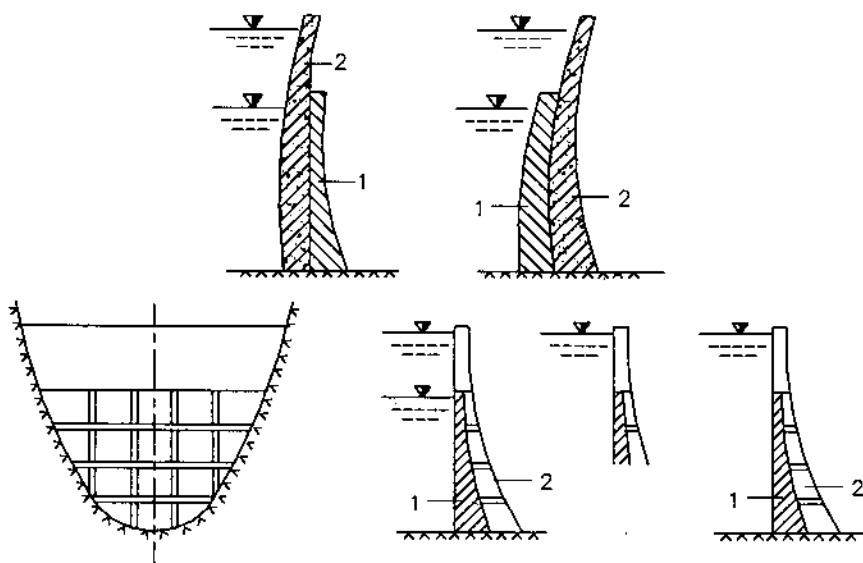
Nếu yêu cầu tôn cao không lớn thì có thể tôn cao đập bằng cách làm tường bê tông chắn nước và làm tường chống phía sau để đảm bảo ổn định.

Đối với đập bản chống, có thể tôn cao, mở rộng bằng cách mở rộng trụ phía hạ lưu, gia cố và tôn cao bản chắn nước; hoặc đổ bê tông lấp đầy các khoang giữa các trụ cải tạo đập thành đập trọng lực (hình 21-7).



Hình 21-7. Giải pháp tôn cao và mở rộng đập bần chống
1. Khối đập cũ, 2. Khối đập tôn cao, mở rộng

Đối với đập vòm, có thể tôn cao, mở rộng đập về phía thượng lưu, hoặc hạ lưu khối đập cũ (hình 21-8).



Hình 21-8. Giải pháp tôn cao và mở rộng đập vòm
1. Khối đập cũ, 2. Khối đập tôn cao, mở rộng

Chương 22

NGHIÊN CỨU CÁC CÔNG TRÌNH THỦY LỢI

§22.1. KHÁI QUÁT

Nghiên cứu trong phòng thí nghiệm, trên các mô hình và ngoài thực địa các công trình thủy lợi là phương pháp quan trọng và tin cậy để kiểm tra kết quả thiết kế và tiếp tục phát triển lý thuyết.

Nghiên cứu công trình thủy lợi thường dùng hai hình thức: nghiên cứu trong phòng thí nghiệm và nghiên cứu ngoài thực địa.

Nghiên cứu trong phòng thí nghiệm thông thường dùng ba loại: thí nghiệm các chỉ tiêu, thí nghiệm bằng mô hình và thí nghiệm tổng quát.

Thí nghiệm các chỉ tiêu để đánh giá chất lượng vật liệu và nền công trình, tính chất cơ lý... bằng phương pháp chuẩn và bằng máy móc theo quy phạm quy định. Thí nghiệm mô hình được tiến hành để giải quyết các vấn đề của một công trình hay một bộ phận của công trình cụ thể. Thí nghiệm tổng quát với mục đích nghiên cứu quy luật chung của hiện tượng và giải quyết những vấn đề khoa học chung có tính nguyên tắc của việc phát triển lý thuyết về thực tiễn xây dựng cũng như việc quản lý các công trình thủy lợi.

Trong phòng thí nghiệm thường tiến hành nghiên cứu những vấn đề thủy lực, trong đó có cả khí thực và thấm; nghiên cứu về kết cấu, ổn định, biến dạng và điều kiện làm việc của các bộ phận dưới tác dụng lực tĩnh và động.

Nghiên cứu thực địa có quan hệ chặt chẽ với quá trình thi công, quản lý và sử dụng công trình sau này. Nội dung nghiên cứu bao gồm đo đạc quá trình lún, chuyển dịch, biến dạng của công trình và nền; vấn đề thấm, áp lực đẩy nổi, nứt nẻ trong bê tông; tình hình nhiệt độ và ứng suất của đất, bê tông, cốt thép; mực nước và xói lở bờ; áp lực mạch động dòng chảy và chấn động công trình; tình hình dòng chảy và các yếu tố thủy lực ở thượng hạ lưu v.v... Qua nghiên cứu thực địa ta thu được tài liệu chính xác về tình hình làm việc của công trình trong thời kỳ thi công và sử dụng, góp phần đánh giá chất lượng thiết kế, kịp thời đề xuất cải tiến phương án và bổ sung thiếu sót, đồng thời cho những tài liệu kiểm tra các phương pháp đã dùng trong thiết kế, độ chính xác của những kết luận khi nghiên cứu bằng mô hình, phân tích lý luận, chọn các hệ số... để nâng cao trình độ thiết kế và tiến hành nghiên cứu khoa học giải quyết những vấn đề mà lý luận hoặc mô hình chưa thể giải đáp.

§22.2. THÍ NGHIỆM THỦY LỰC CÔNG TRÌNH

Lúc thiết kế công trình thủy công, có nhiều vấn đề về thủy lực công trình chưa được giải quyết đầy đủ. Người ta phải tiến hành nghiên cứu trên các mô hình thủy lực. Các mô hình đó được chế tạo theo nguyên lý tương tự về cơ học. Tính tương tự chủ yếu là tương tự về hình học, động học và động lực học. Tùy theo tính chất mô hình, người ta chia thành các loại mô hình chỉnh thể, nửa chỉnh thể, mô hình cục bộ và mô hình mặt cắt. Các mô hình sông ngòi, mô hình bố trí hệ thống đầu mối là những mô hình chỉnh thể. Một số mô hình để giải quyết bài toán phẳng của công trình gọi là mô hình mặt cắt.

I. Lý luận mô hình thủy lực

Để tiến hành thí nghiệm cũng như việc tính đổi từ các đại lượng thủy lực của mô hình ra thực tế, người ta phải dựa vào lý luận tương tự mô hình thủy lực.

Dựa vào định luật cơ học của Niuton, các định luật tương tự đối với thực tế và mô hình như sau:

$$F_t = M_t \frac{dV_t}{dt_t} \text{ và } F_m = M_m \frac{dV_m}{dt_m}; \quad (22-1)$$

trong đó:

Các chỉ số "t" để chỉ các đại lượng trong thực tế và "m" để chỉ các đại lượng trong mô hình;

F - lực, M - khối lượng, V - lưu tốc, t - thời gian

Gọi a - gia tốc, ρ - khối lượng riêng, l - chiều dài, ta có:

$$\frac{F_t}{F_m} = \frac{M_t \cdot a_t}{M_m \cdot a_m} = \frac{\rho_t l_t^4 t_m^2}{\rho_m l_m^4 t_t^2} = \frac{\rho_t l_t^2 V_t^2}{\rho_m l_m^2 V_m^2};$$
$$\frac{F_t}{\rho_t l_t^2 t_t^2} = \frac{F_m}{\rho_m l_m^2 t_m^2} = Ne; \quad (22-2)$$

Trị số Ne được gọi là tiêu chuẩn chung về tương tự cơ học của Niuton. Trong các hiện tượng tương tự động học, tiêu chuẩn tương tự bằng:

$$Ne_t = Ne_m; \quad (Ne = idem); \quad (22-3)$$

Sau đây sẽ giới thiệu các tiêu chuẩn tương tự riêng rẽ.

1. Tiêu chuẩn Phorút

Xét sự tương tự thủy động lực học khi trọng lực G giữ tác dụng chủ yếu:

$$\frac{F_t}{G_t} = \frac{F_m}{G_m} \text{ hoặc } \frac{F_t}{F_m} = \frac{G_t}{G_m}; \quad (22-4)$$

trong đó: $G = \gamma l^3$, $\gamma = \rho g$.

Thay các trị số vào ta có:

$$\frac{\rho_l l_t^2 V_l^2}{\rho_m l_m^2 V_m^2} = \frac{\gamma_l l_t^3 g_l}{\gamma_m l_m^3 g_m}$$

hoặc:

$$\frac{V_m^2}{g_m l_m} = \frac{V_l^2}{g_l l_l} = Fr ; \quad (22-5)$$

trong đó: $Fr = \frac{V^2}{gl}$ = idem gọi là tiêu chuẩn Phorút.

Như vậy, lúc trọng lực giữ tác dụng chủ yếu thì sự tương tự về thủy động lực học chỉ có thể có khi trong thực tế và trong mô hình cũng có một trị số Phorút như nhau.

2. Tiêu chuẩn Râyôn

Xét sự tương tự về thủy động lực học lúc lực ma sát T giữ tác dụng chủ yếu:

$$\frac{F_l}{F_m} = \frac{T_l}{T_m} ; \quad (22-6)$$

trong đó:

$$T = \mu \omega \frac{dV}{dn} ;$$

μ - hệ số nhớt;

ω - diện tích mặt ma sát;

$\frac{dV}{dn}$ - gradient lưu tốc theo phương pháp tuyến.

thay các trị số vào công thức (22-6) ta có:

$$\frac{\rho_l l_t^2 V_l^2}{\rho_m l_m^2 V_m^2} = \frac{\mu_l l_t^2 V_l^2 l_m}{\mu_m l_m^2 V_m^2 l_t}$$

Thay $\mu = \rho \nu$ (ν - hệ số nhớt động học) ta có:

$$\frac{V_l l_t}{\nu_l} = \frac{V_m l_m}{\nu_m} = Re ; \quad (22-7)$$

trong đó: $Re = \frac{Vl}{\nu}$ = idem gọi là tiêu chuẩn Râyôn.

Như vậy, lúc lực ma sát giữ tác dụng chủ yếu thì sự tương tự về thủy động lực học chỉ có thể có khi trong thực tế và trong mô hình cũng có trị số Râyôn như nhau.

Muốn vậy chất lỏng trong mô hình và trong thực tế phải có hệ số nhớt khác nhau. Nếu trong mô hình cũng dùng một chất lỏng (nước) thì $V_l l_t = V_m l_m$ nghĩa là chiều dài mô hình và lưu tốc tỷ lệ nghịch với nhau.

3. Các tiêu chuẩn khác:

- Khi áp lực P giữ tác dụng chủ yếu, ta có tiêu chuẩn Ôle (Eu):

$$\frac{\rho_l V_l^2}{P_l} = \frac{\rho_m V_m^2}{P_m} = Eu ; \quad (22-8)$$

- Khi lực tác dụng chủ yếu là sức căng mặt ngoài, ta có tiêu chuẩn Vêbe (We):

$$\frac{\rho_l l_l V_l^2}{C_l} = \frac{\rho_m l_m V_m^2}{C_m} = We ; \quad (22-9)$$

với: C - lực kéo bề mặt.

- Khi lực tác dụng chủ yếu là lực đàn hồi, ta có tiêu chuẩn Côsi (Ca):

$$\frac{\rho_l V_l^2}{E_l} = \frac{\rho_m V_m^2}{E_m} = Ca ; \quad (22-10)$$

với: E - môđun đàn hồi

Như trên, chúng ta thấy rằng lúc có nhiều lực cùng tác dụng đồng thời thì sự tương tự hoàn toàn về thuỷ động lực học giữa mô hình và thực tế không thể thực hiện được. Nhưng đa số trường hợp trọng lực thường giữ tác dụng chủ yếu so với các lực khác. Lúc đó chúng ta dựa vào tiêu chuẩn Phorút để tiến hành thí nghiệm mô hình cũng đủ. Tác dụng của lực nhớt có trường hợp không đáng kể, lúc cần xét đến cũng có thể hiệu chỉnh bằng cách tiến hành thí nghiệm trên các mô hình có tỷ lệ khác nhau.

II. Quy tắc đối kết quả thí nghiệm mô hình ra thực tế

Lúc thí nghiệm thuỷ lực, thường dùng nước để thí nghiệm tức là $\gamma_l = \gamma_m$, $\rho_l = \rho_m$.

Gọi λ_l là tỷ lệ hình học bậc nhất của mô hình, tỷ lệ lưu tốc λ_v , tỷ lệ thời gian λ_t và được xem xét hiện tượng mô hình theo tiêu chuẩn Phorút ($Fr = idem$) với điều kiện $g_l = g_m$ ($\lambda_g = 1$), theo công thức (22-5) ta có:

$$\begin{aligned} \frac{V_l^2}{V_m^2} &= \frac{l_l}{l_m} = \lambda_l ; \\ \lambda_v &= \frac{V_l}{V_m} = \sqrt{\lambda_l} ; \end{aligned} \quad (22-11)$$

và:

$$\begin{aligned} \frac{V_m}{V_l} &= \frac{l_m}{l_l} \frac{t_l}{t_m} = \sqrt{\lambda_l} ; \\ \lambda_t &= \frac{t_l}{t_m} = \sqrt{\lambda_l} ; \end{aligned} \quad (22-12)$$

Lúc tính theo tiêu chuẩn Rây-nôn với $v_m = v_t$ ($\lambda_v = 1$) thì tỷ lệ mô hình như sau:

$$\frac{V_t}{V_m} = \frac{l_m}{l_t} = \frac{l}{\lambda_1} ;$$

$$\lambda_v = \frac{1}{\lambda_1} ; \quad (22-13)$$

và:

$$\frac{t_m}{t_t} = \frac{l_m}{l_t} \cdot \frac{V_t}{V_m} ;$$

$$\lambda_t = \lambda_1^2 ; \quad (22-14)$$

Từ các quan hệ (22-11) ÷ (22-14) ta thấy rằng, kết quả tính đối từ mô hình sang thực tế theo tiêu chuẩn Phorút và Rây-nôn là khác nhau (bảng 22-1).

Bảng 22-1. Tỷ lệ mô hình thuỷ lực

Điều kiện mô hình	Trị số đo							
	Chiều dài	Diện tích	Thể tích	Thời gian	Lưu tốc	Gia tốc	Lưu lượng	Lực
Theo Phorút	λ_1	λ_1^2	λ_1^3	$\sqrt{\lambda_1}$	$\sqrt{\lambda_1}$	1	$\lambda_1^{2.5}$	λ_1^3
Theo Rây-nôn	λ_1	λ_1^2	λ_1^3	λ_1^2	λ_1^{-1}	λ_1^{-3}	λ_1	1

Nếu mô hình, có sự tác dụng đồng thời của trọng lực và lực ma sát, tức là:

$$Fr = \text{idem và } Re = \text{idem} ;$$

khi $\lambda_g = 1$ ($g_t = g_m$) ta có:

$$\lambda_v = \lambda_1^{1/2} ; \quad (22-15)$$

III. Điều kiện và phạm vi ứng dụng mô hình thuỷ lực

1. Điều kiện

Lúc làm mô hình, cần chú ý đến tỷ lệ mô hình, bảo đảm giữ đúng các điều kiện tương tự của các hiện tượng thuỷ lực suy từ các định luật tương tự.

- Dòng chảy trong mô hình phải cùng trạng thái với dòng chảy trong thiên nhiên. Nếu trong thiên nhiên là dòng chảy êm ($Fr < 1$) hay dòng chảy xiết ($Fr > 1$) thì trong mô hình cũng phải như vậy.

- Phải đảm bảo sự tương tự về độ nhám.

- Nếu trong thiên nhiên có hiện tượng hàm khí mà trong mô hình không thể thực hiện được thì kết quả thí nghiệm cần có sự hiệu chỉnh.

2. Phạm vi ứng dụng

Có thể dùng mô hình thủy lực để giải quyết các vấn đề có liên quan đến việc thiết kế:

- Khả năng tháo của công trình tháo nước và lấy nước (hệ số lưu lượng, áp lực).
- Tiêu năng ở hạ lưu công trình: kích thước, thiết bị sân tiêu năng và sân phủ, áp lực mạch động, phân bố áp lực và lưu tốc.
- Tác dụng của sóng lên tường, mái đập và bờ.
- Sự làm việc của cửa van, buồng xoắn turbin và ống hút, ống xả, âu thuyền và đường cá đi dưới tác dụng thủy lực.
- Đầu mối công trình: phương án bố trí, cách tháo lũ, cho tàu bè qua lại trong thời kỳ xây dựng và sử dụng, chặn dòng thi công v.v...

Người ta vừa tiến hành thí nghiệm trên những mô hình lòng cứng và lòng động, trong đó bùn cát và biến hình lòng sông giữ vai trò quan trọng, thường chỉ thu được kết quả định tính. Muốn có kết quả định lượng tương đối chính xác cần kết hợp nhiều tài liệu thí nghiệm và tài liệu tính toán.

Cũng cần biết thêm, người ta đã dùng nhiều loại mô hình toán học (mô hình tương tự) để giải quyết nhiều vấn đề thủy lực như mô hình khí (tương tự giữa khí và nước), mô hình điện (tương tự giữa dòng điện và dòng nước) v.v...

IV. Kỹ thuật và hiệu quả thí nghiệm mô hình

1. Kỹ thuật thí nghiệm

Vật liệu làm mô hình có thể là: gỗ, xi măng bê tông, chất dẻo, para-phin, kim loại v.v...

Các thiết bị đo cũng không phức tạp lắm, có thể dùng các loại kim đo mực nước; các ống đo áp, áp kế để đo áp lực; các loại phao, pitô, lôxiepski, lưu tốc kế để đo lưu tốc. Muốn đo các đại lượng thủy lực biến đổi nhanh (mạch động) thì dùng các thiết bị đặc biệt nhạy: những đại lượng thủy lực được biến thành các đại lượng điện qua các bộ phận cảm ứng, các đại lượng điện sau khi được khuếch đại được chuyển sang dao động ký; từ đó chúng ta có thể biết được sự biến thiên của các đại lượng thủy lực v.v...

Kỹ thuật điện ảnh được dùng vào việc nghiên cứu các hiện tượng thủy lực: chụp ảnh hướng dòng chảy bằng cách dùng phao nhỏ, hoa giấy, nước màu, hướng dòng ở sâu có thể dùng các hạt cầu nhỏ có trọng lượng riêng xấp xỉ bằng 1, các sợi dây nhỏ.

2. Hiệu quả thí nghiệm

Kinh phí để làm thí nghiệm mô hình thường rất ít, chiếm khoảng 0,2% vốn đầu tư xây dựng công trình. Nhưng qua thí nghiệm, có thể chọn được hình thức công trình hợp lý, an toàn hiệu quả kinh tế lớn (giá thành hạ). Hiệu quả đó nhiều lúc vượt xa kinh phí để làm mô hình.

Qua thí nghiệm mô hình, có thể tìm được hình thức mới như hình thức công trình tháo nước, hình thức tiêu năng, phương pháp mới về thi công. Do đó, ngày nay tất cả các công trình loại lớn đều qua thí nghiệm mô hình.

§22.3. THÍ NGHIỆM KẾT CẤU CÔNG TRÌNH

I. Cơ sở lý luận mô hình

Khi thiết kế và xây dựng các đập bê tông trên các loại nền có điều kiện địa chất khác nhau, cần phải xác định tình hình ứng suất, và ổn định có xét đến đặc điểm của nền. Phương pháp lý thuyết để tính toán công trình trên nền phức tạp đó rất khó chính xác. Vì vậy, phải dùng mô hình thí nghiệm. Mô hình thí nghiệm đập bê tông trọng lực thường dùng mô hình hai chiều, đối với đập trụ chống và đập vòm dùng mô hình không gian.

Khi vật liệu đập làm việc trong giai đoạn đàn hồi thì tiêu chuẩn tương tự cơ bản là tiêu chuẩn Húc (Hi):

$$H_i = \frac{\sigma_i}{\varepsilon_i E} = \text{idem}; \quad (22-16)$$

Tiêu chuẩn Húc đối với thực tế và mô hình ở các điểm tương ứng có cùng một trị số $H_i = H_{i_m}$ thì sự tương tự về trạng thái ứng suất giữa mô hình và thực tế được đảm bảo.

Với bài toán hai chiều, quan hệ giữa ứng suất và biến dạng ở mỗi một điểm trong công trình (trong mô hình) được xác định theo công thức:

$$\begin{aligned} \sigma_x &= \frac{E}{1-\mu^2} (\varepsilon_x + \mu \varepsilon_y); \\ \sigma_y &= \frac{E}{1-\mu^2} (\varepsilon_y + \mu \varepsilon_x); \\ \tau_{xy} &= \frac{E}{2(1+\mu)} [2\varepsilon_{45^\circ} (\varepsilon_x + \varepsilon_y)]; \end{aligned} \quad (22-17)$$

trong đó:

σ_x và σ_y - ứng suất pháp trên mặt phẳng ngang và mặt phẳng đứng;

τ_{xy} - ứng suất tiếp;

$\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_{45^\circ}$ - biến dạng tương đối theo trục x, trục y và dưới một góc bằng 45° ;

μ - hệ số Poisson.

Kết quả đo được tính đổi từ mô hình ra thực tế được sử dụng theo hệ số tỷ lệ như sau:

$$\begin{aligned} \lambda_l &= \frac{l_t}{l_m}; \quad \lambda_\sigma = \lambda_E = \frac{\sigma_t}{\sigma_m} = \frac{E_t}{E_m}; \\ \lambda_\varepsilon &= \lambda_\mu = 1; \end{aligned} \quad (22-18)$$

trong đó: $l_t, l_m, \sigma_t, \sigma_m, E_t, E_m$ - kích thước chiều dài, ứng suất, mô đun đàn hồi của thực tế và của mô hình.

II. Đặc điểm mô hình kết cấu

Khi chuẩn bị mô hình để nghiên cứu ứng suất của công trình, cần cứ vào công thức (22-16) với $\lambda_c = \lambda_\mu = 1$, cần đảm bảo quan hệ giữa các hệ số tỷ lệ như sau:

$$\frac{\lambda_\gamma \lambda_1}{\lambda_E} = \frac{\lambda_\rho \lambda_g \lambda_1}{\lambda_E} = 1 ; \quad (22-19)$$

Khi: $\lambda_g = 1 (g_t = g_m) ;$

$$\frac{\lambda_\rho \lambda_1}{\lambda_E} = 1 ; \quad (22-20)$$

Do biến hình trong mô hình thường rất nhỏ, khi thí nghiệm để đảm bảo độ chính xác đo, cần phải tạo cho biến hình được tăng thêm thì người ta thường dùng vật liệu có mô đun đàn hồi nhỏ, có khối lượng riêng và tải trọng đơn vị lớn hoặc tăng thêm phụ tải.

Để đo biến dạng trong mô hình, người ta dùng các loại máy đo biến dạng với nguyên tắc tác dụng khác nhau như: máy đo bằng cơ khí, bằng điện, bằng âm thanh, quang học, bằng sự kết hợp giữa quang điện và cơ khí. Loại máy được dùng rộng rãi để đo các biến dạng bé là máy đo biến dạng cự ly.

Thí nghiệm mô hình kết cấu còn được ứng dụng các phương pháp khác như:

- Phương pháp thí nghiệm mô hình dùng máy ly tâm cho phép xác định trị số an toàn về cường độ đến giai đoạn phá hoại. Ứng suất giới hạn trên mô hình do trọng lực và lực ly tâm gây ra bằng cách đặt mô hình lên máy ly tâm và quay với một gia tốc ly tâm để ứng suất trong mô hình tăng lên sao cho bằng trị số thực tế.

- Phương pháp thí nghiệm quang đàn hồi rất có hiệu quả đối với việc nghiên cứu tình hình ứng suất và biến dạng của các đập bê tông có hình dạng phức tạp: đập trụ chống, đập có hành lang, có đường ống trong thân đập v.v...

- Phương pháp tương tự (mô hình toán) để giải quyết những vấn đề phân tích ứng suất trong kết cấu.

§22.4. NGHIÊN CỨU THỰC ĐỊA VỀ THUỶ LỰC VÀ THẮM

I. Đo đạc về thủy lực

Đo đạc về thủy lực nhằm:

1. Kiểm tra tác dụng dòng chảy mặt lên công trình.
2. Kiểm tra độ chính xác phương pháp tính toán và kết quả thí nghiệm.

Với mục đích thứ nhất dùng các máy đo lưu tốc kế thông thường phù hợp với đặc điểm làm việc trong công trình để đo các mực nước, lưu tốc, lưu lượng qua công trình,

áp lực nước lên công trình và biến dạng lòng sông. Đối với chấn động công trình do trạng thái dòng chảy, dùng máy đo chấn động.

Để phân tích quá trình phá hoại bờ, mức độ bồi lắng hồ và sự di chuyển bùn cát có thể dùng phương pháp phóng xạ.

II. Đo đặc thấm trong đập đất và bờ

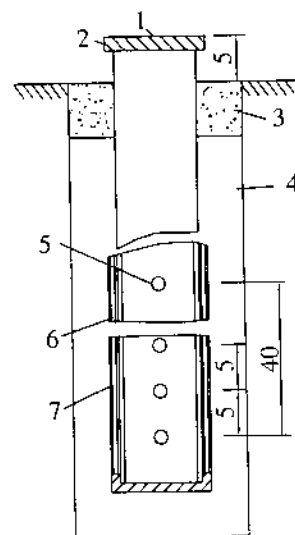
Mục đích:

1. Xác định vị trí đường bão hoà trong thân đập và sự thay đổi của nó.
2. Xác định lưu lượng thấm.
3. Xác định áp lực, lưu tốc và biến hình thấm.

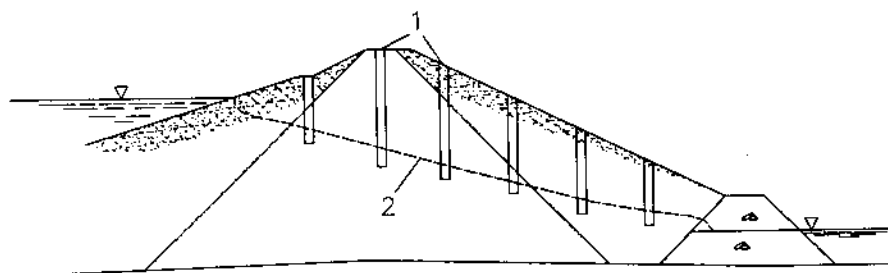
Thiết bị chủ yếu đo thấm là ống đo áp, máy đo áp, thước đo mực nước, đập tràn thành mỏng tam giác đo mực nước và lưu lượng v.v...

Áp lực thấm và vị trí đường bão hoà thường được xác định bằng ống đo áp. Ống đo áp làm bằng thép, có đường kính $d = 5 \div 15\text{cm}$, ở đoạn dưới có khoan lỗ và đặt lưới thép, đồng thời bọc vải ở ngoài. Ống đo áp đặt trong lỗ khoan, phía dưới có lót lớp sỏi dày 0,2m, sau đó đổ thêm lớp cát phía trên (hình 22-1).

Khi bố trí ống đo áp phải đảm bảo kết quả phản ánh được tình hình làm việc của sân phủ, tường chống thấm, thiết bị thoát nước và các bộ phận khác: xác định đường bão hoà được một cách dễ dàng. Tùy theo hình thức đập khác nhau mà bố trí ống đo áp (hình 22-2).



Hình 22-1. Cấu tạo ống đo áp
1.2. Nắp đáy; 3. Lớp bê tông; 4. Cát sỏi; 5. Lỗ; 6. Vải bọc; 7. Lưới thép



Hình 22-2. Bố trí ống đo áp trong đập đất
1. Ống đo áp; 2. Đường bão hoà

Đồng thời với việc xác định đường bão hoà, cần tiến hành đo lưu lượng, lưu tốc thấm, phân tích độ trong của nước thấm để xem có hiện tượng biến hình thấm hay không.

III. Đo đặc thấm trong công trình bằng bê tông

Đo đặc thấm trong công trình bằng bê tông chủ yếu là xác định áp lực thấm lên đáy công trình. Muốn đo áp lực đẩy nổi lên đáy đập thì miệng vào của ống đo áp hoặc của

máy đo áp được đặt ở các điểm của đường viền dưới đất (ở điểm đầu và cuối đường viền hai bên màng chống thấm, ở các mép biên giữa đáy đập, ở chỗ có thiết bị thoát nước v.v...). Ống đo áp bố trí ở các mặt cắt cần đo không nên ít hơn 2. Đối với nền không đồng nhất theo chiều dài của đập thì số lượng mặt cắt cần đo và số lượng ống đo áp cần phải nhiều hơn. Cần chú ý rằng, bố trí ống đo áp phải trùng với các điểm đo đã được tiến hành khi thí nghiệm mô hình.

Đo áp lực thấm thân đập thường dùng máy đo vì lượng nước thấm thường rất nhỏ, tốc độ thấm rất chậm. Có thể dùng máy đo áp lực thấm kiểu biến đổi điện trở để xác định áp lực thấm.

§22.5. NGHIÊN CỨU THỰC ĐỊA VỀ BIẾN DẠNG VÀ ỨNG SUẤT

I. Nhiệm vụ

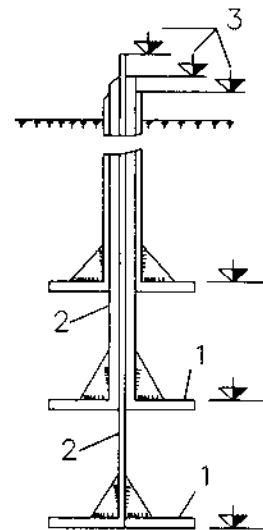
Đo đạc biến dạng trong công trình nhằm xác định tình hình làm việc của công trình, sự nguy hiểm đến ổn định và cường độ, sự thay đổi hình dạng công trình, đồng thời có thể đo được tình hình nhiệt độ. Căn cứ vào biến dạng, chúng ta biết được ứng suất. Kết quả đo được cho phép kiểm tra trị số tính toán trong quá trình thiết kế và bổ sung độ chính xác về lý thuyết tính toán các công trình thủy lợi.

II. Đo chuyển vị của công trình và nền

Muốn đo trị số tuyệt đối chuyển vị đứng (lún) của công trình thì dùng phương pháp trắc địa trên cơ sở các mốc cao độ trong hệ thống. Các mốc đó có quan hệ với hệ thống lưới tam giác quốc gia.

Đo lún của nền đập bê tông bằng máy thủy chuẩn chính xác. Mốc đo có thể bố trí trong đường hầm hoặc trong các khe rỗng, cũng có thể bố trí ở chân đập hạ lưu. Đo độ lún các tấm bê tông của sân phủ, sân tiêu năng, đáy cống, âu thuyền và các bộ phận khác có chiều dày từ 5 ÷ 6m trở lại thì bố trí mốc được gắn chặt vào cốt thép trong khối bê tông của các kết cấu đó.

Đo độ lún của đập đất bao gồm đo độ lún theo mặt cắt dọc và theo mặt cắt ngang, lún thân đập và nền đập, lún cục bộ những nơi tiếp xúc với các công trình khác. Đo độ lún trong đập đất dùng các mốc nhiều tầng (hình 22-3). Mốc đó gồm các ống thép lồng vào nhau đồng trục và các tấm được gắn vào các ống. Khi đất bị lún sẽ kéo theo các tấm đó và các ống thép cũng chuyển vị theo.



Hình 22-3. Mốc nhiều tầng
1. Tấm; 2. Ống thép; 3. Mốc

Muốn đo độ lún tổng cộng của công trình, người ta dùng các mốc kiểm tra bằng đo thủy chuẩn được đặt ở trên bề mặt công trình trong khối bê tông, còn đo độ lún của nền thì các mốc đo đặt ở đáy công trình.

Do chuyển vị ngang tại các điểm khác nhau của công trình thường dùng phương pháp trắc đạc mặt bằng và phương pháp dây dọi.

III. Đo ứng suất và biến dạng

Để đo ứng suất và biến dạng, người ta thường dùng máy đo kiểu biến đổi điện trở (thường là tấm điện trở hoặc dây điện trở), máy đo kiểu thay đổi tần suất chấn động; ngoài ra còn có thể dùng loại máy thay đổi điện dung và thay đổi điện cảm.

- Máy đo kiểu thay đổi điện trở được chế tạo dựa vào quan hệ giữa biến hình và điện trở theo tỷ lệ đường thẳng, như vậy dùng độ biến thiên điện trở đo được để tìm ra biến hình:

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l} = f \Delta Z ; \quad (22-21)$$

Khi nhiệt độ thay đổi, giá đỡ của điện trở cố định cũng sinh biến hình, nên cũng ảnh hưởng đến biến thiên điện trở, do đó:

$$\epsilon = f \Delta Z \pm b \Delta T ; \quad (22-22)$$

trong đó:

l - chiều dài dây dẫn;

Δl - biến thiên dài của dây;

ΔZ - biến hình;

f - độ nhạy của máy;

b - hệ số bổ sung nhiệt độ do ứng biến;

ΔT - biến thiên nhiệt độ.

- Máy đo kiểu rung động dây: dựa vào sự thay đổi tần số rung động của dây để đo ứng suất và biến dạng. Quan hệ giữa tần suất rung động và ứng suất trong bản thân nó, có thể biểu thị:

$$\sigma = 4l^2 \rho N^2 ; \quad (22-23)$$

trong đó:

σ - ứng suất của dây;

N - tần số rung động của dây;

l - chiều dài dây;

ρ - mật độ của vật liệu làm dây.

Sau khi dây bị kéo, ứng suất tăng lên $\Delta\sigma$ (khi nén thì ngược lại) và tần số rung động là $N_2 = N_1 + \Delta N$, ta có:

$$\Delta\sigma = 4l^2\rho(N_2^2 - N_1^2); \quad (22-24)$$

Dựa vào sự thay đổi tần số, ta tìm được sự biến đổi ứng suất của dây. Do đó, có thể tìm được ứng suất trong bê tông σ_b :

$$\sigma_b = \frac{E_b}{E_d} \Delta\sigma = \frac{E_b}{E_d} 4l^2\rho(N_1^2 - N_2^2); \quad (22-25)$$

trong đó:

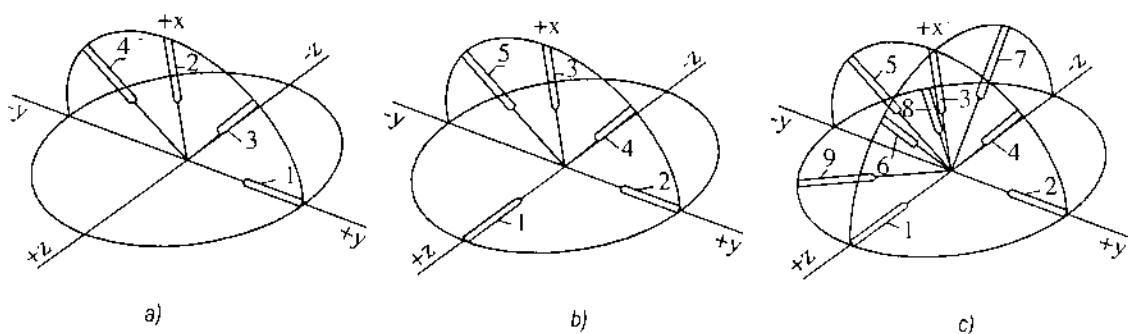
σ_b - ứng suất trong bê tông;

E_b, E_d - mô đun đàn hồi của bê tông và dây.

Sử dụng công thức (22-25) có thể đo ứng suất trong cốt thép v.v...

Bố trí mặt cắt đo ứng suất trong thân đập bê tông nói chung thường đặt cách mặt nền trên 5m để tránh tình trạng mặt nền không bằng phẳng ảnh hưởng đến phân bố ứng suất; nhưng không nên cách xa quá để có thể đo được ứng suất lớn nhất.

Số lượng máy đo ở mỗi điểm đo trạng thái biến dạng và ứng suất quyết định. Đối với kết cấu có trạng thái ứng suất biến dạng phẳng thì bố trí nhóm máy theo bốn hướng, các máy lệch nhau 45° (hình 22-4a). Ở những điểm có ba thành phần ứng suất biến dạng cần đo, thì cần bố trí bốn máy, trong đó có một máy có tác dụng kiểm tra, có khi cần bố trí một máy thứ năm theo hướng thẳng góc với mặt cắt đo thành nhóm máy 5 hướng (hình 22-4b), như vậy có thể kiểm tra kết cấu đó có ở trạng thái phẳng hay không. Khi kết cấu thuộc trạng thái ứng suất biến dạng không gian cần bố trí nhóm máy 9 hướng (hình 22-4c), trong đó có 3 cái dùng để kiểm tra.



Hình 22-4. Bố trí nhóm máy

Các máy đo ứng suất và biến dạng nên bố trí kết hợp để vừa có tác dụng kiểm tra lẫn nhau vừa có thể giảm được số lượng đặt máy.

IV. Đo nhiệt độ

Việc bố trí máy đo nhiệt độ quyết định bởi mục đích nghiên cứu và đặc điểm nhiệt độ.

Để khống chế thi công và quyết định thời gian phụt vữa lấp các khe tạm thời khi thi công thì cần thiết biết nhiệt độ cao nhất ở bên trong thân đập, nhiệt độ thấp nhất ở bên ngoài và tính chất cách nhiệt của ván khuôn, nên cần bố trí máy đo nhiệt độ ở nơi đó.

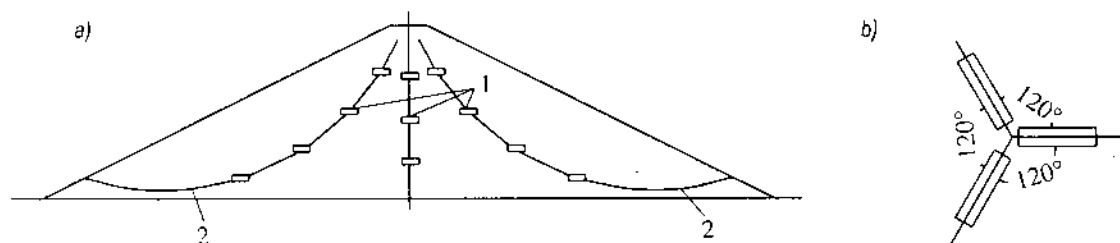
Khi cần nghiên cứu ứng suất nhiệt, xác định trường nhiệt độ trong thân đập, cần phân bố đều mặt cắt đo nhiệt độ. Bố trí máy đo nhiệt độ vẫn theo các mặt cắt đã định, càng gần ngoài mặt càng dày. Trên mặt cắt đã bố trí máy đo biến dạng nhất thiết cần bố trí máy đo nhiệt độ. Nói chung máy đo biến dạng đều có thể kiêm đo nhiệt độ, do đó chỉ cần bố trí bổ sung máy đo nhiệt độ chen giữa các điểm đo biến dạng là được.

Muốn biết ảnh hưởng của sự thay đổi nhiệt độ khí trời đối với bê tông, cần đặt máy đo nhiệt độ cách mặt đập khoảng chừng 0,6m. Đồng thời với việc đo nhiệt độ thân đập, cần tiến hành song song đo nhiệt độ khí trời, nhiệt độ nước, bức xạ ánh sáng mặt trời v.v...

Máy đo nhiệt độ được cấu tạo dựa trên nguyên lý dùng biến đổi điện trở để thể hiện sự thay đổi nhiệt độ.

V. Đo áp lực đất

Bố trí mặt cắt cần đo và điểm đo áp lực đất tùy thuộc hình thức đập, chiều cao đập. Thông thường dọc theo mặt cắt có khả năng trượt, cứ cách 10 ÷ 15m bố trí một điểm đo như hình (22-5a). Khi bố trí máy đo áp lực đất thường đặt máy đo ở sát cạnh máy đo áp lực nước khe rỗng. Trên mỗi điểm đo thường bố trí ba hộp máy đo áp lực đất theo ba hướng cách nhau với góc 120° (hình 22-5b).



Hình 22-5. Bố trí máy đo áp lực đất

1. Điểm đo; 2. Mặt có khả năng trượt.

Máy đo áp lực đất thường dùng loại máy kiểu rung động dây và loại kiểu điện trở.

VI. Đo áp lực động

Áp lực động tác dụng lên các bộ phận công trình do thiết bị như tuabin, trạm bơm, cửa van; do dòng chảy khi nước tràn qua đập cần chú ý ở những đầu đập, mố đập, tiêu năng; do gió, sóng, mạch động, động đất v.v... Ở những nơi đó cần bố trí máy đo áp lực động. Muốn xem xét tình hình chấn động của cửa van, có thể dùng loại máy chấn động

kiểu điện cảm. Khi cần đo chấn động thân đập, bộ phận tiêu năng... có thể dùng máy cảm ứng điện từ. Mặt cắt để đo không những bố trí dọc theo đường qua giữa lỗ tháo nước, mà còn bố trí ven theo hai bên gần sát trụ pin.

§22.6. CÔNG TÁC CHÔN ĐẶT MÁY VÀ PHÂN TÍCH TÀI LIỆU

I. Công tác chôn đặt máy

Công việc nghiên cứu và đo đạc trong công trình thuỷ lợi, không phải đợi đến thời kỳ sử dụng khai thác mới tiến hành, mà phải tiến hành ngay trong giai đoạn thiết kế và thi công. Khi xây dựng công trình cần tiến hành đồng thời việc bố trí và chôn đặt máy.

Khi chôn máy cần tiến hành kiểm tra máy móc thiết bị quan trắc như kiểm tra độ nhạy của máy, nối tiếp giữa máy và dây điện, làm dấu hiệu từng máy và dây dẫn đi về trạm đo để tránh nhầm lẫn.

Công tác chôn máy cần kịp thời và cẩn thận, đặc biệt chú ý các vấn đề sau đây:

- Vị trí và phương của máy phải chính xác, nhất là tại cùng một điểm đo có chôn một nhóm có nhiều máy.
- Không làm cho nơi chôn máy có tính biến đổi cục bộ để tránh tình trạng máy không phản ánh được tính chất chung của khu vực xung quanh.

Sau khi chôn máy xong cần làm tốt công tác bảo dưỡng, tránh để cho các máy đo bị hư hỏng do sự va chạm của các máy thi công. Yêu cầu đối với máy đo khe cần phải cao hơn so với các loại máy khác.

II. Công tác đo

Sau khi đã bố trí và đặt xong máy móc thiết bị, cần kịp thời tổ chức đo. Khoảng cách giữa hai thời đoạn đo tùy theo sự ổn định về điều kiện làm việc của công trình. Ví dụ đối với đập bê tông, trong 5 ngày đầu mỗi ngày đo 2 ÷ 3 lần, từ đó đến khi nhiệt độ đạt đến trị số cao nhất mỗi ngày đo một lần, tiếp sau đó một tuần đo một lần, hai tuần đo một lần v.v...

Khi gặp trường hợp đặc biệt như động đất, mưa lũ, nhiệt độ biến đổi đột ngột v.v... thì cần tăng cường công tác đo đạc.

III. Phân tích tài liệu đo

Kết quả đo được ở hiện trường cần được chỉnh lý phân tích kịp thời để tiến hành chỉ đạo thi công, quản lý khai thác, đúc kết năng thành lý luận khoa học kỹ thuật.

Kết quả đo được ghi lại thành bảng, sơ đồ, đường quá trình theo thời gian. Với hiện tượng thay đổi đột biến cần tăng cường phân tích tìm ra nguyên nhân và biện pháp xử lý.

Các kết quả đo ở thực tế công trình, kết quả tính toán lý luận và kết quả thí nghiệm mô hình sẽ được đối chiếu kiểm tra lẫn nhau, bổ sung cho nhau. Khi có những chỗ không giống nhau hoặc trái ngược nhau, cần kiểm tra cẩn thận lại độ chính xác của các máy đo và công tác chôn đặt máy để rút ra những kết luận đúng đắn, nếu cần thiết phải tiếp tục tiến hành nghiên cứu thêm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bộ môn Thủy công - Đại học Thủy lợi. *Thủy công tập I*. NXB Nông nghiệp, Hà Nội, 1988.
2. Bộ môn Thủy công - Đại học Thủy lợi. *Thủy công tập II*. NXB Nông nghiệp, Hà Nội, 1989.
3. Trịnh Bốn, Lê Hoà Xướng. *Thiết kế cống*. NXB Nông nghiệp, Hà Nội, 1988.
4. Đại học Thủy lợi điện lực Vũ Hán. *Giáo trình Thủy công* (bản tiếng Trung Quốc), 1990.
5. Davis' Handbook of Applied Hydraulics. Mc Graw Hill. New York, 1993.
6. Phan Sĩ Kỳ. *Sự cố một số công trình thủy lợi ở Việt Nam và các biện pháp phòng tránh*. NXB Nông nghiệp, Hà Nội, 2000.
7. V.M. Moxtcôp và nnk. *Công trình thủy lợi ngầm* (bản tiếng Nga). NXB Đại học, Matxcova, 1986.
8. L.N.Raxcadôp và nnk. *Công trình thủy lợi tập II* (bản tiếng Nga). NXB Xây dựng, Matxcova, 1996.
9. N.P.Rôdanôp và nnk. *Công trình thủy lợi* (bản tiếng Nga). NXB Nông nghiệp, Matxcova, 1985.
10. *Tính toán thủy lực các công trình xả - sổ tay tính toán* (bản tiếng Nga). NXB Năng lượng, Matxcova, 1988.
11. QPTL C1-75. *Quy phạm tính toán thủy lực cống dưới sâu*. Bộ thủy lợi, 1976.
12. QPTL C8-76. *Quy phạm tính toán thủy lực đập tràn*. Bộ Thủy lợi, 1977.
13. TCVN 4118-85. *Hệ thống kênh tưới - Tiêu chuẩn thiết kế*. NXB Xây dựng, Hà Nội, 1987.
14. TCVN 4253-86. *Nền các công trình Thủy công. Tiêu chuẩn thiết kế*. NXB Xây dựng, Hà Nội, 1988.
15. SD 133-84. *Quy phạm thiết kế cống* (bản dịch từ tiếng Trung Quốc). Bộ Nông nghiệp và PTNT, 1998.
16. STD 341 - 89. *Quy phạm thiết kế tràn xả lũ* (bản dịch từ tiếng Trung Quốc). Bộ Nông nghiệp và PTNT, 1999.
17. TCXD VN 285 - 2002. *Công trình thủy lợi. Các quy định chủ yếu về thiết kế*. NXB Xây dựng, Hà Nội, 2002.

MỤC LỤC

Trang

Lời nói đầu

PHẦN III

CÁC CÔNG TRÌNH THÁO NƯỚC, LẤY NƯỚC VÀ DẪN NƯỚC

Chương 12. Công trình tháo lũ	5
§ 12.1. Mục đích, yêu cầu	5
§ 12.2. Phân loại	6
§ 12.3. Đập tràn trọng lực	6
§ 12.4. Đường tràn dọc	23
§ 12.5. Đường tràn ngang	33
§ 12.6. Xiphông tháo lũ	38
§ 12.7. Giếng tháo lũ	42
§ 12.8. Đường tràn lũ kiểu gáo	46
Chương 13. Công trình lấy nước	48
§ 13.1. Mục đích, yêu cầu, phân loại	48
§ 13.2. Công trình lấy nước không đập	49
§ 13.3. Công trình lấy nước có đập	60
§ 13.4. Chính trị đoạn sông có công trình lấy nước	69
Chương 14. Cống lộ thiên	74
§ 14.1. Khái niệm và phân loại	74
§ 14.2. Xác định kích thước lỗ cống	79
§ 14.3. Thiết kế tiêu năng phòng xói	87
§ 14.4. Tính toán ổn định cống	94
§ 14.5. Tính toán kết cấu các bộ phận cống	94
§ 14.6. Cấu tạo các bộ phận cống	106
§ 14.7. Nguyên tắc bố trí và lựa chọn kết cấu cống	112
Chương 15. Đường hầm và cống ngầm	114
§ 15.1. Khái niệm	114
§ 15.2. Phân loại, điều kiện sử dụng và hình thức mặt cắt của đường hầm thủy công	115
§ 15.3. Tính toán thủy lực và xác định kích thước mặt cắt của đường hầm	118

§ 15.4. Tải trọng, lực tác dụng và tổ hợp lực tác dụng lên lớp lót đường hầm	123
§ 15.5. Tính toán kết cấu lớp lót đường hầm	133
§ 15.6. Cửa vào, cửa ra và cách chọn tuyến của đường hầm	149
§ 15.7. Các loại cống ngầm	157
§ 15.8. Tính toán thủy lực cống ngầm	161
§ 15.9. Tính toán kết cấu thân cống ngầm	167
§ 15.10. Cấu tạo của cống ngầm	172
Chương 16. Kênh và công trình trên kênh	176
§ 16.1. Khái quát	176
§ 16.2. Kênh	177
§ 16.3. Cống	186
§ 16.4. Cầu máng	188
§ 16.5. Xi phông ngược	197
§ 16.6. Đốc nước và bậc nước	201
§ 16.7. Thiết kế hệ thống kênh và công trình trên kênh	203
PHẦN IV	
CÁC CÔNG TRÌNH CHUYÊN MÔN	
Chương 17. Cửa van của công trình thủy lợi	205
§ 17.1. Kiến thức chung	205
§ 17.2. Cửa van phẳng	208
§ 17.3. Cửa van hình cung	219
§ 17.4. Một số loại van đóng mở bằng sức nước	224
§ 17.5. Một số loại van dưới sâu	228
Chương 18. Bể lắng cát	233
§ 18.1. Khái niệm và phân loại bể lắng cát	233
§ 18.2. Bể lắng cát làm việc theo chu kỳ	234
§ 18.3. Bể lắng cát làm việc liên tục	250
§ 18.4. Bể lắng cát trên hệ thống tưới	257
Chương 19. Âu thuyền, đường chuyển gỗ và dẫn cá	262
A- Âu thuyền	
§ 19.1. Khái niệm và phân loại âu thuyền	262
§ 19.2. Bố trí mặt bằng âu thuyền	266
§ 19.3. Kích thước cơ bản của âu thuyền	272

§ 19.4. Quá trình và khả năng vận chuyển qua âu thuyền	277
§ 19.5. Cấu tạo các bộ phận của âu thuyền	283
§ 19.6. Cửa van của âu thuyền	294
B - Đường chuyển bè tre gỗ	297
§ 19.7. Đường thả bè	298
§ 19.8. Máng chuyển gỗ	299
C - Đường dẫn cá	302
§ 19.9. Bố trí đường dẫn cá	302
§ 19.10. Kết cấu các bộ phận của đường dẫn cá	303
PHẦN V	
KHẢO SÁT, THIẾT KẾ, QUẢN LÝ VÀ NGHIÊN CỨU	
CÔNG TRÌNH THUỶ LỢI	
Chương 20. Khảo sát và thiết kế công trình thủy lợi	306
§ 20.1. Một số khái niệm	306
§ 20.2. Nội dung của từng giai đoạn khảo sát thiết kế	310
§ 20.3. Lựa chọn vị trí và hình thức đập	312
§ 20.4. Bố trí tổng thể công trình đầu mối	313
§ 20.5. Nguyên tắc so sánh kinh tế - kỹ thuật các phương án	318
Chương 21. Quản lý, sử dụng và cải tạo công trình thủy lợi	320
§ 21.2. Mục đích yêu cầu quản lý	320
§ 21.2. Vận hành, duy tu và bảo dưỡng công trình thủy lợi	320
§ 21.3. Quan trắc công trình thủy lợi	322
§ 21.4. Phòng chống lũ cho công trình thủy lợi	325
§ 21.5. Sửa chữa công trình thủy lợi	326
§ 21.6. Tôn cao, mở rộng công trình đập	329
Chương 22. Nghiên cứu các công trình thủy lợi	333
§ 22.1. Khái quát	333
§ 22.2. Thí nghiệm thủy lực công trình	334
§ 22.3. Thí nghiệm kết cấu công trình	339
§ 22.4. Nghiên cứu thực địa về thủy lực và thấm	340
§ 22.5. Nghiên cứu thực địa về biến dạng và ứng suất	342
§ 22.6. Công tác chôn đặt máy và phân tích tài liệu	346
Tài liệu tham khảo	

THỦY CÔNG

TẬP II

Chịu trách nhiệm xuất bản:

BÙI HỮU HẠNH

Biên tập:

TRỊNH KIM NGÂN

Chế bản điện tử:

VŨ HỒNG THANH

Sửa bản in:

TRỊNH KIM NGÂN

CAO BẠCH LAN

LƯƠNG XUÂN MẠNH

Trình bày bìa:

NGUYỄN HỮU TÙNG

In 3000 cuốn khổ 19×27 cm, tại Xưởng in Nhà xuất bản Xây dựng. Giấy chấp nhận đăng ký kế hoạch xuất bản số 810/XB-QLXB-13 ngày 15/6/2004. In xong nộp lưu chiểu tháng 2/2005.

6X7.6
XD- 2005 810 - 2004

Giá : 55.000^d