

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 9137 : 2012

Xuất bản lần 1

**CÔNG TRÌNH THỦY LỢI - THIẾT KẾ ĐẬP BÊ TÔNG
VÀ BÊ TÔNG CỐT THÉP**

Hydraulic structure – Design for concrete dam and reinforced concrete dam

HÀ NỘI - 2012

Mục lục

	Trang
1. Phạm vi áp dụng	7
2. Tài liệu viện dẫn	7
3. Phân loại đập bê tông và bê tông cốt thép.....	7
4. Các yêu cầu chung.....	10
4.1 Các yêu cầu chung lựa chọn kiểu đập và tính toán thiết kế.....	10
4.2 Yêu cầu đối với vật liệu xây dựng.....	12
4.3 Những yêu cầu về bố trí tổng thể và kết cấu	13
4.4 Khớp nối biến dạng và vật chắn nước của khớp nối	16
4.5 Các công trình xả, công trình tháo và công trình lấy nước	19
4.6 Yêu cầu thiết kế công trình nối tiếp đập bê tông và bê tông cốt thép với nền	22
4.7 Yêu cầu quan trắc và nghiên cứu hiện trạng công trình.....	23
4.8 Tính toán độ bền và độ ổn định của đập.....	23
4.9 Tính toán thấm của đập.....	28
4.10 Tính toán thủy lực	32
5. Thiết kế đập bê tông và bê tông cốt thép trên nền không phải là đá.....	33
5.1 Thiết kế đập và các bộ phận đập bê tông và bê tông cốt thép trên nền không phải là đá	33
5.2 Tính toán thiết kế đường viền dưới đất đập bê tông và bê tông cốt thép trên nền không phải là đá.....	36
5.3 Thiết kế sân trước đập bê tông và bê tông cốt thép trên nền không phải là đá.....	37
5.4 Thiết kế cừ dưới sân trước đập bê tông và bê tông cốt thép trên nền không phải là đá	39
5.5 Thiết kế chân khay và màng chống thấm đập bê tông và bê tông cốt thép trên nền không phải là đá.....	39
5.6 Thiết kế các thiết bị tiêu nước đập bê tông và bê tông cốt thép trên nền không phải là đá.....	40
5.7 Tính toán độ bền và ổn định đập bê tông và bê tông cốt thép trên nền không phải là đá.....	41
5.8 Tính toán độ bền chung đập bê tông và bê tông cốt thép trên nền không phải là đá	42
5.9 Tính toán độ bền tấm móng đập bê tông và bê tông cốt thép trên nền không phải là đá	43
5.10 Tính toán độ bền phần tràn đập bê tông và bê tông cốt thép trên nền không phải là đá.....	44
5.11 Tính toán độ bền của các trụ pin và nửa trụ pin đập bê tông và bê tông cốt thép trên nền không phải là đá.....	44
5.12 Tính toán sân trước có néo vào đập bê tông và bê tông cốt thép trên nền không phải là đá	46
6. Thiết kế đập bê tông và bê tông cốt thép trọng lực trên nền đá.....	48
6.1 Thiết kế đập và các bộ phận đập bê tông và bê tông cốt thép trọng lực trên nền đá	48

TCVN 9137 : 2012

6.2	Tính toán độ bền và ổn định đập bê tông và bê tông cốt thép trọng lực trên nền đá.....	51
7.	Thiết kế đập bê tông và bê tông cốt thép kiểu đập bản chống trên nền đá	58
7.1	Thiết kế đập và các bộ phận kiểu đập bản chống trên nền đá	58
7.2	Tính toán độ bền và ổn định của đập bản chống trên nền đá	60
8.	Thiết kế đập vòm bê tông và bê tông cốt thép	66
8.1	Thiết kế đập và các bộ phận của đập vòm bê tông và bê tông cốt thép.....	66
8.2	Tính toán độ bền và ổn định của đập vòm bê tông và bê tông cốt thép	67

Lời nói đầu:

TCVN 9137 : 2012 được chuyển đổi từ 14 TCN 56-88 Thiết kế đập bê tông và bê tông cốt thép - Tiêu chuẩn thiết kế theo quy định tại khoản 1 Điều 69 của Luật Tiêu chuẩn và Quy chuẩn kỹ thuật và điểm a khoản 1 Điều 7 Nghị định số 127/2007/NĐ-CP ngày 1/8/2007 của Chính phủ quy định chi tiết thi hành một số điều của Luật Tiêu chuẩn và Quy chuẩn kỹ thuật.

TCVN 9137 : 2012 do Viện Khoa học thủy lợi Việt Nam biên soạn, Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn đề nghị, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Công trình thủy lợi - Thiết kế đập bê tông và bê tông cốt thép

Hydraulic structure – Design for concrete dam and reinforced concrete dam

1. Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định các yêu cầu kỹ thuật trong công tác thiết kế mới, thiết kế sửa chữa nâng cấp xây dựng các đập bê tông và bê tông cốt thép trong thành phần của các hệ thống thủy lợi, thủy điện, vận tải thủy, cấp nước, cũng như công trình chống lũ.

Tiêu chuẩn này áp dụng trong các bước thiết kế của các giai đoạn đầu tư xây dựng công trình thủy lợi, thủy điện, vận tải thủy, cấp nước và công trình phòng chống lũ. Nội dung và mức độ thiết kế thực hiện theo các quy định có liên quan trong các tiêu chuẩn, quy chuẩn hiện hành về thành phần, nội dung và khối lượng lập các dự án đầu tư thủy lợi, thủy điện.

Đối với những đập bê tông và bê tông cốt thép xây dựng trong vùng động đất, trong điều kiện có đất lún sụt và hang ngầm các tơ (karst), cần phải lập những quy trình kỹ thuật riêng cho công tác thiết kế và trình duyệt theo thủ tục đã định.

2. Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau rất cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi, bổ sung (nếu có).

TCVN 375 : 2006 Thiết kế công trình chịu động đất.

TCVN 4116 : 1985 Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép công trình Thủy công - Tiêu chuẩn thiết kế.

TCVN 2737 : 1995 Tải trọng và tác động - Tiêu chuẩn thiết kế.

TCVN 8216 : 2009 Thiết kế đập đất đầm nén.

TCVN 8215 : 2009 Công trình thủy lợi - Các quy định chủ yếu về thiết kế, bố trí thiết bị quan trắc - cụm công trình đầu mối.

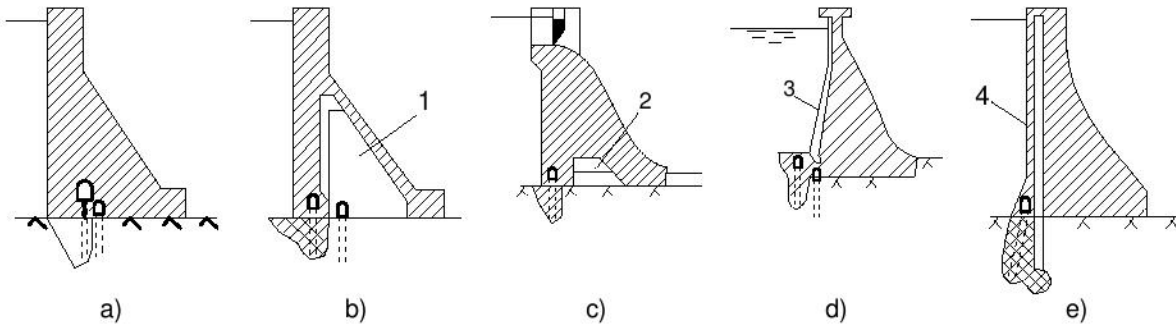
TCVN 8421 : 2010 Công trình thủy lợi - Tải trọng và lực tác dụng lên công trình do sóng và tàu.

TCVN 9143 : 2012 Công trình Thủy lợi - Tính toán đường viền thấm dưới đất của đập trên nền không phải là đá.

TCVN 9159 : 2012 Công trình thủy lợi - Yêu cầu thi công và nghiệm thu khớp nối biến dạng

3. Phân loại đập bê tông và bê tông cốt thép

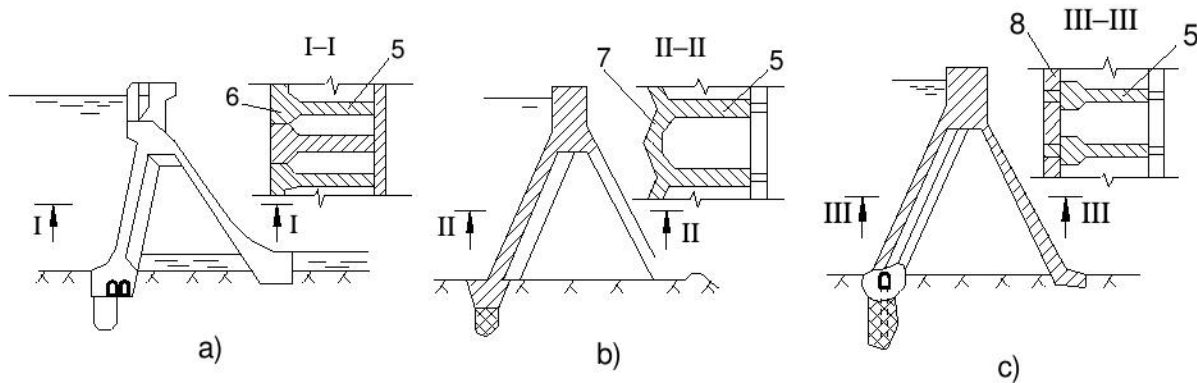
3.1 Phân loại các kiểu đập trên nền đá hoặc trên nền không phải là đá được chỉ dẫn trong các Hình 1; Hình 2; Hình 3; Hình 4.



CHÚ DẪN :

- a) kiểu khối lớn;
- b) kiểu có khớp nối mở rộng;
- c) kiểu có khoang rộng dọc nền;
- d) kiểu có lớp chống thấm ở mặt chịu áp;
- e) kiểu neo vào nền
- 1) khớp nối mở rộng; 2) khoang dọc; 3) lớp chống thấm; 4) neo ứng suất trước

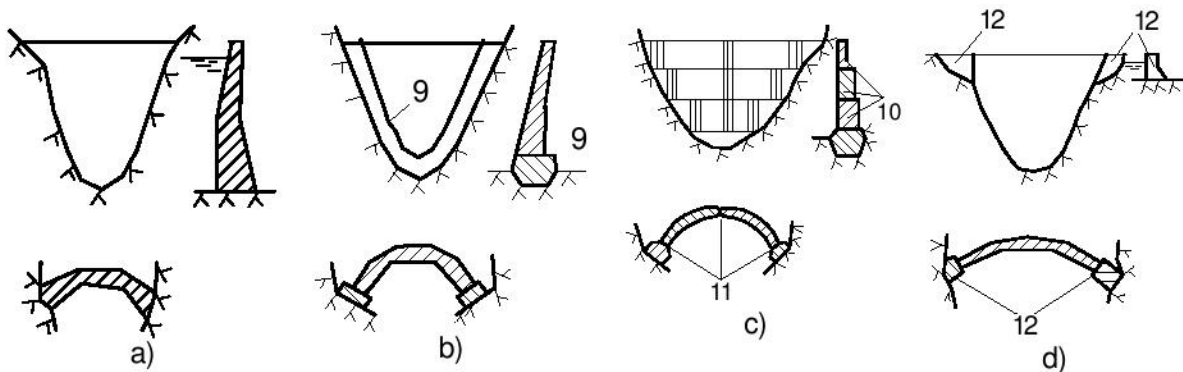
Hình 1 - Đập bê tông và đập bê tông cốt thép trọng lực trên nền đá



CHÚ DẪN :

- a) kiểu to đầu; b) kiểu liên vòm; c) kiểu mặt chịu áp phẳng;
- 5) tường chống; 6) phần đầu to; 7) tường vòm; 8) tường ngăn phẳng

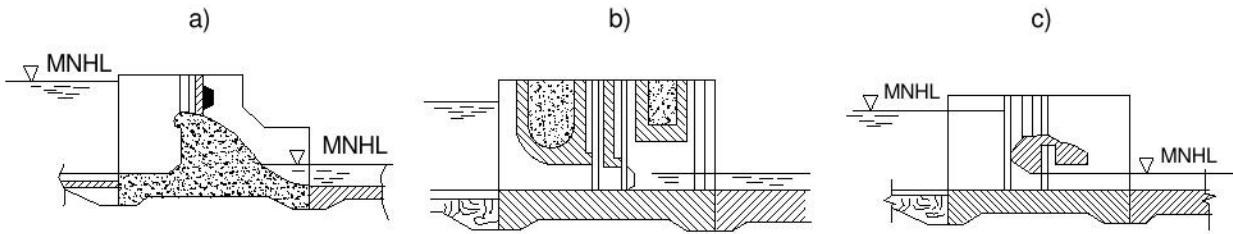
Hình 2 - Đập bê tông và đập bê tông cốt thép bản chống trên nền đá



CHÚ DẪN :

- a) kiểu cổ đập tỳ vào đá; c) kiểu có khớp nối theo đường chu vi gồm các dải 3 khớp;
 b) kiểu đập có cổ chân và vòm ngàm với nền; d) kiểu có mố bờ trọng lực;
 9) khớp theo chu vi; 10) các đai 3 khớp; 11) khớp; 12) mố bờ trọng lực

Hình 3 - Đập bê tông và đập bê tông cốt thép bản chống trên nền đá



CHÚ DẪN :

- a) kiểu đập xả tràn; b) kiểu đập xả với các lỗ xả sâu; c) kiểu xả hai tầng.

Hình 4 - Các loại đập bê tông và bê tông cốt thép xả nước chủ yếu trên nền không phải là đá

3.2 Các đập bê tông và bê tông cốt thép tùy thuộc vào kết cấu và mục đích sử dụng đập được phân thành các loại chủ yếu nêu ở Bảng 1.

Bảng 1 - Phân loại đập theo kết cấu và mục đích sử dụng

Các dấu hiệu khác biệt	Các loại đập bê tông và bê tông cốt thép chủ yếu
A. Theo kết cấu	1) Đập trọng lực
	- Khối lớn (Hình 1a) (Hình 4a)
	- Có khớp nối mở rộng (Hình 1b)
	- Có khoang rỗng dọc ở sát nền (Hình 1c)
	- Có lớp chống thấm ở mặt chịu áp (Hình 1d)
	- Neo vào nền (Hình 1e)
	2) Đập bản trọng
	- Kiểu to đầu (Đập bản trọng khối lớn) (Hình 2a)
	- Kiểu liên vòm (Hình 2b)
	- Với bản ngăn chịu áp phẳng (Hình 2c)
	3) Đập vòm- Khi $B/H \leq 0,35$ (B là chiều rộng đập tại nền; H chiều cao đập)
	- Với chân vòm ngàm với nền (Hình 3a)
	- Với khớp nối theo đường chu vi (Hình 3b)
- Gồm các dải có 3 khớp (Hình 3c)	
- Với mố bờ trọng lực (Hình 3d)	
4) Đập vòm trọng lực khi $B/H \geq 0,35$ (B là chiều rộng đập tại nền; H chiều cao đập)	
B. Theo mục đích sử dụng đập	1) Đập không xả nước (Hình 1a, Hình 1b, Hình 1d; Hình 2c; Hình 3d; và Hình 4a)
	2) Đập xả nước
	- Kiểu tràn mặt (Hình 1c; Hình 2a; Hình 4a)
	- Với các lỗ xả sâu (Hình 4b)
	- Kiểu 2 tầng (với tràn xả mặt và lỗ xả sâu (Hình 4c)

4. Các yêu cầu chung

4.1 Các yêu cầu chung lựa chọn kiểu đập và tính toán thiết kế

4.1.1 Việc chọn loại đập bê tông hay bê tông cốt thép phải dựa trên cơ sở so sánh các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của các phương án. Các phương án phải xét đến các yếu tố xã hội, di dân tái định cư, môi trường, sinh thái, biến đổi chế độ dòng chảy, v.v... Tùy thuộc vào điều kiện địa hình, địa chất thủy văn và điều kiện khí hậu, có xét đến cấp độ động đất của vùng đập, sự bố trí của cụm công trình đầu mối, sơ đồ tổ chức thi công, khả năng có vật liệu xây dựng tại chỗ, thời hạn xây dựng và các điều kiện quản lý đập để lựa chọn kiểu đập.

4.1.2 Những đập trên nền đá cần phải thiết kế theo các loại sau:

- Với các công trình xả ở tuyến áp lực được ưu tiên dùng loại đập bê tông, đập bản chống và đập kết cấu nhẹ bằng bê tông cốt thép;
- Trong điều kiện có khe núi cao và hẹp nên lựa chọn loại đập vòm và kiểu đập vòm trọng lực;
- Thông thường, đập bê tông và bê tông cốt thép trên nền không phải là đá được sử dụng làm đập xả nước;
- Chỉ dùng đập bê tông và bê tông cốt thép làm đập không xả nước trong tuyến chịu áp khi có luận cứ chắc chắn.

4.1.3 Cấp của đập bê tông và bê tông cốt thép cần được xác định theo tiêu chuẩn chung về thiết kế các công trình thủy công trên sông.

- Đối với các đập cấp I và cấp II thông thường phải tiến hành nghiên cứu thí nghiệm để bổ sung cho tính toán thiết kế.
- Đối với đập cấp III và IV thì cho phép thực hiện những nghiên cứu đó khi có luận chứng thỏa đáng.

4.1.4 Các tải trọng và tác động lên đập bê tông và bê tông cốt thép phải được xác định phù hợp với tiêu chuẩn TCVN 8421:2010 và tiêu chuẩn TCVN 375-2006.

4.1.5 Khi tính toán thiết kế đập bê tông và bê tông cốt thép chịu các tải trọng và tác động của tổ hợp cơ bản cần xét:

4.1.5.1 Trường hợp các tải trọng thường xuyên:

- a) Trọng lượng bản thân công trình bao gồm cả trọng lượng của các thiết bị hoạt động thường xuyên (cửa van, máy nâng, v.v ...);
- b) Áp lực thủy tĩnh từ phía thượng lưu ứng với mực nước dâng bình thường (MNDBT);
- c) Áp lực thủy tĩnh từ phía hạ lưu ứng với:
 - Mực nước hạ lưu thấp nhất;
 - Mực nước hạ lưu khi xả lưu lượng lớn nhất qua đập ở trường hợp trước đập là mực nước dâng bình thường (MNDBT);

- d) Áp lực thấm ứng với mực nước dâng bình thường và khi các thiết bị chống thấm và tiêu nước làm việc bình thường;
- e) Trọng lượng đất trượt cùng với đập, và áp lực bên của đất ở phía thượng, hạ lưu.

4.1.5.2 Trường hợp các tải trọng tạm thời dài hạn:

- a) Áp lực bùn cát bồi lắng trước đập;
- b) Tác động nhiệt (chỉ đối với đập bê tông) xác định đối với năm có biên độ dao động trung bình của nhiệt độ trung bình tháng.

4.1.5.3 Trường hợp các tải trọng tạm thời ngắn hạn:

- a) Áp lực sóng ứng với tốc độ gió trung bình nhiều năm;
- b) Tải trọng do các thiết bị nâng, dỡ và vận tải hoặc do các kết cấu và máy móc khác (cầu trục lăn, máy trục treo...);
- c) Tải trọng do các vật nổi;
- d) Tải trọng động khi xả lũ qua đập xả nước ứng với MNDBT.

4.1.5.4 Khi tính toán thiết kế đập bê tông và bê tông cốt thép với tổ hợp tải trọng và tác động đặc biệt, cần xét các tải trọng của tổ hợp cơ bản và khi có luận chứng thỏa đáng thì tính toán với hai trong những tải trọng sau đây:

- a) Tính toán ứng với áp lực thủy tĩnh ở phía thượng lưu và hạ lưu ứng với mực nước gia cường (MNGC) ở thượng lưu (thay cho khoản c và d Điều 4.1.5.1);
- b) Tính toán ứng với áp lực nước thấm xuất hiện khi có một trong những thiết bị chống thấm hoặc một trong những thiết bị tiêu nước bị hư hỏng (thay cho khoản d Điều 4.1.5.1);
- c) Tác động nhiệt xác định đối với năm có biên độ dao động lớn nhất của nhiệt độ trung bình tháng (thay cho khoản b Điều 4.1.5.2);
- d) Áp lực sóng ứng với tốc độ gió lớn nhất nhiều năm (thay cho khoản a Điều 4.1.5.3);
- e) Tải trọng động khi xả lũ qua đập xả nước, ứng với MNGC ở thượng lưu (thay cho khoản d Điều 4.1.5.4);
- g) Tác động của động đất.

Các tải trọng và tác động trong thời kỳ thi công và trường hợp sửa chữa đập cần lấy theo các tổ hợp cơ bản và đặc biệt. Trị số của các tổ hợp tải trọng phải được xác định căn cứ theo các điều kiện cụ thể khi thi công và sửa chữa công trình.

Các tải trọng và tác động phải lấy theo những tổ hợp bất lợi nhất có thể xảy ra từng thời kỳ khai thác và thi công xây dựng công trình.

4.2 Yêu cầu đối với vật liệu xây dựng

4.2.1 Vật liệu xây dựng dùng cho các đập bê tông, đập bê tông cốt thép và các bộ phận của đập phải thỏa mãn những yêu cầu của các tiêu chuẩn, quy chuẩn hiện hành về thi công xây dựng các công trình thủy công. Việc lựa chọn những vật liệu này cần được tiến hành theo các chỉ dẫn của tiêu chuẩn TCVN 4116:1985.

4.2.2 Trong các đập bê tông, đập bê tông cốt thép và các bộ phận của đập, tùy thuộc vào điều kiện làm việc của bê tông ở các phần riêng biệt của đập trong thời kỳ khai thác, cần phải chia ra 4 vùng sau (Hình 13):

- Vùng I là vùng ngoài cửa đập và các bộ phận đập chịu tác động của khí quyển, nhưng không ngập nước;
- Vùng II là vùng ngoài cửa đập nằm trong phạm vi dao động của mực nước thượng, hạ lưu, cũng như các phần và các bộ phận của đập bị ngập nước từng thời kỳ như phần tràn, phần tháo, phần xả nước, bề tiêu năng.v.v...
- Vùng III là ngoài cũng như các phần tiếp giáp với đất đá nền và chân công trình, nằm dưới mực nước khai thác nhỏ nhất ở thượng lưu và hạ lưu;
- Vùng IV là phần bê tông trong thân đập, giới hạn bởi vùng I, II, III, kể cả phần bê tông của kết cấu nằm kề các khoang rỗng kín của đập bê tông, bê tông cốt thép kiểu bản chống.

Bê tông của các vùng trong đập bê tông, đập bê tông cốt thép thuộc tất cả các cấp đập phải đạt những yêu cầu nêu trong Bảng 2.

Bảng 2 - Yêu cầu bê tông ở các vùng đập

Yêu cầu đối với bê tông và các vùng khác nhau của đập	Vùng đập	
	Bê tông	Bê tông cốt thép
- Theo độ bền chịu nén	I - IV	I - III
- Theo độ bền chịu kéo	I - III	I - III
- Theo độ không ngấm nước	II - III	II - III
- Theo độ dẫn dài giới hạn	I - IV	Không yêu cầu
- Theo độ bền chống tác dụng xâm thực của nước	II - III	II - III
- Theo độ chống mài mòn do dòng chảy có bùn cát cũng như độ bền chống khí thực khi lưu tốc nước ở bề mặt bê tông bằng và lớn hơn 15 m/s	II	II
- Theo độ tỏa nhiệt khi bê tông liên kết	I - IV	Không yêu cầu

CHÚ THÍCH: Đối với đập cấp IV, cho phép bỏ qua yêu cầu về độ dẫn dài giới hạn và độ tỏa nhiệt của bê tông.

4.2.3 Cần căn cứ vào kiểu và loại đập, độ lớn của cột nước tác dụng, điều kiện khí hậu của vùng xây dựng và kích thước các bộ phận của đập để xác định chiều dày vùng ngoài cửa đập, nhưng không được lấy nhỏ hơn 2m.

4.2.4 Thông thường khi thiết kế đập không được dùng quá 4 loại mác bê tông. Chỉ cho phép tăng số mác bê tông khi có luận chứng riêng.

4.2.5 Đối với xi măng dùng cho các đập cấp I, II và III cần phải xác định loại xi măng sử dụng ngay trong hồ sơ thiết kế kỹ thuật và thiết kế thi công, trong trường hợp cần thiết sử dụng bê tông đặc biệt có thể phải lập những quy trình sản xuất riêng với sự thỏa thuận của các cơ quan có liên quan và được trình duyệt theo quy định chung.

4.3 Những yêu cầu về bố trí tổng thể và kết cấu

4.3.1 Vị trí đập bê tông hoặc bê tông cốt thép trong tuyến công trình đầu mối cần được quyết định căn cứ vào điều kiện địa hình, địa chất công trình, địa chất thủy văn, điều kiện nối tiếp đập với bờ và với các công trình khác; căn cứ vào sơ đồ tổ chức và biện pháp thi công, và phải được luận chứng bằng so sánh các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của các phương án nghiên cứu cụ thể.

4.3.2 Các thiết bị chống thấm và tiêu nước ở nền đập cần được nối tiếp với các thiết bị tương tự ở bên bờ và ở các công trình đầu mối tiếp giáp với đập.

Các thiết bị chống thấm cần phải được dự kiến trong tất cả các trường hợp mà đất nền thuộc loại đất có tính chất cơ lý không tốt, thấm nhiều, kém ổn định và chớ chứa các thành phần dễ hòa tan trong nước. Đối với đất không có khả năng bị xói ngầm cơ học và hóa học thì việc bố trí các thiết bị chống thấm phải có luận chứng chi tiết riêng.

Màng chống thấm phải được thiết kế đảm bảo tiếp xúc và xâm nhập đến tầng đất ít thấm hoặc thực tế không thấm nước. Khi thiết kế màng chống thấm vào đất có tầng không thấm thì chiều sâu của màng cho phép lấy bằng nửa trị số cột nước toàn tập của đập.

4.3.3 Khi nối tiếp các bộ phận riêng của đập (phần xả nước với phần không xả nước), các mặt chịu áp phải bố trí trên một mặt phẳng.

4.3.4 Chiều rộng và cấu tạo đỉnh của đập không xả nước cần được chọn dựa vào kiểu đập, điều kiện thi công. Chiều rộng đỉnh đập cũng được thiết kế căn cứ vào việc sử dụng đỉnh đập để phục vụ cho giao thông của người và xe cộ qua lại trong thời kỳ khai thác và tùy theo các mục đích khác, nhưng không được nhỏ hơn 2m.

4.3.5 Độ vượt cao của đỉnh đập không xả nước trên mực nước thượng lưu cần xác định theo yêu cầu của tiêu chuẩn TCVN 8216:2009.

Trị số dự trữ về chiều cao đập (có kể cả tường chắn sóng) lấy như sau:

- Đối với đập cấp I : $a = 0,8 \text{ m}$;
- Đối với đập cấp II : $a = 0,6 \text{ m}$;
- Đối với đập cấp III : $a = 0,4 \text{ m}$.

4.3.6 Kích thước trụ pin của đập bê tông có xả nước cần được quy định căn cứ vào kiểu và kết cấu cửa van, kích thước của các cửa xả, kích thước của các cửa ra vận hành và sự cố của hành lang dọc,

TCVN 9137 : 2012

Kích thước và cấu tạo của nhịp cầu. Trong tất cả các trường hợp, chiều dày của trụ pin tại chỗ có khe cửa không được nhỏ hơn 0,8 m.

4.3.7 Khi xác định cao trình đỉnh trụ pin của đập tràn về phía thượng lưu cần xét đến cao trình đỉnh đập không xả nước, kiểu cửa van, thiết bị nâng chuyển, điều kiện thao tác chung và kích thước theo chiều cao của cầu đặt trên trụ pin nếu có. Cao trình đỉnh trụ pin cần lấy theo trị số lớn nhất trong số các trị số xác định theo các điều kiện nêu trên.

4.3.8 Trong trường hợp cần thiết phải đưa trụ pin về phía thượng lưu theo điều kiện cần bố trí các cửa van hoặc cầu ở phần trên trụ pin phải xét đến việc tạo phần nhô ra kiểu công son ở phía trên của trụ pin.

4.3.9 Hình dạng trên mặt bằng của trụ pin ở phía thượng lưu phải bảo đảm cho dòng nước chảy vào khoang tràn được thuận và sự co hẹp dòng chảy nhỏ nhất.

4.3.10 Hình dạng trên mặt bằng và chiều cao của trụ pin phía hạ lưu được xác định theo những yêu cầu cấu tạo chung, xuất phát từ điều kiện bảo đảm độ bền, sự bố trí cầu qua lại và các công trình khác, cũng như điều kiện không cho nước ngập đỉnh trụ pin.

4.3.11 Mặt ngoài của các trụ phân dòng và trụ biên trong phạm vi công trình xả cần được thiết kế tương tự như bề mặt của các trụ pin.

4.3.12 Khi thiết kế cầu ô tô hoặc cầu đường sắt trên các trụ pin và trụ biên các trụ này ngoài việc thỏa mãn yêu cầu kết cấu trụ pin còn phải thỏa mãn đồng thời cả yêu cầu kết cấu trụ cầu theo tải trọng cho phép giao thông trên mặt cầu.

4.3.13 Ống dẫn áp lực vào tuốc bin của trạm thủy điện bố trí ở bên trong hoặc bên ngoài thân đập tùy thuộc kết quả so sánh các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của các phương án thiết kế.

4.3.14 Để ngăn nước thấm qua khối đập, thiết kế cần phải dự tính bố trí hệ thống tiêu nước theo kiểu các giếng tiêu nước dọc theo mặt thượng lưu đập, nối thông với hành lang dọc.

4.3.15 Yêu cầu thiết kế giếng tiêu nước

Khoảng cách từ mặt chịu áp của đập đến trục giếng tiêu nước, b_t cũng như đến mặt thượng lưu của hành lang dọc cần lấy không nhỏ hơn 2m và thỏa mãn điều kiện:

$$b_t \geq \frac{h}{J_{cp}} \quad (1)$$

Trong đó:

h - cột nước trên mặt cắt tính toán;

J_{cp} - Gradient cột nước cho phép của bê tông đập.

Trị số gradient cột nước cho phép của bê tông (không phụ thuộc vào mác chống thấm của nó) cần lấy như sau:

- Đối với các đập trọng lực và đập bản chống kiểu to đầu: $J_{cp} = 20$;

- Đối với đập vòm, vòm trọng lực và các mặt trực tiếp chịu áp lực mới của đập liên vòm: $J_{cp} = 40$

CHÚ THÍCH: Những yêu cầu của điều này không áp dụng đối với những đập có lớp chống thấm ở mặt chịu áp.

Đường kính của các giếng tiêu nước cần lấy trong khoảng 15 cm đến 30 cm; khoảng cách giữa các trục giếng tiêu nước từ 2 m đến 3 m.

Để giảm áp lực ngược tác dụng lên đế móng đập, cần trừ tính bố trí các thiết bị tiêu nước nằm ngang, thẳng đứng hoặc nghiêng, cũng như các thiết bị tiêu nước khác ở trong nền đập.

4.3.16 Thiết kế giải pháp tiêu nước trong giếng

Khi thiết kế hệ thống giếng tiêu nước phải dự kiến bố trí những hành lang dọc và ngang để tháo nước tiêu, để kiểm tra sự làm việc của các giếng tiêu nước và trạng thái bê tông đập, đặt các đường ống, các thiết bị kiểm tra quan trắc đo lường, để tiến hành phun xi măng vào các khớp nối, để thi công màng chống thấm, cũng như để tiến hành các công tác phục hồi sửa chữa trong quá trình quản lý vận hành.

Theo chiều cao của đập, các hành lang dọc và ngang cần bố trí cách nhau từ 15 m đến 20 m. Về nguyên tắc phải thiết kế hành lang dọc thấp nhất cũng phải có cao trình hành lang cao hơn mực nước kiệt hạ lưu để đảm bảo có thể tháo nước tự chảy. Nếu như không bố trí được như vậy thì cần thiết kế lắp đặt máy bơm nước ra khỏi giếng và hành lang thoát nước.

Kích thước của hành lang cũng phải đảm bảo cho sử dụng làm mặt bằng thi công công tác phun xi măng nền và các khớp nối thi công đập, để tạo và khôi phục các giếng tiêu nước thẳng đứng cần chọn nhỏ nhất, đủ đảm bảo được sự vận chuyển và làm việc của các thiết bị khoan, phun xi măng v.v...

Những hành lang dùng để tập trung và tháo nước, kiểm tra trạng thái bê tông đập và làm kín nước cho các khớp nối, đồng thời dùng cho việc bố trí các thiết bị quan trắc kiểm tra, đo lường và các loại đường ống cần có các kích thước như sau:

- Chiều rộng hành lang không nhỏ hơn 1,2 m.
- Chiều cao không nhỏ hơn 2,0 m.

Sàn của hành lang tập trung và tháo nước, cần được thiết kế với độ dốc không lớn hơn 1 : 50 về hướng máng tràn.

Trong những đập có nhiều tầng hành lang, cần dự kiến có sự liên thông giữa các hành lang bằng thang máy hoặc cầu thang thi công.

4.3.17 Trong vùng chịu kéo ở mặt chịu áp của đập bê tông, và của cả đập bê tông cốt thép khi có luận cứ để ngăn ngừa sự thấm qua bê tông làm cho vôi bị rửa lữa ra khỏi bê tông và để bảo vệ bê tông khỏi bị phá hủy do nước có tính xâm thực v.v..., cần trừ tính bố trí lớp cách nước (bằng lớp trát nhựa đường, hoặc bằng các tấm nhựa đường, tấm bitum, lớp trát khoáng vật, lớp sơn pôlime và pôlime-bitum).

4.4 Khớp nối biến dạng và vật chắn nước của khớp nối

4.4.1 Khi thiết kế các đập bê tông và bê tông cốt thép cần dự kiến bố trí các khớp nối biến dạng lâu dài (giữa các đoạn) và khớp nối biến dạng (khớp nối thi công) tạm thời.

Kích thước các đoạn đập và các khối đổ bê tông cần được xác định tùy thuộc vào:

- Chiều cao và loại đập;
- Kích thước các đoạn của nhà máy thủy điện cũng như vị trí các lỗ xả nước (kể cả ống dẫn nước ra tua bin) ở trong đập;
- Phương pháp thi công đập;
- Hình dạng lòng dẫn, các điều kiện khí hậu của vùng xây dựng, cấu tạo địa chất, tính biến dạng của nền đập.

4.4.2 Khi chọn loại khớp nối biến dạng và khoảng cách giữa các khớp nối, cần tuân theo các yêu cầu của tiêu chuẩn TCVN 4116:1985.

4.4.3 Xác định chiều rộng của khớp nối biến dạng lâu dài trên cơ sở so sánh những số liệu tính toán dự đoán về biến dạng của các đoạn đập kề nhau, có xét đến phương pháp thi công khớp nối, tính chất biến dạng của các đoạn đập kề nhau, tính biến dạng của vật liệu làm kín nước đổ vào khớp nối và sự bảo đảm chuyển vị dọc lập giữa các đoạn đập với nhau.

Khi xác định sơ bộ kết cấu của khớp nối biến dạng lâu dài chiều rộng của khớp cần chọn như sau:

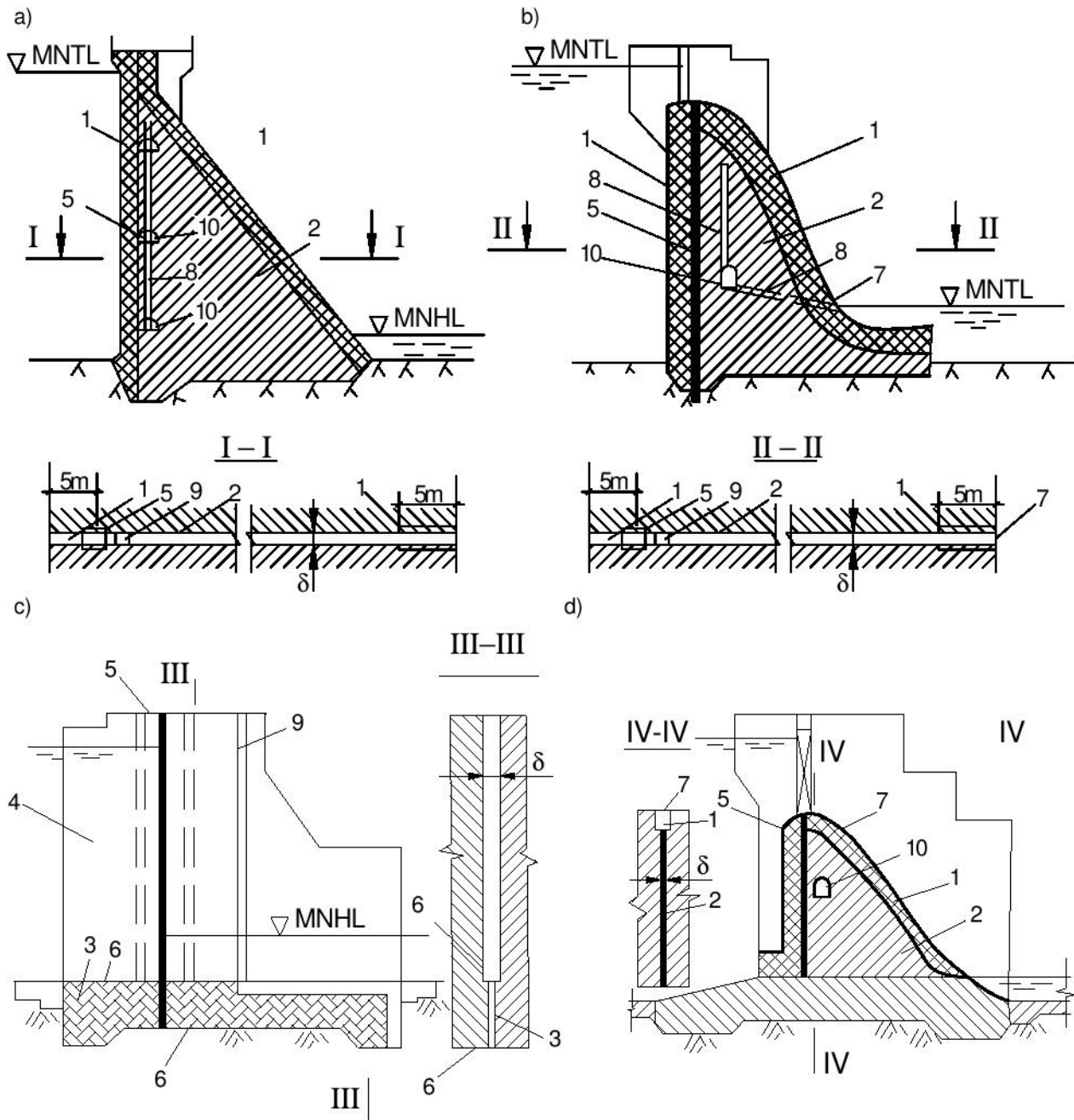
- Khớp nối nhiệt ở khoảng cách mặt chịu áp thượng lưu không quá 5 m: chọn từ 0,5 cm đến 1 cm; còn ở bên trong thân đập chọn từ 0,1 cm đến 0,3 cm;
- Khớp nối nhiệt lún: chọn từ 1 cm đến 2 cm trong phạm vi bản móng của đập và bề tiêu năng với mọi loại nền không phải là đá và nền lẫn đá;
- Khớp nối ở cao hơn tám bản móng đập khi nền không phải là đá, chọn không nhỏ hơn 5 cm.

4.4.4 Trong kết cấu của khớp nối biến dạng lâu dài cần dự kiến bố trí:

- Vật chắn nước, bảo đảm không cho nước thấm qua khớp nối;
- Thiết bị tiêu nước để tháo nước thấm qua vật chắn nước hoặc thấm vòng lên nó;
- Giếng và hành lang kiểm tra để quan trắc tình trạng của khớp nối và sửa chữa vật chắn nước.

4.4.5 Vật chắn nước của khớp nối biến dạng lâu dài của đập cần chia ra:

- Theo vị trí khớp nối: khớp nối thẳng đứng, khớp nối nằm ngang và khớp nối theo đường viền (Hình 5).
- Theo cấu tạo và vật liệu: màng ngăn bằng kim loại, cao su và chất dẻo (Hình 6a).
- Nêm và lớp đệm bằng vật liệu atfan (Hình 6b).
- Phun xi măng và bitum (Hình 6c).
- Dầm hoặc tấm bê tông, bê tông cốt thép (Hình 6d).



CHÚ DẪN:

1) khớp nối, $\delta = 0,5 \text{ cm}$ đến 1 cm ;
 3) khớp nối, $\delta = 1 \text{ cm}$ đến 2 cm ;
 5) 6) 7) vật chắn nước thẳng đứng,
 nằm ngang và theo đường viền;

2) khớp nối, $\delta = 0,1 \text{ cm}$ đến $0,3 \text{ cm}$;
 4) khớp nối, $\delta = 0,1 \text{ cm}$ đến $0,3 \text{ cm}$;
 8) thiết bị tiêu nước;
 9) lỗ quan trắc;
 10) hành lang quan trắc.

Hình 5 - Sơ đồ bố trí vật chắn nước trong các khớp nối biến dạng cố định của đập

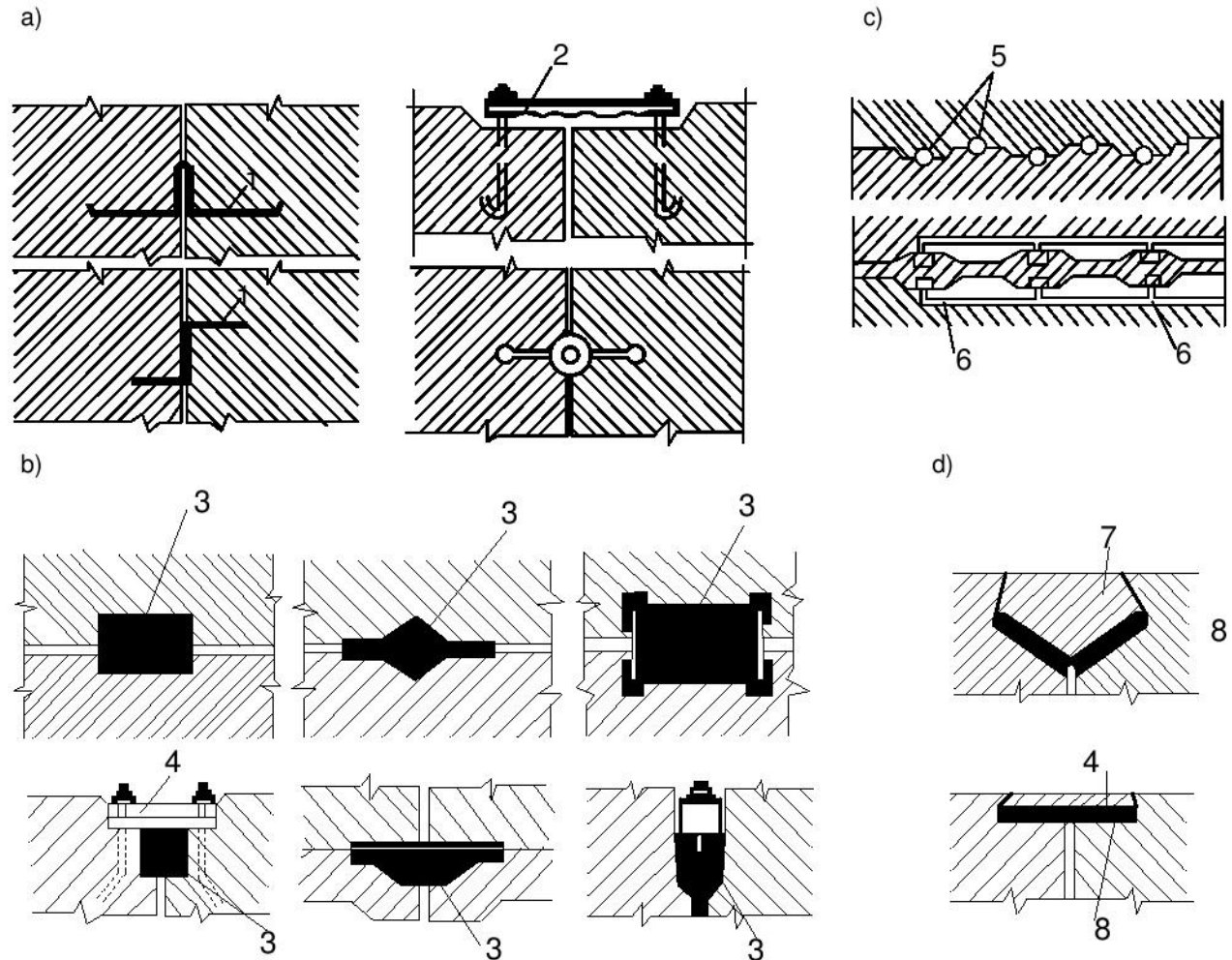
a) b) đập trên nền đá; c) d) đập trên nền không phải là đá

4.4.6 Khi thiết kế kết cấu vật chắn nước của khớp nối biến dạng ở đập, cần tuân theo những quy định sau:

- Vật liệu chắn nước phải áp trực tiếp vào bê tông của khớp nối;

TCVN 9137 : 2012

- Trị số ứng suất ở chỗ tiếp giáp giữa vật liệu atphan của vật chắn nước với bê tông trong mặt cắt đang xét, không được nhỏ hơn trị số áp lực thủy tĩnh bên ngoài ở chính mặt cắt đó;
- Gradient cột nước của dòng thấm qua bê tông theo đường viền của vật chắn nước không được lớn hơn trị số quy định tại Điều 4.3.15.



CHÚ DẪN :

- a) Lá chắn bằng kim loại, cao su và chất dẻo.
- c) Vật chắn nước do phun (Xi măng và bitum)
- 1- Tấm kim loại,
- 2- Tấm cao su,
- 3- Mat tit atphan,
- 4- Tấm bê tông cốt thép,

- b) Nêm và lớp đệm bằng vật liệu atphan
- d) Thanh hoặc tấm bê tông, bê tông cốt thép
- 5- Lỗ khoan để phun xi măng,
- 6- Van phun xi măng,
- 7- Thanh bê tông cốt thép
- 8- Lớp đệm cách nước bằng atphan.

Hình 6 - Các sơ đồ vật chắn nước cơ bản ở khớp nối biến dạng của đập bê tông và bê tông cốt thép

4.4.7 Khi thiết kế cần trừ tính việc làm liền khối (đổ bê tông chèn vào) các khớp nối thi công thẳng đứng tạm thời trước khi dâng nước trước đập.

Cho phép thay đổi thời hạn làm liền khối các khớp nối thi công thẳng đứng khi có luận chứng thích đáng.

4.4.8 Để giảm ứng suất nhiệt lún trong kết cấu của đập, cũng như ảnh hưởng của lún không đều ở nền, cho phép bố trí các khớp nối mở rộng tạm thời, và sẽ được lấp đầy bằng bê tông (các khối chèn) sau khi nhiệt độ đã cân bằng và lún đã ổn định.

4.5 Các công trình xả, công trình tháo và công trình lấy nước

4.5.1 Các công trình xả, tháo và lấy nước của đập cần được dự kiến thiết kế để:

- Xả lưu lượng lũ;
- Lấy lưu lượng nước để đảm bảo cho tưới, dẫn nước vào các ao nuôi cá để, bảo đảm chiều sâu thông tàu ở hạ lưu, bảo đảm cấp nước v.v...;
- Tháo lưu lượng thi công;
- Xả bớt lượng nước thừa của hồ chứa cho tới mực nước trước mùa lũ khi dung tích của hồ chứa bị hạn chế.
- Tháo cạn một phần hồ chứa trong thời kỳ thi công hoặc khai thác.

4.5.2 Chiều dài của tuyến tràn, kích thước và số khoang xả mặt và xả sâu cần được ấn định tùy thuộc vào:

- Trị số tính toán của lưu lượng cần xả;
- Tỷ lưu (lưu lượng nước qua 1 đơn vị độ dài thường là m) cho phép ứng với các điều kiện địa chất đã cho;
- Ảnh hưởng xấu của dòng chảy có thể gây ra đối với lòng sông và sự làm việc của các công trình đầu mối khác;
- Sơ đồ đóng mở các cửa van dự kiến;
- Chế độ thủy lực của dòng chảy trong lòng sông trên mặt bằng.

Đối với các đập cấp I, II, III cần phải tiến hành so sánh các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của các phương án nêu ra theo kết quả tính toán thủy lực và thí nghiệm mô hình trong phòng thí nghiệm.

Đối với đập cấp IV, việc so sánh các phương án tiến hành theo kết quả tính toán thủy lực và tính toán tương tự.

Lưu tốc cho phép của tuyến tràn có thể tham khảo ở Bảng 3 và Bảng 4.

4.5.3 Mặt cắt không tạo chân không có hình dạng cong, nối tiếp dần đều với mặt tràn của đập phải được coi là mặt cắt chủ yếu của các đầu tràn của các tràn xả mặt thuộc mọi cấp.

Độ dốc của mặt tràn nước và chiều dài dốc tràn cần quy định xuất phát từ các đặc điểm cấu tạo của mặt cắt đập.

Hình dạng đầu tràn của đập có xả nước cấp IV cho phép lấy định hình theo hình thang hoặc hình chữ nhật.

TCVN 9137 : 2012

Cho phép dùng đầu tràn tạo chân không khi cần tăng tỷ lưu qua đập tràn, khi có các điều kiện địa chất thuận lợi và khi giải pháp này được luận chứng bằng tính toán và nghiên cứu thủy lực.

Bảng 3 - Tỷ lưu cho phép [q] đối với các loại đất khác nhau ứng với các chiều sâu dòng chảy khác nhau (*)

STT	Mô tả đất	Vận tốc không xói khi độ sâu bằng 1m (m/s)	Lưu tốc cho phép (m ³ /s) khi các độ sâu dòng chảy bằng		
			h = 5m	h = 10m	h = 20m
1	Cát hạt vừa lẫn cát thô	0,60	7	16	37
2	Cát lẫn sỏi hạt vừa	0,75	9	20	46
3	Sét chặt vừa, á sét nặng có độ chặt vừa	0,85	10	23	53
4	Sỏi thô chứa cát á sét nhẹ, chặt	1,00	12	27	62
5	Cát chứa không nhỏ hơn 10% cuội sỏi dẹt chặt, á sét nặng, chặt	1,20	14	32	74

(*) Nguồn: M.Grisin "Thiết kế công trình thủy lợi trên nền không phải là đá" 1966 trang 114.

Bảng 4 - Tỷ lưu cho phép trung bình [q]_{tb} ứng với đường kính hòn đá (hoặc khối đá) và các chiều sâu xói khác nhau()**

Đường kính hòn đá (m)	[q] _{tb} ứng với chiều sâu hố xói bằng			
	5m	10m	15m	20m
0,10	20	30	45	60
0,30	22	40	55	70
0,50	25	50	65	80
0,75	29	60	75	90
1,00	32	70	85	100
1,50	35	75	90	110
2,0	38	80	95	120
2,5	42	85	105	130
3,0	45	90	115	140

(**) " Chỉ dẫn thiết kế - bảo vệ chống xói ở lòng dẫn và hạ lưu công trình xả" VODGEO – 1974.

4.5.4 Khi thiết kế các công trình xả của đập và các kết cấu gia cố ở hạ lưu có nước chảy qua với lưu tốc lớn, cần xét đến hiện tượng khí thực và phá hoại do khí thực, xét đến hiện tượng dòng chảy bị hàm khí, cũng như xét tới các tác động của động lực dòng chảy lên các bộ phận công trình.

Để bảo vệ bề mặt tràn của công trình xả chịu tác động của lưu tốc lớn hơn 15 m/s khỏi bị khí thực phá hủy, cần dự kiến:

- Sử dụng bê tông có độ bền chống khí thực cao.

- Tạo cho các bề mặt có nước chảy qua thuận với dòng chảy san bằng các mũi nhô cục bộ và các chỗ không bằng phẳng.
- Đưa không khí vào những vùng có khả năng bị phá hủy do khí thực (rãnh thông khí, những bậc ở bề mặt xả nước trong đó có các buồng chống khí thực, những mũi phóng để hút dòng chảy và gây bão hòa cho lớp nước ở sát đáy).

4.5.5 Trong các công trình xả dưới sâu, để tăng khả năng tháo, cần phải thiết kế tạo các cạnh vào có hình dạng thuận.

Diện tích mặt cắt ướt ở đoạn ra của công trình xả sâu thông thường phải thu hẹp dần để cải thiện điều kiện thủy lực và thu nhỏ kích thước cửa van.

Trục của công trình xả sâu phải đặt theo đường thẳng. Công trình xả sâu có dạng cong chỉ áp dụng khi có luận chứng về sự làm việc của nó trong các điều kiện có thể xảy ra khí thực, có thay đổi chế độ dòng chảy và có tác tải trọng thủy động lớn.

Cao trình và tốc độ dọc trục đầu vào của công trình xả sâu cần được ấn định xuất phát từ các đặc tính kết cấu của đập và của đoạn cuối của công trình xả có xét đến biên độ dao động của mực nước thượng lưu được xác định tương ứng với biểu đồ lưu lượng tháo.

Khi bố trí buồng cửa van ở đầu vào hoặc ở phần giữa tuyến công trình xả sâu, cần dự kiến việc dẫn không khí vào phía sau các cửa van. Miệng của giếng thông khí cần được bố trí gần cửa van ở mức tối đa có thể (theo điều kiện cấu tạo của công trình xả), và cần bảo đảm sao cho các tia nước phóng lên không rơi vào miệng giếng này.

4.5.6 Kết cấu đoạn cuối của công trình xả mặt hoặc xả sâu cần được chọn tùy thuộc vào độ cao của công trình xả, tỷ lưu ở đoạn ra theo đặc tính của đất nền, cũng như những yêu cầu đặt ra đối với chế độ thủy lực nối tiếp thượng hạ lưu.

4.5.7 Ứng với chế độ chảy mặt ở cuối công trình xả, cần dự kiến mũi hút có bề mặt nằm ngang hoặc nghiêng tạo nên chế độ không ngập, khi có nước nháy phải ổn định, dòng chảy không được gây nên xói lở nguy hiểm cho lòng dẫn và hai bên bờ ở đoạn kề với công trình. Cần tạo ra chế độ nối tiếp mặt có xét tới cả việc xả các vật nổi.

4.5.8 Đối với chế độ chảy đáy, cần phải thiết kế nối tiếp bề mặt tràn với đáy bể tiêu năng một cách thuận, hoặc với một bậc không lớn.

Trong trường hợp có nguy cơ xuất hiện khí thực làm rỗ bê tông cần thiết kế thiết bị dẫn không khí hoặc nước vào mặt phía hạ lưu của bậc.

Cao trình bề mặt bể tiêu năng cần được ấn định từ điều kiện nước chảy ngập, ứng với hệ thống các kết cấu tiêu năng được chọn trong thiết kế và khi cần thiết, có xét đến điều kiện dẫn dòng trong thời kỳ thi công đập.

4.5.9 Khi nối tiếp với hạ lưu bằng cách phun ở cuối công trình xả cần dự kiến mũi phóng để hút dòng chảy về hạ lưu tới một khoảng cách không nguy hiểm cho công trình.

TCVN 9137 : 2012

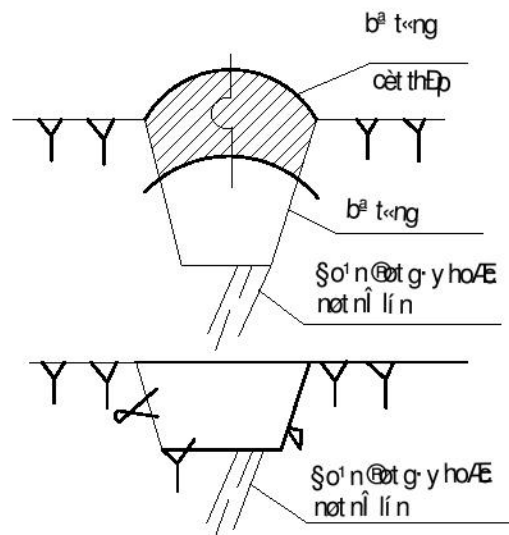
Trong trường hợp nền bị nứt nẻ nhẹ, ở chỗ nước rơi cần dự kiến gia cố bờ hồ xói hoặc có biện pháp để tiêu năng cả ở vùng nước rơi lẫn ở mũi phun bằng cách bố trí các bộ phận để phân tán dòng chảy. Kích thước, hình dạng và độ bền chống khí thực của các bộ phận này phải được xác định thông qua tính toán và nghiên cứu thủy lực.

4.6 Yêu cầu thiết kế công trình nối tiếp đập bê tông và bê tông cốt thép với nền

4.6.1 Khi xác định các đặc trưng về độ bền, biến dạng và thấm của đất nền đập bê tông và bê tông cốt thép và khi chọn các sơ đồ tính toán, cần đặc biệt chú ý tới các vùng đất yếu trong khối nền:

- Trong nền không phải là đá: các vùng đất lún sụt, đất dẻo mềm hoặc dẻo chảy, đất than bùn, đất toi ròi;
- Trong nền đá: các vùng có các hệ thống khe nứt nhỏ và trung bình, các khe nứt lớn đơn độc và các đứt gãy các vùng phong hóa mạnh, và các vùng giảm tải.

4.6.2 Đối với các đập cấp I và II mà do hậu quả của sự cố và do chiều cao nên có thể xếp vào loại đập cấp III hoặc cấp IV, cho phép xác định các đặc trưng tính toán của đất nền như đối với đất nền của đập cấp III hoặc cấp IV.



Hình 7 - Xử lý đứt gãy hoặc nứt nẻ lớn đất nền đập bê tông

4.6.3 Để cải thiện các đặc tính về độ bền biến dạng và thấm của đất nền đập bê tông và bê tông cốt thép, khi cần thiết, trong thiết kế phải dự kiến:

- Gia cố và làm chặt toàn bộ hoặc một phần đất nền bằng xi măng hoặc vữa dính kết khác;
- Tiêu nước cho đất loại sét bão hòa nước để tăng nhanh cố kết thấm của nền;
- Bố trí các tường chắn để giữ các sườn dốc và các mái dốc của các khối đất đá;
- Xử lý các nứt nẻ lớn, các đứt gãy bằng cách:
 - + Làm đệm hình nêm bằng bê tông cốt thép dạng phẳng hoặc vòm để lực từ thân đập được truyền xuống hai bên thành đá được tốt hơn;

+ Đào thành chân khay bỏ đi một phần đá xấu sau đó đổ bê tông (hoặc bê tông cốt thép) bịt kín vòng đai tạo thành nút nêm bê tông, sau đó đổ bê tông thân đập ở trên nút bê tông này (Hình 7).

4.6.4 Khi thiết kế các rãnh khứa để đập bê tông bám chắc vào nền đá, lượng đá bóc bỏ đi cần phải ít nhất và phải được luận chứng bằng tính toán về độ bền và ổn định của đập có xét đến các biện pháp gia cố khối đá bị nứt nẻ.

4.6.5 Không cho phép san bằng các bề mặt tiếp giáp của nền đá với đập bê tông. Về nguyên tắc, việc nối tiếp giữa đập vòm và vòm trọng lực với các phần nền trên mái dốc không được thực hiện dưới dạng bậc.

4.7 Yêu cầu quan trắc và nghiên cứu hiện trạng công trình

4.7.1 Khi thiết kế các đập bê tông và bê tông cốt thép cấp I, II, III, cần phải dự kiến bố trí các thiết bị kiểm tra đo lường để tiến hành các quan trắc, nghiên cứu hiện trạng công trình và nền của chúng cả trong quá trình thi công cũng như trong thời kỳ khai thác nhằm mục đích đánh giá độ tin cậy của tổ hợp công trình nền, tình hình biến dạng để phát hiện kịp thời các hư hỏng, phòng ngừa sự cố và cải thiện tình hình khai thác.

Đối với đập cấp IV và nền của nó cần dự kiến thiết kế giải pháp quan sát bằng mắt thường.

Thành phần và khối lượng quan trắc và nghiên cứu hiện trạng cần được dự kiến trong thiết kế, trong đó nêu cả công trình quan trắc, và cách bố trí các thiết bị kiểm tra đo lường, chế độ báo cáo, truyền tin, báo động v.v... theo TCVN 8215 : 2009.

4.7.2 Những quan trắc và nghiên cứu hiện trạng ở đập bê tông và bê tông cốt thép được chia ra hai loại: quan trắc kiểm tra và quan trắc chuyên môn (chuyên đề).

- Những quan trắc kiểm tra trong thời kỳ thi công được tiến hành để đo biến dạng của nền, chế độ nhiệt độ, trạng thái ứng suất nhiệt và sự hình thành vết nứt trong các khối đổ bê tông.
- Những quan trắc kiểm tra trong thời kỳ khai thác được tiến hành để đo áp lực đẩy ngược và dòng thấm của nước trong nền và bên bờ ở vai đập chuyển vị thẳng đứng (lún) và nằm ngang, trạng thái ứng suất và ứng suất nhiệt của đập và nền đập, chế độ thủy lực của dòng chảy tại công trình xả và ở thượng hạ lưu, trạng thái lòng dẫn ở hạ lưu, điều kiện làm việc của các khớp nối tiếp xúc ở nền và sự mở rộng của các khớp nối thi công.
- Các quan trắc chuyên môn đối với đập trong thời kỳ khai thác được tiến hành nhằm mục đích thu thập những tài liệu có liên quan đến sự cần thiết phải hoàn thiện phương pháp tính toán, nghiên cứu mô hình, lựa chọn các phương pháp thi công và các điều kiện quản lý khai thác tối ưu.

4.8 Tính toán độ bền và độ ổn định của đập

4.8.1 Việc tính toán độ bền và ổn định đập bê tông và bê tông cốt thép phải được tiến hành theo các trạng thái giới hạn, với các tác động do lực, nhiệt độ, độ ẩm gây ra phù hợp với các quy định trong các tiêu chuẩn, quy chuẩn hiện hành có liên quan.

TCVN 9137 : 2012

Việc tính toán độ bền và ổn định của đập phải được tiến hành theo hai nhóm trạng thái giới hạn sau đây:

- Theo nhóm thứ nhất (công trình không sử dụng để khai thác được): tính toán độ ổn định, và độ bền chung của công trình, cũng như độ bền cục bộ của các bộ phận của nó;
- Theo nhóm thứ hai (công trình khai thác được bình thường): tính toán độ bền cục bộ của nền, tính toán sự hình thành các khe nứt và tính toán biến dạng của công trình cũng như sự mở rộng các khớp nối thi công trong các kết cấu bê tông và sự mở rộng các vết nứt trong các kết cấu bê tông cốt thép.

Các tính toán về độ bền chung và độ ổn định về biến dạng và mở rộng các khe nứt, cũng như sự mở rộng các khớp nối thi công tùy thuộc vào trình tự thi công, cần được tiến hành đối với toàn bộ đập hoặc từng đoạn đập (hoặc từng “cột” riêng biệt – trường hợp chia khối đổ bê tông theo chiều thẳng đứng).

Các tính toán về độ bền cục bộ và về sự hình thành các khe nứt cần được tiến hành đối với từng bộ phận kết cấu riêng rẽ của công trình, đối với các kết cấu bê tông thì việc tính toán theo điều kiện hình thành các vết nứt chỉ phải tiến hành đối với các bộ phận bị giới hạn bởi các khớp nối thi công.

4.8.2 Việc tính toán độ bền và độ ổn định của đập, nền đập và các bộ phận của chúng phải được tiến hành với các trường hợp tính toán có khả năng xảy ra với xác suất lớn nhất trong thời kỳ khai thác và thi công, có xét đến trình tự thi công và chịu tải của đập.

Trong trường hợp khi trong đồ án thiết kế đã dự tính trước việc thi công và bàn giao đưa công trình đầu mối vào khai thác theo từng đợt thì việc tính toán độ bền và ổn định từng phần của đập thuộc tất cả các cấp phải được tiến hành với mọi tải trọng và tác động được xác định trong thời kỳ khai thác thường xuyên. Khi đó, những điều kiện về độ bền và ổn định của đập cho thời kỳ khai thác tạm thời phải lấy như đối với thời kỳ khai thác thường xuyên.

Trong đồ án thiết kế, cần phải dự tính trước trình tự thi công đập và các bộ phận của nó, mà với trình tự đó, các lực xuất hiện trong quá trình thi công không đòi hỏi phải gia tăng cốt thép hoặc tạo nên những sự gia tăng khối lượng khác của công trình.

4.8.3 Tính toán độ bền và ổn định của đập cũng phải được tiến hành theo tác động của các tải trọng tính toán.

Tải trọng tiêu chuẩn phải xác định có xét đến các yêu cầu của các Điều 4.9.8; Điều 4.9.9; Điều 4.9.10 và các chỉ dẫn sau:

- Khối lượng thể tích của bê tông đối với đập cấp I, II, III phải xác định theo kết quả lựa chọn thành phần bê tông; đối với đập cấp IV khi tính toán thiết kế sơ bộ và tính toán thiết kế kỹ thuật khối lượng thể tích của bê tông được lấy bằng $2,4 \text{ T/m}^3$ và khối lượng thể tích của bê tông cốt thép là $2,5 \text{ T/m}^3$;
- Các tải trọng động khi tháo lũ: đối với đập cấp I và II xác định theo kết quả tính toán và nghiên cứu thí nghiệm mô hình; đối với đập cấp III và IV theo kết quả tính toán hoặc theo các công trình tương tự.
- Các tác động của nhiệt độ: sử dụng theo số liệu quan trắc nhiệt độ không khí nhiều năm ở tuyến đập và trên cơ sở tính toán dự đoán nhiệt độ nước trong hồ chứa.

CHÚ THÍCH: Khi tính toán độ bền chung và độ võng và độ ổn định của đập, hệ số vượt tải của trọng lượng bản thân, của các tác động nhiệt, âm và lực động, cũng như của tất cả các tải trọng đất ứng với các trị số tính toán của đặc trưng $\gamma_{pI, II}$, $C_{I, II}$, $\gamma_{I, II}$ xác định theo các yêu cầu của tiêu chuẩn thiết kế nền các công trình thủy công đều phải lấy bằng 1 hoặc theo yêu cầu của các tiêu chuẩn, quy chuẩn hiện hành tương đương.

4.8.4 Tính toán độ bền của đập cấp I và II xây dựng trên nền đá phải được thực hiện theo phương pháp lý thuyết đàn hồi, và trong trường hợp cần thiết phải xét đến những biến dạng không đàn hồi cũng như các nứt nẻ trong bê tông và nền.

Tính toán độ bền của đập cấp I và II xây dựng trên nền không phải là đá phải được thực hiện có xét đến sự làm việc không gian của tấm móng và của các bộ phận chịu lực khác của kết cấu.

Tính toán độ bền của đập cấp III và IV cũng như việc tính toán sơ bộ đối với cấp I và II, về nguyên tắc, phải được thực hiện theo phương pháp đơn giản của cơ học kết cấu.

4.8.5 Đối với những đập cấp I và II mà do hậu quả của các sự cố và do chiều cao có thể xếp vào loại đập cấp III và IV, thì việc tính toán độ bền của chúng cho phép được tiến hành bằng các phương pháp đơn giản, khi đó các giá trị của các hệ số tính toán lấy như đối với đập cấp I và II, còn hệ số tổ hợp tải trọng và tiêu chuẩn của độ bền lấy như đối với đập cấp III và IV.

4.8.6 Khi xác định trạng thái ứng suất - biến dạng của đập và vùng tiếp giáp của nền bằng phương pháp lý thuyết đàn hồi, cho phép coi bê tông như là vật liệu đồng chất đẳng hướng có những đặc trưng cơ học trung bình, khi đó phải xét đến:

- Sự có mặt của hành lang (giếng) của các khoang rỗng dọc, các buồng của gian máy của trạm thủy điện, các đường dẫn nước của tuốc bin, các công trình xả sâu và của các lỗ khác nếu như bê rộng của khoang và lỗ đó lớn hơn 15% bề rộng của mặt cắt tính toán của đập;
- Sự phân bố bê tông theo từng vùng, nếu như tỷ số mô đun đàn hồi của các vùng đó lớn hơn hoặc bằng 2;
- Sự khác nhau giữa các đặc trưng cơ học của vật liệu đập và nền;
- Tính không đồng nhất của nền và sự có mặt của các vết nứt và đứt gãy trong nền;
- Khả năng mở rộng các khớp nối thi công và sự phá vỡ tính liên khối của nền ở các vùng chịu kéo;
- Trình tự thi công, cũng như các phương pháp và thời hạn đổ bê tông gắn liền các khối đổ bê tông của đập.

4.8.7 Khi tính toán đập về độ bền chung, cũng như về biến dạng, về mở rộng các khớp nối thi công và mở rộng các khe nứt, trị số mô đun đàn hồi tính toán của bê tông (E) phải xác định như sau:

- Khi thi công đập bằng cách đổ bê tông các "khối cột" hoặc theo kiểu đổ các "khối dầm mạch" (như kiểu xây gạch):

$$E = E_{bt} (1 - 0,04n_k) \quad (2)$$

- Khi thi công đập bằng phương pháp đổ bê tông từng lớp:

TCVN 9137 : 2012

$$E = 0,90E_{bt} \quad (3)$$

Trong đó:

E_{bt} - Trị số mô đun đàn hồi ban đầu của bê tông lấy theo Bảng 4 trong tiêu chuẩn thiết kế các kết cấu bê tông và bê tông cốt thép thủy công;

n_k - Số lượng các khớp nối thẳng đứng đứng khi đổ bê tông tại đế đập.

Trong mọi trường hợp, trị số tính toán của mô đun đàn hồi của bê tông đập phải nằm trong phạm vi:

$$0,65E_{bt} \leq E \leq 250 \cdot 10^3 \text{ kg/cm}^2 \quad (4)$$

4.8.8 Chiều sâu mở rộng của các khớp nối thi công ở mặt hạ lưu đập cần được xác định có xét đến trọng lượng bản thân công trình, áp lực thủy tĩnh và tác động nhiệt độ gây nên bởi các dao động nhiệt độ theo mùa của không khí bên ngoài và của nước trong hồ chứa, cũng như bởi chênh lệch giữa nhiệt độ ban đầu khi đổ bê tông chèn vào các khớp nối thi công và nhiệt độ khai thác trung bình nhiều năm của đập.

4.8.9 Khi tính toán độ bền chung và ổn định của đập cũng như độ bền cục bộ của các bộ phận riêng biệt, phải tuân theo một trong các điều kiện sau đây:

$$n_c \cdot N \leq \frac{m}{k} \cdot R \quad (5)$$

$$n_c \cdot \sigma < \frac{m}{k} \varphi(R_a, R_{bt}) \quad (6)$$

Trong đó:

m - hệ số điều kiện làm việc xét đến các đặc điểm làm việc của đập, các bộ phận của nó và của nền, lấy theo Bảng 5;

n_c - hệ số tổ hợp tải trọng;

k - hệ số tin cậy;

σ - trị số ứng suất tính toán;

R_a, R_{bt} - tương ứng là sức kháng tính toán của cốt thép và của bê tông, xác định theo tiêu chuẩn thiết kế các kết cấu bê tông và bê tông cốt thép thủy công hoặc các tiêu chuẩn, quy chuẩn hiện hành tương đương;

Φ - hàm số, mà dạng của nó tùy thuộc vào tính chất của trạng thái ứng suất – biến dạng của đập được xác định theo các Điều 5; Điều 6; Điều 7; và Điều 8;

N và R - tương ứng là các trị số tính toán của tác động lực tổng quát và của khả năng chịu tải tổng quát của công trình.

Bảng 5 - Hệ số điều kiện làm việc m của đập

Các loại tính toán đập và các yếu tố gây nên sự cần thiết phải sử dụng hệ số điều kiện làm việc	Hệ số điều kiện làm việc m
1. Tính toán ổn định của đập bê tông và bê tông cốt thép trên nền nửa đá và không phải là đá	1,0
2. Tính toán ổn định của đập trọng lực và đập bản chống trên nền đá	
a) Đối với các mặt trượt đi qua các vết nứt ở khối nền	1,0
b) Đối với các mặt trượt đi qua mặt tiếp giáp giữa bê tông và đá, mặt trượt trong khối nền có một phần đi qua khe nứt, một phần đi qua đá liền khối	0,95
3. Tính toán ổn định của đập vòm	0,75
4. Tính toán độ bền chung và độ bền cục bộ của đập bê tông, bê tông cốt thép và các bộ phận của chúng khi độ bền của bê tông có tính quyết định trong các loại kết cấu dưới đây:	
a) Trong kết cấu bê tông	
- Đối với tổ hợp tải trọng và tác động cơ bản	0,9
- Đối với tổ hợp tải trọng và tác động đặc biệt không xét động đất	1,0
- Như trên, có xét động đất	1,1
b) Trong kết cấu bê tông cốt thép dạng tấm và dạng sườn, khi chiều dày của tấm (sườn) lớn hơn hoặc bằng 60 cm	1,15
c) Trong kết cấu bê tông cốt thép dạng tấm và dạng có sườn khi chiều dày của tấm (sườn) nhỏ hơn 60 cm	1,0
5. Như điểm 4, nhưng độ bền của cốt thép không dự ứng lực là có tính quyết định	
a) Các bộ phận bê tông cốt thép mà trong mặt cắt ngang có số thanh thép chịu lực:	
- Nhỏ hơn 10	1,1
- Lớn hơn hoặc bằng 10	1,15
b) Các kết cấu hỗn hợp thép – bê tông cốt thép (hở và chôn) ngầm dưới đất	0,8

CHÚ THÍCH:

1) Khi tính toán độ bền và ổn định của đập vòm, các hệ số điều kiện làm việc tra theo bảng trên cần được nhân thêm với hệ số m_v lấy theo Điều 8;

2) Khi tính toán độ bền chung và độ bền cục bộ của mọi loại đập bê tông và bê tông cốt thép, trong trường hợp độ bền của cốt thép dự ứng lực có tính quyết định, thì các hệ số điều kiện làm việc cần lấy theo Bảng 24 của tiêu chuẩn thiết kế các kết cấu bê tông và bê tông cốt thép hoặc tiêu chuẩn, quy chuẩn hiện hành tương đương;

3) Khi xét đến các tải trọng lặp đi lặp lại nhiều lần trong các bộ phận của đập, các hệ số điều kiện làm việc lấy theo Bảng 2 và Bảng 6 tiêu chuẩn thiết kế các kết cấu bê tông và bê tông cốt thép thủy công hoặc tiêu chuẩn, quy chuẩn hiện hành tương đương.

TCVN 9137 : 2012

4.8.10 Khi thiết kế đập vòm, đập liên vòm, đập vòm trọng lực và đập bản chống kiểu to đầu, cũng như các kết cấu khác mà bê tông của chúng chịu ứng suất nén không gian cần lấy giá trị sức kháng tính toán của bê tông theo yêu cầu của tiêu chuẩn TCVN 4116 : 1985 trong các trường hợp:

- Trong trường hợp trạng thái ứng suất phẳng, khi các ứng suất tác dụng một dấu thì cho phép không xét đến ảnh hưởng chung của chúng;
- Trong trường hợp trạng thái ứng suất phẳng và không gian, khi các ứng suất tác dụng khác dấu nhau thì các trị số sức kháng nén tính toán của bê tông cần được xác định như khi bị chất tải một trục.

4.8.11 Việc tính toán đập bê tông chịu tác động của động đất theo chỉ dẫn của các Điều 5; Điều 6; Điều 7; Điều 8 cần được tiến hành theo lý thuyết phổ tuyến tính có xét đến hệ số động đất xác định theo những yêu cầu trong tiêu chuẩn xây dựng các công trình ở những vùng có động đất. Khi đó cho phép lấy trị số tính toán của các sức kháng của bê tông theo các kết quả nghiên cứu thí nghiệm.

4.8.12 Đối với đập bê tông cao hơn 60 m và có thể tích bê tông lớn hơn 1 triệu m³, khi thiết kế cần xác định những giá trị tiêu chuẩn trung gian của các sức kháng nén và kéo của bê tông khác với những trị số xác định theo tiêu chuẩn thiết kế TCVN 4116 : 1985 trong các trường hợp.

4.9 Tính toán thấm của đập

4.9.1 Việc tính toán thấm của đập bê tông và bê tông cốt thép cần được thực hiện nhằm xác định:

- Áp lực ngược của nước thấm tác dụng vào đế đập;
- Các gradien trung bình của cột nước áp lực;
- Các gradien cục bộ lớn nhất của cột nước áp lực;
- Vị trí đường bão hòa của dòng thấm ở vùng cửa bờ tiếp giáp với đập;
- Tổn thất nước từ hồ chứa do thấm, trong đó có lưu lượng nước thấm vào các thiết bị tiêu nước;
- Các thông số của các thiết bị tiêu nước và chống thấm.

4.9.2 Việc tính toán độ bền thấm chung của đất nền phải được tiến hành với các gradien trung bình của cột nước.

Việc tính toán độ bền cục bộ của các bộ phận chống thấm của đập (sân phủ, chân khay, màng phụt) và của đất nền cần được tiến hành với các gradien lớn nhất của cột nước tại các vị trí:

- Tại chỗ dòng thấm đi ra hạ lưu và ra các thiết bị tiêu nước;
- Ở ranh giới giữa các lớp đất không đồng nhất;
- Ở vị trí có các vết nứt lớn.

Việc kiểm tra tình trạng dòng thấm chảy ra ngoài các sườn dốc và sự ngập vùng đất bao quanh công trình cần được tiến hành theo các vị trí tính toán của đường bão hòa của dòng thấm.

4.9.3 Khi tính toán thấm đối với đập, cho phép coi như dòng thấm tuân theo quy luật tuyến tính và có chế độ ổn định. Khi mực nước thượng hạ lưu thay đổi nhanh hoặc khi có động đất, cần phải tính toán dòng thấm theo chế độ dòng không ổn định.

4.9.4 Những đặc trưng của dòng thấm (mực nước, áp lực, gradien cột nước, lưu lượng) đối với đập cấp I, II, III phải được xác định bằng phương pháp tương tự điện – thủy động trên máy tính tương tự và máy tính số bằng bài toán:

- Với các đoạn đập ở lòng sông: ở những mặt cắt thẳng đứng – bằng bài toán hai chiều;
- Với các đoạn bờ tiếp giáp với đập – bằng bài toán hai chiều trên mặt bằng và ở các mặt cắt thẳng đứng dọc theo các đường dòng, hoặc bằng bài toán không gian.

Đối với các đập cấp IV và khi tính toán sơ bộ đối với đập cấp I, II, III, cho phép xác định các đặc trưng của dòng thấm bằng các phương pháp giải tích gần đúng (phương pháp hệ số sức kháng, phương pháp phân đoạn, v.v...).

4.9.5 Khi xác định các đặc trưng của dòng thấm, cần xét đến ảnh hưởng của:

- Các thiết bị tiêu nước và chống thấm;
- Các khoang rỗng và các khớp mở rộng ở nền và các hành lang trong thân đập;
- Tính thấm nước của bê tông;
- Trạng thái ứng suất biến dạng của nền;
- Nhiệt độ của nước ngầm và độ khoáng của nước ngầm.

4.9.6 Đối với những đập bê tông và bê tông cốt thép cấp II và III trên nền đá và nền không phải là đá mà do điều kiện hậu quả sự cố và chiều cao của chúng có thể xếp vào cấp IV thì cho phép tính toán thấm như đối với đập cấp IV.

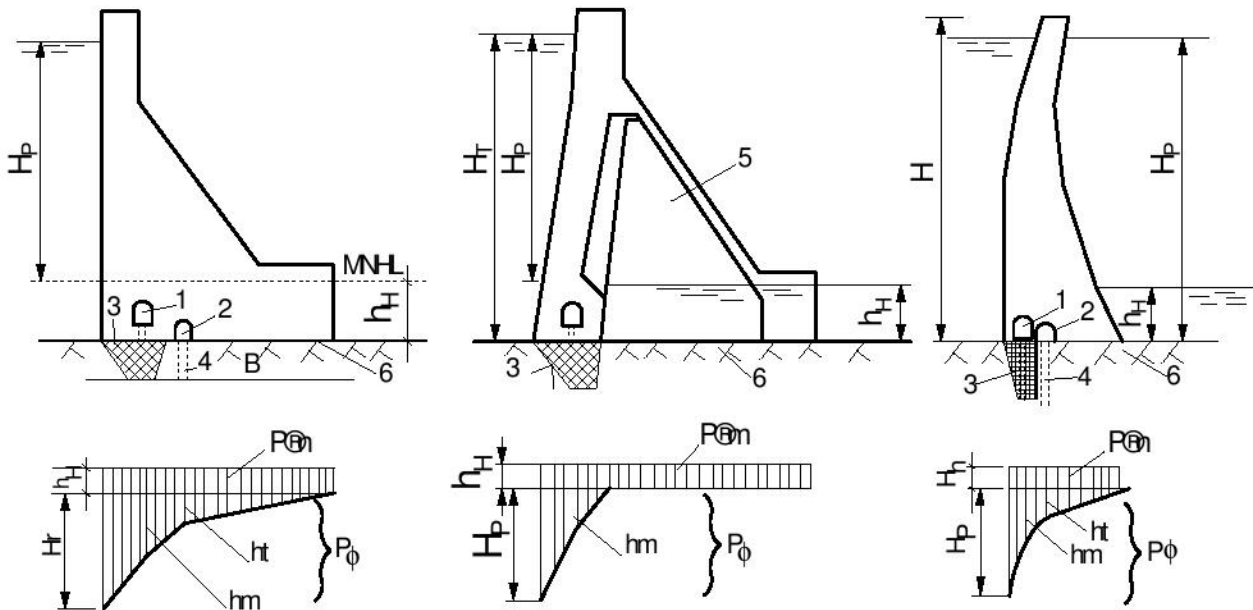
4.9.7 Cần xét tới tác động của động lực dòng thấm trong thân đập và nền với các trường hợp:

a) Đối với đập bê tông và bê tông cốt thép cấp III và IV, cũng như khi tính toán sơ bộ đối với đập thuộc mọi cấp dưới dạng các lực bề mặt, tác dụng lên mặt tiếp giáp giữa đập và nền (áp lực ngược toàn phần) theo các yêu cầu của Điều 4.9.10 (Hình 8):

b) Khi thiết kế đập bê tông cốt thép cấp I và II, đập bê tông cấp II dưới dạng các lực bề mặt, tác dụng lên mặt tiếp giáp giữa đập với nền, và dưới dạng tải trọng tác dụng lên nền ở thượng và hạ lưu cũng như dưới dạng lực thấm thể tích tác dụng lên nền đập, theo yêu cầu của Điều 4.9.9, (Hình 9).

c) Khi thiết kế đập bê tông trên nền đá – dưới dạng các lực bề mặt tác dụng lên nền ở thượng lưu và hạ lưu và lên mặt chịu áp của đập cũng như dưới dạng lực thấm thể tích trong thân đập tới đường tiêu nước, và ở dưới nền, theo các yêu cầu của Điều 5.1.21.

4.9.8 Trong tính toán, các lực thấm thể tích và áp lực đẩy ngược toàn phần ở mặt tiếp giáp cần được nhân với hệ số $\alpha_2 < 1$, còn áp lực nước tác dụng lên nền ở thượng lưu, hạ lưu, lên mặt chịu áp của đập cần được nhân với hệ số $1 - \alpha_2$.



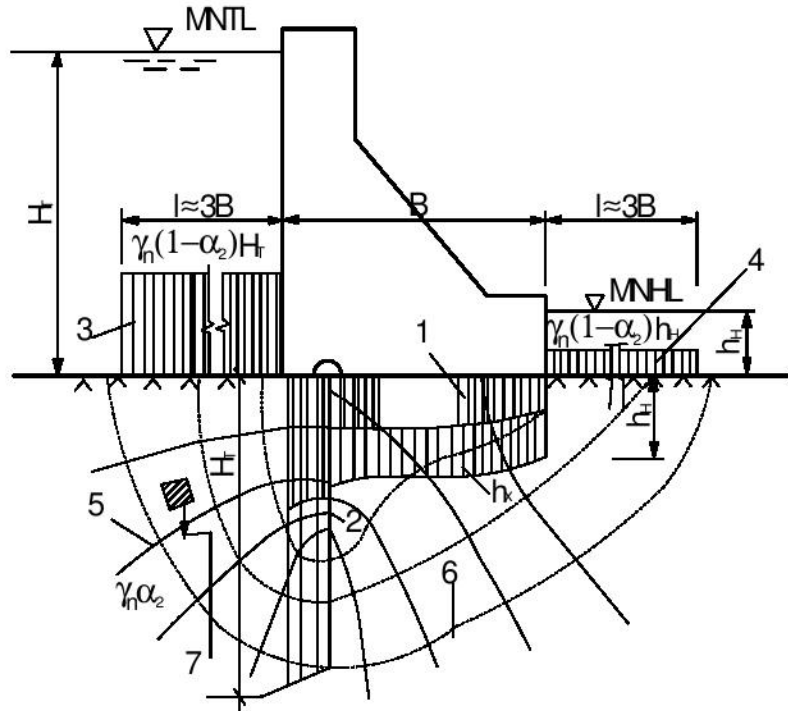
CHÚ DẪN :

- | | | |
|--|--|--|
| 1) hành lang phun xi măng; | 2) hành lang tiêu nước; | |
| 3) màn xi măng; | 4) giếng nước tiêu thẳng đứng; | |
| 5) khoang rỗng bên trong; | 6) tiếp giáp giữa bê tông và đá | |
| a) Đập trọng lực; | b) Đập bản chống; | c) Đập vòm. |
| P _{đn} : áp lực đẩy nổi; | P _φ : Áp lực đẩy ngược do thấm; | P _φ : Chiều rộng của đập tại nền; |
| H : Chiều cao đập | H _T : Cột nước phía thượng lưu; | h _H : Cột nước phía hạ lưu; |
| H _p : Cột nước tính toán; | h _m : Cột nước thấm còn lại tại trục màn xi măng; | |
| h _t : Cột nước thấm còn lại tại trục của giếng tiêu nước; | | |

Hình 8 - Các biểu đồ áp lực đẩy ngược dòng của nước ở mặt tiếp giáp giữa đập và nền đá khi có màn chống thấm và thiết bị tiêu nước.

CHÚ DẪN :

- 1) Biểu đồ áp lực đẩy ngược toàn phần tại mặt tiếp giáp giữa bê tông và nền đá;
 - 2) Màn xi măng;
 - 3) Tải trọng lên nền thượng lưu;
 - 4) Tải trọng lên nền hạ lưu;
 - 5) Đường đẳng áp;
 - 6) Đường dòng;
 - 7) Lực thấm đơn vị
- L và l) Chiều dài tính toán tác động của áp lực nước phía thượng lưu và hạ lưu;
- h_x) Tọa độ cột nước đo áp chỗ tiếp giáp bê tông – đá (HT ≥ h_x ≥ h_H);
- γ_n) Dung trọng của nước;
- α₂) Hệ số diện tích hiệu quả của áp lực đẩy ngược;
- J) Gradient cột nước.



Hình 9 - Sơ đồ tác động lực của dòng thấm ở nền đập

Trong đó : α₂ là hệ số diện tích hiệu dụng của áp lực đẩy ngược.

Phải lấy giá trị của hệ số α_2 theo kết quả tính toán và nghiên cứu, có xét đến:

- Tính thấm nước của bê tông và đất nền;
- Tốc độ dâng đầy hồ chứa;
- Trạng thái ứng suất của bê tông và đất nền;
- Các thiết bị chống thấm ở mặt chịu áp, ở các khớp nối của đập và lòng hồ chứa.

Trong tính toán xác định lực đẩy ngược toàn phần ở mặt tiếp giáp giữa đập và nền, trị số α_2 lấy bằng 1 khi:

- Nền là đất hòn lớn và đất loại cát;
- Nền là đất loại sét và đá khi có luận chứng thích ứng.

Khi xác định các lực thấm thể tích và áp lực nước đối với nền là đất loại sét và nền đá, cho phép lấy $\alpha_2 = 0,5$.

4.9.9 Áp lực đẩy ngược toàn phần của nước lên đế đập (P_{ng}) phải được xác định theo công thức:

$$P_{ng} = (P_T + P_{dn})\alpha_2 \quad (7)$$

Trong đó: P_T - áp lực đẩy ngược do thấm tác động lên từng phần riêng biệt của đường viền dưới đế móng đập;

P_{dn} - áp lực đẩy nổi, có xét đến độ dốc và sự chôn sâu của đế móng và các chân khay đập.

Đối với nền không phải là đá (Hình 9), giá trị P_{ng} được xác định qua tính toán thấm có xét tới các chỉ dẫn trong Điều 4.9.3 đến Điều 4.9.5.

Đối với nền đá khi xác định P_{ng} trong các trường hợp nêu ở Điều 4.9.7, cho phép tính áp lực đẩy ngược theo các biểu đồ như Hình 8, khi đó các trị số áp lực đẩy ngược do thấm còn lại ở trục màn phụt xi măng h_m và trục ở tiêu nước h_t lấy theo Bảng 6.

Bảng 6 - Các trị số h_m/H_{tt} và h_t/H_{tt}

Loại đập	Tổ hợp cơ bản		Tổ hợp đặc biệt	
	h_m/H_{tt}	h_t/H_{tt}	h_m/H_{tt}	h_t/H_{tt}
a) Đập trọng lực kiểu khối lớn (Hình 1a), kiểu có lớp chống thấm ở mặt chịu áp (Hình 1d), kiểu neo vào nền (Hình 1e)				
- Cấp I	0,4	0,2	0,6	0,35
- Cấp II	0,4	0,15	0,5	0,25
- Cấp III, IV	0,3	0	0,4	0,15
b) Đập trọng lực kiểu có khớp nối mở rộng (Hình 1b), kiểu có khoang rỗng dọc ở sát nền (Hình 1c) và đập bản chống cấp I-IV	0,4	0	0,5	0
c) Đập vòm và đập vòm trọng lực các cấp I - IV	0,4	0,2	0,6	0,35

CHÚ THÍCH: Các trị số h_m/H_{tt} và h_t/H_{tt} nêu trong Bảng 6 ở trường hợp tổ hợp tải trọng và tác động đặc biệt chỉ ứng với trường hợp khi ở thượng lưu là MNDBT và các thiết bị chống thấm và tiêu nước bị hư hỏng, không làm việc bình thường

4.9.10 Các gradien cho phép của cột nước trong màng chống thấm ở nền đá cần lấy theo Bảng 7.

Chiều dày tính toán của màn trong nền đập cấp I, II và III cần được xác định trên cơ sở các số liệu thí nghiệm. Đối với đập cấp IV thì chiều dày của màn nên lấy theo các trường hợp tương tự.

Việc tính toán các thiết bị chống thấm bằng đất á sét và sét cần thực hiện theo quy phạm thiết kế đập đất bằng phương pháp đầm nén.

Bảng 7 - Gradien cho phép của cột nước trong màng chống thấm ở nền đá

Chiều cao đập H (m)	Tính thấm nước của thân màn chống thấm		J _{cp}
	Lưu lượng thấm đơn vị không lớn hơn, lít/phút	Hệ số thấm không lớn hơn, cm/s	
Lớn hơn 100	0,01	1.10^{-5}	30
Từ 60 đến 100	0,03	6.10^{-5}	20
Nhỏ hơn 60	0,05	1.10^{-4}	15

4.10 Tính toán thủy lực

4.10.1 Việc tính toán và nghiên cứu thủy lực các công trình xả, tháo và lấy nước của đập và hạ lưu đập cần thực hiện để:

- Xác định chiều rộng tuyến tràn, cao trình ngưỡng tràn và mặt cắt tràn;
- Quyết định hình dạng các đầu vào và trụ pin, chiều dài và chiều cao tường phân chia, kết cấu và hình dạng tường cánh ven bờ, cao trình của sân phủ và kết cấu gia cố đáy ở thượng lưu;
- Chọn chế độ nối tiếp tối ưu giữa thượng, hạ lưu và ấn định cao trình đặt bề tiêu năng và sân sau, kiểu và kích thước các vật tiêu năng, các tường phân dòng, các vật phân tán dòng chảy, các đoạn cần gia cố đáy, gia cố bờ, chiều dài và hình dạng trên mặt bằng của các mô biên bê tông nối tiếp với bờ và các tường cánh hạ lưu;
- Lập các sơ đồ tổ ưu để vận hành các cửa van khi xả lũ và xả vật nổi khác qua công trình đầu mối;
- Ấn định kiểu và kích thước của các lỗ xả tạm thời để thoát lũ và các vật nổi trong thời kỳ thi công công trình đầu mối cũng như trong trường hợp cần có các kết cấu bổ sung ở thượng lưu và hạ lưu có liên quan đến việc dẫn dòng thi công;
- Xác định sự xói lở (phá hủy) cục bộ có thể xảy ra và sự biến hình của lòng sông cả trong thời kỳ thi công và trong quá trình khai thác bình thường công trình đầu mối, đánh giá sự hạ thấp chung của cao trình lòng sông và của hạ lưu có thể xảy ra do sự vận chuyển bình thường của bùn cát bị thay đổi;
- Xác định chế độ lưu tốc ở thượng hạ lưu và chế độ áp lực nước (kể cả áp lực mạch động) lên các bộ phận của công trình tháo nước;
- Xác định quan hệ giữa lưu lượng và mực nước ở hạ lưu.

4.10.2 Trong tính toán thủy lực của đập, cần phân biệt các trường hợp tính toán cơ bản và tính toán kiểm tra.

a) Trường hợp tính toán cơ bản ứng với khi tháo lưu lượng trên toàn tuyến công trình tháo, với mực nước dâng bình thường ở thượng lưu. Xuất phát từ trường hợp này, trên cơ sở các tính toán kinh tế - kỹ thuật sẽ ấn định tổng chiều dài của tuyến tràn và tỷ lưu của công trình xả.

b) Phải tính toán kiểm tra đối với các trường hợp:

- Xả lưu lượng tính toán lớn nhất, ứng với mực nước gia cường ở thượng lưu;
- Mở hoàn toàn một khoang của đập một cách đột ngột khi các khoang còn lại đều đóng và khi trạm thủy điện làm việc bình thường (80% công suất lắp máy).

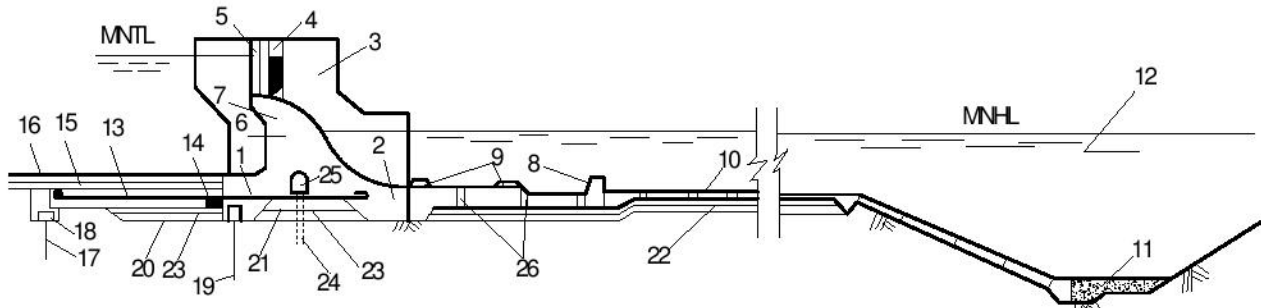
Cần phải dự tính các trường hợp tháo nước còn lại bằng các sơ đồ vận hành các cửa van của đập. Khi đó, độ mở và trình tự mở các cửa van phải được ấn định xuất phát từ điều kiện không yêu cầu bổ sung thêm những biện pháp bổ sung để bảo vệ công trình và những phần lòng sông ở ngay phía hạ lưu so với các trường hợp tính toán.

5. Thiết kế đập bê tông và bê tông cốt thép trên nền không phải là đá

5.1 Thiết kế đập và các bộ phận đập bê tông và bê tông cốt thép trên nền không phải là đá

5.1.1 Khi thiết kế các bộ phận của đập xả nước bằng bê tông và bê tông cốt thép trên nền không phải là đá, ngoài các chỉ dẫn của điều này, còn phải thực hiện các yêu cầu nêu trong Điều 4.

5.1.2 Khi thiết kế các đập xả nước bằng bê tông và bê tông cốt thép trên nền không phải là đá, cần phân biệt các bộ phận chính sau đây (Hình 10):



CHÚ DẪN :

- | | | |
|---------------------------------------|---|------------------------|
| 1) Phần thượng lưu của tấm móng; | 2) Phần hạ lưu của tấm móng; | 3) Trụ pin trung gian; |
| 4) Khe van công tác; | 5) Khe van sửa chữa; | 6) Đập tràn; |
| 7) Ngưỡng tràn; | 8) Sân tiêu năng; | 9) mỏ tiêu năng; |
| 10) Sân sau; | 11) Gia cố đáy; | 12) Rãnh phòng xói; |
| 13) Sân trước neo vào đập; | 14) Phần mềm của sân trước; | 15) Phần chất tải; |
| 16) Lớp bảo vệ phần chất tải; | 17) Cừ dưới sân trước; | 18) Dầm trên đầu cừ; |
| 19) Cừ dưới phần thượng lưu của đập; | 20) Tiêu nước nằm ngang của sân trước; | |
| 21) Tiêu nước nằm ngang của tấm móng; | 22) Tiêu nước nằm ngang của sân sau và sân tiêu năng; | |
| 23) Lọc ngược; | 24) Tiêu nước thẳng đứng của nền; | |
| 25) Hành lang tiêu nước; | 26) Các lỗ thoát nước | |

Hình 10 - Các phần và bộ phận của đập tràn có sân trước neo vào đập trên nền không phải là đá

- Các tấm móng; các trụ pin, nửa trụ pin và mỏ biên;
- Phần tràn và phần xả sâu;
- Các khớp nối biến dạng và vật chắn nước của chúng;

TCVN 9137 : 2012

- Bề tiêu năng và sân sau;
- Kết cấu chống thấm (sân trước, cù, chân khay, màng chống thấm);
- Các thiết bị tiêu nước.

5.1.3 Cần chia đập xả nước bằng bê tông và bê tông cốt thép trên nền không phải là đá thành các đoạn bằng khớp nối nhiệt lún. Các khớp nối này thường bố trí dọc theo trục của các trụ pin và chia chúng thành hai nửa trụ pin.

Số lượng của các khoang xả trong một đoạn đập cần được xác định trên cơ sở so sánh các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của các phương án đề xuất, có xét đến các điều kiện địa chất công trình, khí hậu và thủy văn của khu vực xây dựng và điều kiện khai thác.

5.1.4 Độ sâu chôn móng của đập trong đất phải được xác định có xét đến yêu cầu về sự ổn định tĩnh học, các điều kiện thủy lực và thấm.

5.1.5 Mặt đứng thượng lưu của tấm móng phải được thiết kế có độ nghiêng để liên kết tốt hơn với sân phủ bằng đất dính.

5.1.6 Nếu như nước thấm trong nền đập có tính ăn mòn bê tông, cần xem xét đến tính hợp lý của việc tạo lớp cách nước ở đáy móng đập.

5.1.7 Trong phạm vi một đoạn đập, phải dự tính có sự liên kết cứng giữa các trụ pin và nửa trụ pin với tấm móng. Để giảm các ứng lực phát sinh ở tấm móng do trọng lượng của các trụ pin và nửa trụ pin đặt trên nó, cho phép tính đến việc thi công các trụ và nửa trụ này riêng rẽ với tấm móng rồi sau đó làm cho chúng liên khối với nhau.

5.1.8 Mố biên là một bộ phận của đoạn đập ở bên bờ, nó phải được bố trí trên tấm đáy chung của đoạn đập đó. Nếu việc bố trí như vậy làm tăng một cách đáng kể trọng lượng của tấm đáy, thì cần thiết kế mố có dạng tường chắn, khi đó ở khớp nối nhiệt-lún giữa mố, tràn và tấm móng phải làm vật chắn nước.

5.1.9 Mố biên trong phạm vi sân trước, bề tiêu năng và sân sau cần thiết kế theo dạng tường chắn.

5.1.10 Để tiết kiệm bê tông, cho phép tạo các khoang rỗng ở trong là đá, đất hoặc nước trong các khoang tràn và các khoang có lỗ xả đáy của đập khi ở các bộ phận chịu áp của đập bảo đảm được gradien cột nước cho phép.

5.1.11 Khi thiết kế đập, tùy thuộc vào khẩu diện của các khoang tràn, điều kiện khí hậu và địa chất công trình của khu vực xây dựng, phải dự tính ngàm cứng phần tràn vào các trụ pin và nửa trụ pin hoặc tạo khớp nối nhiệt ở giữa của chúng, khớp nối này cắt phần tràn từ đỉnh đến mặt trên của tấm móng theo mặt ngoài của trụ pin.

Khi khoang tràn dài hơn 25 m, phải tính đến việc bố trí các khớp nối nhiệt trong thân tràn.

5.1.12 Các lỗ xả sâu của đập trên nền không phải là đá cần được thiết kế theo dạng khung kín bê tông cốt thép.

5.1.13 Khi thiết kế đập xả nước trên nền không phải là đá, phải dùng chế độ chảy đáy làm dạng nổi tiếp thượng hạ lưu chủ yếu, khi đó ở vùng dòng chảy bị co hẹp trên đoạn tiêu năng phải dự kiến các kết cấu tiêu năng và phân dòng.

5.1.14 Trong bể tiêu năng nên sử dụng các kiểu vật tiêu năng chính sau đây:

a) Tường tiêu năng liền, đặt cách mặt cắt co hẹp một đoạn bằng 0,8 chiều dài của nước nhảy (chiều dài nước nhảy xác định bằng tính toán với bể tiêu năng ngắn), hoặc cách một khoảng 3h khi có trị số $\varepsilon_0 = T_0/h_k$ biến đổi trong phạm vi từ 0,2 đến 12:

trong đó :

h - là chiều sâu dòng chảy ở đoạn cuối nước nhảy);

T_0 - tỷ năng của dòng chảy trước công trình chịu áp bằng hiệu của mực nước thượng lưu có xét lưu tốc đến gần và mặt bể tiêu năng;

h_k - chiều sâu phân giới của dòng chảy);

b) Tường tiêu năng đứt quãng, bố trí cách mặt cắt co hẹp một khoảng 3h khi trị số $\varepsilon_0 =$ từ 2 đến 6;

c) Tường tiêu năng phân dòng, gồm hai tường tạo thành một góc ngược hướng dòng chảy, góc đặt các tường phân dòng có thể biến đổi trên chiều rộng của bể tiêu năng còn bản thân tường phân dòng có thể có chiều cao thay đổi;

d) Vật tiêu năng có dạng kết hợp hai hàng mô hình thang và tường tiêu năng ở phía hạ lưu.

5.1.15 Chiều dài của sân sau (nằm ngang, nằm ngang có một đoạn nghiêng hoặc nằm nghiêng) phải được xác định từ điều kiện làm cho các biểu đồ lưu tốc dòng chảy được san bằng dần trên toàn bộ chiều dài của sân sau hoặc trên một phần của nó (sân sau rút ngắn).

5.1.16 Đối với những đập cấp I, II và III thông thường phải thiết kế sân sau ở dạng các tấm bê tông hoặc bê tông cốt thép đổ tại chỗ.

Đối với những đập cấp IV cho phép dự kiến sân sau ở dạng đá đổ hoặc rọ đá, tấm bê tông hoặc bê tông cốt thép lắp ghép.

Trường hợp dùng các cấu kiện bê tông và bê tông cốt thép đúc sẵn làm sân sau, phải dự kiến liên kết các cấu kiện bằng cốt thép để đảm bảo tính ổn định của các cấu kiện đúc sẵn chống lại tác động thủy động của dòng chảy.

5.1.17 Chiều dày của các tấm ở bể tiêu năng và sân sau phải xác định bằng tính toán, xuất phát từ điều kiện bảo đảm cường độ và độ ổn định. Phải xem xét khả năng giảm chiều dày các tấm ở bể tiêu năng và sân sau bằng cách phân nhỏ nhờ các khớp nối nhiệt-lún và bố trí các giếng tiêu nước.

Kích thước trên mặt bằng của các tấm phải được xác định từ điều kiện đảm bảo sự ổn định chống trượt và nổi, cũng như bảo đảm khả năng đổ bê tông mỗi tấm thành một khối.

5.1.18 Giếng tiêu nước phải có tiết diện trên mặt bằng từ 0,25 m x 0,25 m đến 1 m x 1 m tùy theo bề dày của tấm bể tiêu năng và sân sau cũng như điều kiện thi công.

TCVN 9137 : 2012

Trên mặt bằng, cần bố trí các giếng theo kiểu hoa thị trong một hàng cù cách nhau từ 5 m đến 10 m làm một giếng (tùy theo kích thước của các tấm), và các hàng giếng cách nhau không nhỏ hơn 5 m, đồng thời diện tích các giếng tiêu nước không được nhỏ hơn 1,5% diện tích toàn bộ các tấm gia cố.

Khi dùng các tấm đúc sẵn để làm sân sau, có thể không cần làm giếng tiêu nước.

5.1.19 Ở cuối sân sau phải dự kiến bố trí một kết cấu có dạng tường thẳng đứng, hoặc rãnh phòng xói, hoặc phân gia cố chuyển tiếp có thể biến dạng được, hoặc tổ hợp các kết cấu đó để bảo vệ cho sân sau, các mô biên và tường phân cách khỏi bị xói lở, (Hình 10).

5.1.20 Tường thẳng đứng ở cuối sân sau (có dạng tường bê tông hoặc bê tông cốt thép, tường cù kết cấu phẳng hoặc tổ ong, cũi gỗ trong bỏ đá v.v...) phải được thiết kế cắm xuống hết chiều sâu của lớp đất có khả năng bị xói lở. Khi chiều sâu xói lở quá lớn, có thể làm tường đứng không cắm hết chiều sâu xói lở, nhưng phải làm thêm một đoạn gia cố chuyển tiếp mềm có khả năng biến dạng tiếp sau tường đó.

5.1.21 Khi dòng chảy có tỷ lưu lớn và đất nền là loại dễ bị xói lở, phải dự kiến bố trí rãnh phòng xói ở cuối sân sau, cùng với phân gia cố chuyển tiếp mềm ở mái dốc phía thượng lưu và đáy rãnh phòng xói.

Việc xác định mái dốc phía hạ lưu của rãnh phòng xói phải xuất phát từ điều kiện ổn định của nó trong thời gian thi công.

Mái dốc phía thượng lưu của rãnh phòng xói phải được quyết định có xét đến điều kiện thủy lực của sự tản dòng, đến đoạn bố trí một đoạn sân sau nằm nghiêng hoặc đoạn gia cố chuyển tiếp mềm có khả năng biến dạng.

5.1.22 Đoạn gia cố chuyển tiếp mềm có khả năng biến dạng phải được thiết kế dưới dạng các tấm bê tông và bê tông cốt thép riêng rẽ liên kết bản lề (khớp) với nhau, dưới dạng sỏi hoặc đá dờ, rọ đá, rỗng cây hoặc đệm cành cây trên có đồ đá hoặc sỏi, hoặc dưới dạng tổ hợp các kiểu gia cố trên.

Cần phải lựa chọn kiểu gia cố trên cơ sở so sánh các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của các phương án nêu ra, có xét đến các điều kiện thủy lực, chiều sâu xói cho phép và các yếu tố khác.

5.2 Tính toán thiết kế đường viền dưới đất đập bê tông và bê tông cốt thép trên nền không phải là đá

5.2.1 Đường viền dưới đất được khái niệm theo TCVN 9143 : 2012. Tùy theo các đặc trưng cơ lý của đất, cần phải dự kiến đường viền dưới đất của đập bê tông và bê tông cốt thép trên nền không phải là đá gồm các bộ phận kết cấu sau:

- Sân trước;
- Vật chắn thẳng đứng dưới dạng cù, chân khay hoặc màn chống thấm;
- Vật tiêu nước nằm ngang hoặc thẳng đứng.

5.2.2 Khi thiết kế đập trên nền không phải là đá, phải dùng các sơ đồ đường viền dưới đất cơ bản sau đây:

- 1) Tấm móng và sân trước không có vật tiêu nước (Sơ đồ 1);
- 2) Vật tiêu nước nằm ngang dưới tấm móng (Sơ đồ 2);
- 3) Vật tiêu nước nằm ngang dưới tấm móng và sân trước (Sơ đồ 3);
- 4) Vật chắn thẳng đứng cắt qua toàn bộ chiều sâu của tầng thấm nước (Sơ đồ 4);
- 5) Vật chắn thẳng đứng cắt qua một phần chiều sâu của nền thấm nước (Sơ đồ 5).

CHÚ THÍCH: Các Sơ đồ 1, Sơ đồ 2, Sơ đồ 3, Sơ đồ 4 và Sơ đồ 5 theo Điều 6.1 TCVN 9143 : 2012.

Khi thiết kế đập trên nền có xen kẽ các lớp đất cát và loại sét và nền có nước ngầm áp lực, cần phải bố trí giếng tiêu nước sâu trong đường viền thấm dưới đất của đập.

5.2.3 Sơ đồ và các kích thước chủ yếu của các bộ phận tạo thành đường viền dưới đất phải được chọn trên cơ sở tính toán thấm của đập có xét đến các điều kiện địa chất công trình của nền.

- Sơ đồ 1 phải được áp dụng khi bố trí đập trên nền đất cát và tầng không thấm ở sâu hơn 20 m trong các trường hợp khi độ ổn định chung của công trình được bảo đảm không cần các biện pháp đặc biệt để hạ thấp áp lực thấm, nhưng theo điều kiện ổn định thấm của đất nền lại đòi hỏi phải kéo dài đường viền dưới đất;
- Trong các trường hợp còn lại với các điều kiện địa chất đã nêu thì phải dùng sơ đồ 2;
- Sơ đồ 3 phải được áp dụng khi nền là đất loại sét cần phải giảm áp lực thấm để bảo đảm ổn định chống trượt cho công trình;
- Sơ đồ 4 phải được áp dụng khi tầng không thấm ở không sâu quá 20m. Trong trường hợp này cho phép không bố trí sân trước;
- Sơ đồ 5 áp dụng khi tầng không thấm ở tương đối sâu, trong trường hợp này cần đặc biệt lưu ý kiểm tra điều kiện ổn định thấm cục bộ của đất nền dưới vật chắn thẳng đứng, trong nhiều trường hợp có thể áp dụng tổng hợp một vài sơ đồ nêu trên.

5.3 Thiết kế sân trước đập bê tông và bê tông cốt thép trên nền không phải là đá

5.3.1 Theo cấu tạo, sân trước được phân loại như sau:

- Loại cứng : có dạng lớp phủ bằng bê tông và bê tông cốt thép;
- Loại mềm : bằng đất, nhựa đường, pôlime v.v... đáp ứng được các yêu cầu biến dạng, không thấm nước, bền vững chống được xâm thực hóa học.

Ngoài chức năng chính là chống thấm, sân trước còn có thể làm nhiệm vụ neo vào công trình sau đó. Sân trước có neo phải được thiết kế dưới dạng kết cấu hỗn hợp gồm các đoạn mềm và cứng.

5.3.2 Khi chọn kiểu sân trước cần xét đến tính không thấm nước của đất nền.

Khi đất nền là đất sét và á sét cần dự kiến bố trí sân trước không thấm nước, khi đất nền là cát hoặc á cát thì bố trí sân trước bằng loại đất ít thấm (có hệ số thấm $K_T \leq 10^{-6}$ cm/s).

TCVN 9137 : 2012

Sân trước của đập cấp IV phải được thiết kế chủ yếu bằng vật liệu tại chỗ (á sét, sét, than bùn có độ phân hủy không nhỏ hơn 50%). Hệ số thấm của loại sân trước này so với hệ số thấm của đất nền phải nhỏ hơn ít nhất 50 lần.

5.3.3 Chiều dài sân trước cần được quy định trên cơ sở những kết quả tính toán độ bền thấm của đất nền và độ ổn định của đập.

5.3.4 Chiều dày t của sân trước bằng đất phải được quy định từ điều kiện:

$$t \geq \frac{\Delta_h}{J_{cp}} \quad (8)$$

trong đó :

Δ_h - tổn thất cột nước từ đầu đường viền dưới đất (từ thượng lưu) đến mặt cắt thẳng đứng đang xét của sân trước;

J_{cp} - gradien cột nước cho phép đối với vật liệu làm sân trước.

- Với đất loại sét : $J_{cp} =$ từ 6 đến 8;
- Với than bùn : $J_{cp} \leq 3$;
- Với đất á sét : $J_{cp} =$ từ 4 đến 5;

Chiều dày nhỏ nhất của sân trước bằng đất phải lấy bằng 0,5 m.

5.3.5 Sân trước chống thấm kiểu mềm cần thiết kế như sau:

- 1) Kiểu nấu chảy: gồm các vật liệu cách nước nấu chảy trên rải vải thủy tinh;
- 2) Kiểu dán: gồm vài lớp bằng những cuộn vật liệu cách nước đặt chồng lên nhau sao cho lớp trên phủ lên các chỗ nối của lớp dưới, các lớp được dán chặt với nhau.

5.3.6 Sân trước bằng bê tông phải được thiết kế dưới dạng các tấm và phải dự kiến biện pháp chống thấm cho mặt chịu áp và làm kín nước ở khớp nối giữa các tấm, cũng như giữa sân trước và công trình kề với nó.

Đối với đập cấp IV khi nền là đất ít biến dạng, cho phép dùng sân trước bằng bê tông không có lớp phủ chống thấm. Trong trường hợp này phải quy định chiều dày sân trước gradien cột nước cho phép đối với bê tông $J_{cp} = 30$.

5.3.7 Sân trước có neo thông thường phải được thiết kế dưới dạng tấm bê tông cốt thép, có các thanh thép thò ra để móc chặt vào công trình được neo. Cần bảo đảm tính chống thấm của các tấm bê tông cốt thép bằng các lớp cách nước dán với nhau hoặc bằng cách nấu chảy vật liệu cách nước để đổ thành nhiều lớp như đã nêu trên.

Đoạn mềm phải chịu được mọi loại biến động (trượt và lún) sinh ra ở chỗ tiếp giáp với công trình được neo, mà vẫn bảo toàn được tính chống thấm.

5.3.8 Khi thiết kế mọi loại sân trước, trừ loại bằng bê tông, phải dự kiến rải lên trên mặt lớp phủ bằng đất được gia cố bằng các tấm bê tông hoặc đất đổ để phòng xói.

5.3.9 Việc chuẩn bị nền dưới sân trước cần được dự kiến thực hiện như sau:

- Đối với sân trước làm bằng vật liệu tại chỗ trên nền là cát hoặc á cát thì cần đầm chặt mặt nền, trong trường hợp nền là đất hòn lớn (cuội, sỏi) thì phải tạo một lớp chuyển tiếp bằng cát có chiều dày không nhỏ hơn 10 cm;
- Đối với sân trước bằng bê tông hoặc sân trước có neo thì đổ một lớp dăm sỏi rồi đầm chặt lớp mặt nền, sau đó đổ một lớp bê tông dày từ 5 cm đến 10 cm;
- Đối với sân trước làm bằng nhựa đường hoặc polyme thì đổ một lớp đá dăm hoặc sỏi rồi tưới bitum, hoặc đổ một lớp bê tông dày từ 5 cm đến 10 cm.

5.3.10 Ở các chỗ tiếp giáp giữa sân trước với đập, với các tường chắn đất, với các trụ phân cách, với hàng cừ ở sân trước, và chỗ tiếp giáp giữa các đoạn sân trước với nhau cần bố trí các vật chắn nước theo chỉ dẫn ở Điều 4.4. Khi chọn các kết cấu vật chắn nước, cần xét đến trị số biến dạng có thể xảy ra của các công trình kề bên.

5.4 Thiết kế cừ dưới sân trước đập bê tông và bê tông cốt thép trên nền không phải là đá

5.4.1 Khi chọn loại cừ (thép, bê tông cốt thép hoặc gỗ) phải căn cứ vào các điều kiện địa chất, cột nước tính toán và chiều sâu đóng cừ.

5.4.2 Chiều sâu đóng cừ cần lấy không nhỏ hơn 2,5 m còn chiều sâu cừ đóng vào tầng đất không thấm nước cũng không được nhỏ hơn 1 m.

5.4.3 Khi thiết kế đường viền dưới đất của đập, không được phép truyền tải trọng từ công trình xuống cừ chống thấm.

5.4.4 Cần dự kiến đóng cừ ở dưới đập về phía thượng lưu khi không có sân trước. Khi có luận chứng thỏa đáng, cho phép bố trí cừ dưới sân trước (kể cả dưới sân trước có neo).

Trường hợp nền là đất không dính, khi có sân trước hoặc khi chân khay thượng lưu của tấm móng cắm sâu vào tầng đất không thấm, và chân khay hạ lưu của tấm móng bảo đảm được độ ổn định thấm của nền, thì cho phép áp dụng sơ đồ đường viền dưới đất không có cừ.

5.4.5 Khi dùng cừ treo (đóng chưa tới tầng không thấm) trong đường viền dưới đất của đập, khoảng cách giữa hai hàng cừ kề nhau không được lấy nhỏ hơn tổng hai chiều sâu của chúng.

5.5 Thiết kế chân khay và màng chống thấm đập bê tông và bê tông cốt thép trên nền không phải là đá

5.5.1 Để liên kết giữa đập và nền được tốt và để tránh dòng thấm tiếp giáp nguy hiểm, cần dự kiến làm chân khay thượng lưu, chân khay hạ lưu dưới đập.

Phải trừ tính làm chân khay chống thấm sâu bằng bê tông hoặc bê tông cốt thép (tường ngăn trong những trường hợp do điều kiện địa chất công trình không có khả năng dùng cừ).

5.5.2 Giữa chân khay chống thấm sâu và tấm móng của đập cần dự kiến bố trí khớp nối nhiệt độ - biến dạng trong đó có vật chắn nước.

TCVN 9137 : 2012

5.5.3 Trong nền cát hoặc đất hòn lớn (cuội, sỏi, đá dăm), khi dùng các kết cấu chống thấm khác để giảm tính thấm nước của nền không có hiệu quả, cần tính đến việc làm màn chống thấm hoặc tường ngăn chống thấm dưới dạng hào lấp đầy bằng bê tông hoặc đất sét ở phía thượng lưu của đập.

5.5.4 Chiều sâu của màn chống thấm, các đặc trưng thấm nước của nó cần được quyết định tùy thuộc vào cột nước đập, tính chất thấm và xói ngầm của đất nền, yêu cầu về giảm áp lực đẩy ngược lên đế móng đập.

5.5.5 Chiều rộng của màn chống thấm b_m cần xác định từ điều kiện:

$$b_m \geq \frac{h_m}{J_{cp}} \quad (9)$$

Trong đó:

h_m - tổn thất cột nước ở tiết diện màn đã cho;

J_{cp} - gradien cột nước cho phép của màn.

5.5.6 Tùy thuộc loại đất nền, trị số gradien cột nước cho phép của màng chống thấm được chọn như sau:

- Trong đất cát hạt nhỏ : $J_{cp} = 2,5$;
- Trong đất cuội sỏi, các hạt lớn và vừa : $J_{cp} = 4$;
- Trong cuội sỏi : $J_{cp} = 5$;

Khi làm màng chống thấm dạng tường hào, cần lấy trị số J_{cp} theo số liệu thí nghiệm mô hình.

5.6 Thiết kế các thiết bị tiêu nước đập bê tông và bê tông cốt thép trên nền không phải là đá

5.6.1 Đối với những đập trên nền đất loại sét cứng như nền đất loại cát, khi mà sân trước hoặc vật ngăn chống thấm thẳng đứng chưa đủ bảo đảm ổn định của đập, thì cần bố trí thiết bị tiêu nước nằm ngang.

Thiết bị tiêu nước nằm ngang làm bằng các vật liệu hạt lớn và được bảo vệ chống bồi tắc bằng các tầng lọc ngược.

5.6.2 Số các lớp lọc ngược và thành phần hạt cần được quy định theo các yêu cầu trong quy phạm thiết kế đập đất bằng phương pháp đầm nén.

Bề dày của các lớp tiêu nước nằm ngang phải được quy định có xét đến các đặc tính cấu tạo của đập và các điều kiện thi công, nhưng không được nhỏ hơn 20 cm.

5.6.3 Cần dự tính dẫn nước ra khỏi thiết bị tiêu nước nằm ngang vào thiết bị tiêu nước của bể tiêu năng, hoặc dẫn trực tiếp bằng hệ thống tiêu nước đi qua thân đập, qua mố tiếp giáp hoặc mố phân cách xuống hạ lưu. Lỗ thoát nước ra của hệ thống tiêu nước phải bố trí ở chỗ có chế độ dòng chảy êm và phải đặt dưới mực nước hạ lưu thấp nhất.

5.6.4 Cần xét việc đặt thiết bị tiêu nước nằm ngang ở dưới bề tiêu năng, sân sau và các tấm gia cố mái dốc để thoát nước thấm ra và để bảo vệ nền đất để bị xói rửa khỏi các tác động của lưu tốc mạch động của dòng chảy và ảnh hưởng của sóng.

5.7 Tính toán độ bền và ổn định đập bê tông và bê tông cốt thép trên nền không phải là đá

5.7.1 Khi tính toán độ bền và ổn định của đập trên nền không phải là đá, ngoài các chỉ dẫn ở điều này phải tuân theo các yêu cầu nêu ở Điều 4.8.

5.7.2 Các trị số ứng suất tiếp xúc ở đáy đập trên nền không phải là đá được xác định theo các yêu cầu của tiêu chuẩn thiết kế nền công trình thủy công và của mục này.

Khi tính ứng suất pháp tiếp xúc bằng phương pháp sức bền vật liệu thì trị số ứng suất σ_A ; σ_B ; σ_C ; σ_D ; tại các điểm góc A, B, C, D của tấm móng đoạn đập phải được xác định theo công thức:

$$\sigma_{A,B,C,D} = \frac{N}{F} + \frac{M_x}{W_x^i} + \frac{M_y}{W_y^i}; \quad (10)$$

trong đó:

N - tổng các lực thẳng góc với đáy đập (kể cả áp lực đẩy ngược);

F - diện tích bề mặt đế móng của đoạn đập;

M_x và M_y - các mô men uốn tương ứng với các trục quán tính chính của đế đập;

W_x^i và W_y^i - các mô men kháng uốn của đế đập đối với các điểm A, B, C và D tương ứng với các trục quán tính chính.

5.7.3 Khi thi công riêng rẽ các trụ pin, mô biên và tấm móng của đập trên nền đất loại cát, phản lực nền của công trình đã xây dựng xong hoàn toàn phải được xác định bằng cách cộng các biểu đồ ứng suất sau:

- Biểu đồ ứng suất tiếp xúc trong thời kỳ thi công dưới mỗi bộ phận công trình;
- Biểu đồ ứng suất do các tải trọng tác dụng vào công trình sau khi công trình đã được làm liền khối.

Đối với nền đập là loại đất sét, ứng suất tiếp xúc trong thời kỳ thi công phải được xác định có xét đến sự phân bố lại chúng theo thời gian.

5.7.4 Việc tính toán các đập cấp I và II về độ bền chung phải được tiến hành như đối với các kết cấu không gian trên nền đàn hồi bằng phương pháp cơ học kết cấu hoặc lý thuyết đàn hồi, có xét đến sự phân bố lại các ứng lực do sự hình thành các khe nứt và sự không đối xứng của đoạn công trình trên mặt bằng.

Khi tính toán sơ bộ đập cấp I, II và trong tất cả các trường hợp tính toán đập cấp III, IV cho phép tiến hành tính toán riêng rẽ theo hướng ngang (dọc theo dòng chảy) và dọc (cắt ngang dòng chảy) theo các yêu cầu của Điều 5.8.

5.7.5 Đối với từng bộ phận của đập (như phần tấm móng khối tràn, các trụ pin và nửa trụ pin v.v...) phải tính toán độ bền cục bộ dưới tác dụng của các lực đặt trực tiếp vào nó.

TCVN 9137 : 2012

5.7.6 Các ứng suất tính toán và lượng cốt thép trong những mặt cắt khác nhau ở các bộ phận của đập phải được xác định có xét đến các kết quả tính toán cả về độ bền chung của đoạn đập lẫn độ bền cục bộ của từng bộ phận.

Đối với đập cấp III và IV, cho phép tính toán cốt thép ở các mặt cắt của các bộ phận không cần xét đến việc phân bố lại các ứng lực do sự hình thành các vết nứt, theo các ứng lực quy ước tính toán, mô men uốn M và lực pháp tuyến N xác định theo các công thức sau đây:

$$M = \frac{\sigma_a - \sigma_b}{12} \cdot b \cdot h^2 \quad (11)$$

$$N = \frac{\sigma_a + \sigma_b}{12} \cdot b \cdot h^2 \quad (12)$$

Trong đó : $\sigma_A = \sigma_A^o + \sigma_A^m$

$$\sigma_B = \sigma_B^o + \sigma_B^m$$

σ_A^o, σ_B^o - ứng suất tại các điểm biên của mặt cắt của bộ phận xác định được từ tính toán độ bền chung;

σ_A^m, σ_B^m - ứng suất tại các điểm biên của mặt cắt của bộ phận xác định được từ tính toán độ bền cục bộ;

b và h - chiều rộng và chiều cao mặt cắt tính toán của bộ phận.

Khi đã biết trị số của các ứng lực tìm được từ kết quả tính toán độ bền chung (N_o và M_o) và độ bền cục bộ (N_m và M_m) thì ứng suất ở biên của mặt cắt tính toán của bộ phận phải được xác định theo các công thức sau:

$$\sigma_{A,B}^o = \frac{N_o}{M_o} + \frac{M_o}{W_o} \quad (13)$$

$$\sigma_{A,B}^m = \frac{N_m}{M_m} + \frac{M_m}{W_m} \quad (14)$$

trong đó:

F_o và M_o - lần lượt là diện tích và mô men kháng uốn của mặt cắt khi tính độ bền chung của đoạn đập;

F_m và W_m - lần lượt là diện tích và mô men kháng uốn của mặt cắt khi tính độ bền cục bộ của bộ phận.

CHÚ THÍCH: Trong các công thức (10) đến (14) lấy dấu (+) khi có ứng suất và ứng lực kéo, dấu (-) khi có ứng suất và ứng lực là nén.

5.8 Tính toán độ bền chung đập bê tông và bê tông cốt thép trên nền không phải là đá

5.8.1 Tính toán độ bền chung của đập theo phương ngang phải được tiến hành như sau:

- Đối với đập tràn: Tính như kết cấu có sườn, sườn cứng ở đây là các trụ pin và nửa trụ pin;
- Đối với đập hai tầng và đập có công trình xả sâu: Tính như kết cấu dạng hộp.

Khi tính toán, nếu tại mặt phẳng uốn các trụ pin và nửa trụ pin có chiều cao lớn, thì chỉ xét một phần chiều cao của chúng mà thôi. Cho phép giới hạn chiều cao tính toán của trụ pin và nửa trụ pin bằng các mặt phẳng nghiêng đi qua các điểm mép tiếp giáp với tấm móng và tạo một góc 45° với mặt phẳng nằm ngang.

Chiều cao mặt cắt tính toán của phần trần cũng phải giới hạn tương tự như vậy.

5.8.2 Tính toán độ bền chung của đoạn đập theo phương dọc phải được tiến hành như sau:

- Đối với đập tràn: tính như dầm trên nền đàn hồi;
- Đối với đập hai tầng và đập có công trình xả sâu: tính như kết cấu khung trên nền đàn hồi.

5.8.3 Khi tính toán độ bền chung của đoạn đập tràn theo phương dọc chỉ được đưa phần tràn vào mặt cắt tính toán khi không có các khớp nối nhiệt độ ở khoang tràn.

Khi giữa thân tràn và trụ pin, nửa trụ pin có các khớp nối nhiệt độ, thì chỉ đưa vào mặt cắt tính toán một phần của phần tràn giới hạn bởi các mặt phẳng đi qua đáy của khớp nối và tạo một góc 45° với mặt phẳng nằm ngang.

5.8.4 Khi tính độ bền chung của đoạn đập hai tầng hoặc đập có công trình xả sâu theo phương dọc cần đưa toàn bộ tấm móng, các kết cấu trong khoang tràn, các trụ pin và nửa trụ pin vào trong mặt cắt tính toán.

5.9 Tính toán độ bền tấm móng đập bê tông và bê tông cốt thép trên nền không phải là đá

5.9.1 Phần thượng lưu, hạ lưu và phần giữa (nếu như trên nó là khoang rỗng trong phần tràn) của tấm móng đập tràn có ngưỡng cao, phải được tính toán về độ bền cục bộ như tính toán tấm bản bị ngâm theo đường viền (3 hoặc 4 cạnh).

Sau khi đã chọn diện tích cốt thép dọc cho từng phần của tấm móng và sau khi đã bố trí chúng trên mặt cắt, cần tiến hành kiểm tra tiết diện toàn bộ khi chịu tác dụng của các ứng lực đã tìm được khi tính toán độ bền chung của đoạn đập theo phương dọc.

5.9.2 Tấm móng của đập tràn có ngưỡng thấp phải được tính toán với các ứng lực xác định được khi tính toán độ bền chung của đoạn đập.

Trong trường hợp cả phương dọc và phương ngang các tải trọng phân bố rất không đều và chiều dày các phần của tấm móng chênh nhau đáng kể, cho phép áp dụng các phương pháp tính toán gần đúng như sau:

- Chia tấm móng ra thành những dải dọc quy ước làm việc như các bộ phận độc lập, chịu các tải trọng tác dụng trực tiếp lên chúng;
- Giả thiết rằng tất cả các dải dọc do tấm móng của đập chia ra có cùng một độ võng. Trường hợp này, các nội dung ứng lực phải được phân bố giữa các dải tính toán tỷ lệ với mô men quán tính của chúng;

TCVN 9137 : 2012

- Giá trị các nội ứng lực tính toán phải được lấy bằng bình quân các trị số của chúng được xác định từ các giả thiết nêu trên về sự làm việc của tấm móng.

5.10 Tính toán độ bền phần trần đập bê tông và bê tông cốt thép trên nền không phải là đá

5.10.1 Phần trần của đập có ngưỡng cao, khi có các khớp nối nhiệt độ ở giữa các khối trần và các trụ pin phải được tính toán như công son ngàm vào tấm móng, còn khi không có các khớp nối nhiệt độ thì tính như tấm bị ngàm ở 3 cạnh.

Khi tính toán độ bền của phần bê tông, phải tuân theo các yêu cầu của Điều 7 đối với đập có chiều cao tới 60m.

5.10.2 Việc tính toán độ bền và bố trí cốt thép cho các kết cấu nhịp của đập hai tầng hoặc đập có công trình xả sâu phải được tiến hành với các ứng lực xác định được từ tính toán uốn cục bộ, có xét đến những ứng lực xác định được từ tính toán uốn chung của cả đoạn đập theo hướng dọc. Khi đó mô men uốn tổng cộng ở các kết cấu nhịp sẽ được phân bố cho các phần của chúng tỷ lệ với các mô men quán tính đối với các trục riêng của các phần này.

5.10.3 Khi có các khoang rỗng trong thân phần trần hoặc trong các kết cấu nhịp, thì các đoạn riêng biệt của chúng phải được tính toán về độ bền có xét đến uốn cục bộ.

5.11 Tính toán độ bền của các trụ pin và nửa trụ pin đập bê tông và bê tông cốt thép trên nền không phải là đá

5.11.1 Khi tính toán độ bền cục bộ của trụ pin và nửa trụ pin của đập tràn và đập hai tầng, cần xét chúng như những tấm công son bị ngàm vào tấm móng đập (khi có khớp nối nhiệt độ giữa trụ pin và phần trần) hoặc ngàm vào phần trần (khi không có khớp nối nhiệt độ giữa trụ pin và phần trần).

Khi tính toán độ bền cục bộ của các trụ pin và nửa trụ pin của công trình xả sâu, cần phải coi chúng như các cột của khung.

5.11.2 Việc kiểm tra độ bền của trụ pin và nửa trụ pin và bố trí cốt thép trong đó phải được tiến hành với những ứng lực xác định được:

- Đối với đập tràn: từ tính toán uốn cục bộ của trụ pin và nửa trụ pin.
- Đối với đập có các công trình xả sâu: từ tính toán uốn chung của cả đoạn đập có xét đến các ứng lực do uốn cục bộ của trụ pin và nửa trụ pin.

Trong tất cả các trường hợp, việc tính toán độ bền của trụ pin và nửa trụ pin theo hướng dọc (uốn trong mặt phẳng của trụ pin) phải được tiến hành có xét đến sự uốn chung của cả đoạn đập theo hướng dọc theo dòng chảy.

5.11.3 Khi tính toán các trụ pin và nửa trụ pin không có khoang cửa, chịu tác dụng của những lực nằm ngang lên một phần bề rộng của trụ pin theo hướng vuông góc với mặt phẳng của trụ (ví dụ như lực hãm v.v...) thì phải giới hạn chiều rộng tính toán của mặt cắt trụ bởi những mặt phẳng nghiêng một góc 45° với phương thẳng đứng, đi qua các ranh giới của đoạn trên đó có đặt các tải trọng.

5.11.4 Khi có tác động của lực ngang P theo phương thẳng góc với mặt phẳng của các trụ pin và nửa trụ pin có khe cửa thì các trụ pin và nửa trụ pin này phải được tính toán như những tấm công son ngàm vào tấm móng (hoặc vào phần nằm bên dưới của trụ pin và nửa trụ pin) và được liên kết với nhau bằng những liên kết mềm nằm ngang ở một vài điểm theo chiều cao trong phạm vi giữa hai khe cửa (nơi chiều rộng trụ pin bị thắt hẹp bởi các khe cửa).

Qua tính toán sẽ xác định được các lực cắt ở tiết diện thẳng đứng của phần bị thắt hẹp giữa hai khe cửa (ứng lực ở các liên kết) và các mô men uốn tương ứng ở từng phần riêng của trụ pin và nửa trụ pin (uốn ra ngoài mặt phẳng của trụ pin).

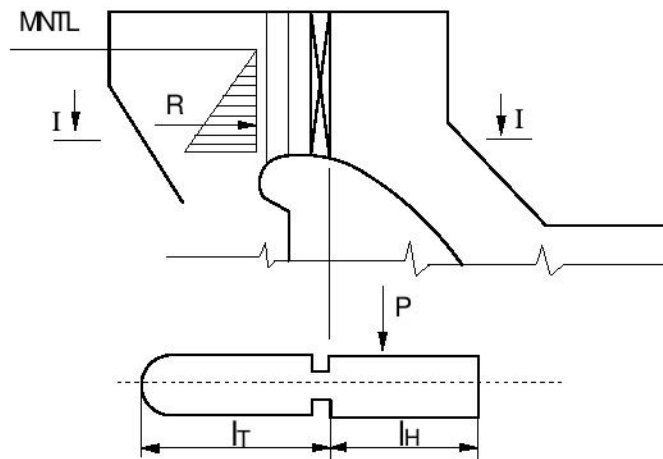
Khi tính toán độ bền của trụ pin và nửa trụ pin ở đập cấp III và cấp IV chịu tác dụng của lực nằm ngang P, cho phép xác định các lực mà các phần khác nhau của trụ pin phải tiếp nhận theo công thức:

$$\frac{P_T}{P_H} = \frac{l_T}{l_H} \quad (15)$$

trong đó:

P_T và P_H - Lần lượt là các lực mà các phần thượng lưu và hạ lưu của trụ pin và nửa trụ pin phải tiếp nhận;

l_T và l_H - lần lượt là chiều dài phần thượng lưu và hạ lưu của trụ pin và nửa trụ pin ở cao trình ngưỡng tràn (Hình 11).



CHÚ DẪN

- P : lực nằm ngang, hướng vuông góc với mặt phẳng của trụ;
- R : áp lực thủy tĩnh tác dụng vào cửa van;
- MNTL : mực nước thượng lưu.

Hình 11 - Sơ đồ tính toán cường độ của trụ pin

5.11.5 Khi các áp lực tựa R của các cửa van tác động lên khe cửa của trụ pin và nửa trụ pin thì trụ pin và nửa trụ pin phải được tính như những tấm công son ngàm vào tấm móng (hoặc vào phần dưới của trụ pin và nửa trụ pin) và được liên kết với nhau bằng hệ khớp bản lề trong phạm vi phần bị thu hẹp bởi các khe cửa theo chiều cao.

TCVN 9137 : 2012

Qua tính toán sẽ xác định được nội lực thẳng góc ở tiết diện thẳng đứng của phần bị thu hẹp bởi các khe cửa (nội lực trong các khớp bản lề) và các mô men uốn tương ứng ở từng phần của trụ pin và nửa trụ pin (uốn trong mặt phẳng của trụ pin).

Khi tính toán độ bền của trụ pin và nửa trụ pin thuộc đập cấp III và IV chịu tác động của lực nằm ngang R, cho phép xác định các lực phân bố vào từng phần đó theo công thức:

trong đó:

R_T và R_H : lần lượt là lực phân bố vào các phần thượng lưu và hạ lưu của trụ pin và nửa trụ pin ($R = R_T + R_H$);

l_T và l_H : ký hiệu như Điều 5.11.4.

5.11.6 Khi ở trụ pin và nửa trụ pin có hai khe cửa (khe cửa chính và khe cửa sửa chữa sự cố), thì phải tính toán độ bền cục bộ của phần nhô ra giữa hai khe theo sơ đồ một công son ngắn chịu tác động của áp lực nằm ngang từ cửa van.

5.12 Tính toán sân trước có néo vào đập bê tông và bê tông cốt thép trên nền không phải là đá

5.12.1 Phải xác định sự phân bố lực gây trượt ngang toàn phần giữa sân trước có néo vào đập, không phụ thuộc vào loại đất nền, có xét đến biến dạng đàn hồi của đất ở nền sân trước và đập và sự kéo cốt thép của sân trước theo phương pháp hệ số trượt và lớp đàn hồi có chiều sâu hữu hạn.

Phương pháp hệ số trượt dùng để xác định lực truyền cho sân trước có néo, khi mà trên toàn bộ chiều dài của sân trước không tồn tại trạng thái cân bằng giới hạn, tức là ứng với điều kiện:

$$\tau_{\max} < \tau_{gh} = P_{s,t} \cdot \operatorname{tg} \varphi + c \quad (16)$$

trong đó:

τ_{\max} - ứng suất tiếp lớn nhất dưới sân trước;

τ_{gh} - ứng suất tiếp dưới sân trước ứng với trạng thái cân bằng giới hạn;

$P_{s,t}$ - cường độ áp lực thẳng đứng tác động lên sân trước;

φ và c - lần lượt là trị số tính toán của góc ma sát trong và lực dính của đất nền;

Trong tính toán cho phép lấy $\tau_{\max} = 0,8 \tau_{gh}$.

5.12.2 Theo phương pháp hệ số trượt, lực nằm ngang do một đoạn sân trước tiếp nhận, tùy thuộc vào đặc điểm phân bố diện tích cốt thép theo chiều dài được xác định như sau:

a) Khi phân bố theo hình tam giác:

$$T_n = \frac{T}{1 + \alpha B \cdot \frac{k_{1,x}}{k_x} \cdot \frac{I_o(2\alpha d)}{I_1(2\alpha d)}} \quad (17)$$

b) Khi phân bố theo hình chữ nhật:

$$T_n'' = \frac{T}{1 + \alpha B \cdot \frac{k_{1,x}}{k_x} \cdot \text{cth}(\alpha l)} \quad (18)$$

c) Khi phân bố theo hình thang:

$$T_n''' = T_n' + (T_n'' - T_n') \frac{F_a^K}{F_a^H} \quad (19)$$

Trong đó:

T - lực gây trượt toàn phần tác dụng lên một đoạn đập;

$k_x, k_{1,x}$ - lần lượt là hệ số nền khi trượt của đất nền sân trước và đất nền của đập;

l, B - lần lượt là chiều dài và chiều rộng đế đập;

I_0, I_1 - hàm số Betsxen của đối số ảo thuần túy.

F_a^K, F_a^H - diện tích cốt thép ở cuối và đầu sân trước (đầu sân trước là chỗ tiếp giáp với đập).

α - trị số đặc trưng cho các tính chất đàn hồi của sân trước và nền của nó xác định theo công thức:

$$\alpha = \sqrt{\frac{k_x b}{E \cdot F_a^H}} \quad (20)$$

trong đó:

E - môđun đàn hồi của cốt thép

b - chiều rộng phần tính toán của sân trước, lấy bằng 1m

Hệ số nền khi trượt tính theo công thức:

$$k_x = k_y \cdot \frac{1 - \mu}{1 - \mu \nu} \quad (21)$$

trong đó:

k_y - hệ số nền khi nén, trị số hệ số nền khi nén k_y cần được xác định có xét đến các số liệu thí nghiệm tại hiện trường;

μ - hệ số Poát - xông của đất;

ν - hệ số phụ thuộc vào tỷ số giữa cạnh của đế móng (của sân trước hoặc đập) theo hướng tác dụng của lực gây trượt (l hoặc B) và chiều rộng d của đoạn đập, lấy theo (Bảng 8).

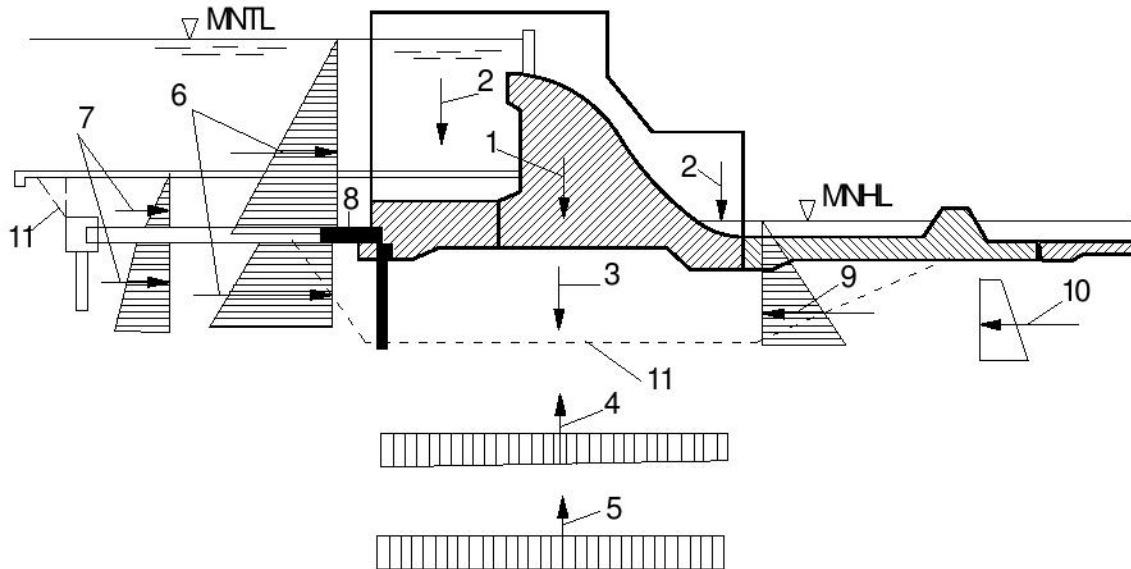
Bảng 8 - Hệ số ν theo tỷ số cạnh của đế móng

Tỷ số các cạnh của đế móng	0,1	0,7	1	2	3	4
Hệ số ν	0,53	0,52	0,5	0,42	0,37	0,33

TCVN 9137 : 2012

5.12.3 Cần phải tính đến trị số lực nằm ngang do sân trước chịu khi kiểm tra độ ổn định của đập về trượt, khi xác định giá trị tính toán của lực kháng giới hạn tổng quát (Hình 12)

5.12.4 Việc tính toán độ ổn định của đập, tính toán độ bền và biến dạng của nền phải được tiến hành theo các yêu cầu của tiêu chuẩn thiết kế nền các công trình thủy công.



CHÚ DẪN :

- | | |
|--|--|
| 1) trọng lượng bản thân đập; | 2) tải trọng nước phía thượng, hạ lưu; |
| 3) trọng lượng đất trượt cùng với đập; | 4) áp lực thấm lên mặt trượt; |
| 5) áp lực đẩy nổi lên mặt trượt; | 6) áp lực thủy tĩnh thượng lưu;; |
| 7) áp lực chủ động của đất thượng lưu; | 8) lực sân trước chịu; |
| 9) áp lực thủy tĩnh hạ lưu; | 10) áp lực bị động của đất hạ lưu; |
| 11) mặt trượt tính toán. | |

Hình 12 - Sơ đồ tính toán ổn định của đập

6. Thiết kế đập bê tông và bê tông cốt thép trọng lực trên nền đá

6.1 Thiết kế đập và các bộ phận đập bê tông và bê tông cốt thép trọng lực trên nền đá

6.1.1 Khi thiết kế các đập trọng lực trên nền đá (Hình 13) cần xem xét khả năng kỹ thuật và tính hợp lý về mặt kinh tế của việc áp dụng loại đập trọng lực khối lớn kiểu giảm nhẹ nêu trong Hình 1.

6.1.2 Để giảm áp lực thấm đẩy ngược trong nền đập trọng lực, cần phải dự kiến bố trí các khoang rỗng giảm tải cục bộ ở đế đập.

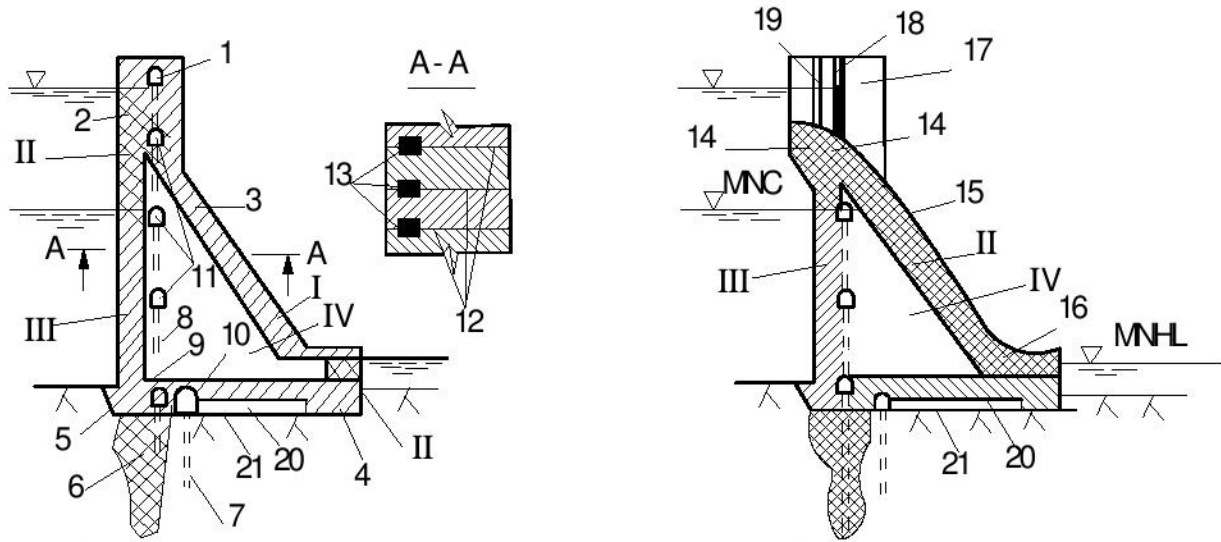
Trong những đập có khớp nối mở rộng, chiều rộng khoang rỗng của khớp nối không được lớn hơn nửa chiều rộng của đoạn đập.

Trong những đập có lớp chống thấm (Hình 1d) ở mặt chịu ép, phải bố trí thiết bị tiêu nước trực tiếp ngay sau màn chắn.

Những đập có trọng lực có néo vào nền chỉ được thiết kế với chiều cao không quá 60 m.

Với những tuyến đập có $L/H < 5$ (trong đó L và H là chiều dài và chiều cao của đập), ngoài loại đập có khớp nối nhiệt cố định (đập được phân đoạn), phải xét tính hợp lý của việc sử dụng loại đập với các

khớp nối nhiệt theo hướng ngang sau sẽ được đổ bê tông cho liền khối một phần hoặc toàn bộ hoặc loại đập không có khớp nối (đập không phân đoạn).



a kiểu đập không tràn nước trên đỉnh

b kiểu đập có tràn nước trên đỉnh

CHÚ DẪN:

- | | | | | |
|--------------------------|--|------------------------|----------------------------|--------------------------|
| 1) đỉnh; | 2) mặt chịu áp; | 3) mặt hạ lưu; | 4) nệm hạ lưu; | 5) nệm thượng lưu; |
| 6) màng chống thấm | 7) lỗ thoát nước ở nền; | 8) tiêu nước thân đập; | 9) hành lang phun xi măng; | 10) hành lang tiêu nước; |
| 11) hành lang quan trắc; | 12) khớp nối nhiệt độ; | 13) vật chắn nước; | 14) ngưỡng tràn; | 15) mặt tràn; |
| 16) mũi hắt; | 17) trụ trung gian (trụ giữ) cửa đập | 18) khe cửa chính; | 19) khe cửa sửa chữa; | 20) khoang giảm tải; |
| 21) đế móng, | I) II) III) IV) các vùng bê tông được đặt tên theo Điều 4.2.2. | | | |

Hình 13 - Các phần và bộ phận của đập trọng lực trên nền đá..

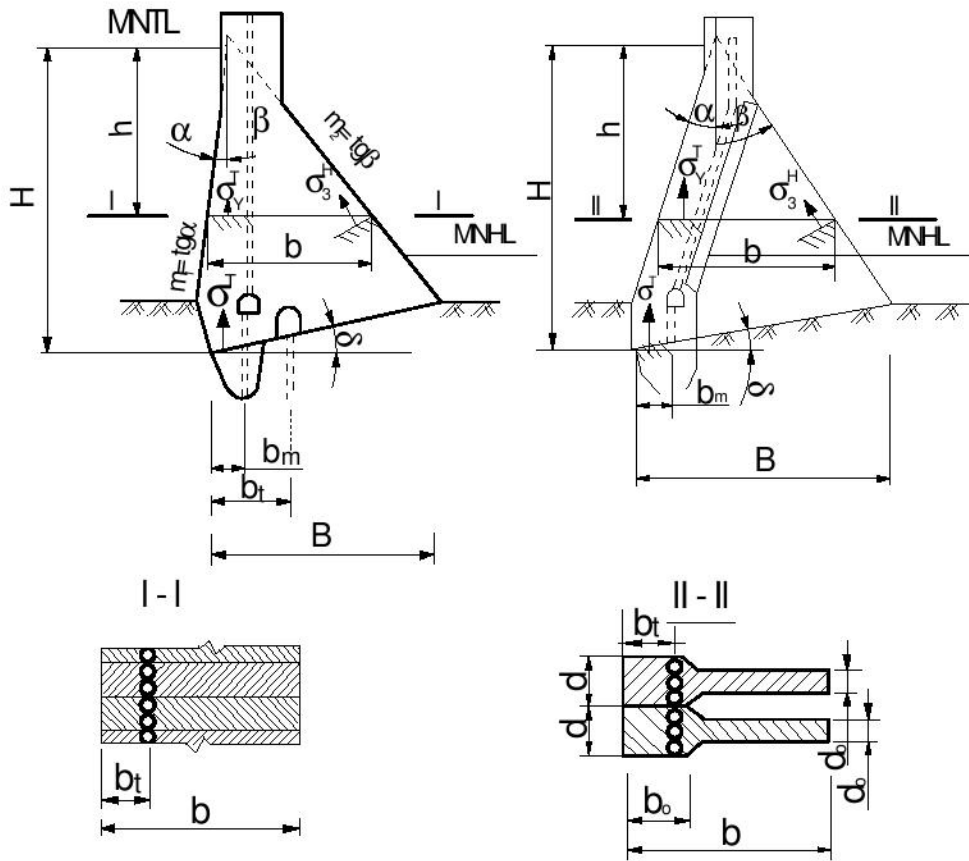
6.1.3 Mặt cắt ngang của đập trọng lực phải có dạng hình tam giác với đỉnh ở cao trình mực nước dâng bình thường phía thượng lưu, đồng thời mặt thượng lưu (mặt chịu áp) của đập thông thường phải có hướng thẳng đứng, còn mặt hạ lưu thì nghiêng và không gãy khúc.

6.1.4 Trong các trường hợp khi nền đập gồm những lớp đá dễ thấm nước (hệ số thấm $k \geq 0,1$ m/ngày đêm) thì trong đường viền dưới đất của đập phải bố trí các thiết bị chống thấm (màng xi măng, sân trước) và thiết bị tiêu nước. Khi đó khoảng cách từ mặt chịu áp của đập đến trục của màn xi măng phải từ 0,10 đến 0,25 B (trong đó B là chiều rộng đế đập) nếu như đường viền dưới đất của đập chỉ bao gồm màn xi măng và thiết bị tiêu nước.

Trong mọi trường hợp, các lỗ khoan tiêu nước phải bố trí cách mặt hạ lưu của màn xi măng không nhỏ hơn hai lần khoảng cách giữa các lỗ khoan của màn chống thấm và không nhỏ hơn 4m.

Việc sử dụng cả sân trước và màn xi măng chống thấm phải được luận chứng dựa trên những kết quả nghiên cứu thấm và tính toán độ bền.

Trong những trường hợp khi nền đập không thấm nước hoặc ít thấm ($K < 0,1$ m/ngày đêm) thì việc đưa màn xi măng vào đường viền dưới đất của đập phải được luận chứng bằng các kết quả nghiên cứu thấm. Nếu như không bố trí màn xi măng thì phải xem xét đến sự cần thiết phải phun xi măng gia cố vùng tiếp giáp giữa đập và nền.



a) đập đặc

b) đập có khớp nối mở rộng và bản chống

CHÚ DẪN

- H) chiều cao đập;
- b_o) chiều dày phần đầu;
- m₁ và m₂) độ dốc mái thượng, hạ lưu đập;
- b_m) khoảng cách từ thiết bị tiêu nước nền đến mặt thượng lưu;
- d_c) chiều rộng đoạn đập tại chỗ có khớp nối mở rộng (chiều dày bản chống);
- b_t) khoảng cách từ trục tiêu nước thân đập đến mặt thượng lưu đập;
- $\sigma_y^T, \sigma_3^H, \sigma^T$) lần lượt là ứng suất pháp ở mặt nằm ngang sát mặt thượng lưu, ở mặt vuông góc với mặt hạ lưu và ở bề mặt của mặt cắt tiếp giáp với nền, sát mặt thượng lưu của đập;
- MNTL, MNHL) lần lượt là mực nước thượng lưu, mực nước hạ lưu đập.
- B) chiều rộng đập ở sát nền;
- d) chiều rộng của một đoạn đập,
- h) cột nước trên mặt cắt tính toán; b) chiều rộng mặt cắt tính toán;

Hình 14 - Các ký hiệu dùng khi tính toán độ bền của đập

6.1.5 Chiều sâu lấp nhét những chỗ phá hoại do đứt gãy ở nền đá phải được xác định theo kết quả tính toán độ bền của đập tương ứng với các chỉ dẫn ở các Điều 6.2.5; Điều 6.2.6; Điều 6.2.7; Điều 6.2.8; Điều 6.2.9; và Điều 6.2.10. Việc tính toán được thực hiện theo phương pháp lý thuyết đàn hồi, có xét đến sự không đồng nhất của nền.

6.1.6 Trường hợp thiết kế đập trọng lực trên nền nửa đá cũng phải được thực hiện như đối với đập trên nền đá, nhưng phải đưa những đặc trưng tương ứng của nền nửa đá vào tính toán các đập đó.

6.1.7 Sơ đồ cơ bản nối tiếp thượng hạ lưu của đập tràn trọng lực thuộc mọi cấp tùy thuộc vào chiều cao của công trình và chiều dài của tuyến đập, lấy theo Bảng 9.

Bảng 9 - Sơ đồ nối tiếp hạ lưu

Chiều dài tương đối của tuyến tràn	Chiều cao đập	Sơ đồ nối tiếp thượng hạ lưu
L/H > 3	Tới 40 m	- Nước nhảy đáy - Nước nhảy mặt không đập (*)
	Trên 40 m	- Hắt dòng chảy bằng mũi phun
L/H > 3	Bất kỳ	- Nước nhảy đáy
(*) Khi có luận chứng về mặt thủy lực, cho phép nối tiếp thượng hạ lưu bằng nước nhảy mặt không đập đối với đập cao hơn 40m.		

6.1.8 Cấu tạo của bể tiêu năng cho đập cấp I và II có chiều cao lớn hơn 40 m phải được luận chứng bằng các kết quả tính toán thủy lực và nghiên cứu thí nghiệm mô hình. Bể tiêu năng của đập thuộc mọi cấp có chiều cao tới 40 m được phép thiết kế dựa trên các kết quả tính toán thủy lực và theo các trường hợp tương tự.

Đối với đập cấp I, II, III có chiều cao lớn hơn 25 m cần sử dụng các tường tiêu năng dạng lưu tuyến, giếng tiêu năng hoặc vật tiêu năng không bị bào mòn để làm vật triệt tiêu năng lượng. Đối với những đập có chiều cao tới 25 m thuộc mọi cấp cho phép bố trí vật tiêu năng như chỉ dẫn ở Điều 7.

Để giảm chiều dày của tấm móng bể tiêu năng, cần thiết kế:

- Gia cố néo các tấm móng với nền, không phụ thuộc vào chiều cao đập;
- Bố trí các giếng tiêu nước trong các tấm cho đập có chiều cao tới 25 m, còn với đập có chiều cao tới 40 m khi bố trí giếng phải có luận chứng riêng về mặt thủy lực.

6.2 Tính toán độ bền và ổn định đập bê tông và bê tông cốt thép trọng lực trên nền đá

5.2.1 Khi tính toán độ bền, ổn định và độ bền nứt của đập và các bộ phận của nó, cũng như khi tính toán độ mở rộng các khe nứt các kết cấu bê tông cốt thép của đập phải tuân theo các yêu cầu của tiêu chuẩn thiết kế các kết cấu bê tông và bê tông cốt thép thủy công, tiêu chuẩn thiết kế nền các công trình thủy công hoặc các tiêu chuẩn, quy chuẩn hiện hành tương đương và Điều 4.

6.2.2 Việc tính toán độ bền và ổn định của đập trọng lực có kết cấu phân đoạn bởi các khớp nối phẳng ngang cố định phải được tiến hành theo sơ đồ của bài toán phẳng, bằng cách xét riêng cho một đoạn hoặc 1 m dài quy ước cắt ra của đập.

Cho phép tiến hành tính toán độ bền và ổn định của đập không phân đoạn tương tự như tính toán đập vòm trọng lực theo chỉ dẫn ở Điều 8 và cả bằng các phương pháp giải bài toán không gian 3 chiều của lý thuyết đàn hồi.

Trạng thái ứng suất của đập không phân đoạn làm việc trong các điều kiện không gian phức tạp (ví dụ như tuyến đập, tải trọng và phản lực của nền không đối xứng), cần phải được xác định bằng các phương pháp thí nghiệm trên mô hình không gian.

6.2.3 Việc tính toán độ bền của đập trọng lực bê tông thuộc mọi cấp có chiều cao tới 60 m phải được thực hiện với những tải trọng và tác động của tổ hợp lực cơ bản và đặc biệt. Khi có:

TCVN 9137 : 2012

- Không xét đến tác động của nhiệt độ;
- Tác động lực của nước thấm được xét dưới dạng các lực đẩy ngược của nước chỉ đặt ở mặt tiếp giáp giữa bê tông và đá;
- Tác động của động đất được xác định theo lý thuyết phổ - tuyến tính, theo tiêu chuẩn xây dựng trong vùng động đất, đối với tổng đầu tiên của dao động và dạng dao động riêng của công trình ứng với tổng này, được xác định bằng phương pháp sức bền vật liệu.

Việc tính toán trạng thái ứng suất của đập thuộc tất cả các cấp có chiều cao tới 60 m phải được thực hiện theo phương pháp sức bền vật liệu.

Đối với các đập có chiều cao tới 60 m, được phép tính toán bằng phương pháp lý thuyết đàn hồi, khi đó phải xét toàn bộ các tải trọng và tác động của tổ hợp cơ bản và đặc biệt như khi tính những đập cấp I và II có chiều cao lớn hơn 60m và phải bảo đảm các điều kiện về độ bền nêu trong Điều 6.2.10.

6.2.4 Khi tính toán các ứng suất bằng phương pháp sức bền vật liệu, trị số các ứng suất tại các mặt biên thượng lưu và hạ lưu (Hình 14) phải được xác định theo các công thức sau:

$$\sigma_y^T = \frac{N}{b} + \frac{6M}{b^2} \quad (22)$$

$$\sigma_x^T = \sigma_y^T \cdot m_1^2 - \gamma \cdot h \cdot (1 - m_1^2) \quad (23)$$

$$Z_{xy}^T = (\gamma \cdot h + \sigma_y^T) \cdot m_1 \quad (24)$$

$$\sigma_1^T = \sigma_y^T (1 + m_1^2) + \gamma \cdot h \cdot m_1^2 \quad (25)$$

$$\sigma_1^T = \gamma \cdot h \quad (26)$$

$$T = \frac{1 + m_1^2}{2} \left\{ \sigma_y^T [\cos^2(\alpha - \delta) + 1] + \gamma \cdot H \left[\cos^2(\alpha - \delta) - \frac{1 - m_1^2}{1 + m_1^2} \right] \right\} \quad (27)$$

$$\sigma_y^H = \frac{N}{b} - \frac{6M}{b^2} \quad (28)$$

$$\sigma_x^H = \sigma_y^H \cdot m_2^2 - \gamma \cdot h_H \cdot (1 - m_2^2) \quad (29)$$

$$Z_{xy}^H = -(\sigma_y^H + \gamma \cdot h_H) \cdot m_2 \quad (30)$$

$$\sigma_1^H = -\gamma \cdot h_H \quad (31)$$

$$\sigma_3^H = \sigma_y^H \cdot (1 + m_2^2) + \gamma \cdot h_H \cdot m_2^2 \quad (32)$$

Trong các công thức (22) đến (32) ý nghĩa các ký hiệu như sau:

$\sigma_y^T, \sigma_x^T, \sigma_y^H, \sigma_x^H$ - lần lượt là ứng suất pháp trên mặt nằm ngang (ký hiệu y) và mặt phẳng thẳng đứng (ký hiệu x) ở sát mặt thượng lưu (ký hiệu T) và sát mặt biên hạ lưu của đập (ký hiệu H);

τ_{xy}^T, τ_{xy}^H - lần lượt là ứng suất tiếp trên mặt nằm ngang và mặt thẳng đứng sát mặt thượng lưu và hạ lưu của đập;

$\sigma_1^T, \sigma_3^T, \sigma_1^H, \sigma_3^H$ - lần lượt là ứng suất chính lớn nhất và nhỏ nhất ở mặt thượng lưu và hạ lưu của đập;

σ^T - ứng suất pháp trên bề mặt của mặt cắt tiếp giáp với nền ở sát mặt thượng lưu của đập;

M - mô men của các lực tác dụng vào đập và đặt cao hơn mặt cắt tính toán, tương ứng với trọng tâm của mặt cắt đó;

N - lực pháp tuyến, bằng tổng tất cả các hình chiếu vào hướng vuông góc với mặt cắt tính toán của các lực tác dụng lên đập đặt cao hơn mặt cắt tính toán;

b - chiều rộng của mặt cắt tính toán;

γ - dung trọng của nước;

h, h_H - lần lượt là cột nước thượng lưu và hạ lưu ở trên mặt cắt tính toán;

m_1, m_2 - lần lượt là độ dốc của mặt thượng lưu và hạ lưu của đập, ở cao trình mặt cắt tính toán;

α - góc giữa mặt phẳng của mặt chịu áp (mặt thượng lưu) với mặt thẳng đứng;

δ - góc giữa mặt phẳng của đế móng đập với mặt phẳng nằm ngang.

Trong các công thức trên, các lực và ứng suất pháp tuyến khi kéo lấy dấu (+), khi nén lấy dấu (-), mô men theo chiều kim đồng hồ lấy dấu (+), ngược chiều kim đồng hồ lấy dấu (-).

6.2.5 Khi tính toán độ bền của đập thuộc tất cả các cấp có chiều cao tới 60 m chịu tải trọng của tổ hợp cơ bản, phải thỏa mãn điều kiện về độ bền như sau:

a) Ở tất cả các điểm của thân đập:

$$\sigma_1 \leq 0 \quad (33)$$

$$n_c \mid \sigma_3 \leq \frac{m}{k} R_t \quad (34)$$

b) Ở những điểm trên mặt chịu áp (mặt biên thượng lưu):

$$\mid \sigma_y^T \mid \geq \frac{1}{4} \cdot \gamma \cdot h \quad (35)$$

c) Ở tiết diện tiếp giáp giữa đập và nền, sát mặt chịu áp:

$$\sigma^T \leq 0 \quad (36)$$

Trong đó:

σ_1, σ_3 : Lần lượt là ứng suất chính lớn nhất và nhỏ nhất trong thân đập;

σ_y^T : ứng suất pháp ở mặt bề mặt của mặt cắt tiếp giáp với nền đá sát mặt thượng lưu của đập (ứng suất kéo lấy dấu (+) và ngược lại);

n_c, m, k : lần lượt là hệ số tổng hợp tải trọng, hệ số điều kiện làm việc (Bảng 5) và hệ số độ tin cậy;

γ, h, R_t : lần lượt là dung trọng của nước, cột nước trên mặt cắt tính toán và cường độ lắng trụ của bê tông.

TCVN 9137 : 2012

Có thể bỏ qua yêu cầu (35) đối với phần trên của mặt chịu áp của đập có chiều cao không lớn hơn $\frac{1}{4}$ toàn bộ chiều cao đập. Trong trường hợp này cần xem xét việc sử dụng các biện pháp kết cấu bổ sung dưới dạng lớp chắn, lớp cách nước cho mặt chịu áp của đập v.v...

6.2.6 Đối với những đập có lớp cách nước ở mặt chịu áp, khi tính toán theo tổ hợp tải trọng và tác động cơ bản cần lấy điều kiện sau đây để thay cho các điều kiện về độ bền (33) và (35).

Ở vùng thượng lưu của đập:

$$b_k \leq b_{gh} \quad (37)$$

Trong đó:

b_k - chiều sâu của vùng chịu kéo trong tiết diện nằm ngang của thân đập và trong mặt cắt tiếp giáp được xác định theo giả thiết là bê tông của mặt thượng lưu đập chịu kéo.

b_{gh} - chiều sâu giới hạn của vùng chịu kéo ở mặt thượng lưu đập, giá trị b_{gh} đối với đập trọng lực được lấy theo Bảng 10.

Trường hợp mặt chịu áp của đập được coi là cách nước khi lớp cách nước được bảo vệ chống các tác động cơ học ở bên ngoài, có thể sửa chữa hoặc có khả năng tự liền lại, còn thiết bị tiêu nước của thân đập được đặt ngay sau lớp đó.

Bảng 10 - Chiều sâu giới hạn của vùng chịu kéo b_{gh} ở mặt thượng lưu của đập trọng lực

Đặc điểm cấu tạo của đập và các mặt cắt tính toán	Các điều kiện cần xét					
	Đập các cấp có chiều cao tới 60 m			Đập cấp I và II cao hơn 60 m		
	Tổ hợp cơ bản	Tổ hợp đặc biệt		Tổ hợp cơ bản	Tổ hợp đặc biệt	
		Không xét động đất	Có xét động đất		Không xét động đất	Có xét động đất
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
A) Đập không có các khớp nối mở rộng				$1/2b_t$		
1) Các mặt cắt nằm ngang của thân đập không có lớp cách nước ở mặt thượng lưu của đập.	Không cho phép kéo	$1/7,5 b$	$1/3,5 b$	$1/7,5 b$	$1/6b$	$1/3,5 b$
2) Như trên, nhưng có lớp cách nước ở mặt thượng lưu của đập					$1/2l_{TH}^{(*)}$	
3) Các mặt cắt tiếp giáp giữa đập và nền không có cách nước ở chỗ tiếp xúc giữa mặt thượng lưu của đập và nền	$1/7,5 b$ Không cho phép kéo	$1/6b$	$1/3,5 b$	$1/6b$	$1/5b$	$1/3,5 b$
		$3/10b_m^*$	$1/5B$	$3/10b_m^{(*)}$	$1/12B$	$1/5B$

4) Như trên, nhưng có cách nước ở chỗ tiếp xúc giữa mặt thượng lưu của đập và nền.	1/14B	1/12B	1/5B	1/12B	1/8B	1/5B
B) Đập có khớp nối mở rộng 1) Các mặt cắt nằm ngang của thân đập	Không cho phép kéo	1/7,5fb	1/3,5fb	1/2fb _t 1/2fb _o 1/7,5fb	1/6fb + 2/3(1 – d _o /d)b 1/6b	1/3,5fb + 2/3(1 – d _o /d)b _o 1/3,5b
2) Mặt cắt tiếp giáp	Không cho phép kéo	1/10fb _m [*]	1/5fB	3/10fBm [*]	1/12fB + 2/3(1 – d _o /d)b _m [*]	1/5fB + 2/3(1 – d _o /d)b _m

CHÚ THÍCH

(*) Nếu như đường viền dưới đất của đập không có màng ximăng thì dùng b_o^o thay cho b_m ;

(**) Khi $h > h_{TH}$ thì phải thỏa mãn điều kiện $b_k \leq 1/2l_{TH}$.

Các ký hiệu trong Bảng 10:

B) chiều rộng của đập ở giáp nền;

b) chiều rộng của mặt cắt tính toán;

d) chiều rộng của đoạn đập;

d_o) chiều dày của đoạn trong phạm vi các khớp nối mở rộng;

b_o) chiều dày của tiết diện đầu mút của đỉnh đập có khớp nối mở rộng (xem Hình 14b);

b_t) khoảng cách từ thiết bị tiêu nước thân đập tới mặt thượng lưu;

b_m) khoảng cách từ trục màn xi măng đến mặt thượng lưu;

b_k) như ở công thức (37);

b_o^o) khoảng cách từ hàng giếng tiêu nước đầu tiên ở nền tới mặt thượng lưu;

l_{TH}) chiều sâu giới hạn của sự mở rộng khớp nối tại mặt thượng lưu của đập theo điều kiện không cho phép có các khe nứt nghiêng;

h_{TH}) cột nước trên mặt cắt tính toán mà khi có độ bền của đập được xác định bằng điều kiện không cho phép có các khe nứt nghiêng, giá trị của l_{TH} và h_{TH} lấy theo Bảng 11;

$$f = \left[8 \left(\frac{d_o}{d} \right) - 4 \left(\frac{d_o}{d} \right)^2 - 3 \right] - \text{Hệ số không thứ nguyên.}$$

6.2.7 Đối với những đập được cách nước ở chỗ tiếp giáp giữa mặt thượng lưu với nền, khi tính toán mặt cắt tiếp giáp ở điểm sát mặt chịu áp theo tổ hợp tải trọng và tác động cơ bản, cần thay điều kiện độ bền (36) bằng điều kiện (37).

Chỗ tiếp giáp giữa mặt thượng lưu của đập với nền được coi là cách nước nếu như sân trước có chiều dài không nhỏ hơn 1/6H, còn mặt chịu áp của đập được bảo vệ bằng lớp chống thấm nối tiếp với sân trước, tới chiều cao không nhỏ hơn 1/6B và không nhỏ hơn 2b_t kể từ đáy móng (ở đây là b_t là khoảng cách từ thiết bị tiêu nước trong thân đập tới mặt thượng lưu).

Bảng 11 - Chiều sâu giới hạn l_{TH} của sự mở rộng khớp nối tại mặt thượng lưu đập theo điều kiện không cho phép các khe nứt nghiêng

Mác bê tông	h_{TH} (m)	Trị số l_{TH} khi b/h bằng					
		0,5	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75
M100	120	10	11	12,5	14	15	16,5
M150	144	12	13	15	16,5	18,5	20
M200	156	13	15	16,5	18,5	20,5	22
M250	174	14,5	16	18	20,5	22,5	24,5
M300	192	16	18	20	22,5	25	27
M350	204	17	19,5	22	24,5	27	29,5

CHÚ THÍCH: Việc tính toán theo điều kiện không cho phép có các khe nứt nghiêng, chỉ phải thực hiện cho đập có chiều cao lớn hơn h_{TH} với các mác bê tông tương ứng.

6.2.8 Khi tính toán độ bền của đập trọng lực bê tông thuộc tất cả các cấp có chiều cao tới 60m với tổ hợp các tải trọng và tác động đặc biệt, phải đảm bảo các điều kiện về độ bền (34) và (37).

Khi tính toán độ bền của đập theo tổ hợp các tải trọng đặc biệt có xét tới động đất, cho phép thay điều kiện (37) bằng điều kiện độ bền ở vùng mặt thượng lưu của thân đập như sau:

$$n_c \cdot \sigma_1 \leq \frac{m}{k} R_k \quad (38)$$

Trong đó: R_k - cường độ tính toán chịu kéo dọc trục của bê tông.

σ_1, n_c, m, k - tương tự như Điều 6.2.5.

Nếu như ở vùng mặt thượng lưu của đập khi xét động đất không thỏa mãn điều kiện (37) và (38) thì cần phải dự kiến các giải pháp kết cấu như giảm khối lượng đỉnh đập, bố trí cốt thép hoặc tạo ứng suất trước ở mặt thượng lưu v.v...

6.2.9 Việc tính toán độ bền chung của đập cấp I và II cao hơn 60 m được thực hiện theo hai bước.

a) Bước 1: Tính toán như đối với đập có chiều cao tới 60 m.

b) Bước 2: Xét toàn bộ các tải trọng và tác động của tổ hợp lực cơ bản và đặc biệt, trong đó:

- Tác động của nhiệt độ: xét sự biến đổi trạng thái nhiệt của công trình do nhiệt độ của đập giảm từ nhiệt độ lúc đổ bê tông chèn vào các khớp nối tạm thời tới nhiệt độ trung bình nhiều năm, cũng như do các dao động nhiệt độ mùa của môi trường xung quanh và do nhiệt độ công trình tăng lên khi khai thác nếu có;
- Tác động của nước thấm trong thân đập và nền: xét dưới dạng lực thể tích và lực bề mặt theo các chỉ dẫn ở Điều 4;
- Tác động của đất: xác định theo lý thuyết phổ tuyến tính có xét đến một số dạng dao động riêng.

Việc tính toán trạng thái ứng suất của đập cấp I và II cao hơn 60 m ở bước 2 được thực hiện theo các phương pháp của lý thuyết đàn hồi, có xét đến sự mở rộng có thể xảy ra của các khớp nối thi công ở

mặt hạ lưu của đập. Chiều sâu mở rộng của các khớp nối thi công này được xác định bằng tính toán theo các chỉ dẫn ở Điều 4.

6.2.10 Khi tính toán độ bền chung của đập cấp I và II cao hơn 60 m theo các tải trọng và tác động của tổ hợp cơ bản và đặc biệt phải thỏa mãn các điều kiện về độ bền (34) và (37).

Trong tính toán độ bền của đập theo tổ hợp các tải trọng đặc biệt có xét đến động đất, cho phép:

- Thay thế điều kiện (37) bằng điều kiện (38) cho những mặt cắt nằm ngang ở cách đỉnh đập trong phạm vi 60 m;
- Thay thế điều kiện (37) bằng điều kiện (34) cho những tiết diện nằm ngang cách đỉnh đập trên 60 m, không xét đến sự làm việc chịu kéo của bê tông.

CHÚ THÍCH

- 1) Khi có luận chứng, cho phép đưa tác động trương nở của bê tông mặt thượng lưu đập vào thành phần các tải trọng của tổ hợp lực cơ bản và đặc biệt.
- 2) Nếu ở vùng mặt thượng lưu của đập không thỏa mãn các điều kiện về độ bền khi xét tải trọng động đất thì phải áp dụng các giải pháp kết cấu theo Điều 6.2.10.
- 3) Trong tính toán bước 1 của những đập cao hơn 60 m, tác động của động đất cần được xét đến theo các chỉ dẫn ở Điều 6.2.3. Đối với các mặt cắt nằm ngang cách đỉnh đập trên 60m phải lấy các điều kiện về độ bền như ở bước 2 Điều 6.2.9.

6.2.11 Ứng suất cục bộ trong thân đập xung quanh các lỗ, khoang cửa và khoang trống được xác định bằng phương pháp của lý thuyết đàn hồi hoặc theo các kết quả nghiên cứu thực nghiệm.

Không xét đến sự tập trung ứng suất ở các góc lõm vào của các khoang khi đánh giá độ bền của thân đập và khi xác định lượng cốt thép.

6.2.12 Mũi hắt của đập tràn nhô ra khỏi phạm vi mặt cắt tam giác tính toán của đập hơn nửa chiều cao của mũi hắt phải được kiểm tra về độ bền bằng tính toán.

Nếu trong mặt cắt liên của đập với mũi hắt nêu trên ở vùng tiếp giáp giữa mũi hắt với nền, trên các mặt phẳng thẳng đứng xuất hiện các ứng suất kéo, thì phải dự kiến bố trí các khớp nối cấu tạo để tách mũi hắt khỏi thân đập. Khi đó phải đảm bảo cho mũi hắt tự ổn định, có xét đến tác động của áp lực thủy động của dòng tràn trên mũi hắt.

6.2.13 Khi thiết kế đập cấp I và II cao hơn 60 m phải xác định các chuyển vị tính toán của đập theo phương thẳng đứng và phương nằm ngang trong quá trình thi công, tích nước trong hồ và khai thác.

6.2.14 Việc tính toán ổn định chống trượt của đập trọng lực thực hiện theo chỉ dẫn của tiêu chuẩn thiết kế nền thi công thủy công.

Phải xét sự ổn định chống trượt ở mặt tiếp giáp giữa công trình và nền, và cả những mặt trượt tính toán khác có thể xảy ra đi qua toàn bộ hay một phần thấp hơn đế móng đập và được xác định bằng sự có mặt của các lớp kẹp yếu, các khe nứt nghiêng rộng, các vùng xói lở trong nền và sự bố trí các công trình nào đó ở hạ lưu đập. Sự ổn định của đập phải được bảo đảm với tất cả các mặt trượt có thể có.

TCVN 9137 : 2012

6.2.15 Khi kiểm tra ổn định của đập phải xét khả năng làm việc đồng thời cùng với đập của trạm thủy điện hoặc các công trình khối lớn khác kề ngay sau đập ở phía hạ lưu. Phần của lực trượt chung tác dụng lên trạm thủy điện hoặc công trình khác được xác định bằng tính toán trạng thái ứng suất mặt tiếp giáp đập và công trình kề với đập.

Trong sơ đồ tính toán xác định lực trượt đối với nhà trạm cần xét đến kết cấu nối tiếp nhà trạm với mặt hạ lưu đập. Đối với công trình cấp I và II có chiều cao trên 60 m khi điều kiện địa chất công trình phức tạp, thông thường phải tiến hành những nghiên cứu trên mô hình để bổ sung cho tính toán.

6.2.16 Việc tính toán độ ổn định của các đập không bị cắt thành từng đoạn phải được thực hiện với toàn bộ công trình cũng như với từng phần riêng, được xác định tùy thuộc vào tính không đồng nhất của cấu trúc địa chất nền, vào các đặc điểm của kết cấu và vào điều kiện thi công đập. Trong tính toán cần xét khả năng một phần của nền đá sẽ trượt cùng với công trình.

6.2.17 Khi tính toán đập chịu những tải trọng và tác động của thời kỳ thi công, ở tất cả mọi điểm của thân đập phải thỏa mãn những điều kiện độ bền (34) và (38).

Khi thi công đập theo nhiều đợt hoặc theo từng cột, phải bảo đảm sự ổn định chống lật của các bộ phận và các cột riêng biệt trong tất cả các giai đoạn thi công.

6.2.18 Việc tính toán hình thành khe nứt do tác dụng nhiệt độ của đập thuộc tất cả các cấp phải được tiến hành cho tất cả các bề mặt bê tông chịu tác động của nhiệt độ không khí bên ngoài trong thời kỳ khai thác, cũng như cho các khối đổ bê tông chịu tác động nhiệt độ trong thời kỳ thi công.

Khi tính toán hình thành các khe nứt do tác dụng nhiệt độ cho các kết cấu bê tông đập phải xét đến sự mở rộng có thể có của các khớp nối thi công, tương ứng với các chỉ dẫn trong tiêu chuẩn TCVN 4116 : 1985.

6.2.19 Để cải thiện trạng thái ứng suất ở vùng gần mặt tiếp giáp của đập và nền, và để ngăn ngừa sự hình thành các vết nứt do nhiệt độ, phải xét tới việc bố trí một hoặc một vài khớp nối kiểu cắt lửng từ phía mặt thượng lưu và đặt vật chắn nước trong các khớp nối đó.

7. Thiết kế đập bê tông và bê tông cốt thép kiểu đập bản chống trên nền đá

7.1 Thiết kế đập và các bộ phận kiểu đập bản chống trên nền đá

7.1.1 Khi chọn loại đập bản chống nên ưu tiên chọn kiểu đập to đầu (Hình 15). Đập có mặt chịu áp là bản ngăn phẳng chỉ được thiết kế với chiều cao không lớn hơn 50 m.

7.1.2 Đầu thượng lưu của các bản chống của đập to đầu phải được thiết kế với mặt chịu áp phẳng, trong thân của đầu phải bố trí thiết bị tiêu nước.

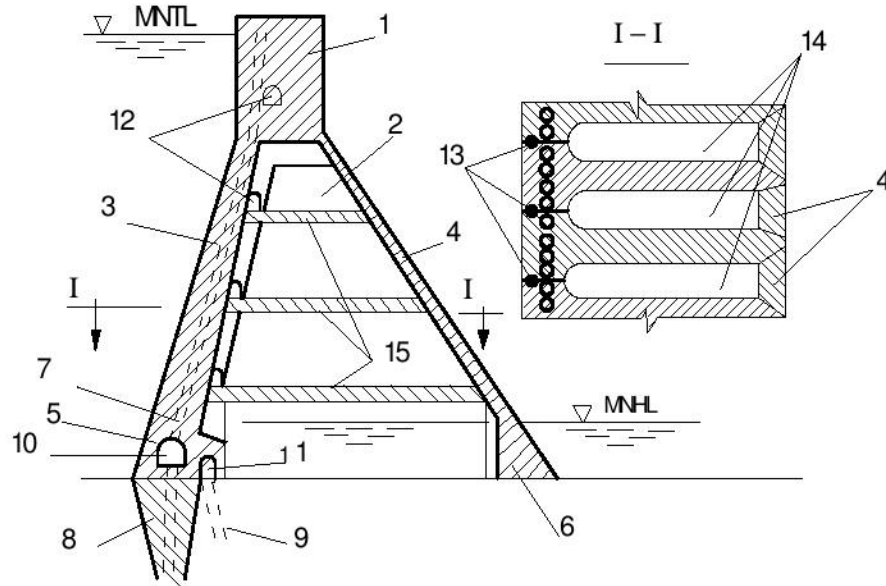
Bản ngăn chịu áp của đập liên vòm phải được thiết kế theo dạng của vòm liền và liên kết cứng với phần đầu của các bản chống.

Chiều dày của bản ngăn chịu áp của các đập bản chống phải được xác định từ các điều kiện bảo đảm độ bền, điều kiện hạn chế gradien cột nước thấm ở giới hạn cho phép điều kiện bố trí thiết bị chống

thấm. Khi đó cho phép lấy chiều dày của bản ngăn chịu áp biến đổi theo chiều cao, nhưng phải bảo đảm hình dạng liên tục của mặt thượng lưu.

Trong trường hợp khi cần phải tạo ra các tràn mặt lộ thiên, phải xét tới việc bố trí các bản ngăn hạ lưu.

Cũng cho phép dùng các bản ngăn hạ lưu để đỡ đường ống áp lực của trạm thủy điện.



CHÚ DẪN :

- | | | |
|-----------------------------|--------------------------|--|
| 1) đỉnh đập; | 2) tường chống; | 3) phần đầu to (phần chắn nước chịu áp); |
| 4) bản ngăn hạ lưu; | 5) nệm thượng lưu; | 6) nệm hạ lưu; |
| 7) tiêu nước thân đập; | 8) màng chống thấm; | 9) tiêu nước ở nền; |
| 10) hành lang phun xi măng, | 11) hành lang tiêu nước, | 12) hành lang quan trắc; |
| 13) vật chắn nước; | 14) khoang rỗng; | 15) bản ngăn các khoang rỗng. |

Hình 15 - Các phần và bộ phận của đập bản chống kiểu to đầu.

7.1.2 Chiều dày của bản chống d_0 phải được xác định như sau:

a) Đối với đập to đầu:

$$d_0 = (0,25 - 0,50) d \quad (39)$$

Trong đó: d là chiều rộng của đoạn đập (xem Hình 14).

b) Đối với đập có bản ngăn chịu áp là vòm hoặc phẳng.

$$d_0 = (0,15 - 0,25) d, \text{ nhưng không nhỏ hơn } 0,06 h_d \quad (40)$$

Trong đó: h_d là khoảng cách từ tiết diện tính toán đến đỉnh đập.

Khi thỏa mãn những yêu cầu nêu trên thì cho phép không tính độ ổn định của bản chống khi bị uốn dọc.

7.1.3 Đối với những đập bản chống nằm trong vùng động đất tùy các điều kiện của địa phương phải trừ tính các giải pháp kết cấu để nâng cao độ cứng của công trình theo hướng cắt ngang dòng chảy, như: dầm, sườn cứng liên kết từng đôi bản chống với nhau, v.v...

TCVN 9137 : 2012

7.1.4 Cần thiết kế màng xi măng ở nền đập bản chống nếu như nền là đá thấm nước (hệ số thấm $K \geq 0,1$ m/ngày đêm).

Nếu đá nền thực tế không thấm hoặc thấm ít ($K < 0,1$ m/ngày đêm), thì chỉ có thể thiết kế giải pháp màng xi măng khi có luận chứng thích đáng.

Trong trường hợp không làm màng xi măng, phải xét tới việc khoan phụt xi măng, phun xi măng vùng tiếp giáp giữa đập với nền và phun xi măng để gia cố cục bộ đá ở vùng mặt thượng lưu của công trình.

Việc đưa thiết bị tiêu nước của nền vào thành phần đường viền dưới đất của đập bản chống phải được luận chứng bằng những nghiên cứu chuyên sâu về thấm.

7.1.5 Trong những đập cấp I và II, cần dự kiến bố trí hành lang phun xi măng ở phần dưới bản ngăn chịu áp để làm màng chống thấm.

Khi thiết kế đập cấp III và IV (và một số trường hợp của đập cấp II), phải xét đến khả năng làm màng xi măng mà không cần hành lang phun xi măng, phun trực tiếp từ khoang rỗng giữa các bản chống.

7.1.6 Khi thiết kế chia các bản chống của đập bằng các khớp nối thi công thẳng đứng, phải xem xét khả năng sử dụng các khớp nối sau sẽ phụt xi măng hoặc sẽ đổ bê tông chèn cho liền khối.

7.1.7 Đối với đập bản chống, cho phép thiết kế công trình xả nước theo các sơ đồ nối tiếp thượng hạ lưu như đối với đập trọng lực (xem Điều 6.1.7).

Đối với các công trình xả bố trí giữa các bản chống, cần dự kiến bố trí mũi phun để phân tán các tia nước trên bề mặt lòng dẫn hạ lưu, khi thiết kế các bản ngăn hạ lưu của đập bản chống đã tháo các lưu lượng xả phải xét tác động của khí thực và các tải trọng mạch động do dòng nước chảy tràn gây nên.

7.1.8 Việc thiết kế kết cấu bể tiêu năng của đập bản chống, phải thực hiện theo chỉ dẫn của Điều 4.8.

7.1.9 Trường hợp dẫn dòng thi công qua các khoang rỗng giữa các bản chống, tùy theo độ cứng chắc của đá ở nền để xem xét sự cần thiết phải dùng bê tông gia cố mặt nền giữa các bản chống.

Khi đó trong lớp gia cố bê tông phải trừ tính bố trí các giếng tiêu nước để giảm áp lực đẩy ngược của nước thấm.

7.2 Tính toán độ bền và ổn định của đập bản chống trên nền đá

7.2.1 Việc tính toán đập và các bộ phận của đập về độ bền, độ ổn định và độ bền nứt, cũng như việc tính toán các kết cấu bê tông cốt thép của đập về mở rộng các khe nứt phải được thực hiện theo những chỉ dẫn trong điều này và ở Điều 4.

7.2.2 Khi thiết kế đập bản chống, các bản chống cũng như các bản ngăn chịu áp phải được tính toán về mặt độ bền chung khi chúng làm việc theo hướng dòng chảy và hướng cắt ngang dòng chảy.

7.2.3 Việc tính toán các bản chống của đập thuộc tất cả các cấp có chiều cao nhỏ hơn hoặc bằng 60 m về độ bền trong mặt phẳng dọc theo dòng chảy, chịu các tải trọng và tác động theo các yêu cầu của Điều 6.2.3 và phải được thực hiện bằng phương pháp sức bền vật liệu.

Việc tính toán độ bền của các bản chống của đập cấp I và II cao hơn 60 m trong mặt phẳng dọc theo dòng chảy phải được thực hiện theo hai bước như chỉ dẫn ở Điều 6.2.9.

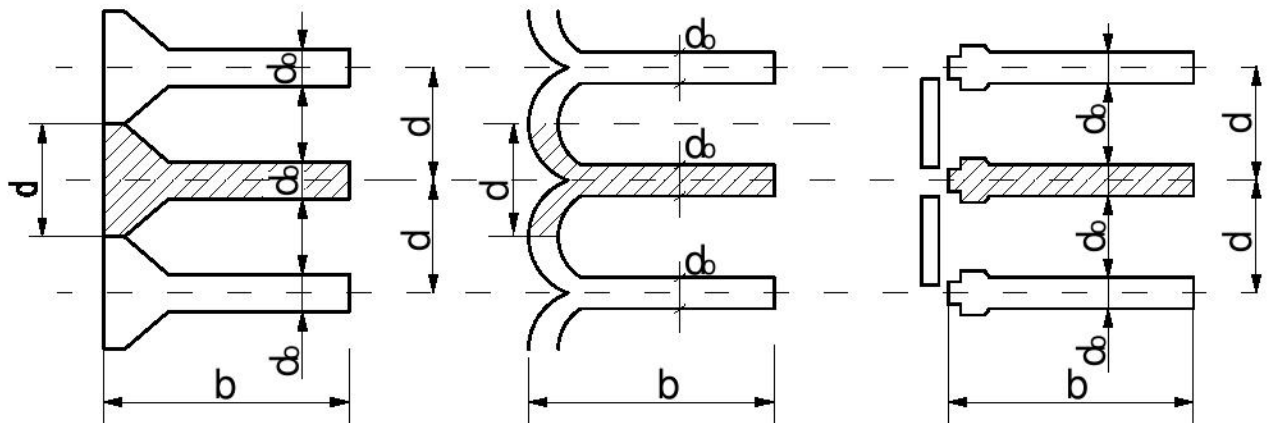
7.2.4 Việc tính toán độ bền chung của các bản chống trong mặt phẳng dọc theo dòng chảy cần xét như sau (Hình 16):

- a) Đối với đập to đầu: xét từng đoạn đứng riêng rẽ;
- b) Đối với đập có bản ngăn chịu áp liên tục, (không cắt rời) gắn liền với các bản chống: xét bản chống cùng với hai nửa bản ngăn chịu áp ở hai bên;
- c) Đối với đập có bản ngăn chịu áp cắt rời (không liên tục): xét bản chống đứng riêng rẽ.

7.2.5 Khi tính toán ứng suất pháp ở các mặt cắt nằm ngang của bản chống thì các trị số ứng suất ở mặt thượng lưu và hạ lưu σ_y^T và σ_y^H (xem Hình 14) phải được xác định có xét đến trị số môđun đàn hồi của bê tông trong từng bộ phận của đập theo các công thức:

$$\sigma_y^T = \left(\frac{N}{F_{td}} + \frac{M \cdot X_T}{J_{td}} \right) \cdot \frac{E_2}{E_1} \quad (41)$$

$$\sigma_y^H = \left(\frac{N}{E_{td}} + \frac{M \cdot X_H}{J_{td}} \right) \cdot \frac{E_3}{E_1} \quad (42)$$



a) đối với đập bản chống kiểu to đầu;

b) đối với đập có bản ngăn chịu áp kiểu liên vòm;

c) đối với đập có bản ngăn chịu áp kiểu cắt rời;

CHÚ DẪN : do) chiều dày bản chống;

d) chiều rộng của đoạn;

b) chiều rộng của mặt cắt tính toán.

Hình 16 - Các sơ đồ tính toán cường độ theo hướng dòng chảy

Trong đó:

F_{td} và J_{td} - lần lượt là diện tích và mômen quán tính của mặt cắt nằm ngang tính đối của bản chống;

X_T và X_H - lần lượt là các khoảng cách từ trọng tâm của mặt cắt tính đối của bản chống đến mặt thượng lưu và mặt hạ lưu;

E_1, E_2, E_3 - lần lượt là môđun đàn hồi của bê tông phần bản chống, phần đầu thượng lưu và phần đầu hạ lưu;

TCVN 9137 : 2012

N và M : ký hiệu như ở công thức (28).

Các kích thước của mặt tính đổi của bản chống (Hình 17) được xác định từ các điều kiện:

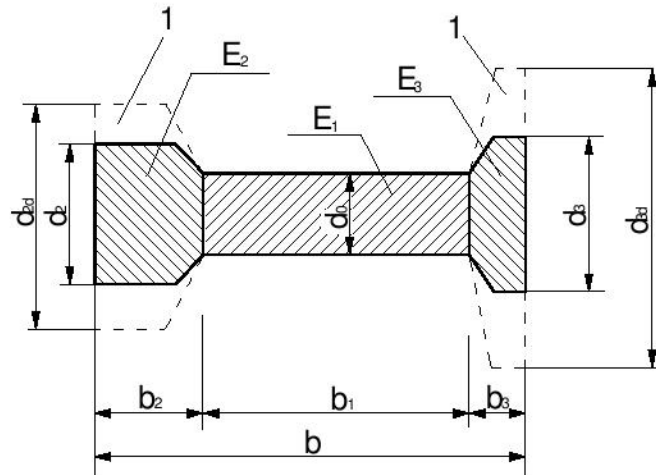
a) Theo hướng dòng chảy kích thước của mặt cắt tính đổi bằng kích thước của mặt cắt thực của bản chống;

b) Theo hướng cắt ngang dòng chảy: kích thước của mặt cắt tính đổi của bản chống $d_{\text{tđ}}$ được xác định theo công thức:

$$d_{\text{tđ}} = d_i \cdot \frac{E_1}{E_1} \quad (43)$$

Trong đó: d_i và E_i - lần lượt là chiều dày và môđun đàn hồi của bê tông của từng bộ phận riêng của bản chống,

E_1 - ký hiệu như trong công thức (41).



CHÚ DẪN : 1) đường viền mặt cắt tính đổi trong trường hợp tính đổi môđun đàn hồi của bê tông E2 và E3 sang môđun đàn hồi của bê tông bản chống E1 (khi $E_3 > E_2 > E_1$)

Hình 17 - Sơ đồ để xác định kích thước tính đổi của mặt cắt bản chống

7.2.6 Khi tính toán độ bền của các bản chống của đập to đầu thuộc tất cả các cấp có chiều cao nhỏ hơn hoặc bằng 60m chịu các tải trọng và tác động của tổ hợp cơ bản phải thỏa mãn điều kiện về độ bền nêu trong Điều 6.2.5.

Cũng như trên khi chịu các tải trọng và tác động của tổ hợp đặc biệt:

- Trường hợp không xét động đất: phải thỏa mãn các điều kiện (33), (34), (36).
- Trường hợp có xét động đất: phải thỏa mãn các điều kiện (34) và (36) và ở các điểm ở mặt chịu áp phải thỏa mãn các điều kiện:

$$\sigma_y^T \leq 0; \quad (44)$$

Trong đó: σ_y^T - ký hiệu giống như trong Điều 6.2.5.

Khi tính toán độ bền của đập to đầu cấp I và II cao hơn 60 m theo tổ hợp các tải trọng và tác động cơ bản, phải thỏa mãn các điều kiện độ bền (33), (34), và (36), theo tổ hợp các tải trọng và tác động đặc biệt phải thỏa mãn các điều kiện độ bền (33) và (36).

Giá trị của chiều sâu giới hạn vùng chịu kéo b_{gh} đối với đập to đầu lấy theo Bảng 12.

Bảng 12 - Chiều sâu giới hạn b_{gh} của vùng chịu kéo ở mặt thượng lưu đập to đầu cấp I và II cao hơn 60 m

Vị trí của mặt cắt tính toán	Trị số b_{gh} phụ thuộc vào tổ hợp các tải trọng và tác động	
	Tổ hợp đặc biệt không xét động đất	Tổ hợp đặc biệt có xét động đất
Các mặt cắt nằm ngang của thân bản chống	$\frac{4}{3} \left[\frac{d_o}{d} - \frac{1}{4} \right] b_o$	$\frac{4}{3} \left[\frac{d_o}{d} - \frac{1}{4} \right] b_o$
	$\frac{1}{6} b$	$\frac{1}{3} b$
Tiết diện tiếp giáp	$\frac{4}{3} \left[\frac{d_o}{d} - \frac{1}{4} \right] b_m$	$\frac{4}{3} \left[\frac{d_o}{d} - \frac{1}{4} \right] b_m$
	$\frac{1}{6} b_o$	$\frac{1}{6} b_o$

Các ký hiệu trong bảng: d_o : chiều dày bản chống; b_o : chiều dày mặt cắt đầu mút của đầu đoạn, các ký hiệu còn lại giống như ở Bảng 10.

7.2.7 Đối với những đập bản chống thuộc tất cả các cấp có chiều cao bằng hoặc nhỏ hơn 60m, khi tính toán độ bền chung của bản chống có bản ngăn chịu áp kiểu vòm và thẳng chịu tổ hợp các tải trọng cơ bản và đặc biệt không xét động đất, phải thỏa mãn các điều kiện độ bền (33), (34), (35), (36), còn khi tính theo tổ hợp đặc biệt có xét động đất thì phải thỏa mãn điều kiện độ bền (33), (34) và (36) ở Điều 6.2.5.

Đối với những đập bản chống cấp I và II cao hơn 60m có bản ngăn chịu áp không bị cắt rời, khi tính toán độ bền chung của các bản chống theo tổ hợp các tải trọng cơ bản và đặc biệt không xét động đất, phải thỏa mãn các điều kiện độ bền (33), (34), và (35). Còn khi tính theo tổ hợp các tải trọng đặc biệt có xét động đất thì phải thỏa mãn điều kiện độ bền (34), (36) và (44).

7.2.8 Việc tính toán độ bền của bản ngăn chịu áp, tùy theo cấp và chiều cao của đập bản chống, phải được thực hiện với những tải trọng và tác động như khi tính toán độ bền của bản chống.

Khi tính toán độ bền của phần đầu thượng lưu của đập to đầu bằng phương pháp sức bền vật liệu, giả định là các lực pháp tuyến (cân bằng với tải trọng bên ngoài tác động vào phần đầu) phân bố đều được đặt vào phần đầu của bản chống ở đoạn tiếp xúc với bản chống. Khi tính toán bằng phương pháp lý thuyết đàn hồi, phần đầu của bản chống được coi như bị ngàm cứng vào thân bản chống.

Khi tính toán độ bền của bản ngăn chịu áp kiểu vòm bằng phương pháp sức bền vật liệu, cần xem nó như một vòm (một nhịp) bị ngàm cứng vào bản chống. Còn khi tính theo phương pháp lý thuyết đàn hồi thì xem nó là một vỏ trụ tròn một nhịp bị ngàm vào bản chống.

TCVN 9137 : 2012

Khi tính toán theo phương pháp sức bền vật liệu thì các bản ngăn chịu áp kiểu phẳng cần xem như dầm một nhịp gối tự do lên các bản chống; còn khi tính theo phương pháp lý thuyết đàn hồi – như một nhịp gối tự do.

7.2.9 Khi tính toán độ bền phân đầu của đập to đầu không phụ thuộc vào chiều cao của công trình, ở tất cả các điểm của phân đầu phải thỏa mãn những điều kiện về độ bền sau:

a) Khi tính theo tổ hợp các tải trọng và tác động cơ bản và đặc biệt không xét động đất:

$$n_c \sigma_z \leq \frac{3}{4} \frac{m}{k} R_k; \quad (45)$$

$$n_c | \sigma_z | \leq \frac{3}{4} \frac{m}{k} R_{kt}; \quad (46)$$

b) Khi tính theo tổ hợp các tải trọng và tác động và đặc biệt có xét động đất:

$$n_c \cdot \sigma_z \leq \frac{m}{K} R_k \quad (47)$$

$$n_c | \sigma_z | \leq \frac{m}{K} R_{kt} \quad (48)$$

Trong đó: σ_z - ứng suất pháp tác dụng vào mặt thẳng đứng, thẳng góc với trục dọc của đập;

m , n_c , k , R_{kt} , R_k - ký hiệu giống như trong Điều 6.2.5 và Điều 6.2.8.

Những điều kiện về độ bền của bản ngăn chịu áp kiểu vòm và kiểu phẳng cần lấy theo các chỉ dẫn của tiêu chuẩn thiết kế các kết cấu bê tông và bê tông cốt thép thủy công.

CHÚ THÍCH: Trong các vùng ở phân đầu của đập to đầu bị kéo theo phương trục dọc của đập, cần xét đặt cốt thép cấu tạo.

7.2.10 Việc tính toán độ bền của bản chống theo hướng cắt ngang dòng chảy, bản chống được coi như tấm tam giác thẳng đứng bị ngàm vào nền. Khi tính toán bản chống theo tổ hợp các tải trọng và tác động cơ bản và đặc biệt không xét động đất thì mặt thượng lưu và hạ lưu của tấm coi như tự do, khi tính theo tổ hợp đặc biệt của các tải trọng có xét động đất thì mặt thượng lưu và hạ lưu của tấm coi như tự do, khi tính theo tổ hợp đặc biệt của các tải trọng có xét động đất thì mặt thượng lưu và cả mặt hạ lưu của tấm nếu có bản ngăn ở hạ lưu được coi như tấm có gối tự do. Độ cứng của tấm được xác định có xét đến các phân đầu thượng lưu và hạ lưu.

Khi tính toán độ bền của bản chống trong mặt phẳng cắt ngang dòng chảy đối với đập thuộc tất cả các cấp, không phụ thuộc vào chiều cao của công trình đối với các mặt bên của bản chống phải tuân theo các điều kiện độ bền sau:

a) Khi tính theo tổ hợp các tải trọng và tác động cơ bản và đặc biệt không xét động đất:

$$\sigma_y \leq 0; \quad (49)$$

b) Khi tính theo tổ hợp các tải trọng và tác động đặc biệt có xét động đất:

$$d_k \leq \frac{1}{5} d_o \quad (50)$$

Trong đó:

σ_y - tổng ứng suất pháp trên các mặt phẳng nằm ngang, xác định thông qua tính toán độ bền của bản chống trong mặt phẳng dọc theo dòng chảy và mặt phẳng vuông góc với dòng chảy.

d_k - chiều sâu của vùng chịu ứng suất kéo ở mặt bên của bản chống.

d_o - chiều dày bản chống.

Trong các sơ đồ tính toán bản chống chịu uốn theo phương ngang, phải xét đến kết cấu của các bộ phận xả nước và các bộ phận khác có tác dụng làm tăng độ cứng của công trình theo hướng cắt ngang dòng chảy.

7.2.11 Việc tính toán độ bền cục bộ của các bộ phận trong thân đập bản chống cũng phải được tiến hành với những tổ hợp các tải trọng và tác động như khi tính toán độ bền chung của đập.

7.2.12 Việc tính toán độ bền cục bộ của mũi tràn của các trụ pin, các kết cấu lỗ lấy nước vào đường ống của tuốc bin, việc xác định ứng suất cục bộ xung quanh các lỗ và các khoang rỗng trong bản chống phải được thực hiện theo các chỉ dẫn ở các Điều 6.2.11 và Điều 6.2.12.

Việc tính toán độ bền cục bộ các công son nhô ra của bản chống ở các đập có bản ngăn chịu áp kiểu vòm và kiểu phẳng, cũng như việc tính toán các bản ngăn hạ lưu, phải được tiến hành theo các chỉ dẫn của tiêu chuẩn thiết kế các kết cấu bê tông và bê tông cốt thép thủy công.

7.2.13 Việc tính toán chuyển vị đứng và chuyển vị ngang của đập bản chống phải được thực hiện theo các chỉ dẫn của Điều 6.2.13.

7.2.14 Việc tính toán độ ổn định của đập bản chống phải tiến hành theo các chỉ dẫn ở các Điều 6.2.14 và Điều 6.2.15.

Đối với đập to đầu cần thực hiện tính toán ổn định cho từng đoạn đứng riêng: đối với đập có các bản ngăn chịu áp kiểu vòm và kiểu phẳng: tính cho những bản chống đứng riêng rẽ.

7.2.15 Chiều sâu đổ bê tông chèn vào các chỗ bị phá hoại do đứt gãy trong nền đá phải được xác định thông qua tính toán độ bền của đập bản chống, theo các chỉ dẫn ở các Điều 7.3.6 và Điều 7.3.7 phải tính toán theo phương pháp lý thuyết đàn hồi có xét đến tính không đồng nhất của cấu trúc nền.

7.2.16 Việc tính toán độ bền của đập bản chống và các bộ phận của nó trong thời kỳ thi công phải được thực hiện theo các chỉ dẫn ở Điều 6.2.17.

7.2.17 Các kết cấu bê tông của đập bản chống thuộc tất cả các cấp, không phụ thuộc vào chiều cao công trình, cần được tính toán về sự hình thành các khe nứt do tác động của nhiệt độ theo các chỉ dẫn ở Điều 6.2.18.

8. Thiết kế đập vòm bê tông và bê tông cốt thép

8.1 Thiết kế đập và các bộ phận của đập vòm bê tông và bê tông cốt thép

8.1.1 Khi thiết kế các công trình đầu mối thủy lợi có đập kiểu vòm và vòm trọng lực phải tuân theo yêu cầu ở các Điều 4.1.1 đến Điều 4.3.17 và các Điều 4.5.1 đến Điều 4.7.2.

8.1.2 Tuyến đập vòm và vòm trọng lực phải được chọn ở đầu đoạn hẹp nhất của hẻm sông có nền là đá, có xét đến điều kiện địa hình và địa chất công trình là những điều kiện quyết định khi chọn loại đập này.

8.1.3 Chỗ tựa của đập vòm và vòm trọng lực vào sườn hẻm sông cần được thiết kế xuất phát từ điều kiện cát vào đá ít nhất. Khi đó ở đường viền liên kết đập với nền cần dự kiến bố trí các kết cấu để cải thiện điều kiện tựa (ví dụ như các móng biên, đế yên ngựa, nút, các khớp nối thi công không đổ bê tông chèn cho liền khối ở phần thượng lưu của các đoạn đập bên bờ v.v...).

8.1.4 Kết cấu hình dạng của đập vòm và vòm trọng lực (xem Hình 3) và dạng mặt vòm cần được định ra xuất phát từ điều kiện đạt được trạng thái ứng suất tối ưu của đập. Trong trường hợp cần thiết phải xem xét việc bố trí các kết cấu thích hợp như các khớp ở cánh vòm, khớp nối theo đường chu vi (Hình 3b), v.v...

Việc lựa chọn sơ bộ kết cấu và hình dạng của đập cần được thực hiện trên cơ sở các phương pháp tính toán gần đúng và theo tương tự.

8.1.5 Độ cong của vòm ở phương thẳng đứng phải được quyết định thông qua việc kiểm tra độ ổn định của các đoạn đứng riêng rẽ (các cột) trong thời kỳ thi công, đặc biệt là khi thiết kế những đập trong vùng động đất.

8.1.6 Khi thiết kế đập vòm cần xem xét:

a) Ở các tuyến hẹp, khi $L_x/H < 2$ (trong đó: L_x là chiều dài dây cung theo đỉnh đập; H là chiều cao đập) và lòng khe hình tam giác: bố trí loại đập với cửa vòm có dạng tròn với chiều dày không đổi hoặc dày hơn cục bộ, ở chân vòm; khi đó bán kính phải lấy nhỏ nhất và góc ở tâm phải là góc cho phép lớn nhất theo điều kiện bảo đảm cho đập tựa được chắc chắn;

b) Ở các tuyến có chiều rộng trung bình, khi $2 \leq L_x/H \leq 3$, khe hình thang hoặc gần giống hình thang: bố trí đập có hai độ cong với các vòm có chiều dày và độ cong không biến đổi;

c) Ở các tuyến rộng, khi $L_x/H > 3$, bố trí loại đập vòm trọng lực và đập vòm có chiều dày ít thay đổi theo chiều cao. Khi đó, độ cong theo phương thẳng đứng được lựa chọn từ điều kiện tạo được trạng thái ứng suất tối ưu cho đập;

d) Ở tuyến không đối xứng và trên nền không đồng nhất bố trí kết cấu đập với các vòm có dạng không tròn và chiều dày biến đổi.

8.1.7 Khi thiết kế đập cần xét ảnh hưởng của các công trình lấy nước và xả nước bố trí trong thân đập đến khả năng chịu tải của đập.

8.1.8 Các đập vòm và đập vòm trọng lực cần được thiết kế chia cắt ra từng đoạn nhờ các khớp nối thi công (có các móng dương âm). Thông thường bố trí các khớp nối thi công theo phương thẳng đứng, sẽ được gắn cho liền khối trước khi tích nước.

Trình tự của việc gắn cho liền khối (kể cả việc gắn cho liền khối nhiều lần) và nhiệt độ khi gắn mối nối phải được các định có xét đến trạng thái ứng suất của đập.

8.1.9 Đường viền dưới đất của đập phải được thiết kế phù hợp với các yêu cầu ở Điều 4.9.

8.1.10 Khi thiết kế nền đá của đập phải xem xét sự cần thiết phải:

- Đổ bê tông chèn vào các chỗ đứt gãy, các phay, các khe nứt lớn và các lỗ rỗng lớn bằng cách bố trí các nêm hoặc mạng lưới các rãnh đổ đầy bê tông hoặc bê tông cốt thép (để chèn kín mạng lưới các khe nứt), hoặc các khối bê tông đặc;
- Bố trí các tường, các tường chống bê tông cốt thép trong đất để truyền lực từ đập vào khối đá dưới sâu có các đặc trưng cường độ cao hơn;
- Dùng những neo (có hoặc không có ứng suất trước), những tường chắn hoặc tổ hợp của hai loại đó để gia cố các mái đá và các gối tựa của đập.

8.1.11 Mặt tựa của đập vòm vào nền phải được thiết kế theo mặt phẳng vuông góc với các trục của các vòm đập.

Để cải thiện sự nối tiếp giữa đập với nền và để giảm nhỏ khối đá đào ở chỗ tiếp giáp với bờ, cho phép lựa chọn dạng của chân vòm là đường cong hoặc đa giác.

8.1.12 Hèm hẹp ở phần dưới thấp của tuyến đập phải được lấp kín bằng bê tông dưới dạng “nút”. Nút này được tách khỏi phần vòm của đập bằng một khớp nối cấu tạo.

Khi ở phần trên của tuyến đập có sự mở rộng cục bộ, cần dự kiến bố trí mỏ bờ để tiếp nhận các lực từ phần đập tựa lên nó, cũng như áp lực nước tác dụng trực tiếp lên mỏ.

Trong trường hợp phía trên của tuyến đập bị mở rộng đáng kể thì cần trừ tính bố trí đập trọng lực hoặc đập bản chống trong phạm vi đoạn mở rộng đó.

Để giảm ứng suất ở mặt tiếp giáp giữa đập và nền cần trừ tính tăng độ dày cục bộ của đập theo đường viền tựa.

8.1.13 Công trình xả ở đập vòm và đập vòm trọng lực phải được thiết kế phù hợp với các yêu cầu nêu ở các Điều 4.5 và Điều 4.10.

8.2 Tính toán độ bền và ổn định của đập vòm bê tông và bê tông cốt thép

8.2.1 Việc tính toán độ bền, độ ổn định và độ bền nứt của đập vòm và vòm trọng lực phải được tiến hành có xét đến các yêu cầu nêu ở Điều 4.6, Điều 4.8; Điều 6.2.1; và Điều 6.2.18.

8.2.2 Trạng thái ứng suất – biến dạng, trị số và hướng của các lực truyền từ đập vào nền, độ bền và ổn định của đập cũng như của nền đập phải được xác định thông qua tính toán và nghiên cứu thực nghiệm trên mô hình.

TCVN 9137 : 2012

Đối với đập cấp I và II cao hơn 60m, cũng như đối với đập các cấp có chiều cao nhỏ hơn 60m trong điều kiện địa chất công trình đặc biệt phức tạp và có áp dụng những kết cấu mới chưa được kiểm nghiệm trong khai thác, thì bắt buộc phải tiến hành nghiên cứu thực nghiệm.

8.2.3 Việc tính toán trạng thái ứng suất – biến dạng của đập vòm và vòm trọng lực cần được tiến hành có xét đến trình tự thi công đập, sự đổ bê tông vào các khớp nối để làm cho đập thành liên khối và sự tích nước vào hồ chứa bằng cách sử dụng những phương pháp tính toán chính xác (phương pháp giải toàn diện các vòm – công son, phương pháp phần tử hữu hạn v.v...). Trong trường hợp cần thiết phải tiến hành tính toán có xét đến sự mở rộng các khớp nối thi công và các khe nứt.

Khi tính toán đập cấp III và IV, cũng như khi tính toán sơ bộ đập thuộc tất cả các cấp, cho phép sử dụng những phương pháp đơn giản (phương pháp vòm – công son trung tâm, lý thuyết vỏ mỏng v.v...).

8.2.4 Khi thiết kế các đập vòm và vòm trọng lực được tính toán có xét đến sự mở rộng của các khớp nối thi công và các khe nứt thì việc đánh giá độ bền của công trình được tiến hành theo cường độ bê tông của vùng chịu nén.

8.2.5 Để phòng ngừa sự đứt gãy của màng xi măng trong trường hợp ứng suất kéo được truyền vào mặt tiếp giáp giữa đập và nền tới màng xi măng, cần trừ tính:

- Bố trí khớp nối lưng, khớp này được phun xi măng khi mực nước thượng lưu ở cao trình trung gian.
- Đưa màng xi măng lên phía thượng lưu, bố trí một sân trước ngăn bằng bê tông có lớp cách nước nối tiếp sân phủ với mặt chịu áp của đập, có xét đến các yêu cầu của Điều 6.1.4.

8.2.6 Việc tính toán độ bền và ổn định của đập chịu tác động của động đất cần được tiến hành có xét đến những yêu cầu của các Điều 6.2.3 và Điều 6.2.9 đối với phương bất lợi nhất của tác động động đất. Khi đó độ bền của đập cần được kiểm tra theo các yêu cầu của Điều 4.8.9 và đưa hệ số điều kiện làm việc m_{VI} (lấy theo Bảng 13) và công thức (6).

Khi thiết kế đập chịu tác động của động đất cần tiến hành tính toán độ bền có xét đến sự mở rộng các khớp nối thi công và các khe nứt.

8.2.7 Đối với đập vòm trong các loại tuyến, phải tính toán độ ổn định của các khối đá tựa của đập ở bên bờ. Đối với đập vòm ở tuyến rộng ngoài ra còn phải tính toán độ ổn định chung của đập cùng với nền đá.

8.2.8 Khi tính toán độ ổn định của các khối đá tựa của đập ở bên bờ và trạng thái ứng suất – biến dạng của nền đập phải xét những tải trọng và tác động sau:

- Những lực truyền từ đập;
- Trọng lượng bản thân của khối đá;
- Tác động của thấm và động đất.

Bảng 13 - Trị số hệ số điều kiện làm việc m_v của đập vòm

Loại tính toán	m_v
1. Tính toán độ bền chung của đập vòm và đập vòm trọng lực:	
- Về chịu kéo	$m_{v1}^k = 2,4$
- Về chịu nén	$m_{v2}^n = 0,9$
2. Tính toán độ ổn định chung của đập trong các tuyến rộng theo tổ hợp các tải trọng và tác động cơ bản và đặc biệt không xét động đất	$m_{v2} = 1,1$
3. Tính toán độ ổn định của các kết cấu tựa ở hai bờ và độ ổn định chung của đập khi xét động đất	$m_{v3} = 1,1$

CHÚ THÍCH :

1) Khi có một số yếu tố tác động đồng thời thì trong tính toán phải lấy hệ số điều kiện làm việc là tích của các hệ số tương ứng (ví dụ như khi tính độ ổn định chung của đập trong các tuyến rộng có xét động đất):

$$m_v = m_{v2}; \quad m_{v3} = 1,1 \cdot 1,1 = 1,21;$$

2) Đối với các kết cấu tựa ở bên bờ của đập vòm, hệ số điều kiện làm việc m khi tính theo tổ hợp các tải trọng và tác động cơ bản phải lấy theo Bảng 5.

8.2.9 Việc tính toán độ ổn định của các khối đá tựa của đập ở bên bờ được tiến hành xuất phát từ sự phân tích trạng thái giới hạn của các khối đá riêng lẻ được phân tích ra trên cơ sở xét đến các điều kiện địa hình và địa chất.

Độ tin cậy của các khối đá tựa bên bờ được xác định thông qua kết quả tính toán khối đá kém ổn định nhất.

8.2.10 Việc tính toán độ ổn định chung của đập vòm và đập vòm trọng lực phải được tiến hành xuất phát từ sơ đồ động có xác suất xảy ra lớn nhất của sự chuyển vị của đập cùng với nền ở trạng thái giới hạn.

8.2.11 Khi tính toán độ bền và độ ổn định của đập vòm và vòm trọng lực, ngoài hệ số điều kiện làm việc m (nêu trong Bảng 5) còn phải xét hệ số điều kiện làm việc m_v nêu trong Bảng 13.

8.2.12 Khi ở đập vòm có những bộ phận kết cấu mà sự làm việc tĩnh của chúng khác với sự làm việc của thân đập chính thì phải tiến hành tính toán độ bền và độ ổn định của các bộ phận đó.

8.2.13 Việc tính toán trạng thái ứng suất – biến dạng và độ bền cục bộ của nền đập vòm thuộc cấp I và II phải được tiến hành phù hợp với các chỉ dẫn của tiêu chuẩn thiết kế nền các công trình thủy công.

Khi đó phải xét khả năng hình thành các vùng biến dạng dẻo ở chỗ tiếp giáp của đập với bờ.

Nếu như các điều kiện độ bền đối với các bờ mặt yếu của khối đá không thỏa mãn, cần trừ tính những biện pháp gia cố cần thiết.