

# TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

## TCVN 8215:2021

### CÔNG TRÌNH THỦY LỢI - THIẾT BỊ QUAN TRẮC

#### *Hydraulic structures - Monitoring equipment*

#### Lời nói đầu

TCVN 8215:2021 thay thế TCVN 8215:2009.

TCVN 8215:2021 do Tổng Công ty Tư vấn Xây dựng 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 BỊ QUAN TRẮC

#### *Hydraulic structures - Monitoring equipment*

#### 1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này áp dụng trong thiết kế bố trí, thi công và nghiệm thu thiết bị quan trắc của cụm đầu mỗi công trình thủy lợi (đập, tràn, cống, trạm bơm) nhằm đảm bảo an toàn trong quá trình thi công và quản lý vận hành.

Tiêu chuẩn này không áp dụng cho quan trắc rung động của công trình do động đất, do thiết bị thi công hoặc do hoạt tải. Tùy thuộc đặc điểm cụ thể của từng công trình, thiết kế cần có luận chứng riêng để thực hiện (nếu cần thiết).

Tiêu chuẩn này cũng có thể áp dụng cho các công trình lớn trên hệ thống đường dẫn, hệ thống chuyển nước.

#### 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 sửa đổi, bổ sung (nếu có).

TCVN 4253 *Công trình thủy lợi - Nền các công trình thủy công - Yêu cầu thiết kế;*

TCVN 8304 *Công tác thủy văn trong hệ thống thủy lợi;*

TCVN 8477 *Công trình thủy lợi - Thành phần, khối lượng khảo sát địa chất trong các giai đoạn lập dự án và thiết kế;*

TCVN 9360 *Quy trình kỹ thuật xác định độ lún công trình dân dụng và công nghiệp bằng phương pháp đo cao hình học;*

TCVN 9399 *Nhà và công trình xây dựng - Xác định chuyển dịch ngang bằng phương pháp trắc địa;*

TCVN 11699 *Công trình thủy lợi - Đánh giá an toàn đập.*

#### 3 Thuật ngữ và định nghĩa

##### 3.1

##### **Đơn nguyên đo** (Measure unit)

Đoạn công trình có kết cấu vật liệu khác nhau, hoặc có cùng vật liệu và kết cấu nhưng được phân chia bởi các khớp (khe) nối mà trên đó có bố trí các thiết bị đo.

##### 3.2

##### **Tiết diện đo/Mặt cắt quan trắc** (Measure section)

Mặt cắt ngang hay mặt cắt đứng để thể hiện vị trí, loại thiết bị đo.

##### 3.3

##### **Tuyến đo/Tuyến quan trắc** (Measuring line)

Là đường thẳng theo phương ngang hay dọc tim công trình mà trên đó có bố trí các thiết bị đo.

##### 3.4

##### **Điểm đo/Điểm quan trắc** (Measuring point)

Vị trí đặt từng thiết bị đo.

##### 3.5

### **Thông số quan trắc (Monitoring parameters).**

Những đại lượng cơ học như biến dạng, chuyển vị, ứng suất, áp lực, v.v..., xuất hiện trong các kết cấu của công trình dưới tác dụng của tải trọng.

### **3.6**

#### **Thiết bị quan trắc (Monitoring equipment).**

Thiết bị được dùng để đo những thông số cần thiết phục vụ cho việc đánh giá trạng thái của công trình. Nó bao gồm các đầu đo/cảm biến gắn vào công trình và các dụng cụ để đọc số liệu của các đầu đo và cảm biến ấy.

### **3.7**

#### **Đầu đo/Cảm biến (Sensor)**

Thiết bị điện tử cảm nhận những trạng thái hay quá trình vật lý ở môi trường cần khảo sát, và biến đổi thành tín hiệu điện để thu thập thông tin về trạng thái hay quá trình đó. Đầu đo/Cảm biến làm việc theo những nguyên lý khác nhau như: điện trở, dây rung, thủy lực hay quang học.

### **3.8**

#### **Thiết bị đo/Dụng cụ đo (Readout unit)**

Thiết bị/dụng cụ dùng để đo các số liệu (đại lượng quan trắc) của các đầu đo/cảm biến.

### **3.9**

#### **Quan trắc thủ công (Manual monitoring)**

Phương pháp quan trắc trực tiếp do con người trực tiếp thực hiện bằng trực quan thông qua các dụng cụ đo để ghi đo số liệu cho từng đầu đo/cảm biến.

### **3.10**

#### **Quan trắc tự động (Automatic monitoring)**

Phương pháp quan trắc gián tiếp, việc ghi đo số liệu được tự động thực hiện bằng cách kết nối các cảm biến vào một hệ thống có các dụng cụ đo tự động.

### **3.11**

#### **Số đọc ban đầu (Initial reading or zero reading)**

Số đọc đầu tiên (số đọc "0") của thiết bị quan trắc, sau khi đã được lắp đặt vào vị trí và chuẩn bị chịu tác động cần quan trắc gây sự biến đổi số đọc.

### **3.12**

#### **Giá trị giới hạn (Limited values)**

Giá trị của thông số xem xét của công trình, được xác định theo lý thuyết cho điều kiện bất lợi nhất mà khi giá trị quan trắc lớn hơn giá trị này thì cần phải có các biện pháp kỹ thuật can thiệp đến công trình.

## **4 Quy định chung**

**4.1** Nội dung quan trắc phụ thuộc vào cấp, loại và hình thức công trình thực hiện theo quy định tại điều 5.1.

**4.2** Quan trắc công trình phải được thực hiện liên tục ngay từ khi mở móng xây dựng, trong suốt quá trình thi công và khai thác vận hành.

**4.3** Công tác lưu trữ, quản lý và sử dụng tài liệu quan trắc:

- 1) Công tác lưu trữ, quản lý và sử dụng tài liệu quan trắc thực hiện theo các quy định về quản lý hồ sơ công trình;
- 2) Các kết quả quan trắc cần được phân tích, tính toán, tổng hợp lưu trữ để sử dụng và cung cấp khi có yêu cầu;

**4.4** Hồ sơ thiết kế quan trắc gồm quy trình lắp đặt, quy trình quan trắc cùng các biểu mẫu thống nhất để ghi chép số liệu quan trắc.

**4.5** Yêu cầu về tài liệu kỹ thuật làm căn cứ để thiết kế quan trắc:

- 1) Các quy chuẩn, tiêu chuẩn, tài liệu kỹ thuật có liên quan đến công tác thiết kế và thi công lắp đặt thiết bị quan trắc;
- 2) Hồ sơ khảo sát, thiết kế công trình (đối với công trình xây dựng mới), báo cáo đánh giá hiện trạng và hồ sơ hoàn công (nếu có) của công trình đã xây dựng (đã có).

**4.6** Khi thiết kế, thi công lắp đặt bổ sung (hoặc thay thế) hệ thống quan trắc cho các công trình đã có, thì tùy thuộc vào hiện trạng, khả năng thực hiện, số liệu quan trắc (nếu có) và cấp của công trình để

luận chứng làm cơ sở thiết kế lắp đặt một phần hay toàn bộ các nội dung quan trắc theo quy định tại điều 5.1. Quá trình thiết kế, thi công lắp đặt và nghiệm thu hệ thống quan trắc cho các công trình đã có thực hiện tương ứng theo các quy định trong tiêu chuẩn này.

**4.7** Tùy thuộc vào điều kiện cụ thể của từng công trình để lựa chọn và đề xuất các hình thức quan trắc (thủ công hoặc tự động) quy định tại điều 5.2 thông qua việc phân tích so sánh về kinh tế - kỹ thuật và yêu cầu về công tác quản lý vận hành. Thiết bị quan trắc nên bố trí theo từng tuyến đo vuông góc với trục (tim) của công trình để thuận tiện cho việc kết nối và quan trắc.

**4.8** Bố trí thiết bị đo phục vụ cho quan trắc đặc biệt (nếu cần thiết) cũng như quan trắc tạm thời trong thời gian thi công nên tập trung vào một khối, một đoạn công trình (một đơn nguyên đo) đại diện quan trọng nhất mà dựa vào đó có thể đánh giá được sự làm việc của toàn bộ công trình.

**4.9** Thiết kế quan trắc phải đảm bảo yêu cầu theo quy định tại điều 5.3.

**4.10** Thi công và nghiệm thu hệ thống thiết bị quan trắc phải tuân thủ hồ sơ thiết kế được phê duyệt.

## 5 Nội dung, phương pháp và thiết bị, yêu cầu về thiết kế hệ thống quan trắc

### 5.1 Nội dung quan trắc

**5.1.1** Nội dung quan trắc đối với công trình đất, đá (đập đất, đất đá hỗn hợp và đá đổ) thực hiện theo quy định tại Bảng 1.

**Bảng 1 - Nội dung quan trắc đối với công trình đất, đá**

TT	Nội dung quan trắc	Cấp công trình				
		Đặc biệt	I	II	III	IV
1	Quan trắc thấm					
1.1	Quan trắc mực nước thượng và hạ lưu	+	+	+	+	+
1.2	Quan trắc đường bão hòa trong thân đập đất, thân đập đất đá hỗn hợp và áp lực thấm nền công trình	+	+	+	+	
1.3	Quan trắc thấm vòng qua vai công trình	(+)	(+)	(+)	(+)	
1.4	Quan trắc lưu lượng thấm hạ lưu, mái đào hai bên vai đập (nếu cần thiết)	+	+	+	+	
1.5	Quan trắc áp lực kẽ rỗng	+	+			
2	Quan trắc chuyển vị					
2.1	Quan trắc lún (chuyển vị đứng)	+	+	+	+	+
2.2	Quan trắc chuyển vị ngang (ngiên, lệch)	+	+	+	+	+
3	Quan trắc biến dạng, áp lực đất, đá lên kết cấu bê tông, bê tông cốt thép nằm trong công trình	+	+			
4	Quan trắc ứng suất	+	+			
5	Quan trắc áp lực nước, áp lực mạch động của dòng chảy	+	+			
6	Quan trắc khí tượng thủy văn, thủy lực phạm vi công trình	+	+	+	+	
7	Quan trắc độ mở cống, tràn (nếu có)	+	+	+	+	+

#### CHÚ THÍCH:

1) Cấp công trình theo quy định hiện hành và các tài liệu khác có liên quan. Đối với các công trình đã có thì tùy thuộc vào hiện trạng, khả năng thực hiện, số liệu quan trắc (nếu có), cấp của công trình để luận chứng làm cơ sở lắp đặt một phần hay toàn bộ các nội dung quan trắc nêu trong Bảng 1.

2) Quan trắc thấm vòng qua vai công trình (+) chỉ thực hiện khi vai công trình đặt trên các lớp đất, đá có hệ số thấm lớn hơn  $1 \times 10^{-4}$  cm/s (theo TCVN 4253).

**5.1.2** Nội dung quan trắc đối với công trình bê tông và bê tông cốt thép (đập, tường chắn, cống lấy nước, tràn xả lũ, đập vòm, trạm bơm và cống đồng bằng) thực hiện theo quy định tại Bảng 2.

**Bảng 2 - Nội dung quan trắc đối với công trình bê tông, bê tông cốt thép**

TT	Nội dung quan trắc	Cấp công trình
----	--------------------	----------------

		Đặc biệt	I	II	III	IV
1	Quan trắc thẩm					
1.1	Quan trắc mực nước thượng và hạ lưu	+	+	+	+	+
1.2	Quan trắc áp lực thấm nền	+	+	+		
1.3	Quan trắc thẩm vòng qua vai công trình	(+)	(+)	(+)	(+)	
1.4	Quan trắc lưu lượng thấm qua khớp nối bên trong công trình, mái đào hai bên vai đập (nếu cần thiết)	+	+	+		
2	Quan trắc chuyển vị					
2.1	Quan trắc lún (chuyển vị đứng)	+	+	+	+	+
2.2	Quan trắc chuyển vị ngang (ngiên, lệch)	+	+	+	+	+
2.3	Quan trắc độ mở rộng hoặc thu hẹp của khớp nối, khe nứt	+	+	+		
3	Quan trắc nhiệt độ	+	+			
4	Quan trắc ứng suất	+	+			
5	Quan trắc áp lực kéo cốt thép (ứng lực trong cốt thép)	+	+	+		
6	Quan trắc áp lực nước, áp lực mạch động của dòng chảy	+	+			
7	Quan trắc khí tượng thủy văn, thủy lực phạm vi công trình	+	+	+	+	
8	Quan trắc độ mở cống, tràn (nếu có)	+	+	+	+	+

#### CHÚ THÍCH:

1) Cấp công trình theo quy định hiện hành và các tài liệu khác có liên quan. Đối với các công trình đã có thì tùy thuộc vào hiện trạng, khả năng thực hiện, số liệu quan trắc (nếu có), cấp của công trình để luận chứng làm cơ sở lắp đặt một phần hay toàn bộ các nội dung quan trắc nêu trong Bảng 2.

2) Quan trắc thẩm vòng qua vai công trình (+) chỉ thực hiện khi vai công trình đặt trên các lớp đất, đá có hệ số thẩm lớn hơn  $1 \times 10^{-4}$  cm/s (theo TCVN 4253).

## 5.2 Phương pháp và thiết bị quan trắc

**5.2.1** Phương pháp quan trắc là phương pháp ghi đo số liệu, bao gồm hai phương pháp chính là: Phương pháp quan trắc trực tiếp (đo thủ công) và phương pháp quan trắc gián tiếp (đo bán tự động và đo tự động). Trong một công trình có thể tồn tại song song cả hai phương pháp. Việc lựa chọn phương pháp quan trắc phụ thuộc vào nội dung quan trắc, loại thiết bị và điều kiện kinh tế - kỹ thuật của công trình, cụ thể như sau:

### 1) Quan trắc trực tiếp (đo thủ công):

Quan trắc trực tiếp áp dụng đối với các nội dung có thể quan trắc từ trên bề mặt công trình như: quan trắc lún và chuyển vị, mực nước thượng hạ lưu, lưu lượng thấm, đường bão hòa. Phương pháp này do con người trực tiếp thực hiện bằng trực quan thông qua các dụng cụ đo cầm tay di động (các thiết bị đo đặc chuyên dụng, các thiết bị đọc xách tay - readout box) kết nối và đọc dữ liệu tại vị trí lắp đặt (điểm đo hoặc tại hộp đầu nối cáp truyền tín hiệu từ các điểm đo) ở hiện trường, theo lịch quan trắc định kỳ trong hồ sơ thiết kế hoặc theo quy định tại điều 8.3.2.

### 2) Quan trắc gián tiếp (đo bán tự động và đo tự động):

Quan trắc gián tiếp có thể áp dụng cho tất cả các nội dung quan trắc. Phương pháp này không do con người trực tiếp thực hiện mà do các thiết bị đo tự động; truyền số liệu về trung tâm thu thập, phân tích, xử lý; thời gian quan trắc được cài đặt đảm bảo cập nhật liên tục theo yêu cầu trong hồ sơ thiết kế được duyệt hoặc theo quy định tại điều 8.3.2. Quan trắc gián tiếp bao gồm 2 phương pháp là bán tự động và tự động.

a) Phương pháp đo bán tự động (đo thủ công và lưu trữ số liệu tự động): Hệ thống được trang bị các cảm biến được kết nối với thiết bị thu thập số liệu để định kỳ đo và tự động lưu trữ số liệu vào bộ nhớ của thiết bị, kết nối thiết bị thu thập với máy tính để lấy thông tin.

b) Phương pháp đo tự động (đo tự động và cập nhật số liệu trực tuyến): Về cơ bản phương pháp này tương tự như phương pháp bán tự động, nhưng thiết bị thu thập số liệu được kết nối liên tục với máy tính tại công trình, có thể xem số liệu cập nhật liên tục, truy xuất thông tin quá khứ trên máy tính. Một

mức độ phát triển cao hơn nữa là số liệu được cập nhật qua mạng internet tới máy chủ tại trung tâm thông tin để có thể truy xuất mọi lúc, mọi nơi.

**5.2.2** Thiết bị quan trắc bao gồm hai loại chính sau đây:

1) Thiết bị đo (dụng cụ đo) thủ công:

Là các thiết bị sử dụng trong phương pháp quan trắc trực tiếp từ trên bề mặt công trình. Các thiết bị này thông thường là các thiết bị chuyên dụng (thước thép, dây đo mực nước, các thiết bị đo địa hình), các thiết bị đọc xách tay (readout box) di động dùng để đo số liệu trực tiếp từ các mốc quan trắc, các đầu đo (cảm biến - sensor) tại vị trí lắp đặt ngay tại hiện trường khi các thiết bị đọc, ghi tự động không có hoặc có nhưng chưa kịp lắp đặt (hoặc bị trục trặc). Các thiết bị đo thủ công nên đáp ứng được các yêu cầu sau đây:

a) Đảm bảo đo được giá trị lớn nhất, giá trị nhỏ nhất nhưng dải đo không vượt quá 1,5 lần giá trị lớn nhất và không nhỏ hơn 1,5 lần giá trị nhỏ nhất cần đo;

## **THIỆU TRANG 9**

- Thiết bị phải đảm bảo loại bỏ ảnh hưởng của sét lan truyền và hoạt động liên tục không phụ thuộc vào điện lưới tối thiểu là 72 h. Nên thiết kế sử dụng nguồn cấp năng lượng từ pin năng lượng mặt trời với ắc quy (hoặc pin) có dung lượng lưu trữ phù hợp.

CHÚ THÍCH:

- 1) Thiết bị đo thủ công và thiết bị đo tự động phải được phân chia cụ thể trong hồ sơ thiết kế về thời gian lắp đặt, thời gian hoạt động trong thời kỳ thi công xây dựng và thời kỳ vận hành khai thác;
- 2) Nên trang bị thiết bị, dụng cụ đo thủ công nếu điều kiện kỹ thuật cho phép để so sánh, hiệu chuẩn thiết bị đo tự động;
- 3) Danh mục và ký hiệu các thiết bị đo tham khảo Phụ lục A.

### **5.3 Yêu cầu về thiết kế hệ thống quan trắc**

Thiết kế hệ thống quan trắc và mức độ hoàn thiện theo các giai đoạn thiết kế phải đáp ứng được các yêu cầu sau đây;

**5.3.1** Giai đoạn lập báo cáo đề xuất chủ trương đầu tư hoặc lập báo cáo nghiên cứu tiền khả thi:

- 1) Sự cần thiết phải bố trí thiết bị quan trắc;
- 2) Đề xuất nguyên tắc, nội dung và đối tượng cần quan trắc;
- 3) Sơ bộ về khối lượng thiết bị và vốn đầu tư.

**5.3.2** Giai đoạn lập báo cáo nghiên cứu khả thi:

- 1) Sự cần thiết phải bố trí thiết bị quan trắc;
- 2) Đề xuất nguyên tắc, nội dung và đối tượng cần quan trắc;
- 3) Xác định khối lượng thiết bị và vốn đầu tư;
- 4) Kiến nghị (nếu cần thiết) về chế độ quan trắc đặc biệt. Đề cương nhiệm vụ quan trắc đặc biệt phải làm rõ được các nội dung: Sự cần thiết, nội dung cần quan trắc, phạm vi quan trắc, thiết bị, vốn đầu tư và thời gian thực, hiện (bắt đầu, kết thúc).

**5.3.3** Giai đoạn lập thiết kế kỹ thuật đối với công trình thiết kế 3 bước:

- 1) Bố trí các tuyến quan trắc trên mặt bằng và các mặt cắt công trình;
- 2) Bố trí thiết bị đo trong mỗi tuyến, mỗi mặt cắt;
- 3) Sơ đồ bố trí hệ thống dây dẫn từ thiết bị đo đến thiết bị thu nhận, xử lý phân tích dữ liệu;
- 4) Bảng thống kê danh mục số lượng, chủng loại, thông số kỹ thuật thiết bị đo và thiết bị thu nhận, xử lý phân tích dữ liệu;
- 5) Dự toán chi tiết xây dựng và lắp đặt thiết bị quan trắc trong dự toán công trình.

**5.3.4** Giai đoạn lập báo cáo kinh tế - kỹ thuật hoặc thiết kế bản vẽ thi công:

- 1) Thiết kế lắp đặt cho mỗi loại thiết bị đo;
- 2) Thiết kế chi tiết từng tuyến dẫn từ thiết bị đo đến thiết bị thu nhận, xử lý phân tích dữ liệu;
- 3) Thiết kế chi tiết, kết cấu của các thiết bị đo (nếu chưa có thiết kế mẫu);
- 4) Thiết kế lắp đặt thiết bị đo, thu nhận, xử lý phân tích dữ liệu; thống kê danh mục về số lượng,

chủng loại và thông số kỹ thuật, vị trí đặt thiết bị đo, thiết bị thu nhận, trong từng mặt cắt và toàn bộ công trình;

5) Dự toán chi tiết từng nội dung, đối tượng quan trắc.

## 6. Thiết kế và lắp đặt thiết bị quan trắc

### 6.1 Quan trắc thẩm

#### 6.1.1 Nội dung quan trắc thẩm bao gồm:

- 1) Quan trắc mực nước thượng và hạ lưu công trình;
- 2) Quan trắc đường bão hòa trong thân và áp lực thẩm nền công trình;
- 3) Quan trắc thẩm vòng qua vai (mang) công trình;
- 4) Quan trắc lưu lượng thẩm hạ lưu công trình và quan trắc lưu lượng thẩm mái đào hai bên công trình (nếu cần thiết);
- 5) Quan trắc lưu lượng thẩm qua khớp nối bên trong công trình (đối với công trình bê tông và bê tông cốt thép) và quan trắc lưu lượng thẩm mái đào hai bên công trình (nếu cần thiết);
- 6) Quan trắc áp lực kẽ rỗng (đối với công trình đất đá).

#### 6.1.2 Quan trắc mực nước thượng và hạ lưu công trình

6.1.2.1 Mạng lưới quan trắc mực nước thượng lưu công trình được thiết kế như sau:

- 1) Phần công trình nằm ở lòng sông cứ cách nhau từ 100 m đến dưới 150 m bố trí một tuyến quan trắc.
- 2) Phần công trình nằm trên thềm sông cứ cách nhau từ 150 m đến 250 m bố trí một tuyến quan trắc.
- 3) Số lượng tuyến quan trắc phụ thuộc vào chiều dài công trình, nhưng không được ít hơn một (là tuyến tại vị trí sâu nhất). Vị trí tuyến nên bố trí trùng với các tuyến quan trắc thẩm khác và gần với bậc thang lên xuống mái thượng lưu để thuận tiện cho việc quan trắc và sửa chữa (xem Hình 1).
- 4) Số lượng điểm quan trắc (a, làm tròn khi tính toán) trên một tuyến xác định theo công thức (1):

$$a = [(MN_{MAXTK} - MN_{chet}) / 2] \times 1,2 + 1 \quad (1).$$

Trong đó:

$MN_{MAXTK}$ : là cao trình mực nước lớn nhất thiết kế, m.

$MN_{chet}$ : là cao trình mực nước chết, m.

5) Ngoài ra, tại các vị trí cửa vào các công trình đầu mối như: cống lấy nước, tràn xả lũ, trạm bơm v.v... tối thiểu phải có một điểm quan trắc mực nước.

6) Vị trí của điểm quan trắc đầu tiên (đầu tuyến) có cao trình thấp hơn cao trình mực nước chết 1,0 m, vị trí điểm quan trắc cuối tuyến phải thấp hơn cao trình mực nước lớn nhất thiết kế từ 0,5 m đến 1,0 m. Đỉnh của điểm quan trắc (cột thủy chí) trước phải cao hơn từ 0,3 m đến 0,4 m so với đáy của cột thủy chí tiếp theo trên cùng 1 tuyến quan trắc.

6.1.2.2 Mạng lưới quan trắc mực nước hạ lưu công trình được thiết kế như sau:

1) Phần hạ lưu trong phạm vi công trình cứ cách nhau từ 150 m đến 250 m bố trí một tuyến quan trắc. Số lượng tuyến quan trắc phụ thuộc vào chiều dài đập, nhưng không được ít hơn một (là tuyến tại vị trí sâu nhất). Vị trí tuyến quan trắc nên bố trí trùng với các tuyến quan trắc thẩm khác và gần với bậc lên xuống mái hạ lưu để thuận tiện cho việc quan trắc và sửa chữa (xem Hình 1).

2) Số lượng điểm quan trắc (b, làm tròn khi tính toán) trên một tuyến xác định theo công thức (2):

$$b = [(HL_{max} - HL_{min}) / 2] \times 1,2 + 1 \quad (2).$$

Trong đó:

$HL_{max}$ : là cao trình mực nước lớn nhất ở hạ lưu, m.

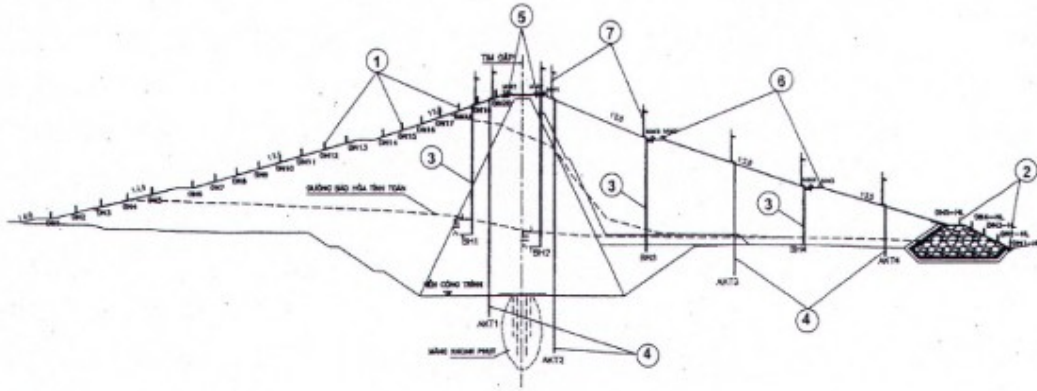
$HL_{min}$ : là cao trình mực nước thấp nhất ở hạ lưu, m.

3) Ngoài ra, tại các vị trí cửa ra các công trình đầu mối như: cống lấy nước, tràn xả lũ, trạm bơm v.v... tối thiểu phải có một điểm quan trắc mực nước.

4) Dọc theo kênh xả sau tràn bố trí hai tuyến quan trắc mực nước dọc theo hai bên mặt trong tường cánh. Trên một tuyến, từ 30 m đến 50 m có một điểm quan trắc. Trong mọi trường hợp tại mỗi vị trí như dốc nước, bể tiêu năng, kênh xả sau bể tiêu năng tối thiểu phải có một điểm quan trắc.

5) Vị trí của điểm quan trắc đầu tiên (đầu tuyến) có cao trình thấp hơn cao trình mực nước lớn nhất ở hạ lưu 1 m, vị trí điểm quan trắc cuối tuyến phải thấp hơn cao trình mực nước thấp nhất ở hạ lưu 1 m. Đỉnh của điểm quan trắc (cột thủy chí) trước phải cao hơn từ 0,3 m đến 0,4 m so với đáy cột thủy chí

tiếp theo trên cùng một tuyến quan trắc.



CHÚ DẪN:

- |  |   |
|--|---|
| 1 - Cột đo mực nước thượng lưu (ĐN)                | 2 - Cột đo mực nước hạ lưu (ĐN-HL)                        |
| 3 - Thiết bị quan trắc đường bão hòa thân đập (BH) | 4 - Thiết bị quan trắc áp lực nước thấm lên nền đập (AKT) |
| 5 - Mốc quan trắc lún mặt (MM)                     | 6 - Mốc quan trắc chuyển vị ngang (MN)                    |
| 7 - Trạm thu thập số liệu quan trắc tự động        |   |

**Hình 1 - Bố trí hệ thống quan trắc cao độ mực nước trước và sau công trình**

#### 6.1.2.3 Thiết bị quan trắc

Để quan trắc mực nước thượng, hạ lưu công trình cần tiến hành kết hợp cả hai thiết bị đo thủ công và thiết bị đo tự động, cụ thể như sau:

- 1) Thiết bị đo thủ công là các cột đo nước (cột thủy chỉ) bao gồm: thước thép dài 2 m (chia nhỏ đến cm) có vạch sơn được gắn trực tiếp trên cột bê tông (có móng cột chôn sâu vào đất đắp hoặc đất đá nền ổn định tối thiểu 0.5m) đặt ở mái công trình, gắn vào tường (trụ) bê tông hoặc vạch sơn trực tiếp vào kết cấu bê tông công trình tại vị trí ít bị ảnh hưởng của sóng, gió như cửa vào, cửa ra, tường cánh của các công trình đầu mối: cống lấy nước, tràn xả lũ, trạm bơm, v.v... (xem Phụ lục B).
- 2) Thiết bị đo tự động là các cảm biến được lắp đặt trong ống bảo vệ (xem Phụ lục B) có các yêu cầu kỹ thuật như quy định tại điều 5.2.2 và các yêu cầu sau đây:
  - a) Thiết bị đo tự động phải được lắp đặt trên cùng tuyến đo với thiết bị đo thủ công: Trên 1 tuyến đo đối với công trình cấp III, cấp IV lắp đặt 1 cảm biến ở cao trình dưới mực nước chết (ở thượng lưu) và dưới mực nước thấp nhất (ở hạ lưu) 1 m; đối với công trình cấp II, cấp I, cấp đặc biệt thì cứ 30 m cột nước lắp đặt thêm 1 cảm biến đến cao trình dưới mực nước dâng bình thường (ở thượng lưu) 10 m và dưới mực nước lớn nhất (ở hạ lưu) 5 m. Tại các vị trí cửa vào và cửa ra các công trình đầu mối như: cống lấy nước, tràn xả lũ, trạm bơm v.v... tối thiểu phải có một cảm biến đo mực nước tự động lắp đặt cách đáy cột đo nước 0.5m;
  - b) Nên sử dụng cảm biến đo kiểu áp lực để giảm ảnh hưởng của sóng trên mặt nước tới kết quả đo và thuận tiện cho công tác bảo vệ cũng như lắp đặt;
  - c) Nên sử dụng thiết bị có khả năng giảm thiểu hoặc chống nhiễu, có tín hiệu ra dạng số hoặc tần số;
  - d) Hộp đấu nối, thiết bị thu thập số liệu cần được đặt trên bề mặt công trình cao hơn mực nước lớn nhất thiết kế tối thiểu 1,5 m;
  - e) Độ chính xác:  $\leq \pm 0,1\%$  nhưng không quá  $\pm 1$  cm.

#### 6.1.3 Quan trắc đường bão hòa trong thân và áp lực nước thấm lên nền công trình

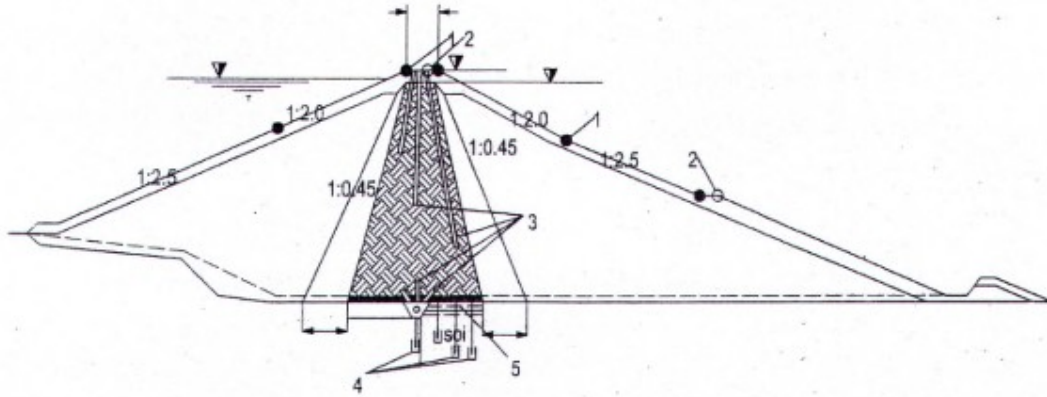
##### 6.1.3.1 Quan trắc đường bão hòa trong thân công trình đập đất và đập đất đá hỗn hợp

Mạng lưới quan trắc đường bão hòa trong thân đập được thiết kế như sau:

- 1) Dọc tim đập bố trí các tuyến quan trắc theo các mặt cắt ngang, mật độ các tuyến như sau:
  - Phần lòng sông cứ cách nhau từ 100 m đến 150 m bố trí một tuyến quan trắc;
  - Phần thềm sông cứ cách nhau từ 150 m đến 250 m bố trí một tuyến quan trắc;
  - Tuyến quan trắc nên đặt ở những vị trí có sự thay đổi về địa chất nền hoặc kết cấu thân đập. Trong mọi trường hợp số lượng tuyến quan trắc cho mỗi đập không ít hơn ba, bao gồm: một tuyến tại vị trí sâu nhất (lòng sông) và hai tuyến bố trí hai bên vai đập;
  - Vị trí tuyến quan trắc nên bố trí trùng với các tuyến quan trắc thấm khác để thuận tiện cho việc quan

trắc và sửa chữa (xem Hình 2).

2) Số lượng ống đo áp (điểm đo) trong một tuyến tùy thuộc chiều cao, hình thức và kết cấu đập nhưng không được ít hơn bốn, trong đó bố trí một ống ở mái thượng lưu trên mực nước lớn nhất thiết kế 0,5 m; từ 1 ống đến 2 ống trên đỉnh đập nhưng phải nằm ngoài phạm vi đường giao thông; từ 2 ống đến 3 ống trên mái hạ lưu, tốt nhất là tại cơ hạ lưu và trước thiết bị tiêu nước (nếu có). Thiết bị đo hoặc cảm biến tại điểm quan trắc phải được đặt trong các ống đo áp và phải bố trí thấp hơn từ 1 m đến 2 m so đường bão hòa dự kiến của thiết kế (đối với công trình xây dựng mới) và thấp hơn từ 2 m đến 3 m so với mực nước trong thân công trình đã xây dựng.



CHÚ DẪN:

- 1 - Mốc quan trắc lún mặt;                      2 - Mốc quan trắc chuyển vị;            3 - Các ống đo áp trong lõi;  
4 - Các ống đo áp đặt trong nền;            5 - Hành lang quan trắc.

**Hình 2 - Bố trí quan trắc đường bão hòa, quan trắc áp lực thấm và quan trắc lún trên một tuyến quan trắc (tuyến đo) của đập**

#### 6.1.3.2 Quan trắc áp lực thấm lên nền công trình

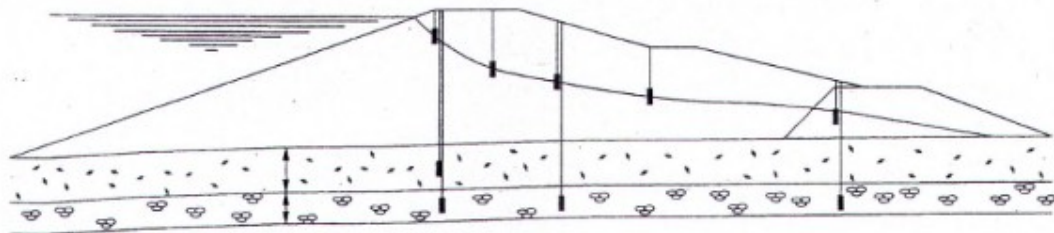
Bố trí thiết bị quan trắc áp lực thấm (áp lực kế) trên mặt cắt ngang của công trình theo các tuyến đo và phải đáp ứng các yêu cầu sau đây:

1) Các tuyến quan trắc áp lực thấm được bố trí vuông góc với trục tim công trình. Số lượng tuyến được xác định bởi điều kiện địa chất nền, quy mô, kích thước công trình, cụ thể:

- Đối với công trình đất khoảng cách giữa các tuyến như quy định đối với quan trắc đường bão hòa;
- Đối với công trình bê tông khoảng cách giữa các tuyến không được lớn hơn 40 m;
- Số lượng tuyến quan trắc áp lực thấm trên một công trình không nhỏ hơn ba: một tuyến ở giữa, còn lại ở hai bên thêm hoặc hai vai công trình nối tiếp với bờ.

2) Số lượng điểm đo (ống đo áp) trong một tuyến khoảng từ 3 điểm đến 5 điểm, được bố trí ở những điểm đặc trưng của đường viền thấm, bố trí ở ngay phía trước và sau thiết bị chống thấm.

3) Trường hợp ngay dưới nền công trình có các tầng chứa nước, đất đá có hệ số thấm lớn thì phải bố trí thêm các thiết bị quan trắc áp lực thấm ở các tầng chứa nước này. (xem Hình 3)



**Hình 3 - Bố trí thiết bị quan trắc áp lực thấm trong các tầng chứa nước dưới nền công trình**

4) Trường hợp công trình có nhiều loại vật liệu khác nhau (ví dụ: công trình có đơn nguyên bằng đất, đơn nguyên bằng bê tông, đơn nguyên bằng đá xây, v.v...) thì trên mỗi đơn nguyên này, tại khu vực tiếp giáp phải bố trí một tuyến quan trắc có từ 3 điểm đo đến 5 điểm đo áp lực thấm.

5) Đối với đập có kết cấu chống thấm kiểu tường tâm, tường nghiêng bằng vật liệu ít thấm nước (đất, bê tông) thì phải bố trí các thiết bị quan trắc như quy định tại mục 6 điều 6.1.3.2 để kiểm tra hiệu quả làm việc của tường.

6) Nền công trình xử lý thấm bằng màn chắn kiểu phun xi măng hay cừ (thép, bê tông, v.v...), phải bố



trí thiết bị quan trắc để đánh giá hiệu quả làm việc của màn chắn, mỗi tuyến bố trí tối thiểu ba điểm đo:

- Điểm đo thứ nhất đặt trước màn chắn, độ sâu dưới mặt tiếp xúc của công trình với nền khoảng 2m;
- Điểm đo thứ hai đặt sát sau màn chắn, độ sâu bằng từ 0,5 lần đến 0,7 lần chiều sâu của màn chắn;
- Những điểm đo tiếp sau bố trí nông hơn, điểm đo cuối cùng phải đặt sát mặt tiếp xúc giữa công trình và nền.

**CHÚ THÍCH:** Trường hợp đất đá dưới nền công trình có hệ số thấm nhỏ hơn yêu cầu của thiết kế và nền công trình không tiến hành xử lý chống thấm thì không cần bố trí thiết bị quan trắc áp lực thấm lên nền công trình.

#### 6.1.3.3 Thiết bị quan trắc

Để quan trắc đường bão hòa và áp lực thấm lên nền công trình cần tiến hành kết hợp cả hai thiết bị đo thủ công và thiết bị đo tự động, cụ thể như sau:

- 1) Thiết bị đo thủ công là cuộn dây đo nước chạy bằng pin (Water Level Meter) có chiều dài lớn hơn chiều sâu đo ít nhất 1 m.
- 2) Thiết bị đo tự động là các cảm biến đo áp lực (áp lực kế) được lắp đặt trong ống bảo vệ, cáp truyền tín hiệu, thiết bị thu thập số liệu, v.v... (xem Phụ lục B) có các yêu cầu kỹ thuật như quy định tại điều 5.2.2 và các yêu cầu sau đây:
  - Vị trí lắp đặt cảm biến đảm bảo có thể đo được tới mực nước thấp nhất theo thiết kế;
  - Các áp lực kế đặt sẵn vào điểm cần quan trắc ngay từ khi thi công. Đối với nền cát mịn phải thiết kế lớp bảo vệ đảm bảo không bị tắc.
  - Nên sử dụng thiết bị có khả năng giảm thiểu hoặc chống nhiễu;
  - Thiết bị thu thập số liệu cần được đặt cao hơn mặt công trình tối thiểu 0,5 m;
  - Việc theo dõi và quan trắc các thông số quan trắc trong quá trình thi công ngay tại hiện trường khi các thiết bị đọc, ghi tự động chưa được lắp đặt, được thực hiện bằng thiết bị đọc xách tay.
  - Độ chính xác:  $\leq \pm 0,1\%$ .

#### 6.1.4 Quan trắc thấm vòng qua vai (mang) công trình

6.1.4.1 Quan trắc thấm vòng qua vai công trình thực hiện theo quy định tại điều 5.1.1 và 5.1.2 khi vai công trình đặt trên các lớp đất, đá có hệ số thấm lớn hơn  $1 \times 10^{-4}$  cm/s (yêu cầu về thiết kế nền công trình thủy công theo TCVN 4253).

6.1.4.2 Tuyến quan trắc thấm vòng chỉ bố trí tại vai (mang) công trình, nằm ngoài phạm vi xử lý chống thấm và kéo dài đến hết sườn (đồi) núi hoặc dải thềm mà vai công trình tựa vào, khoảng cách giữa các tuyến không lớn hơn 40 m và ít nhất mỗi vai phải có 1 tuyến quan trắc.

6.1.4.3 Nguyên tắc bố trí, số lượng và thiết bị đo tương tự như quan trắc đường bão hòa quy định tại điều 6.1.3 nhưng áp dụng đối với mực nước ngầm dự kiến tại vai công trình.

#### 6.1.5 Quan trắc lưu lượng thấm hạ lưu (đối với công trình đất, đá: đập đất, đất đá hỗn hợp, đá đổ) và quan trắc lưu lượng thấm mái đào hai bên vai đập

6.1.5.1 Để xác định lưu lượng thấm hạ lưu đập, tại chân mái hạ lưu đập đặt các rãnh tập trung nước ở những điểm cần đo lưu lượng. Các điểm đo lưu lượng thông thường được bố trí ở nơi có cao độ thấp nhất của các rãnh tập trung nước và cách nhau không quá 250 m. Số lượng điểm đo tối thiểu là ba, trong đó một ở khu vực lòng sông còn lại là ở hai bên vai đập.

6.1.5.2 Thiết bị đo lưu lượng (xem Phụ lục B) thường sử dụng là đập tràn kiểu tam giác, kiểu thành mỏng (đo thủ công) hoặc các cảm biến đo lưu lượng nước (đo tự động) đáp ứng theo yêu cầu như quy định tại điều 5.2.2

6.1.5.3 Trường hợp cần thiết phải quan trắc lưu lượng thấm ở mái đào hai bên vai đập thực hiện như quy định tại điều 6.1.5.1 và 6.1.5.2, áp dụng với mái đào từng bên vai đập.

#### 6.1.6 Quan trắc lưu lượng thấm qua khớp nối bên trong công trình (đối với công trình bê tông và bê tông cốt thép) và quan trắc lưu lượng thấm mái đào hai bên công trình

6.1.6.1 Để đo lưu lượng thấm qua khớp (khe) nối bên trong công trình (hoặc trong hành lang thu nước của công trình) bê tông, bê tông cốt thép cần đặt các máng (hoặc ống) thu, tập trung nước và dẫn ra các thiết bị đo lưu lượng. Các điểm đo lưu lượng bố trí cách nhau từ (100 đến 200) m tại điểm đầu, điểm giữa và điểm cuối của máng (ống) tập trung nước hoặc hành lang thu nước.

6.1.6.2 Thiết bị đo lưu lượng tương tự như thiết bị đo lưu lượng thấm hạ lưu, quy định tại điều 6.1.5.

6.1.6.3 Trường hợp cần thiết phải quan trắc lưu lượng thấm ở mái đào hai bên công trình thực hiện như quy định tại điều 6.1.6.1 và 6.1.6.2, áp dụng với mái đào từng bên công trình.

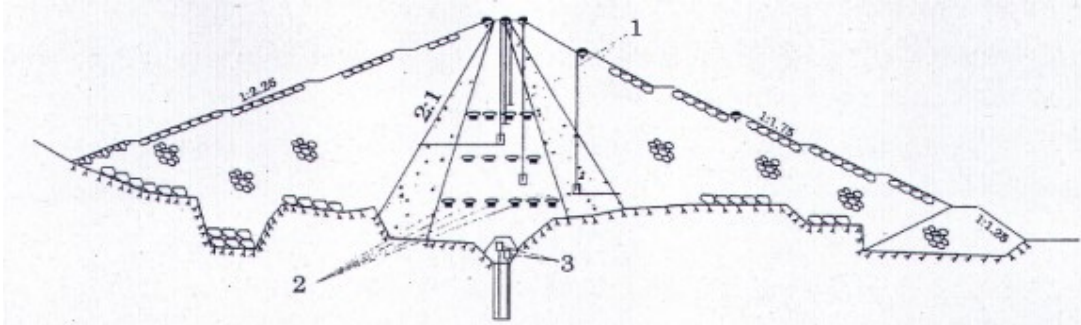
### 6.1.7 Quan trắc áp lực kẽ rỗng

6.1.7.1 Quan trắc áp lực kẽ rỗng chỉ tiến hành đối với công trình đất, đá (đập đất, đất đá hỗn hợp, đập đá đổ) cấp I và cấp đặc biệt, có thân đập, tường tâm hoặc tường nghiêng là đất sét hoặc á sét nặng. Đối với công trình đất, đá cấp II, cấp III và cấp IV chỉ tiến hành khi có chế độ quan trắc đặc biệt.

6.1.7.2 Tuyến quan trắc nên bố trí trùng với tuyến quan trắc đường bão hòa trong thân đập. Trên một tuyến quan trắc, theo chiều cao công trình cách nhau từ 15 m đến 20 m bố trí một tuyến đo trên mặt cắt ngang của đập. Số lượng thiết bị đo (các áp lực kế) trong một tuyến đo ngang phụ thuộc vào bề rộng mặt cắt đập nhưng không ít hơn 5 (xem Hình 4).

6.1.7.3 Các áp lực kế đặt sẵn vào vị trí cần đo ngay trong thời gian thi công. Việc bố trí hệ thống dây dẫn từ các áp lực kế ra vị trí đọc số liệu điểm quan trắc có thể sử dụng hành lang khoan phụt, nếu không có hành lang khoan phụt thì bố trí một buồng đặc biệt ở chân đập hạ lưu nơi không ngập nước.

6.1.7.4 Áp lực kế có cấu tạo giống như áp lực kế đo áp lực đất, nước và phải đáp ứng theo yêu cầu như quy định tại điều 5.2.2.



CHÚ DẪN:

1 - Các ống đo áp quan trắc đường bão hòa trong thân đập. 3 - Ống đo áp quan trắc áp lực thấm nền đập.

2 - Áp lực kế (piezometer) quan trắc áp lực kẽ rỗng trong thân đập.

Hình 4 - Bố trí thiết bị quan trắc kẽ rỗng trong thân đập

## 6.2 Quan trắc chuyển vị

### 6.2.1 Nội dung quan trắc chuyển vị bao gồm:

- 1) Quan trắc lún (chuyển vị đứng);
- 2) Quan trắc chuyển vị ngang (nghiêng, lệch);
- 3) Quan trắc độ mở rộng hoặc thu hẹp của khớp (khe) nối, khe nứt.

### 6.2.2 Quan trắc lún (chuyển vị đứng)

#### 6.2.2.1 Quan trắc lún mặt

Để quan trắc lún mặt của công trình sử dụng phương pháp quan trắc trực tiếp (trắc đạc) theo quy định trong TCVN 9360, thông qua hệ thống mốc mặt (xem Phụ lục B), bố trí cụ thể như sau:

1) Đối với công trình đất, đá: đập đất, đập đất đá hỗn hợp, đập đá đổ (xem Hình 5)

a) Số lượng tuyến quan trắc quy định như sau:

- Phần bãi (thềm sông) và vai đập (sườn đồi, núi) các tuyến quan trắc cách nhau từ 150 m đến 250 m;
- Phần lòng sông các tuyến quan trắc cách nhau từ 100 m đến 150 m;
- Trong mọi trường hợp phải có ít nhất ba tuyến quan trắc: một tuyến bố trí ở lòng sông (lòng khe) và hai tuyến còn lại ở hai bên vai công trình.

b) Trong những trường hợp sau đây, tuyến quan trắc lún mặt phải bố trí bổ sung tại các vị trí:

- Có chiều cao công trình biến đổi đột ngột: cao trình chênh lệch trên 5 m;
- Địa chất nền phức tạp cấp III (C) (theo quy định tại TCVN 8477);
- Tuyến công trình cong có góc ngoặt vượt quá 15°.

c) Số lượng mốc trong mỗi tuyến quy định như sau:

- Trên đỉnh đập bố trí 2 mốc ở gần 2 mép thượng, hạ lưu đập và nằm ngoài phạm vi đường giao thông;

- Trên mái hạ lưu đập bố trí mốc trên các cơ đập, khi không có cơ thì bố trí trực tiếp lên mái đập, cứ chênh cao từ 8 m đến 10 m bố trí 1 mốc;

- Trên mái thượng lưu đập bố trí 1 mốc ở trên mực nước dâng bình thường khoảng 1 m, đối với đập cấp I và cấp đặc biệt bố trí 1 mốc đặt cao hơn mực nước chết từ 1 m đến 2 m.

d) Cao độ các mốc quan trắc được xác định với độ chính xác thủy chuẩn hạng 3 và cao độ các mốc chuẩn (mốc cơ sở) được xác định với độ chính xác thủy chuẩn hạng 2.

## 2) Đối với công trình bê tông và bê tông cốt thép

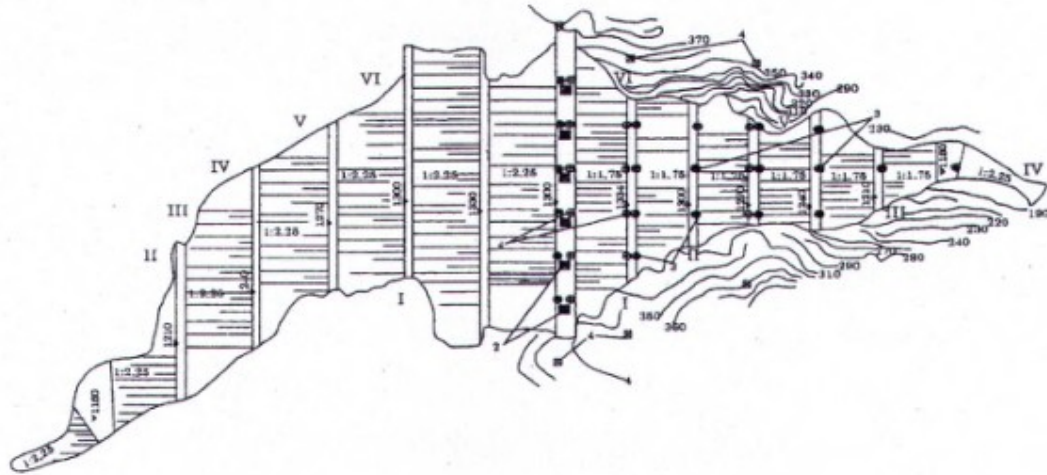
Số lượng mốc phải đảm bảo quan trắc được độ lún công trình và bộ phận công trình, đồng thời quan trắc được chênh lệch lún giữa các bộ phận hoặc giữa các đơn nguyên đo của công trình và phải đảm bảo thỏa mãn các yêu cầu sau:

- Các mốc được bố trí theo chiều dọc và ngang của đơn nguyên đo hoặc bộ phận công trình, khoảng cách giữa các mốc không quá 10 m;

- Trong trường hợp công trình được chia thành từng đoạn bởi các khe lún thì các mốc đo của từng đoạn sẽ sử dụng làm mốc quan trắc lún của mỗi đoạn công trình (xem Hình 6);

- Trong mọi trường hợp tại mỗi một đơn nguyên đo hoặc bộ phận công trình phải bố trí tối thiểu hai mốc lún mặt ở đầu và cuối đơn nguyên đo hoặc bộ phận công trình;

- Cao độ các mốc quan trắc được xác định với độ chính xác thủy chuẩn hạng 2 và cao độ các mốc chuẩn (mốc cơ sở) được xác định với độ chính xác thủy chuẩn hạng 2.



### CHÚ DẪN:

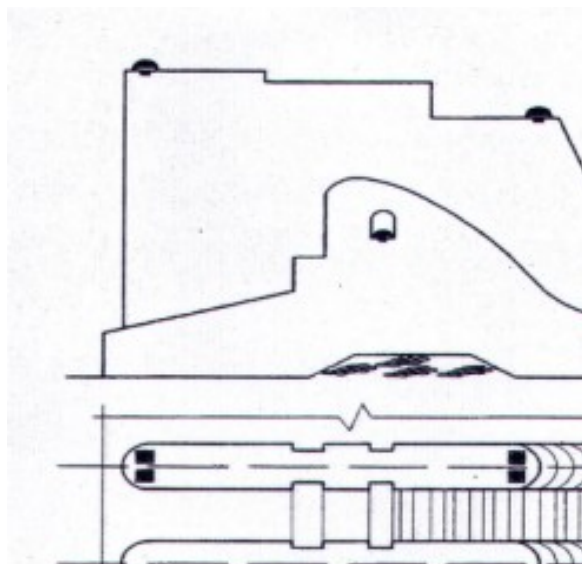
1. Mốc quan trắc lún sâu;

2. Mốc quan trắc lún mặt;

3. Mốc quan trắc chuyển vị ngang;

4. Mốc cơ sở

**Hình 5 - Bố trí các mốc quan trắc lún đối với đập đất, đá**

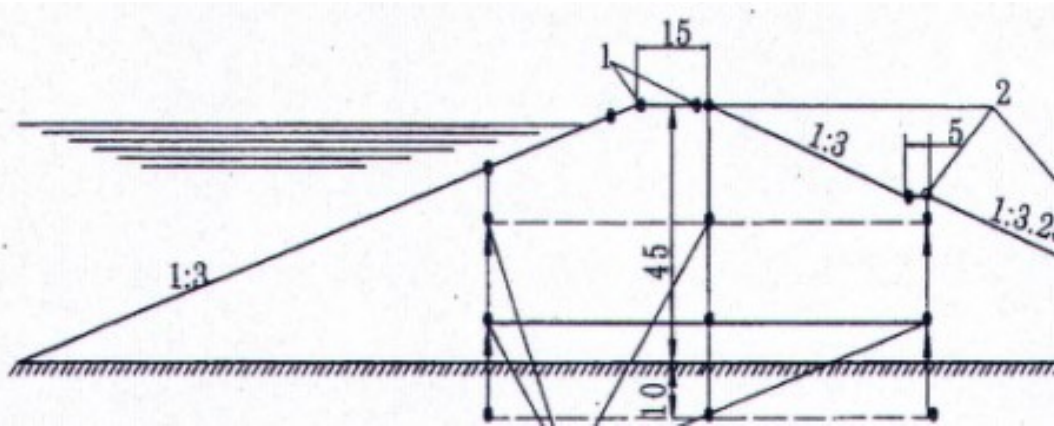


**Hình 6 - Bố trí các mốc quan trắc lún đối với các công trình bê tông và bê tông cốt thép**

### 6.2.2.2 Quan trắc lún sâu (đối với công trình đất, đá)

Quan trắc lún sâu thân và nền chỉ thực hiện đối với các công trình đất, đá (đập đất, đất đá hỗn hợp, đá đổ) cấp II, cấp I và cấp đặc biệt. Để quan trắc lún sâu các lớp đất, đá khác nhau trong thân và nền đập sử dụng phương pháp quan trắc gián tiếp thông qua các thiết bị đo tự động như: thiết bị đo kiểu từ tính, thiết bị đo lún sâu bằng khí nén và các thiết bị có tính năng tương tự (xem Phụ lục A) và phải đáp ứng các yêu cầu sau:

- 1) Tuyến quan trắc lún sâu được quy định như lún mặt và nên bố trí trùng nhau (xem Hình 7). Các mốc đo lún đặt trên cùng một cao độ trong một mặt cắt ngang của đập gọi là tuyến đo ngang;
- 2) Tuyến dưới cùng bố trí sâu hơn đáy chân khay ở vị trí thấp nhất của đập khoảng 5 m, tùy theo chiều cao đập cứ chênh cao từ 8 m đến 10 m thì bố trí một tuyến đo ngang (đối với đập đồng chất) và cứ mỗi loại đất bố trí một tuyến đo ngang (đối với đập không đồng chất). Số lượng mốc quan trắc trong mỗi tuyến đo ngang từ 2 mốc đến 5 mốc;
- 3) Các thiết bị đo tự động phải đáp ứng yêu cầu theo quy định tại điều 5.2.2.



CHÚ DẪN:

- 1 - Mốc quan trắc lún mặt kết hợp mốc cao độ;      2 - Mốc ngắm; 3 - Mốc quan trắc lún sâu.

**Hình 7 - Bố trí mốc quan trắc lún sâu trong thân và nền đập đất, đá**

### 6.2.3 Quan trắc chuyển vị ngang (nghiêng, lệch)

Quan trắc chuyển vị ngang (nghiêng, lệch) của công trình tuân thủ theo quy định của TCVN 9399. Thiết bị sử dụng để quan trắc chuyển vị ngang bao gồm: Máy đo, mốc ngắm, hàm dọc, quả lắc, thiết bị đo nghiêng, v.v... Ưu tiên sử dụng phương pháp quan trắc trực tiếp (hệ thống mốc mặt và phương pháp trắc đạc), cụ thể như sau:

- 1) Đối với công trình đất, đá: đập đất, đập đất đá hỗn hợp, đập đá đổ
  - a) Số lượng tuyến quan trắc quy định như quan trắc lún mặt và nên bố trí trùng nhau (xem Hình 5). Trong trường hợp có kết cấu bê tông, bê tông cốt thép nằm trong thân đập, tuyến quan trắc nên bố trí trùng với vị trí có kết cấu bê tông, bê tông cốt thép này;
  - b) Số lượng mốc trong mỗi tuyến được quy định như sau:
    - Nếu bề rộng đỉnh đập ( $B_d$ ) nhỏ hơn 8 m thì chỉ cần bố trí 1 mốc tại mép thượng lưu đập; nếu  $B_d$  lớn hơn hoặc bằng 8 m thì bố trí 2 mốc tại mép thượng và hạ lưu đập;
    - Trên mái hạ lưu đập bố trí các mốc trên các cơ, khi không có cơ thì bố trí trực tiếp lên mái đập. Theo chiều cao của đập đồng chất cứ cách nhau từ 8 m đến 10 m bố trí một mốc; đối với đập không đồng chất cứ mỗi loại đất, đá đắp khác nhau bố trí 1 mốc. Nên xem xét thiết kế mốc quan trắc chuyển vị ngang kết hợp với mốc quan trắc lún mặt để giảm số lượng mốc;
    - Trường hợp kết cấu bê tông, bê tông cốt thép nằm lộ thiên ra khỏi mặt đập thì bố trí mốc quan trắc theo quy định như đối với công trình bê tông.
  - c) Tọa độ các mốc quan trắc, các mốc cơ sở nên xác định với độ chính xác của tam giác hạng 2 để đảm bảo độ chính xác sai số trung phương cho phép là  $\leq 5$  mm.
- 2) Đối với công trình bê tông, bê tông cốt thép

Số lượng mốc phải đảm bảo quan trắc được chuyển vị theo phương nằm ngang của công trình, bộ phận công trình hoặc giữa các đơn nguyên đo của công trình và phải đảm bảo thỏa mãn các yêu cầu sau:

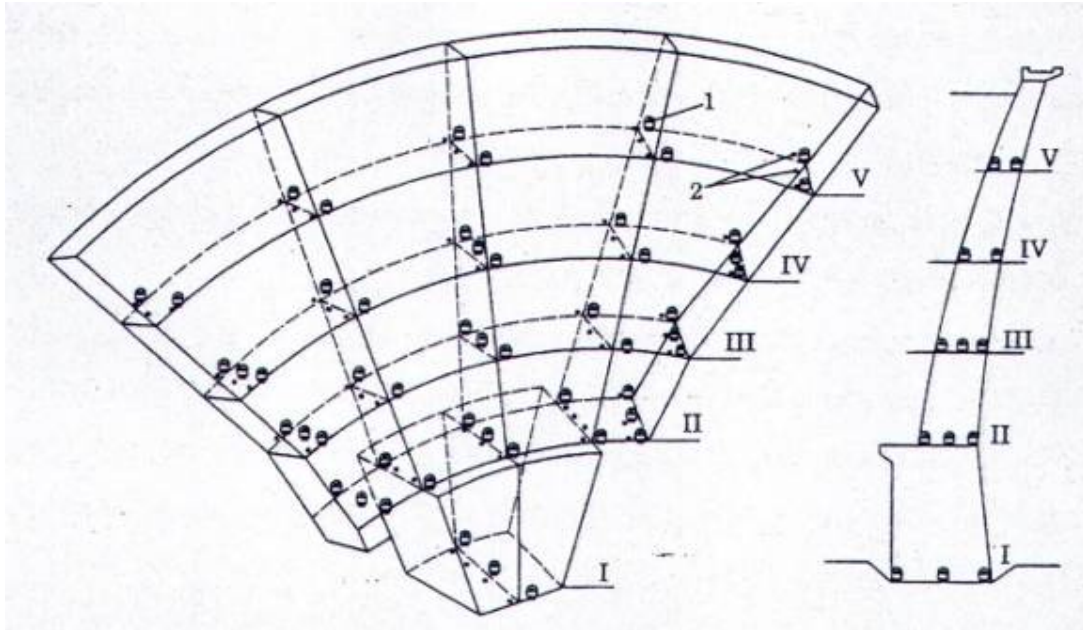
  - Các mốc được bố trí theo chiều dọc và ngang của đơn nguyên đo hoặc bộ phận công trình từ mặt công trình về phía hạ lưu (phần không ngập nước), khoảng cách giữa các mốc không quá 10 m. Trường hợp đơn nguyên đo hoặc bộ phận công trình có kích thước lớn hơn 10m, phải bố trí bổ sung

thêm mốc;

- Trong mọi trường hợp tại mỗi một đơn nguyên đo hoặc bộ phận công trình phải bố trí tối thiểu 4 mốc ở 4 góc của đơn nguyên đo hoặc bộ phận công trình (xem Hình 6);

- Đối với đập vòm, nên bố trí kết hợp quan trắc chuyển vị ngang và quan trắc độ võng của mặt cong so với trục dọc của đập. Số lượng mốc quan trắc phụ thuộc vào chiều cao đập, trung bình cứ từ 10 m đến 15 m theo chiều cao bố trí một mốc. Mỗi khoang đập cần bố trí ít nhất một tuyến quan trắc (xem Hình 8);

- Tọa độ các mốc quan trắc nên xác định với độ chính xác của tam giác hạng 2, tọa độ các mốc cơ sở xác định bằng hoặc cao hơn 1 cấp so với tọa độ của mốc quan trắc để đảm bảo độ chính xác sai số trung phương cho phép là  $\leq 2$  mm.



#### CHÚ DẪN:

1 - Mốc quan trắc chuyển vị đứng và độ võng;

2. Mốc quan trắc chuyển vị ngang;

I, II, III, IV, V - Tuyến quan trắc chuyển vị và độ võng

**Hình 8 - Sơ đồ bố trí mốc quan trắc chuyển vị ngang và độ võng đập vòm**

#### **6.2.4 Quan trắc độ mở rộng hoặc thu hẹp của khớp (khe) nối, khe nứt (đối với công trình bê tông và bê tông cốt thép; bao gồm cả kết cấu bê tông, bê tông cốt thép nằm lộ thiên ra khỏi công trình đất)**

Để quan trắc độ mở rộng hoặc thu hẹp của khớp (khe) nối, khe nứt, khe lún hoặc khe hở sử dụng thiết bị đo để quan trắc, ví dụ như: Máy đo, mốc ngắm, quả lắc, thiết bị đo nghiêng, thiết bị đo khe hở v.v... Sử dụng phương pháp quan trắc trực tiếp (trắc đạc) đối với mốc ngắm, quan trắc gián tiếp (đo tự động) đối với quả lắc, thiết bị đo nghiêng, thiết bị đo khe hở v.v... và phải đáp ứng các yêu cầu sau:

- 1) Đối với công trình cấp II, cấp III và cấp IV sử dụng hệ thống mốc trắc đạc đặt trên mặt công trình, trong trường hợp này các mốc được đặt đối xứng qua khe nối (xem Hình 6);
- 2) Đối với công trình cấp I và cấp đặc biệt sử dụng các thiết bị đo tự động đặt vào giữa tất cả các khe nối của công trình. Tại khe nối giữa các hạng mục công trình (tiếp giáp giữa đập, tràn, cống, v.v...) phải bố trí riêng 1 tuyến quan trắc;
- 3) Số lượng điểm đo trên 1 tuyến phụ thuộc vào chiều cao, chiều rộng và kết cấu công trình, theo chiều dọc (chiều cao) khe nối cứ cách nhau từ 10 m đến 15 m bố trí một điểm đo. Trong mọi trường hợp một khe nối, một khe nứt hoặc một khe lún phải có tối thiểu 2 điểm đo tại đỉnh và chân.
- 4) Thiết bị đo tự động phải đáp ứng yêu cầu theo quy định tại điều 5.2.2 và nên sử dụng loại thiết bị đo 1 chiều theo tim (trục) công trình.

#### **6.2.5 Mốc cơ sở phục vụ quan trắc chuyển vị**

Mốc cơ sở (mốc cố định, mốc chuẩn) là các mốc được đặt bên ngoài phạm vi xây dựng công trình tại các vị trí phù hợp với phương pháp trắc đạc, cho phép thông hướng và đo được tất cả các mốc quan trắc chuyển vị đứng và ngang của công trình (xem Hình 5), đồng thời thỏa mãn các yêu cầu sau:

- 1) Mốc cơ sở sử dụng mốc mặt và được đặt tại các vị trí có địa chất nền ổn định, không bị ảnh hưởng của công tác thi công cũng như vận hành công trình, mốc phải có kết cấu bền và ổn định (xem

Phụ lục B);

2) Các mốc cơ sở nên bố trí ở cao trình cao hơn so với các mốc quan trắc chuyển vị, không bị ngập nước, không bị che khuất;

3) Mốc cơ sở phải được bố trí ở hai bên vai công trình, số lượng mốc ở mỗi vai tối thiểu là 3 mốc: 1 mốc ở thượng lưu, 1 mốc ở gần tim, 1 mốc ở hạ lưu và cách nhau không quá 200 m. Trường hợp hai vai công trình ở xa quá 500 m hoặc không thông hướng thì phải bố trí bổ sung thêm mốc cơ sở ở hạ lưu giữa hai vai công trình. Các mốc cơ sở nằm ở phía thượng và hạ lưu phải cao hơn mực nước lớn nhất thiết kế tương ứng tối thiểu 1 m;

4) Cao tọa độ mốc cơ sở phải được xác định theo quy định tại điều 6.2.2 và 6.2.3 để đảm bảo đáp ứng được sai số theo quy định.

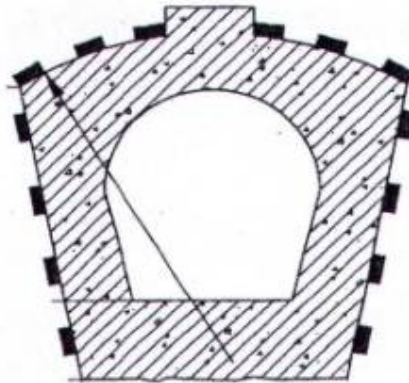
### **6.3 Quan trắc biến dạng, áp lực đất, đá lên kết cấu bê tông và bê tông cốt thép nằm trong công trình đất, đá**

6.3.1 Quan trắc biến dạng, áp lực đất đá lên kết cấu bê tông và bê tông cốt thép nằm trong công trình đất, đá thực hiện đối với công trình cấp I và cấp đặc biệt, đối với công trình cấp II, cấp III và cấp IV chỉ thực hiện khi có chế độ quan trắc đặc biệt.

6.3.2 Để quan trắc biến dạng cần bố trí mạng lưới và các thiết bị như quan trắc chuyển vị theo quy định tại các điều 6.2.2 và 6.2.3. Trường hợp công lấy nước bằng bê tông, bê tông cốt thép đặt trong thân đập thì ngoài việc quan trắc biến dạng, phải bố trí thêm thiết bị để quan trắc độ mở rộng và thu hẹp của khớp nối theo quy định tại điều 6.2.4.

6.3.3 Quan trắc áp lực đất, đá lên công trình chỉ thực hiện khi chiều cao cột đất, đá tác dụng lên công trình lớn hơn 25 m. Để thực hiện quan trắc cần bố trí áp lực kế theo các tuyến như các tuyến quan trắc lún mặt quy định tại điều 6.2.2.1. Số lượng áp lực kế bố trí trong một tuyến ít nhất là 5 để có thể xây dựng được biểu đồ đẳng áp lực tác dụng lên công trình (xem Hình 9).

6.3.4 Thiết bị quan trắc là các áp lực kế đo tự động được đặt sẵn ngay trên bề mặt bê tông trước khi đắp đất, đá và phải đáp ứng theo yêu cầu quy định tại điều 5.2.2.



**Hình 9 - Sơ đồ bố trí các áp lực kế để đo áp lực đất, đá lên bề mặt kết cấu bê tông**

### **6.4 Quan trắc ứng suất**

#### **6.4.1 Quy định chung**

6.4.1.1 Quan trắc ứng suất được thực hiện đối với công trình cấp I và cấp đặc biệt; đối với công trình cấp II, cấp III và cấp IV chỉ thực hiện khi có chế độ quan trắc đặc biệt. Nội dung quan trắc bao gồm: Quan trắc trạng thái ứng suất và ứng suất nhiệt.

6.4.1.2 Đối với công trình đất, đá thực hiện quan trắc trạng thái ứng suất trong công trình.

6.4.1.3 Đối với công trình bê tông, bê tông cốt thép thực hiện quan trắc trạng thái ứng suất và ứng suất nhiệt trong công trình; quan trắc trạng thái ứng suất nền đối với công trình đặt trên nền đất, với công trình đặt trên nền đá chỉ thực hiện khi có chế độ quan trắc đặc biệt.

#### **6.4.2 Quan trắc ứng suất trong công trình**

6.4.2.1 Quan trắc trạng thái ứng suất trong công trình đất, đá (đập đất, đất đá hỗn hợp, đá đồ)

1) Bố trí các tuyến quan trắc ứng suất như tuyến quan trắc lún mặt quy định tại điều 6.2.2.1, số lượng tuyến và thiết bị đo như quan trắc áp lực kế rộng quy định tại điều 6.1.7.

2) Thiết bị để quan trắc ứng suất là các loại cảm biến được lắp bên trong công trình, mỗi thiết bị đo được một hướng của ứng suất và phải đáp ứng theo yêu cầu quy định tại điều 5.2.2. Có hai loại thiết bị quan trắc ứng suất:

- Loại đo trực tiếp: Số đọc của thiết bị là giá trị áp lực. Cấu tạo của thiết bị là những tấm đo áp lực

(pressure cell) có dạng hộp mỏng chứa chất lỏng bên trong, giá trị áp lực đo được là áp lực của chất lỏng. Thiết bị chỉ dùng để đo áp lực nén trong môi trường liên tục. Tùy theo loại vật liệu của kết cấu công trình là loại thiết bị sử dụng là khác nhau. Trường hợp sử dụng loại cảm biến đo biến dạng để xác định ứng suất, cần có những thí nghiệm xác định giá trị modul đàn hồi của bê tông ở những tuổi khác nhau;

- Loại đo gián tiếp: số đọc của thiết bị là giá trị biến dạng của kết cấu cần đo, thiết bị là khác nhau đối với vật liệu của kết cấu cần đo là khác nhau. Thiết bị có dạng thanh và có cùng biến dạng với vật liệu kết cấu đo. Giá trị ứng suất ( $\sigma$ ) được chuyển đổi theo công thức (3) của định luật Hooke.

$$\sigma = \varepsilon \times E \quad (3)$$

Trong đó:

$\varepsilon$  là giá trị biến dạng đo được;

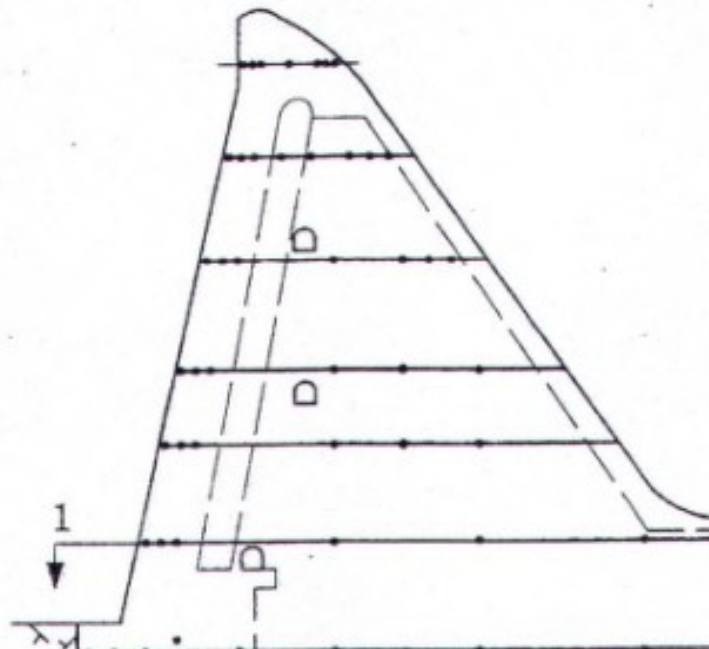
$E$  là giá trị mô đun đàn hồi của vật liệu kết cấu cần đo, tính bằng N/mm<sup>2</sup>.

#### 6.4.2.2 Quan trắc trạng thái ứng suất trong công trình bê tông, bê tông cốt thép

1) Để quan trắc trạng thái ứng suất thường thực hiện bằng hai phương pháp: quan trắc trực tiếp; hoặc gián tiếp thông qua biến dạng, sau đó tính chuyển thành ứng suất theo lý thuyết đàn hồi. Nguyên tắc bố trí hệ thống thiết bị quan trắc phải căn cứ vào biểu đồ ứng suất tính toán, ưu tiên bố trí dày hơn ở mặt cắt có biểu đồ ứng suất hai đầu. Việc bố trí tuyến và số lượng thiết bị trong một tuyến như quy định tại điều 6.4.3. Thiết bị quan trắc gián tiếp qua biến dạng là thiết bị kiểu dây căng; thiết bị quan trắc trực tiếp là các áp kế.

2) Đối với đập vòm, ứng suất do tải trọng ngoài gây ra thường khá lớn vì vậy việc bố trí thiết bị để quan trắc ứng suất là rất quan trọng. Tại mỗi điểm quan trắc đều phải bố trí theo phương đứng và ngang. Số lượng tuyến quan trắc phụ thuộc vào chiều cao đập và chế độ quan trắc đặc biệt (nếu có). Theo chiều cao đập cứ khoảng 10 m bố trí một mặt cắt ngang, trên mặt cắt ngang bố trí từ 5 điểm đến 7 điểm quan trắc, vị trí cụ thể đặt thiết bị phải dựa vào kết quả tính toán trạng thái ứng suất và biến dạng của đập.

3) Trong công trình bê tông ngoài quan trắc trạng thái ứng suất còn có quan trắc nhiệt độ. Nên bố trí các thiết bị để quan trắc trạng thái ứng suất và quan trắc nhiệt trong cùng một tuyến và tích hợp trên cùng 1 cảm biến để tiết kiệm dây dẫn ra từ điểm quan trắc (xem Hình 10).



**Hình 10 - Sơ đồ bố trí các tuyến quan trắc nhiệt và ứng suất đập bê tông trọng lực trên nền đá**

#### 6.4.3 Quan trắc ứng suất nền công trình bê tông, bê tông cốt thép trên nền đất

6.4.3.1 Số lượng tuyến quan trắc không được nhỏ hơn 3: Một tuyến ở vị trí lòng sông, hai tuyến còn lại đặt hai bên thềm. Khoảng cách giữa các tuyến quan trắc không nên lớn hơn 30 m.

6.4.3.2 Thiết bị để quan trắc là các áp lực kế đặt cách mặt dưới bản đáy bê tông từ 10 cm đến 15 cm. Số lượng áp lực kế trong mỗi tuyến phụ thuộc vào kích thước mặt cắt ngang công trình nhưng tối thiểu là từ 4 đến 5, hai biên bản đáy được bố trí dày hơn ở giữa. Trường hợp nền phức tạp cần phải tăng số lượng áp lực kế để đáp ứng yêu cầu quan trắc.

#### 6.4.4 Phương pháp và bố trí thiết bị quan trắc

##### 6.4.4.1 Quan trắc trạng thái ứng suất trong công trình

1) Để quan trắc có thể áp dụng một trong hai phương pháp: Quan trắc trực tiếp trị số ứng suất hoặc quan trắc gián tiếp qua trị số biến dạng sau đó tính toán ra ứng suất;

2) Thiết bị quan trắc phải được đặt sẵn vào trong khối bê tông ngay từ khi thi công và phải đáp ứng theo quy định tại điều 5.2.2 và các yêu cầu sau:

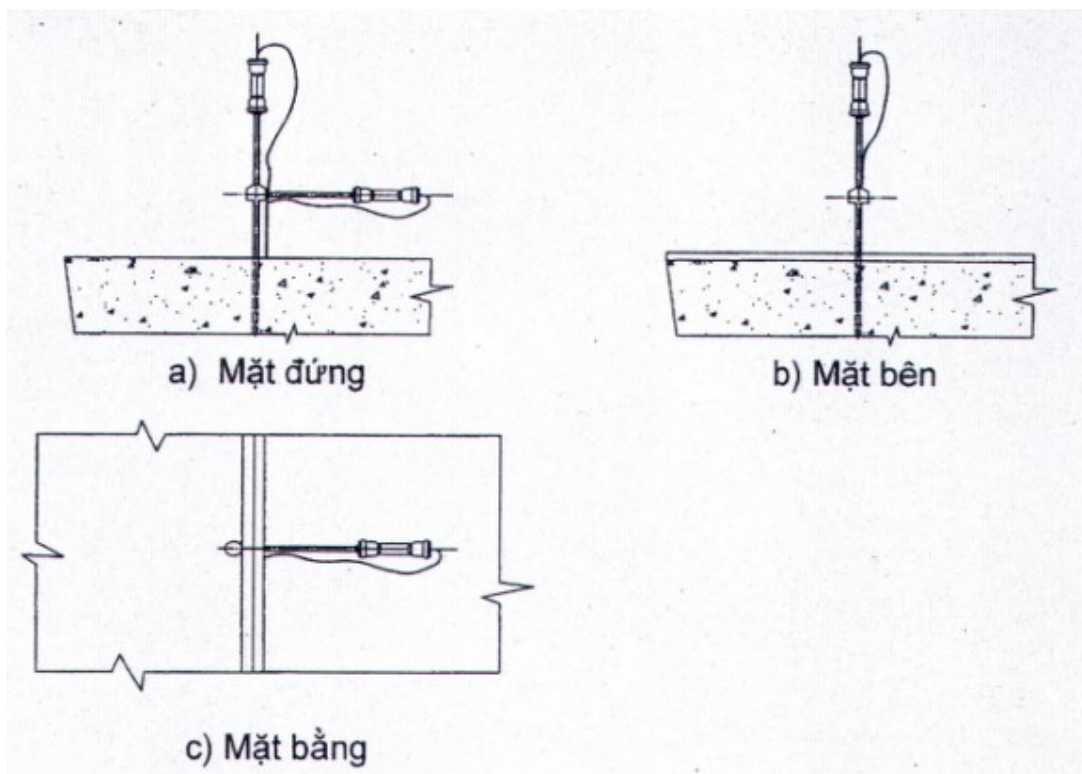
- Trường hợp sử dụng loại cảm biến đo biến dạng để xác định ứng suất theo công thức (3) cần tiến hành thí nghiệm xác định giá trị modul đàn hồi của bê tông ở những tuổi khác nhau.

- Vữa xi măng dùng để lắp thiết bị phải có mác tương đương với khối bê tông công trình cần đo ứng suất.

- Khi sử dụng thiết bị quan trắc tự động (đo từ xa) cần chú ý kết hợp với hệ thống thiết bị quan trắc nhiệt để tiết kiệm dây dẫn ra từ điểm quan trắc;

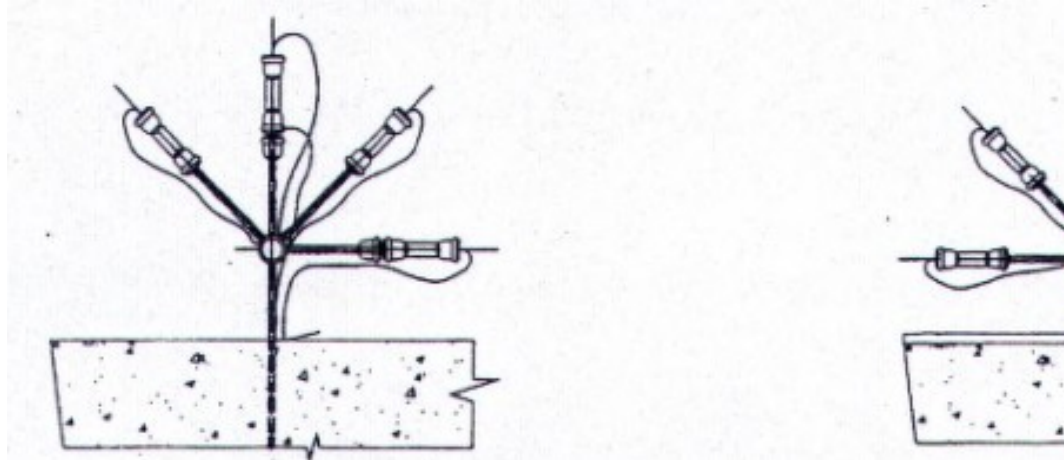
3) Số lượng thiết bị quan trắc phụ thuộc vào quy mô, hình dạng công trình và tính phức tạp của nền, cụ thể như sau:

- Để quan trắc ứng suất tại một điểm theo bài toán một hoặc hai chiều của môi trường đẳng hướng và liên tục thì tại một điểm quan trắc chỉ cần bố trí từ một đến hai thiết bị đo là đủ (xem Hình 11).

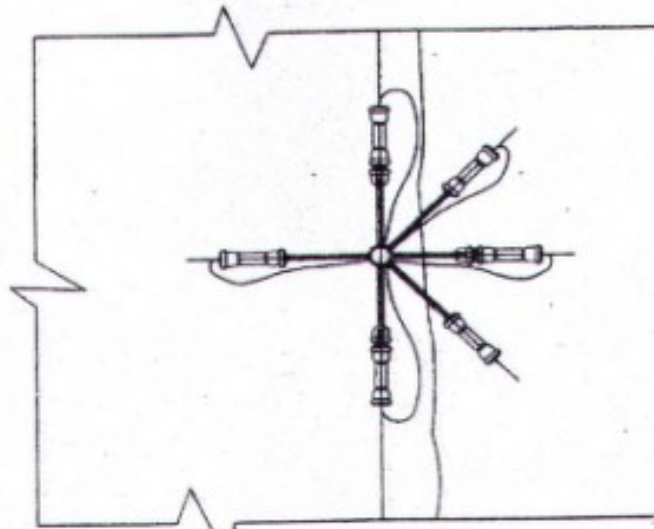


Hình 11 - Sơ đồ bố trí cụm hai thiết bị đo

- Trong trường hợp tổng quát để nghiên cứu trạng thái ứng suất của bài toán không gian, phải bố trí một cụm gồm chín thiết bị đo (xem Hình 12).

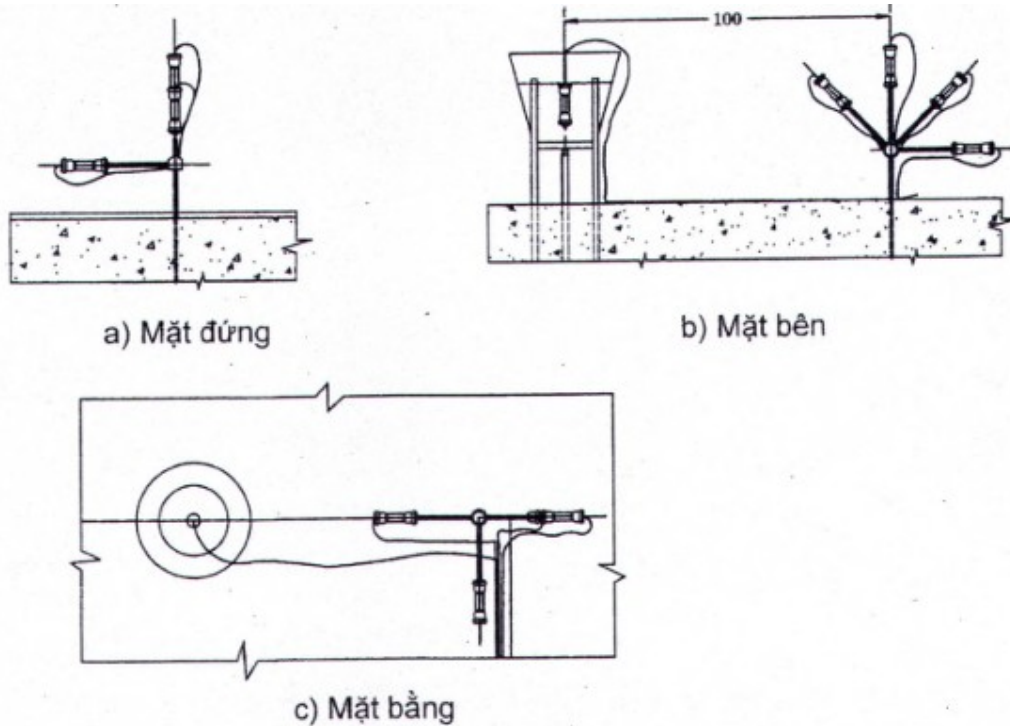






**Hình 12 - Sơ đồ bố trí cụm chín thiết bị đo**

- Khi nghiên cứu bài toán biến dạng phẳng thì bố trí bốn thiết bị đo. Trường hợp bài toán ứng suất phẳng bố trí năm thiết bị đo (Xem Hình 13).



**Hình 13 - Sơ đồ bố trí cụm năm thiết bị đo**

- Trong trường hợp ứng suất hai hướng vuông góc với nhau thì chỉ cần bố trí hai thiết bị đo cho một điểm quan trắc.

- Trong mọi trường hợp số lượng thiết bị quan trắc ứng suất phải theo yêu cầu của thiết kế trên cơ sở bài toán nghiên cứu (tính toán) ứng suất.

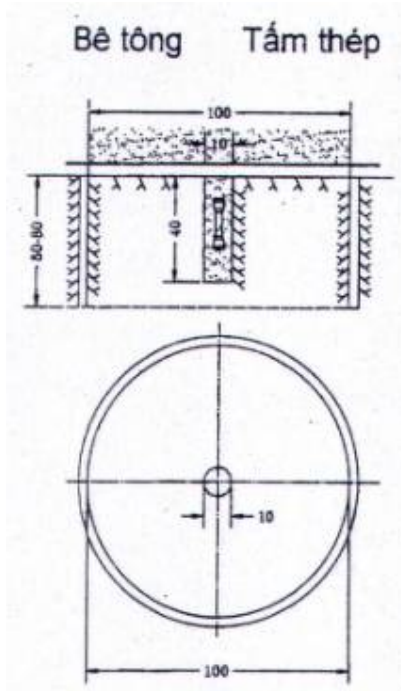
4) Đối với kết cấu bê tông và bê tông cốt thép, để quan trắc phải bố trí tại những vị trí công trình đã được tính toán theo lý thuyết hoặc thông qua thí nghiệm trên mô hình nhằm so sánh giữa trị số thực tế với trị số tính toán. Để nghiên cứu ứng suất cục bộ tại những nơi như mép lỗ cống, các góc cửa vào của cống thì phải đặt các thiết bị đo tại đó ít nhất từ 2 điểm đến 3 điểm quan trắc.

#### 6.4.4.2 Quan trắc trạng thái ứng suất nền công trình

1) Để nghiên cứu ứng suất của nền công trình, thiết bị đo tự động phải đặt trong các hố khoan đã được khoan trước vào nền trước khi đổ bê tông bản đáy và phải đáp ứng theo yêu cầu quy định tại điều 5.2.2.

2) Trong nền công trình, các thiết bị đo phải đặt thẳng đứng. Để loại trừ ứng suất bản thân của nền ra

khỏi các chỉ số quan trắc, phải bố trí thiết bị đo trong các ống hình trụ không chịu ứng suất trước. Do việc xác định ứng suất trong nền công trình rất khó khăn và phức tạp, nên chỉ bố trí các thiết bị đo tại những điểm mà ở đó xuất hiện ứng suất lớn nhất (xem Hình 14).



Hình 14 - Sơ đồ bố trí thiết bị đo ứng suất trong nền công trình

## 6.5 Quan trắc nhiệt độ

### 6.5.1 Yêu cầu chung

Do sự thay đổi nhiệt độ trong công trình bê tông (đặc biệt là bê tông khối lớn) làm xuất hiện các khe nứt nhiệt, gây nguy hiểm cho sự làm việc của công trình nên cần quan trắc chế độ nhiệt trong thân và nền công trình cấp I và cấp đặc biệt; đối với công trình cấp II, cấp III và cấp IV chỉ thực hiện khi có chế độ quan trắc đặc biệt, ở những cấu kiện bê tông có chiều dày nhỏ hơn 5 m do nhiệt độ giảm tương đối nhanh nên không cần phải bố trí quan trắc nhiệt độ, trừ trường hợp có yêu cầu nghiên cứu đặc biệt của thiết kế.

### 6.5.2 Quan trắc nhiệt độ trong thân công trình

6.5.2.1 Bố trí tuyến quan trắc và số lượng nhiệt kế trong một tuyến phụ thuộc vào kích thước, quy mô, cấp công trình và nhiệm vụ đề ra cho công tác quan trắc. Trong mọi trường hợp phải có tối thiểu 5 nhiệt kế trên 1 tuyến quan trắc.

6.5.2.2 Bố trí nhiệt kế cần phải thông qua tính toán. Nguyên tắc cơ bản là phải đủ điểm để vẽ được biểu đồ đẳng nhiệt độ làm cơ sở so sánh với tính toán lý thuyết. Nên bố trí nhiệt kế ở hai biên và hạ lưu với số lượng dày hơn, càng vào tâm công trình càng ít đi. Nếu bê tông có dùng chất phụ gia thì cần bố trí nhiệt kế ở tâm để kiểm tra ảnh hưởng của nó đến chế độ nhiệt của bê tông.

6.5.2.3 Tại mỗi đơn nguyên đo của công trình bê tông, bê tông cốt thép bố trí một tuyến quan trắc nhiệt. Theo chiều cao công trình cứ cách nhau khoảng từ 10 m đến 15 m bố trí một mặt cắt ngang (tiết diện đo) quan trắc, số lượng nhiệt kế bố trí trong một mặt cắt ngang phải đủ để vẽ được biểu đồ đẳng nhiệt của công trình, thường bố trí từ 5 nhiệt kế đến 10 nhiệt kế trong một mặt cắt ngang (xem Hình 10) và nên bố trí ở phần sát biên dày hơn ở phần tâm công trình.

6.5.2.4 Đối với đập vòm thì tối thiểu mỗi khoang đập phải có một tuyến quan trắc nhiệt độ. Theo chiều cao của đập cứ 10 m có một mặt cắt ngang quan trắc, trên đó bố trí từ 5 điểm đến 10 điểm tùy theo mặt cắt ngang của đập, điểm đầu và cuối phải cách biên ngoài cửa đập từ 0,4 m đến 0,6 m.

6.5.2.5 Đối với công trình đất, đá (đập đất, đất đá hỗn hợp, đá đổ), trong các trường hợp cần quan trắc đặc biệt theo yêu cầu của thiết kế để xác định hướng đi và tốc độ của dòng thấm có thể thực hiện quan trắc nhiệt độ của nước thấm. Bố trí nhiệt kế để đo nhiệt độ của dòng thấm về nguyên tắc cũng giống như nhiệt kế đo nhiệt độ của công trình bê tông. Để đơn giản, nên bố trí trùng với tuyến quan trắc đường bão hòa.

### 6.5.3 Bố trí quan trắc nhiệt độ nền công trình

6.5.3.1 Công trình bê tông, bê tông cốt thép đặt trên nền đá cấp I và cấp đặc biệt, ngoài quan trắc nhiệt độ trong thân công trình còn phải thực hiện quan trắc nhiệt độ của nền và mặt tiếp xúc của công trình với nền. Tuyến quan trắc nhiệt độ nền nên trùng với tuyến quan trắc nhiệt độ thân công trình với

chiều sâu nền đá cần quan trắc quy định tối đa bằng  $0,5 H_d$  ( $H_d$  là chiều cao đập). Từ mặt nền tiếp xúc với công trình, theo chiều sâu cứ cách nhau khoảng từ 10 m đến 15 m bố trí một mặt cắt ngang (tiết diện đo) quan trắc. Số lượng điểm quan trắc trong nền phải đủ để phân tích được trường nhiệt độ của nền đập và không ít hơn 5 điểm trên một tuyến.

6.5.3.2 Đối với đập vòm, để quan trắc nhiệt độ của nền, cần bố trí các nhiệt kế điện trở đo từ xa đặt sẵn trong các lỗ khoan dưới nền đập ở độ sâu từ 5 m đến 6 m. Hệ thống lỗ khoan có thể bố trí thành tuyến ngang, dọc theo nền đập hoặc theo lưới ô vuông sao cho việc quan trắc thuận lợi. Số lượng điểm quan trắc bố trí trong nền phải đủ để phân tích được trường nhiệt độ, hướng thấm của nền đập và không ít hơn 5 điểm trên một tuyến quan trắc.

#### **6.5.4 Thiết bị quan trắc nhiệt độ**

6.5.4.1 Để quan trắc nhiệt độ cần đặt các nhiệt kế đo từ xa (đo tự động). Thiết bị quan trắc nhiệt độ tự động phải đáp ứng theo yêu cầu quy định tại điều 5.2.2 và thường sử dụng là loại nhiệt kế điện trở, hoặc các cảm biến đo theo nguyên lý điện trở, dây rung hay quang học với sai số nhỏ hơn hoặc bằng  $1^\circ\text{C}$ . Hệ thống nhiệt kế đặt sẵn vào trong khối bê tông ngay từ khi thi công (đối với quan trắc nhiệt độ thân công trình) và đặt trong hố khoan (đối với quan trắc nhiệt độ nền công trình). Hệ thống dây dẫn được nối từ nhiệt kế đến điểm thu tập trung.

6.5.4.2 Khi sử dụng thiết bị đo nhiệt độ tự động (hoặc đo từ xa) cần chú ý kết hợp với hệ thống thiết bị đo ứng suất để tiết kiệm dây dẫn ra từ điểm quan trắc.

#### **6.6 Quan trắc ứng lực trong cốt thép (áp lực kéo cốt thép)**

6.6.1 Công trình bê tông cốt thép cần quan trắc ứng lực của cốt thép chịu lực. Để quan trắc ứng lực trong cốt thép sử dụng các lực kế bố trí thành từng tuyến theo phương chịu lực, một công trình không được bố trí ít hơn 3 tuyến bao gồm:

- Một tuyến ở tâm đáy móng;
- Hai tuyến còn lại đặt ở hai biên của tâm đáy;
- Số lượng lực kế trong một tuyến phụ thuộc vào hình dạng và kích thước kết cấu nhưng không được ít hơn 3.

6.6.2 Vị trí đặt lực kế cần căn cứ vào biểu đồ mô men tính toán và nên đặt tại vị trí có ứng lực lớn nhất. Không bố trí lực kế đơn chiếc, mà bố trí thành cụm từ 2 chiếc đến 3 chiếc trở lên. Có thể bố trí trên từng thanh cốt thép hoặc cách một đến hai thanh.

6.6.3 Tại các khu vực như: trụ pin (vùng gối đỡ cửa vạt), tai van cửa cung, tại mỗi vị trí phải bố trí thiết bị quan trắc ứng lực trong cốt thép theo tuyến đo hoặc điểm đo và đặt tại vùng cốt thép chịu kéo lớn nhất. Trường hợp công trình có thiết kế thép néo vào nền thì phải bố trí lực kế để quan trắc ứng suất kéo của nó.

6.6.4 Nguyên lý làm việc của thiết bị quan trắc áp lực kéo cốt thép tương tự như thiết bị đo ứng suất. Quan trắc biến dạng của cốt thép sau đó xác định ứng lực theo lý thuyết đàn hồi. Thiết bị quan trắc bao gồm lực kế đo trực tiếp và lực kế kiểu dây rung đo gián tiếp.

6.6.5 Các lực kế đo trực tiếp (đo tự động) được hàn trực tiếp vào cốt thép chịu lực (không được hàn vào đoạn cốt thép cong) theo hai phương (dọc và ngang). Các lực kế dùng để đo tự động phải đáp ứng theo yêu cầu quy định tại điều 5.2.2 và chỉ được hàn lực kế đo tự động vào các cốt thép có đường kính lớn hơn 20 mm.

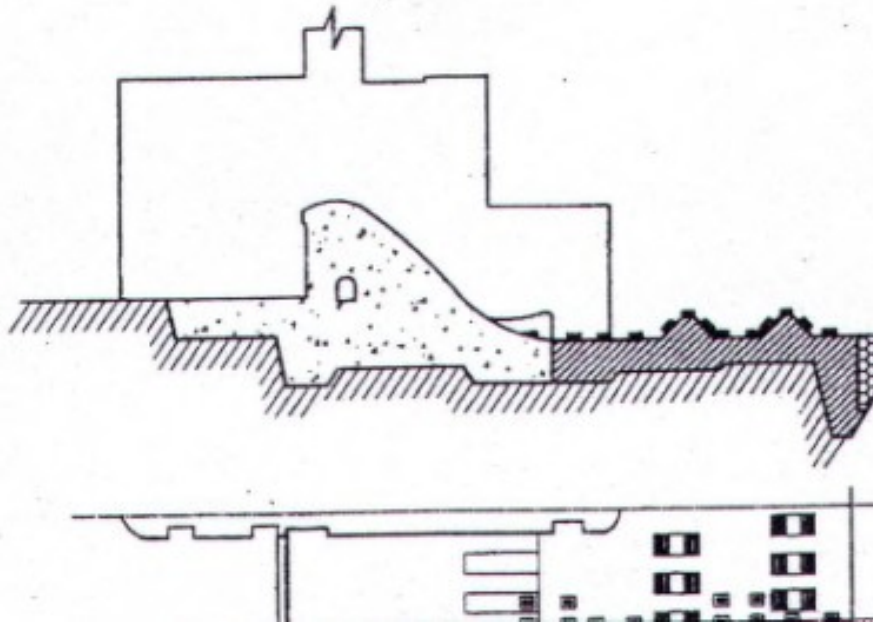
#### **6.7 Quan trắc áp lực nước, áp lực mạch động của dòng chảy**

6.7.1 Quan trắc áp lực nước, áp lực mạch động của dòng chảy thực hiện sau đập tràn, cửa ra cống lấy nước, mũi hắt của máng phun, thân dốc nước, bể (hồ) tiêu năng và sân sau nối tiếp với bể, v.v... bằng bê tông và bê tông cốt thép.

6.7.2 Thiết bị quan trắc được đặt thành những tuyến song song và vuông góc với trục dòng chảy. Tại một tuyến, số lượng thiết bị quan trắc bố trí không được ít hơn 3.

6.7.3 Thiết bị quan trắc có thể đặt trên mặt phẳng nằm ngang hoặc thẳng đứng của công trình. Vị trí đặt các điểm đo trong tuyến quan trắc cần nghiên cứu kỹ, nên đặt tại điểm có xung lực lớn nhất của dòng chảy.

6.7.4 Vị trí đặt thiết bị phải thông qua kết quả thí nghiệm mô hình (nếu có) để đặt thiết bị đo chính xác (xem Hình 15).



**Hình 15 - Sơ đồ bố trí thiết bị quan trắc áp lực mạch động của dòng chảy lên mặt công trình bê tông**

6.7.5 Để quan trắc áp lực nước, áp lực mạch động của dòng chảy sử dụng cảm biến là áp kế (kiểu dây rung), áp kế thủy lực, v.v... đặt ở vị trí cần đo và phải đáp ứng theo yêu cầu quy định tại điều 5.2.2.

6.7.6 Các thiết bị này có thể được lắp đặt ngay khi bắt đầu đổ bê tông hoặc khi hoàn thành đổ bê tông và phải có bộ phận đặt sẵn trong khối bê tông để đảm bảo liên kết chắc chắn giữa thiết bị đo với mặt bê tông.

6.7.7 Trường hợp phải đặt thiết bị đo trong thời gian thi công bê tông, cần thiết kế vỏ bọc bằng kim loại để bảo vệ thiết bị khỏi chịu va đập trong quá trình xây dựng. Trước khi đưa thiết bị đo vào vận hành phải tháo bỏ các vỏ bọc.

6.7.8 Thiết bị đo phải lắp đặt hoàn chỉnh trước khi công trình ngập nước hoặc trước khi xả lũ, vì vậy trong thời gian lắp đặt thiết bị cần phải đảm bảo bê tông chèn có đủ cường độ.

## **6.8 Quan trắc khí tượng thủy văn, thủy lực phạm vi công trình**

6.8.1 Quan trắc khí tượng thủy văn, thủy lực bao gồm đo mưa và đo mực nước.

6.8.2 Các yêu cầu đối với đo mưa

6.8.2.1 Lắp đặt trạm đo mưa thực hiện theo các yêu cầu sau đây:

- 1) Phải lắp đặt một trạm đo mưa ở công trình đầu mối để làm dày hơn các trạm hiện có trong lưu vực.
- 2) Vị trí lắp đặt trạm đo phải đảm bảo thuận tiện cho việc vận hành quan trắc; theo dõi, bảo vệ và bảo trì thiết bị.
- 3) Đối với trạm đo bằng thủ công thì tại mỗi điểm đo phải có tối thiểu hai thùng (ống) đo, trong đó một thùng làm việc và một thùng dự phòng. Thùng phải đặt nơi bằng phẳng, cách xa vật cản (nhà cửa, cây cối) từ ba đến bốn lần chiều cao của vật cản, miệng thùng phải cao hơn mặt đất tối thiểu 1,50 m.
- 4) Đối với trạm đo tự động thì điểm đo phải đặt ở vị trí thông thoáng không bị các vật cản che khuất làm ảnh hưởng đến kết quả đo. Bộ cảm biến đo lượng mưa được lắp đặt chắc chắn ở độ cao từ 1,5 m trở lên so với mặt đất hoặc mặt nền và miệng thùng hứng nước mưa phải nằm ngang.

Để tránh ảnh hưởng của sét lan truyền nên ưu tiên sử dụng nguồn điện từ pin năng lượng mặt trời với công suất phù hợp để hoạt động trong thời gian mưa bão, ngoài ra bố trí nguồn điện lưới để dự phòng.

5) Ngoài các nội dung quy định ở trên còn phải thuận theo TCVN 8304 và các tiêu chuẩn khác có liên quan.

6.8.2.2 Chế độ đo mưa thực hiện theo các yêu cầu sau đây:

- 1) Đối với đo thủ công: Hàng ngày đo mưa hai lần vào lúc 7 h và 19 h. Những ngày có mưa lớn phải đo với tần suất dày hơn, trong khoảng thời gian đo phải đảm bảo không để nước mưa đầy thùng thoát ra ngoài. Lượng mưa tích lũy trong ngày được tính bắt đầu từ 19 h ngày hôm trước đến 19 h

ngày hôm sau.

2) Đối với đo tự động: Tự động cập nhật số liệu về trung tâm điều hành tối thiểu 1 h /1 lần. Đặc biệt phải cập nhật số liệu ở thời điểm bắt đầu mưa, khi lượng mưa tăng thêm 5 mm so với lần cập nhật trước, cập nhật liên tục 15 min một lần khi đang có mưa và khi ngừng mưa sau 5 min. Lượng mưa tích lũy trong ngày được tính bắt đầu từ 19 h ngày hôm trước đến 19 h ngày hôm sau.

6.8.3 Các yêu cầu đối với đo mực nước thực hiện theo quy định tại điều 6.1.2.

## **6.9 Quan trắc độ mở cống, tràn (khi vận hành đóng mở)**

6.9.1 Đối với quan trắc thủ công

Bố trí các cột đo nước (thủy chí) hoặc sơn kẻ vạch lên kết cấu bê tông tại vị trí cửa cống và tràn. Quan trắc bằng trực quan hoặc đo bằng thước dây. Hình thức bố trí cột thủy chí thực hiện theo quy định tại điều 6.1.2.

6.9.2 Đối với quan trắc tự động

6.9.2.1 Thiết bị quan trắc tự động là các cảm biến đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật theo quy định tại điều 5.2.2.

6.9.2.2 Hình thức lắp đặt tuân thủ theo các nguyên tắc sau đây:

1) Với cửa van cung, cảm biến sử dụng loại áp lực thủy tĩnh để giảm sai số do rung lắc và hoạt động tốt trong môi trường ẩm ướt trong quá trình cửa vận hành. Cảm biến đo góc có thể được nghiên cứu áp dụng nhằm xác định góc vận hành của các loại cửa có trục xoay khi đủ điều kiện kết hợp với các thông số thiết kế của cửa van để tính toán ra độ mở.

2) Với cửa van dạng phẳng:

- Loại cửa vận hành bằng thủy lực hoặc tời kéo, sử dụng loại cảm biến đo dịch chuyển thẳng có dây kéo được bảo vệ trong cơ cấu pit tông - xi lanh làm bằng thép không rỉ.

- Loại cửa vận hành bằng máy đóng mở kiểu trục vít, sử dụng loại cảm biến đo dịch chuyển trục vít bằng bánh răng.

3) Với cửa van côn, sử dụng loại cảm biến đo dịch chuyển thẳng có dây kéo sử dụng loại có khả năng ngập nước hoặc phải có cơ cấu dẫn hướng lên vị trí không bị ngập.

6.9.2.3 Đối với trạm quan trắc, để tránh ảnh hưởng của sét lan truyền nên ưu tiên sử dụng nguồn điện từ pin năng lượng mặt trời với công suất phù hợp, ngoài ra bố trí nguồn điện dự phòng để hoạt động trong thời gian mưa bão, ngoài ra bố trí nguồn điện lưới để dự phòng. Có thể kết nối các cảm biến của nhiều cửa van vào một trạm quan trắc tự động nhưng các cảm biến này phải nằm cách trạm không quá 5 m.

## **6.10 Tiêu chí đánh giá công trình dựa trên số liệu quan trắc**

6.10.1 Thiết kế cần căn cứ vào các tính toán để đưa ra tiêu chí đánh giá công trình theo các nhóm: tiêu chí lũ, tiêu chí địa chất - địa chấn, tiêu chí thấm và tiêu chí kết cấu - ổn định.

6.10.2 Dựa vào số liệu quan trắc, đối chiếu với các tiêu chí để tiến hành đánh giá an toàn công trình theo TCVN 11699.

## **7. Yêu cầu về thành phần và nội dung thiết kế, thi công lắp đặt hệ thống quan trắc**

**7.1** Công tác thiết kế, thi công lắp đặt hệ thống quan trắc chỉ thực hiện trong bước thiết kế kỹ thuật và thiết kế bản vẽ thi công đối với công trình thiết kế 3 bước; hoặc bước thiết kế bản vẽ thi công đối với công trình thiết kế 2 bước; hoặc báo cáo kinh tế kỹ thuật đối với công trình thiết kế 1 bước. Đối với các bước thiết kế còn lại không tiến hành lập hồ sơ thiết kế thi công lắp đặt hệ thống quan trắc mà chỉ tiến hành xác định khối lượng thiết bị làm cơ sở lập tổng mức dự toán đầu tư công trình.

**7.2** Nội dung quan trắc trong thiết kế phải tuân thủ theo quy định tại điều 5.1.

**7.3** Thiết kế hệ thống quan trắc phải phù hợp với yêu cầu của từng giai đoạn thiết kế, thực hiện theo điều 5.3.

**7.4** Thành phần, số lượng, vị trí lắp đặt từng loại thiết bị quan trắc trong quá trình thiết kế phải tuân theo quy định tương ứng nêu tại điều 6.

**7.5** Thành phần và nội dung hồ sơ thiết kế thi công lắp đặt hệ thống quan trắc tham khảo theo Phụ lục D.

## **8. Yêu cầu về thiết bị, thi công lắp đặt và nghiệm thu**

### **8.1 Yêu cầu về thiết bị**

Thiết bị quan trắc sử dụng trong quá trình thiết kế phải đảm bảo đo được các thông số quan trắc và đáp ứng được theo quy định tại điều 5.2.2 và các yêu cầu sau:

1) Thiết bị phải có nguồn gốc xuất xứ rõ ràng kèm theo hồ sơ kỹ thuật (nếu có) gồm tài liệu kỹ thuật,

hướng dẫn lắp đặt, bảo dưỡng và vận hành của nhà sản xuất;

2) Yêu cầu cụ thể về kiểm định và hiệu chỉnh thiết bị như: Thiết bị trước khi đưa vào sử dụng phải được kiểm định / hiệu chuẩn ban đầu, định kỳ trong quá trình sử dụng và sau khi bảo dưỡng hoặc sửa chữa đưa trở lại hoạt động phải thực hiện kiểm tra / hiệu chuẩn;

3) Chủng loại và ký hiệu thiết bị tham khảo Phụ lục A để lựa chọn.

## **8.2 Yêu cầu chung về thi công lắp đặt**

Thi công lắp đặt thiết bị quan trắc phải được quy định cụ thể trong hồ sơ thiết kế và phải đáp ứng được các yêu cầu sau đây:

1) Trước khi thi công lắp đặt thiết bị quan trắc phải có yêu cầu chuẩn bị đầy đủ vật tư, thiết bị (đặc biệt là các thiết bị phải nhập khẩu) để đảm bảo thời gian lắp đặt đáp ứng được yêu cầu quan trắc trong giai đoạn thi công và vận hành;

2) Quá trình thi công lắp đặt phải theo đúng trình tự trong hồ sơ thiết kế, hướng dẫn của nhà sản xuất và bám sát tiến độ thi công chung của công trình. Yêu cầu nhà thầu thi công lập biện pháp và tiến độ thi công lắp đặt cụ thể cho từng hạng mục, cho từng loại thiết bị quan trắc lắp đặt trong quá trình thi công, lắp đặt sau khi hoàn thành xây lắp của từng hạng mục hay toàn bộ công trình và phải được phê duyệt trước khi thực hiện;

3) Đối với các công trình đã xây dựng (đã có) quá trình thiết kế thi công lắp đặt thiết bị quan trắc cần lưu ý các vấn đề sau:

- Cần căn cứ theo điều kiện cụ thể của công trình để thiết kế thời gian thi công lắp đặt thiết bị quan trắc cho phù hợp. Hạn chế thi công lắp đặt thiết bị quan trắc trong mùa mưa lũ hoặc khi công trình đang tích đầy nước đến mực nước dâng bình thường;

- Công tác phục vụ cho lắp đặt thiết bị quan trắc như đào hố, khoan tạo lỗ, kết cấu hố quan trắc trong thân và nền công trình, thiết kế cần có yêu cầu kỹ thuật cụ thể để thực hiện, đảm bảo an toàn cho công trình khi vận hành khai thác;

- Việc thi công lắp đặt mới thay thế các thiết bị quan trắc đã bị hư hỏng như đầu đo, cột thủy chí mực quan trắc phải được quy định cụ thể về thời gian, trình tự lắp đặt, loại thiết bị đảm bảo đồng bộ với hệ thống thiết bị quan trắc đã có của công trình;

- Việc thiết kế thi công lắp đặt để nâng cấp hoặc bổ sung thêm các thiết bị quan trắc mới tuân thủ theo các quy định tương ứng tại các điều 4.6, 6 và 8.3. Việc thi công lắp đặt các thiết bị quan trắc mới phải đảm bảo không ảnh hưởng đến các thiết bị quan trắc đã có trong hệ thống quan trắc của công trình;

4) Đối với các công trình xây dựng mới việc thi công lắp đặt thực hiện theo quy định tại điều 8.3.

## **8.3 Thi công lắp đặt và thời gian quan trắc**

### **8.3.1 Thi công lắp đặt**

8.3.1.1 Thi công lắp đặt thiết bị quan trắc phải thực hiện theo hồ sơ thiết kế được phê duyệt, mỗi loại quan trắc phải có thiết kế chi tiết về vị trí, kết cấu, kích thước, vật tư, vật liệu phục vụ thi công lắp đặt. Thiết kế chi tiết lắp đặt hệ thống dây dẫn, hộp đấu nối, các thiết bị thu nhận, xử lý phân tích tín hiệu cũng như chi tiết lắp đặt thiết bị cung cấp năng lượng và thiết bị bảo vệ hệ thống quan trắc;

8.3.1.2 Chi tiết lắp đặt của một số thiết bị quan trắc tham khảo Phụ lục B;

8.3.1.3 Sau khi lắp đặt xong thiết bị quan trắc (đối với công trình mới) và thay thế bổ sung (đối với công trình đã có), nhà thầu thi công phải lập báo cáo lắp đặt thiết bị, trong báo cáo phải có các thông tin tối thiểu như sau:

- 1) Tên công trình.
- 2) Đơn vị và tên người lắp đặt.
- 3) Thời gian bắt đầu và thời gian hoàn thành.
- 4) Thiết bị, vật tư, vật liệu chủ yếu phục vụ công tác thi công lắp đặt.
- 5) Cao độ, tọa độ vị trí lắp đặt thiết bị quan trắc, vị trí đặt đầu đo, dây cáp truyền tín hiệu, hộp đấu nối, trạm thu thập và phân tích số liệu thể hiện trên mặt bằng và mặt cắt.
- 6) Mô tả thiết bị (tên máy, hãng sản xuất, các thông số kỹ thuật, v.v...).
- 7) Biện pháp tổ chức thi công đã được phê duyệt.
- 8) Số đọc ban đầu của thiết bị đo.
- 9) Thời tiết khi thi công.
- 10) Các ghi chép và nhận xét trong khi lắp đặt.
- 11) Đánh giá, hiệu chỉnh thiết bị sau khi lắp đặt, trước khi đo chính thức.

### **8.3.2 Thời gian quan trắc**

#### **8.3.2.1 Thời kỳ quan trắc**

Tùy thuộc từng loại thiết bị quan trắc, thời gian thi công lắp đặt mà thời gian quan trắc cho từng loại cũng khác nhau và thường bao gồm các thời kỳ quan trắc chủ yếu như sau:

1) Quan trắc trong thời kỳ thi công xây dựng bao gồm các loại thiết bị quan trắc lắp đặt trong quá trình thi công công trình: quan trắc ứng suất, nhiệt độ, áp lực kéo cốt thép, áp lực thấm nền, áp lực kê rỗng, áp lực đất đá lên bộ phận bê tông trong thân công trình. Trong đó chỉ có quan trắc ứng suất, áp lực kéo cốt thép và áp lực thấm nền là tiếp tục quan trắc trong thời kỳ vận hành khai thác công trình, các quan trắc còn lại chỉ tiến hành quan trắc trong quá trình thi công xây dựng công trình. Trường hợp đặc biệt cần kéo dài thêm thời gian quan trắc phải được quy định cụ thể trong hồ sơ thiết kế.

2) Quan trắc trong thời kỳ vận hành khai thác công trình bao gồm các loại thiết bị quan trắc lắp đặt sau khi công trình đã thi công xong đến cao trình thiết kế bao gồm: quan trắc chuyển vị, mực nước thượng hạ lưu, đường bão hòa, lưu lượng thấm. Trường hợp đặc biệt cần lắp đặt ngay để quan trắc trong quá trình thi công thì phải được quy định cụ thể trong hồ sơ thiết kế.

#### **8.3.2.2 Lịch quan trắc**

##### **1) Quan trắc trong thời gian thi công xây dựng công trình**

Sau khi thi công lắp đặt xong, nhà thầu lắp đặt thiết bị thực hiện đo chu kỳ ban đầu (chu kỳ "0") đối với quan trắc chuyển vị và thực hiện quan trắc các thiết bị quan trắc còn lại theo lịch sau đây (trong suốt quá trình thi công đến khi bàn giao công trình):

##### **a) Đối với thiết bị đo thủ công:**

- Vào mùa khô: 24 h /1 lần đo vào 1 thời điểm cố định trong ngày;

- Vào mùa mưa: 12 h /1 lần đo vào 2 thời điểm cố định trong ngày, trong thời gian mưa lũ lớn cần đo liên tục 1 h /1 lần;

##### **b) Đối với thiết bị đo tự động được cấu hình để:**

- Cập nhật ngay khi có sự thay đổi, khoảng giá trị thay đổi do thiết kế quy định để phù hợp với từng loại thiết bị đo nhưng không vượt quá 10 % giá trị đo của thiết bị;

- Cập nhật liên tục tối thiểu 1 h /1 lần. Trường hợp các thiết bị đọc, ghi tự động không có hoặc có nhưng chưa kịp lắp đặt (hoặc bị trục trặc) phải tiến hành đo thủ công bằng các thiết bị đọc xách tay, thực hiện theo quy định trong hồ sơ thiết kế.

##### **2) Quan trắc trong thời kỳ vận hành khai thác công trình**

Sau khi nhận bàn giao công trình, đơn vị quản lý công trình thực hiện công tác quan trắc trong thời kỳ vận hành khai thác công trình, cụ thể như sau:

- Đối với quan trắc chuyển vị thực hiện đo các chu kỳ tiếp theo với thời gian theo quy định trong hồ sơ thiết kế hoặc theo quy trình vận hành của công trình;

- Đối với các nội dung còn lại lịch quan trắc thực, hiện như quy định quan trắc trong thời gian thi công xây dựng công trình.

CHÚ THÍCH: Chế độ đo mưa thực hiện theo điều 6.8.2.2.

### **8.4 Nghiệm thu lắp đặt và vận hành thử**

#### **8.4.1 Nghiệm thu thiết bị trước khi lắp đặt**

1) Thiết bị đúng chủng loại trong hồ sơ thiết kế;

2) Chứng chỉ xuất xứ, kiểm tra xuất xưởng và catalogue thiết bị;

3) Kiểm tra, xác định và lưu trữ giá trị ban đầu của thiết bị đo khi chưa có tác động của đối tượng đo, để làm cơ sở xác định vị trí đo;

4) Thử nghiệm, kiểm tra chế độ làm việc của từng cảm biến và đối chiếu với các thông số của thiết bị do nhà sản xuất cung cấp;

5) Lập biên bản nghiệm thu vật liệu, thiết bị trước khi đưa vào sử dụng.

#### **8.4.2 Nghiệm thu trong quá trình thi công lắp đặt:**

1) Vị trí và thời điểm lắp đặt;

2) Phương pháp lắp đặt;

3) Sự kết nối của hệ thống thiết bị;

4) Phương pháp bảo vệ thiết bị;

5) An toàn lao động, phòng chống cháy, nổ, vệ sinh môi trường.

### 8.4.3 Nghiệm thu sau khi lắp đặt và vận hành thử

- 1) Kiểm tra, nghiệm thu lắp đặt tĩnh thiết bị theo yêu cầu thiết kế và của nhà sản xuất:
  - Đối với thiết bị đo thủ công kiểm tra độ chính xác về vị trí so với yêu cầu của thiết kế;
  - Đối với các thiết bị đo tự động kiểm tra kết quả làm việc của từng cảm biến bằng đo thủ công qua các thiết bị đọc xách tay, để xác định khả năng làm việc của từng cảm biến cũng như của cả hệ thống.
- 2) Chạy thử đơn động và liên động để kiểm tra sự hoạt động đồng bộ của các thiết bị:
  - Lập biên bản nghiệm thu chạy thử đơn động, liên động;
  - Sau khi lắp đặt, thực hiện quan trắc liên tục trong khoảng 48 h với lịch quan trắc theo quy định tại mục 1 điều 8.3.2.2 để kiểm tra chế độ làm việc của từng cảm biến, các kết quả đo phải phản ánh được đúng điều kiện làm việc, vị trí của từng cảm biến, đối chiếu với số liệu kiểm tra nghiệm thu trước khi lắp đặt để khẳng định từng cảm biến làm việc bình thường.
- 3) Thiết bị lắp đặt xong cần kiểm tra, kiểm định để đảm bảo thiết bị đo được và đo đúng giá trị thực tế.

## 9. Phương pháp bảo vệ, bảo trì và thay thế thiết bị

### 9.1 Phương pháp bảo vệ

Tất cả các thiết bị quan trắc đều phải có biện pháp bảo vệ để tránh các tác động cơ lý hóa trực tiếp từ bên ngoài môi trường, cụ thể như sau:

- 1) Các mốc quan trắc đặt trực tiếp trên bề mặt công trình phải được che chắn, có nắp bảo vệ gắn bản lề kết hợp vận ren hoặc lắp khóa;
- 2) Các thiết bị điện tử như cảm biến, hộp đấu nối, bộ khuếch đại tín hiệu đặt trên bề mặt công trình phải có thiết bị chống sét và nên đặt trong tủ thép sơn tĩnh điện hoặc tủ composite có khóa;
- 3) Hệ thống cáp truyền tín hiệu (dây dẫn) phải được bọc cẩn thận (hoặc đặt trong ống nhựa) và đặt vào rãnh (máng). Các rãnh (máng) đặt dây dẫn phải bảo đảm khô ráo, tránh nước thấm dọc theo máng; máng bố trí phía thượng lưu (mặt chịu áp) phải đặt cách mực nước lớn nhất thiết kế từ 1 m đến 2 m nhằm tránh nước thấm vào rãnh (máng).

### 9.2 Phương pháp bảo trì và thay thế thiết bị

Sau khi hoàn thành việc lắp đặt, định kỳ 3 tháng /1 lần cần tiến hành kiểm tra, hiệu chỉnh và bảo trì các thiết bị quan trắc, cụ thể:

- 1) Đối với thiết bị đo thủ công tiến hành đo kiểm tra vị trí, cao độ, độ nghiêng với độ chính xác so với yêu cầu của thiết kế.
- 2) Hệ thống quan trắc tự động phải được duy tu, bảo dưỡng và hiệu chỉnh sai số theo hướng dẫn của nhà sản xuất, quy trình bảo trì được duyệt. Đối với các thiết bị đã lắp vào trong thân công trình việc bảo trì chủ yếu là kiểm tra lại đấu nối và cáp truyền tín hiệu.
- 3) Đơn vị quản lý công trình phải tổ chức đào tạo, tập huấn cho cán bộ thực hiện công việc quan trắc. Thông qua nhà sản xuất và cung cấp thiết bị, đơn vị thi công lắp đặt có trách nhiệm hướng dẫn và chuyển giao tất cả các nội dung có liên quan cho đơn vị quản lý.
- 4) Để thiết bị làm việc đảm bảo tuổi thọ theo quy định cần thực hiện các nội dung sau đây:
  - Nhà thầu tư vấn thiết kế cần quy định rõ điều kiện làm việc của thiết bị (tính chất của nước, hàm lượng bùn cát, v.v...), khi lựa chọn phương án và chủng loại thiết bị cần tính đến kinh phí cho công tác bảo trì hoặc thay thế (nếu cần);
  - Trong quá trình vận hành, chủ công trình cần quan tâm thích đáng đến việc bố trí kinh phí cho công tác bảo trì thiết bị.

## 10. Thiết bị tại nhà quản lý và trung tâm điều hành

### 10.1 Thiết bị tại nhà quản lý

10.1.1 Các thiết bị, dụng cụ hỗ trợ đo thủ công:

- 1) Cốc đong lượng mưa;
- 2) Thước đo nước thủ công để đo áp lực thấm nền và đường bão hòa;
- 3) Máy thủy bình, kinh vĩ và các thiết bị kèm theo để đo lún và chuyển dịch ngang;
- 4) Máy bơm để xử lý cặn lắng đọng trong các hố quan trắc thấm và đường bão hòa.
- 5) Sổ ghi chép kết quả đo.

10.1.2 Các thiết bị, dụng cụ hỗ trợ hệ thống đo tự động:



1) Bảng hiển thị thông tin: Hiện thị các số liệu quan trắc như mực nước hồ, độ mở cửa tràn / cửa cống, lượng mưa, áp lực thấm nền và đường bão hòa và các số liệu cần thiết khác.

2) Dụng cụ vệ sinh, kiểm tra thiết bị đo mưa, đo mực nước.

## **10.2 Thiết bị tại trung tâm điều hành**

Tại trung tâm điều hành được trang bị các thiết bị, công cụ sau:

1) Phần mềm dự báo lũ và hỗ trợ điều hành hồ chứa theo thời gian thực;

2) Máy tính hiển thị và báo cáo kết quả quan trắc tự động, vận hành và hiển thị kết quả của phần mềm dự báo lũ và hỗ trợ điều hành hồ chứa theo thời gian thực.

## **11. Sử dụng kết quả quan trắc**

### **11.1 Trong quá trình thi công**

Nhà thầu thi công lắp đặt thiết bị phải ghi chép đầy đủ, chính xác số liệu và đối chiếu với quy định của thiết kế, định kỳ lập bản báo cáo chủ đầu tư để quản lý thi công lắp đặt và yêu cầu thay thế thiết bị, điều chỉnh hồ sơ thiết kế (nếu cần thiết).

### **11.2 Trong quá trình vận hành**

Tư vấn thiết kế phải thiết lập các giá trị giới hạn, trị số cho phép hoặc chuẩn an toàn và bàn giao cho đơn vị quản lý. Số liệu quan trắc phải được đơn vị quản lý tập hợp và đối chiếu với quy định cho phép của thiết kế.

### **11.3 Xử lý số liệu quan trắc bất thường**

Trong quá trình cập nhật số liệu quan trắc, nếu phát hiện có số liệu bất thường vượt quá phạm vi cho phép của thiết kế phải tiến hành cập nhật với tần suất dày hơn để kiểm chứng sự ổn định của thiết bị đồng thời báo cáo cấp có thẩm quyền để có phương án xử lý kịp thời (hiệu chỉnh, chỉnh sửa hoặc thay thế thiết bị).

### **11.4 Ghi chép và báo cáo kết quả quan trắc**

**11.4.1** Ghi chép và báo cáo kết quả quan trắc thực hiện theo các quy định từ điều 11.4.2 đến 11.4.4, việc lưu trữ thực hiện theo quy định tại điều 4.3.

**11.4.2** Ghi chép khi quan trắc phải bao gồm các thông tin tối thiểu sau: (chi tiết tham khảo Phụ lục C).

1) Bản đồ hoặc mặt cắt chỉ rõ vị trí các thiết bị;

2) Mô tả loại thiết bị, kể cả máy đọc, các định chuẩn hoặc thủ tục kiểm tra thiết bị định kỳ;

3) Hiện trạng thiết bị;

4) Các biểu ghi chép số liệu thô;

5) Phương pháp lựa chọn và loại số liệu;

6) Các bảng tính;

7) Kết quả phân tích số liệu;

8) Thời tiết: Nếu là ngày mưa lớn thì ghi rõ thời gian bắt đầu, kết thúc và lượng mưa tại công trình.

**11.4.3** Báo cáo thường kỳ: Nên lập mỗi năm thủy văn 1 lần và gồm các thông tin sau:

1) Các ghi chép của các lần đo trong năm;

2) Bản đồ hoặc mặt cắt ghi rõ vị trí các điểm đo, các mốc (hố) quan trắc cùng mô tả hiện trạng các vị trí đó;

3) Đồ thị biểu diễn cao độ mực nước theo thời gian, bao gồm cả thông tin về thời tiết trong khoảng thời gian đó;

4) Phân tích đánh giá sự thay đổi, dao động của mực nước giữa các thời kỳ trong năm và giữa các năm, phân tích nguyên nhân và liên hệ với kết quả quan trắc mực nước thượng, hạ lưu công trình cùng các kết quả và thông số quan trắc khác (nếu có);

5) Dự báo xu thế và sự thay đổi của mực nước trong năm thủy văn tới. Đề xuất về lịch quan trắc trong thời gian tới và các biện pháp bảo dưỡng sửa chữa hệ thống quan trắc.

**11.4.4** Báo cáo sự cố: Được lập khi kết quả quan trắc cho thấy có những dấu hiệu thay đổi bất thường về mực nước, về các kết quả quan trắc ở một hay nhiều điểm, mốc (hố) quan trắc mà nguyên nhân có thể liên quan đến ổn định công trình hoặc khả năng làm việc không bình thường của hệ thống quan trắc và hệ thống tiêu nước v.v. Các báo cáo này phải ngắn gọn, chính xác và phải được trình ngay cấp có thẩm quyền để giải quyết.

## Phụ lục A

(Tham khảo)

### Danh mục và ký hiệu các thiết bị quan trắc thông dụng

#### A.1 Danh mục các thiết bị đo thông dụng

Danh mục các thiết bị đo thông dụng xem bảng A.1

**Bảng A.1 - Danh mục các thiết bị đo thông dụng**

TT	Nội dung quan trắc	Thiết bị đo	Chú thích
1	Quan trắc lún mặt	1. Mốc quan trắc lún mặt bằng bê tông cốt thép (mốc mặt). 2. Mốc mặt bằng thép (Settlement gauge).	- Bảng bê tông hay thép đặt trực tiếp lên bề mặt đập, được quan trắc bằng phương pháp trắc đạc. - Bảng thép đặt lên mặt lớp đất cần đo lún; Được quan trắc tự động.
2	Quan trắc lún sâu	1. Mốc quan trắc lún sâu bằng bê tông cốt thép (Mốc sâu). 2. Mốc sâu bằng thép kiểu khí nén (Preumatic settlement cell). 3. Mốc sâu bằng thép kiểu từ tính (Magnetic extensometer). 4. Mốc là cảm biến điện tử (settlement cell)	- Bảng bê tông kết hợp thép đặt trực tiếp lên lớp đất cần quan trắc, được quan trắc bằng trắc đạc. - Bảng thép, cùng một lúc quan trắc được độ lún của nhiều lớp đất khác nhau. Nguyên lý quan trắc tự động bằng khí nén. - Cấu tạo giống trên nhưng quan trắc tự động bằng nguyên lý từ tính và một lúc quan trắc được nhiều lớp đất khác nhau. Mốc được bố trí xung quanh một ống dẫn theo độ sâu. - Mỗi mốc cho một giá trị độ lún.
3	Quan trắc chuyển vị ngang	1. Mốc ngắm quan trắc chuyển vị ngang bằng phương pháp trắc đạc. 2. Hàm dọc quan trắc chuyển vị ngang bằng quả dọi. 3. Quả lắc thuận, đảo quan trắc chuyển vị ngang, nghiêng bằng quả dọi. 4. Thiết bị đo được đặt nghiêng để quan trắc lún ngang, nghiêng (Inclinometer)	- Bảng bê tông hay thép, đặt lên đỉnh hay cơ đập, được quan sát theo phương pháp trắc đạc. - Hàm đặt chính giữa đỉnh đập, bằng bê tông cốt thép có đường kính khoảng 1m, cắm sâu vào đá gốc, trên đỉnh có giá đỡ bằng thép hình để treo quả lắc (quả dọi). - Quả lắc thuận có chân cố định vào nền, trên đỉnh tự do dịch chuyển. Quả lắc đảo ngược lại: cố định trên đỉnh và tự do di chuyển dưới đáy. Căn cứ vào sự dịch chuyển so với hướng thẳng đứng ban đầu, cho biết độ chuyển vị ngang, nghiêng, lệch. - Thiết bị đo được chôn nghiêng, khi đo thả thiết bị vào sẽ cho ta biết trị số dịch chuyển ngang, nghiêng.
4	Quan trắc biến dạng khe nối, khe nứt	1. Thiết bị đo tự động biến dạng kiểu dây rung 1 chiều (Vibrating Wire Jointmeter). 2. Thiết bị đo tự động biến dạng kiểu dây rung 3 chiều (Vibrating Wire Jointmeter).	- Thiết bị được chôn vào hai bên khớp nối, liên kết bằng dây căng có đặt thiết bị thu. Loại này đo biến dạng 1 chiều. - Cấu tạo giống như trên nhưng đo biến dạng 3 chiều.
5	Quan trắc đường bão hòa	1. Ống đo áp	- Khoan đặt ống đo áp vào trong thân đập và nền, phía dưới ống có lọc bảo vệ. Khi đo thả thiết bị vào trong ống tạo thành mạch kín cho ta biết giá trị

		2. Giếng quan trắc đường bão hòa (Observation Well)	cột nước trong ống. - Cấu tạo giống như trên nhưng có đường kính lớn hơn nhiều; thiết bị thu có cấu tạo hình tròn, khi đo thả vào ống nó sẽ tự động báo giá trị cột nước trong ống.
6	Quan trắc áp lực kẽ rỗng, áp lực nước, áp lực mạch động	1. Áp lực kiểu thủy lực (Hydraulic piezometer). 2. Áp lực kế kiểu khí nén (Pneumatic piezometer). 3. Áp lực kế kiểu dây rung (VW piezometer). 4. Áp lực kiểu dây rung (Carlson pore pressure)	- Thiết bị đo là hệ thống ống đổ đầy chất lỏng, thiết bị bộ thu cấu tạo như như một áp kế. - Giếng như trên nhưng trong ống thay chất lỏng bằng khí nén. - Gồm một thanh kim loại được kéo căng, một ống thổi và một cuộn dây điện tử. Khi bị kích, thanh kim loại rung tạo nên một tín hiệu tần số truyền qua một cáp tín hiệu đến thiết bị thu. - Cấu tạo giống như trên.
7	Quan trắc ứng suất, áp lực đất	1. Cảm biến đo biến dạng (Strain gauge). 2. Áp lực kế kiểu dây căng đo gián tiếp (Strain gauge) 3. Tầm đo áp lực (Pressure Cell) 4. Áp lực kế kiểu đo trực tiếp (Pneumatic/ Hydraulic Pressure Cell)	- Thiết bị đo kiểu gián tiếp thông qua quan trắc biến dạng, sau đó tính chuyển thành ứng suất theo lý thuyết đàn hồi. - Cấu tạo như trên. - Nguyên lý làm việc như trên, nhưng có gắn thiết bị đo tự động chuyển từ tần số sang đơn vị lực - Cấu tạo như trên.
8	Quan trắc ứng lực cốt thép (áp lực kéo cốt thép)	1. Lực kế đo trực tiếp (Load Cell) 2. Lực kế kiểu dây rung đo gián tiếp (Embedded Strain gauge)	Nguyên lý làm việc giống như thiết bị đo ứng suất. Quan trắc biến dạng của cốt thép, sau đó xác định ứng lực theo lý thuyết đàn hồi.
9	Quan trắc nhiệt độ	1. Nhiệt kế điện trở (Carlson Resistance Thermometer) 2. Cảm biến	- Theo nguyên lý điện năng thành nhiệt năng: Có điện trở bằng kim loại, gắn thiết bị thu trị số đọc là giá trị nhiệt độ - Đo theo nguyên lý điện trở, dây rung hay quang học.
10	Quan trắc mực nước	1. Cột thủy chí 2. Cảm biến	- Bằng bê tông, thép, gỗ đặt trước tuyến quan trắc. - Đo tự động
11	Quan trắc lưu lượng	1. Đập thành mỏng. 2. Đập mặt cắt hình thang 3. Đập mặt cắt tam giác 4. Cảm biến đo lưu lượng	- Các loại đập bằng bê tông cốt thép, hoặc bằng thép bố trí sau đập trên rãnh tập trong nước. - Thiết kế các loại đập đo lưu lượng theo nguyên tắc thủy lực của loại công trình đo và xây dựng biểu đồ hoặc bảng tính toán xác định lưu lượng để phục vụ cho quan trắc. - Đo tự động.

## A.2 Ký hiệu một số thiết bị đo thông dụng

Ký hiệu một số thiết bị đo thông dụng xem bảng A.2

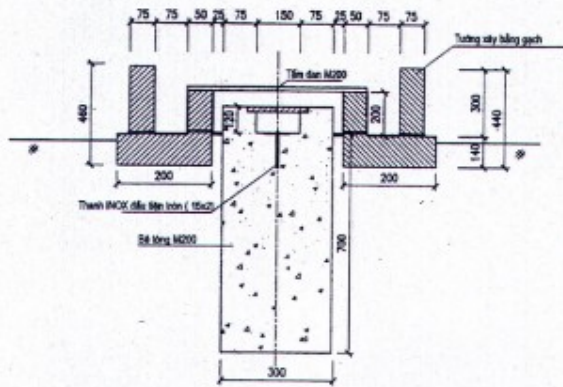
**Bảng A.2 - Ký hiệu một số thiết bị đo thông dụng**

TT	Tên gọi và công dụng	Ký hiệu	Mặt đứng	Mặt bằng	Mặt cạnh
1	Móc đo lún mặt	M.M			
2	Móc đo lún sâu	M.S			
3	Móc ngắm đo chuyển vị ngang	M.N			
4	Thiết bị hầm đo chuyển vị ngang	Hn			
5	Thiết bị đo khe hở	Kh			
6	Thiết bị đo đường bão hoà	BH			
7	Áp kế đo áp lực nước thấm	AKT			
8	Áp kế đo áp lực đất	AKĐ			
9	Áp kế đo áp lực kẽ rỗng	AKR <sup>o</sup>			
10	Áp kế đo áp lực cốt thép	AKCT			
11	Nhiệt kế đo nhiệt độ của bê tông	NKB			
12	Thiết bị đo ứng suất trong bê tông loại đơn	AKB1			
13	Thiết bị đo ứng suất trong bê tông loại kép 2	AKB2			
14	Thiết bị đo ứng suất trong bê tông loại kép 3	AKB3			
15	Thiết bị đo áp lực mạch động	AKĐ <sub>o</sub>			
16	Thiết bị đo rung động do mạch động	AKR			

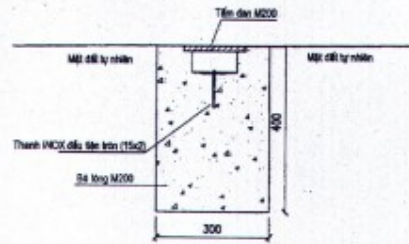
**Phụ lục B**

(Tham khảo)

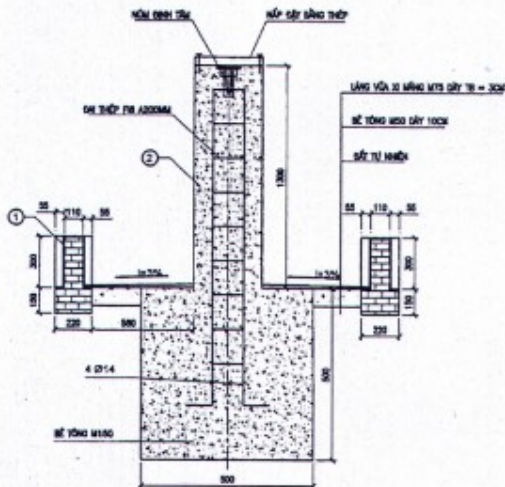
**Thiết kế lắp đặt một số thiết bị quan trắc**



a) Mốc cơ sở



b) Mốc quan trắc lún

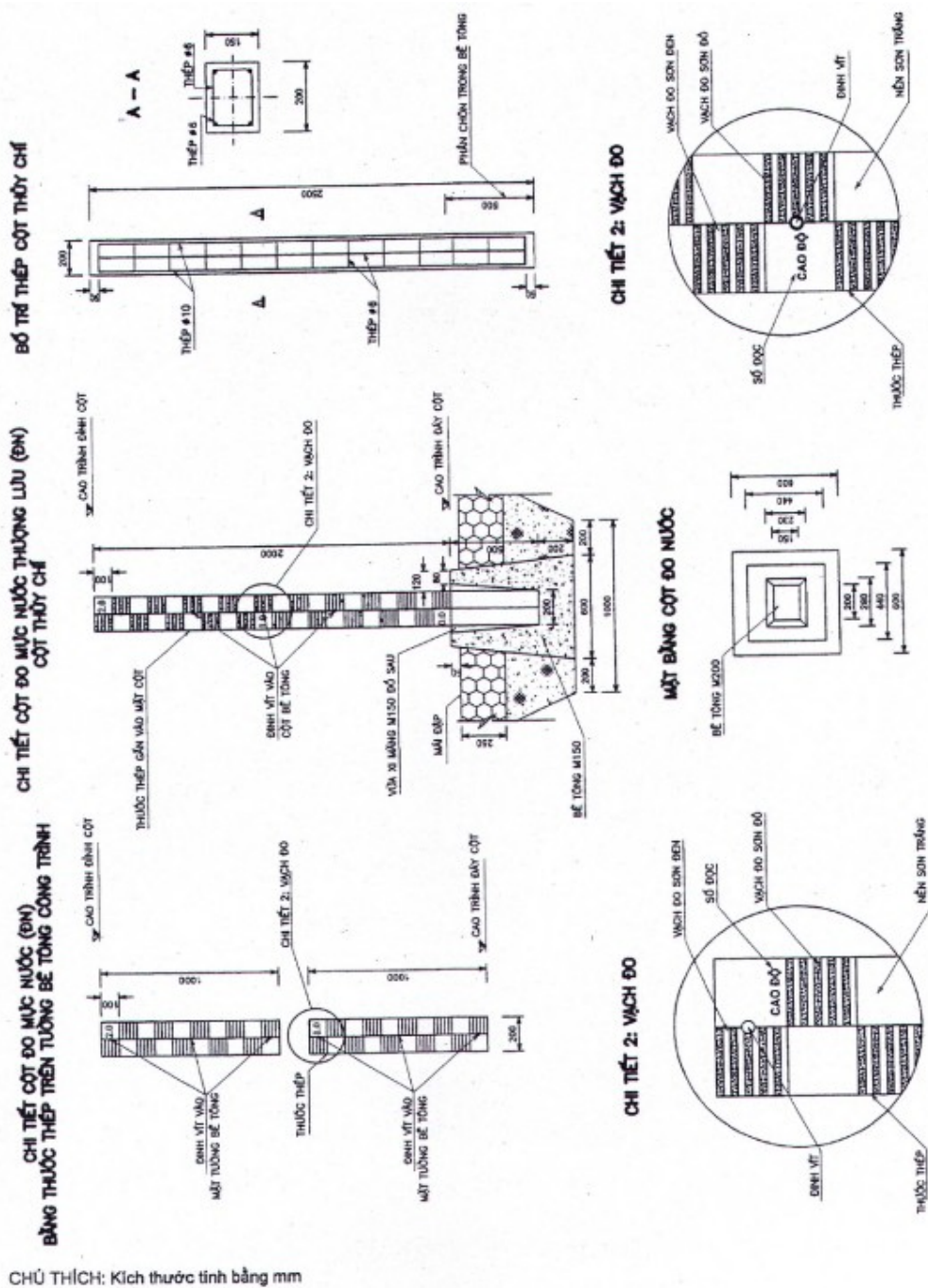


c) Mốc quan trắc chuyển vị ngang

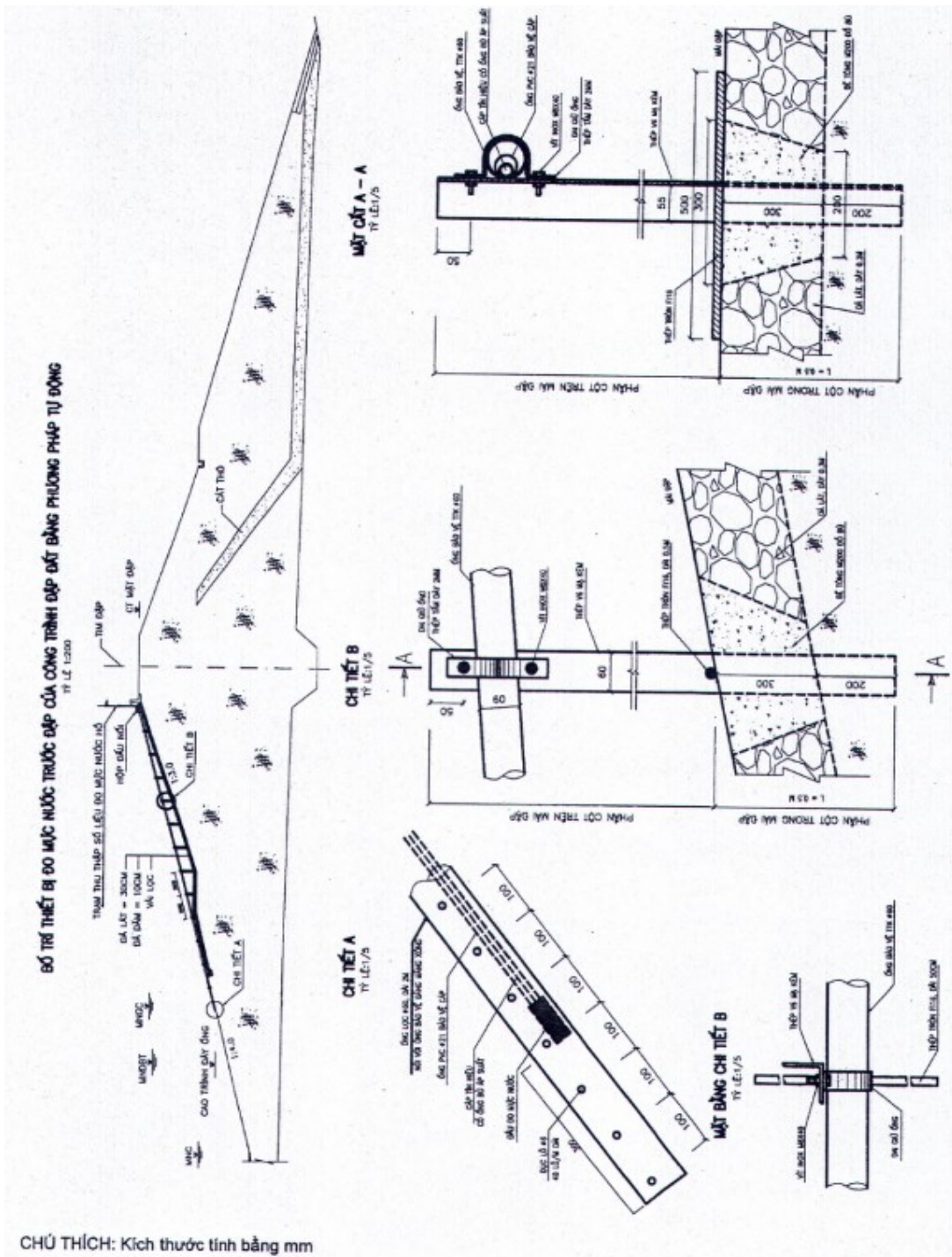
1. Tường xây gạch M20 và bê tông M20
2. Mặt tường và bê tông M20 dày 1,2cm

CHÚ THÍCH: Kích thước tính bằng mm

Hình B.1 - Thiết kế lắp đặt mốc quan trắc chuyển dịch

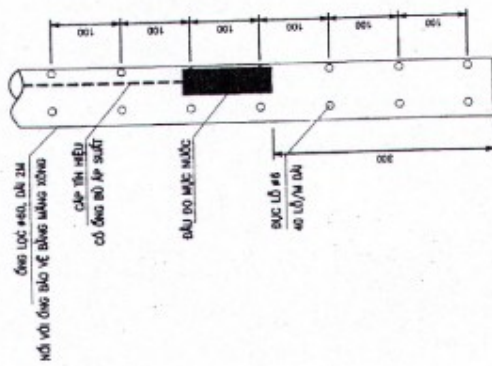


Hình B.2 - Thiết kế lắp đặt thiết bị đo thủ công quan trắc mực nước thượng, hạ lưu công trình

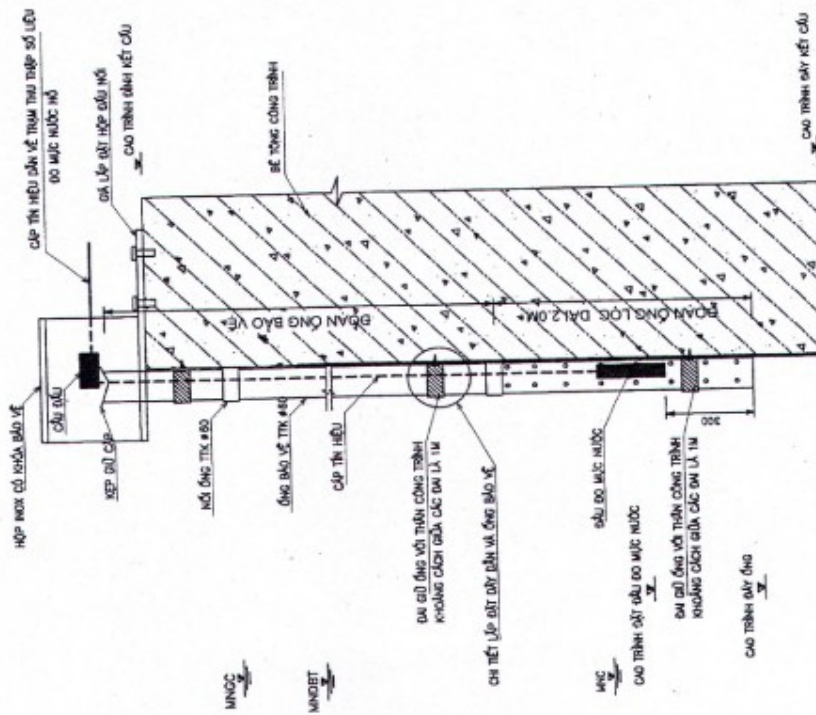
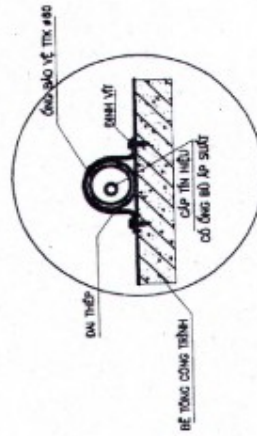


Hình B.3 - Thiết kế lắp đặt thiết bị đo tự động quan trắc mực nước thượng, hạ lưu công trình

**ĐOẠN ỐNG LỌC NƯỚC**



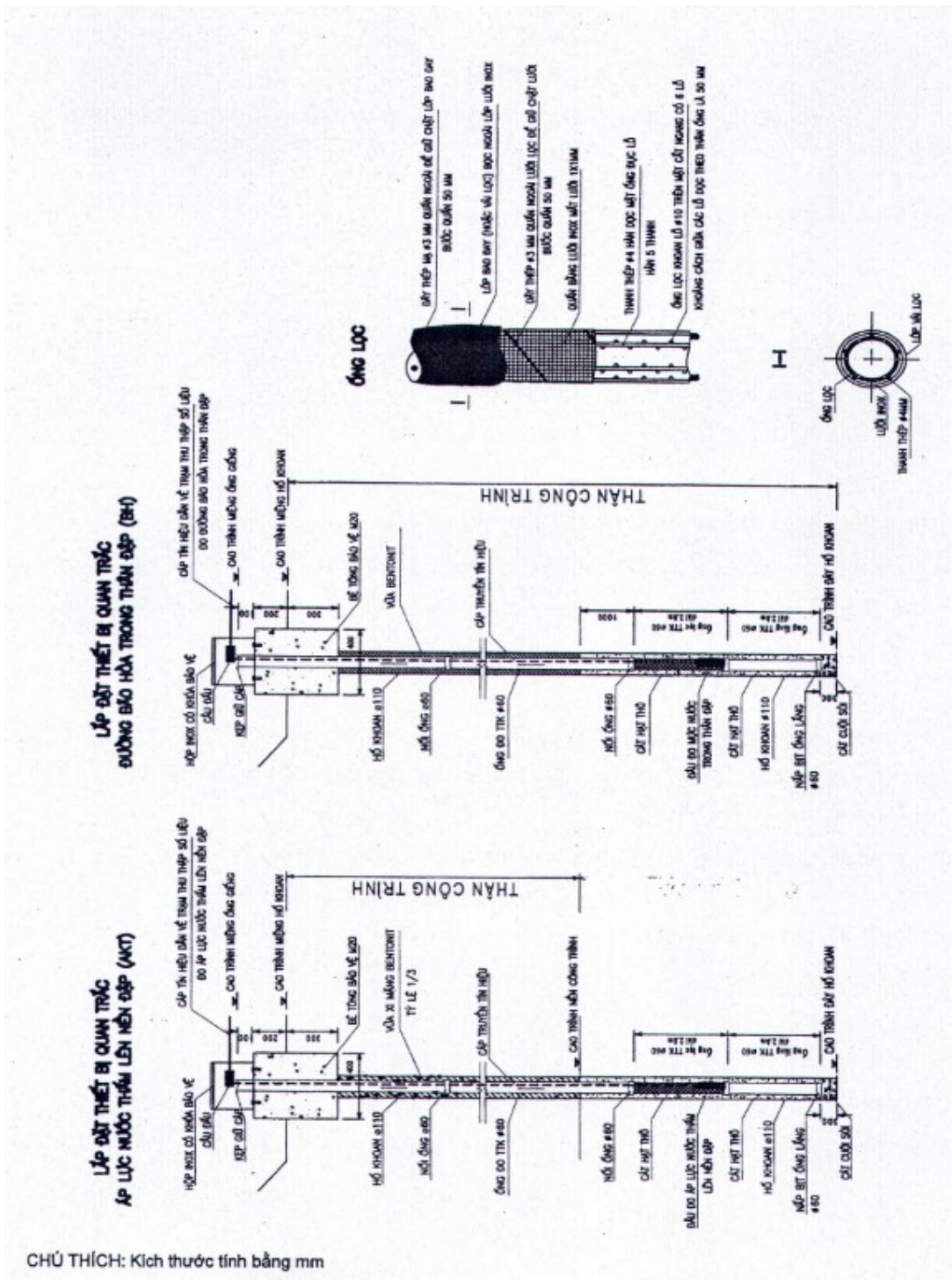
**LẮP ĐẶT DÂY DẪN VÀ ỐNG BẢO VỆ**



CHÚ THÍCH: Kích thước tính bằng mm

**Hình B.4 - Thiết kế lắp đặt thiết bị đo tự động quan trắc mực nước thượng lưu công trình bê tông**





Hình B.5 - Thiết kế lắp đặt thiết bị quan trắc đường bảo hòa và áp lực thấm

Phụ lục D  
(Tham khảo)

Thành phần và nội dung hồ sơ thiết kế thi công lắp đặt hệ thống quan trắc

D.1 Thuyết minh thiết kế, thi công lắp đặt hệ thống quan trắc

D.1.1 Chương 1: Mở đầu

- 1) Giới thiệu công trình.
- 2) Nhiệm vụ công trình.
- 3) Quy mô công trình.
- 4) Địa tầng và tính chất cơ lý đất đá nền công trình.

- 5) Cơ sở lập thiết kế, thi công lắp đặt hệ thống quan trắc.
- 6) Nguyên tắc chung về lựa chọn phương pháp và thiết bị quan trắc.

#### **D.1.2 Chương 2: Thiết kế lắp đặt thiết bị quan trắc**

- 1) Nội dung thiết kế lắp đặt thiết bị quan trắc theo từng hạng mục công trình
- 2) Thiết kế chi tiết thiết bị quan trắc theo từng hạng mục công trình gồm: mục đích, số lượng, vị trí, loại thiết bị, lịch và thời gian quan trắc, nội dung báo cáo kết quả quan trắc.
- 3) Tiến độ lắp đặt thiết bị quan trắc.
- 4) Thiết kế hệ thống thu thập và xử lý số liệu.

#### **D.1.3 Chương 3: Thi công lắp đặt thiết bị quan trắc (lập ở giai đoạn báo cáo kinh tế kỹ thuật hoặc bước thiết kế bản vẽ thi công)**

- 1) Nội dung thiết kế lắp đặt thiết bị quan trắc theo từng hạng mục công trình.
- 2) Thiết kế thi công lắp đặt thiết bị quan trắc theo từng hạng mục công trình gồm: trình tự thực hiện thi công lắp đặt, nghiệm thu trước và sau khi lắp đặt, quan trắc sau khi lắp đặt và xử lý số liệu quan trắc.
- 3) Thiết kế thi công lắp đặt hệ thống thiết bị thu thập số liệu.
- 4) Đánh giá, hiệu chỉnh thiết bị sau khi lắp đặt, trước khi đo chính thức.

#### **D.1.4 Chương 4: Kết luận và kiến nghị**

- 1) Kết luận
- 2) Kiến nghị

#### **D.1.5 Các phụ lục kèm theo thuyết minh (nếu có)**

- 1) Thống kê khối lượng chính để lắp đặt thiết bị quan trắc theo từng hạng mục công trình hoặc từng loại quan trắc.
- 2) Thông số kỹ thuật của một số thiết bị quan trắc.
- 3) Quy trình kỹ thuật đo và phân tích số liệu chuyển dịch công trình.
- 4) Quy định về bảo trì và thay thế thiết bị quan trắc.
- 5) Biểu mẫu ghi chép quan trắc (xem Phụ lục C).
- 6) Các tài liệu liên quan đến lập hồ sơ thiết kế lắp đặt hệ thống quan trắc (nếu có): các văn bản, quyết định phê duyệt, các giá trị giới hạn, trị số cho phép hoặc chuẩn an toàn v.v...

#### **D.2 Các bản vẽ**

- 1) Mặt bằng và các mặt cắt bố trí thiết bị quan trắc.
- 2) Thiết kế chi tiết lắp đặt thiết bị quan trắc.

#### **D.3 Dự toán thiết kế và thi công lắp đặt hệ thống quan trắc**

#### **Thư mục tài liệu tham khảo**

[1] QCVN 04 - 05 : 2012/BNNPTNT Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia - Công trình thủy lợi - Các quy định chủ yếu về thiết kế.

#### **MỤC LỤC**

Lời nói đầu

- 1 Phạm vi áp dụng
- 2 Tài liệu viện dẫn
- 3 Thuật ngữ và định nghĩa
- 4 Quy định chung
- 5 Nội dung, phương pháp và thiết bị, yêu cầu về thiết kế hệ thống quan trắc
- 6 Thiết kế và lắp đặt thiết bị quan trắc
- 7 Yêu cầu về thành phần và nội dung thiết kế, thi công lắp đặt hệ thống quan trắc
- 8 Yêu cầu về thiết bị, thi công lắp đặt và nghiệm thu

9 Phương pháp bảo vệ, bảo trì và thay thế thiết bị

10 Thiết bị tại nhà quản lý và trung tâm điều hành

11 Sử dụng kết quả quan trắc

Phụ lục A (Tham khảo): Danh mục và ký hiệu các thiết bị quan trắc thông dụng

Phụ lục B (Tham khảo): Thiết kế lắp đặt một số thiết bị quan trắc

Phụ lục C (Tham khảo): Biểu ghi chép kết quả quan trắc (mức nước / đường bão hòa / áp lực thấm v.v...)

Phụ lục D (Tham khảo): Thành phần, nội dung hồ sơ thiết kế, thi công lắp đặt hệ thống quan trắc.

Thư mục tài liệu tham khảo