

BỘ XÂY DỰNG

BỘ XÂY DỰNG

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM

Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

Số: 32/2005/QĐ-BXD

Hà Nội, ngày 30 tháng 9 năm 2005

QUYẾT ĐỊNH

**Về việc ban hành TCXDVN 351: 2005 “Quy trình kỹ thuật
quan trắc chuyển dịch ngang nhà và công trình”**

BỘ TRƯỞNG BỘ XÂY DỰNG

Căn cứ Nghị định số 36/2003/NĐ-CP ngày 04/4/2003 của Chính phủ quy định chức năng, nhiệm vụ, quyền hạn và cơ cấu tổ chức của Bộ Xây dựng;

Xét đề nghị của Vụ trưởng Vụ Khoa học Công nghệ,

QUYẾT ĐỊNH:

Điều 1. Ban hành kèm theo Quyết định này 01 Tiêu chuẩn xây dựng Việt Nam:

TCXDVN 351: 2005 "Quy trình kỹ

thuật quan trắc chuyển dịch ngang nhà và công trình".

Điều 2. Quyết định này có hiệu lực sau 15 ngày, kể từ ngày đăng Công báo

Điều 3. Các Ông Chánh văn phòng Bộ, Vụ trưởng Vụ Khoa học Công nghệ và Thủ trưởng các đơn vị có liên quan chịu trách nhiệm thi hành Quyết định này./

**KT. BỘ TRƯỞNG
THỨ TRƯỞNG**

Nguyễn Văn Liên

TIÊU CHUẨN XÂY DỰNG VIỆT NAM**TCXDVN 351: 2005****QUY TRÌNH KỸ THUẬT QUAN TRẮC
CHUYỂN DỊCH NGANG NHÀ VÀ CÔNG TRÌNH*****The technical procedure for monitoring
of horizontal displacement of building and Constructions*****Lời nói đầu**

TCXDVN 351: 2005 "Quy trình kỹ thuật quan trắc chuyển dịch ngang nhà và công trình" quy định các yêu cầu kỹ thuật, các phương pháp, quy trình quan trắc và xử lý số liệu chuyển dịch ngang nhà và công trình xây dựng được Bộ Xây dựng ban hành theo Quyết định số 32 ngày 30 tháng 9 năm 2005.

1. Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định các yêu cầu kỹ thuật, các phương pháp, quy trình quan trắc và xử lý số liệu chuyển dịch ngang nhà và công trình xây dựng chịu áp lực ngang hoặc các công trình xây dựng trên nền đất có nguy cơ bị chuyển dịch hoặc bị trượt.

2. Tiêu chuẩn viện dẫn

TCXDVN 309: 2004. Công tác trắc địa trong xây dựng công trình dân dụng và công nghiệp - Yêu cầu chung.

3. Quy định chung

3.1. Việc quan trắc chuyển dịch ngang của nền móng nhà và công trình cần được tiến hành theo phương án kỹ thuật nhằm đạt được các mục đích sau:

- Xác định giá trị chuyển dịch tuyệt đối và chuyển dịch tương đối của nền móng nhà và công trình. Tìm những nguyên nhân gây ra chuyển dịch và mức độ nguy hiểm của sự chuyển dịch đối với quá trình sử dụng bình thường của nhà và công trình, trên cơ sở đó đưa ra các giải pháp phù hợp nhằm phòng ngừa các sự cố có thể xảy ra.
- Xác định các thông số đặc trưng về độ ổn định của nền nhà và công trình, kiểm tra các số liệu đặc trưng khi xác định tính chất cơ lý của nền đất.

- Cung cấp số liệu kiểm tra các phương pháp tính toán, xác định các giá trị chuyển dịch giới hạn cho phép đối với các loại nền đất và các loại nền móng công trình khác nhau.
- 3.2. Quan trắc chuyển dịch nền móng nhà và công trình được tiến hành trong thời gian xây dựng và sử dụng cho đến khi đạt được độ ổn định về chuyển dịch (tốc độ chuyển dịch của công trình đạt được từ $1\text{mm/năm} \div 2\text{mm/năm}$). Quan trắc chuyển dịch trong thời gian sử dụng công trình còn được tiến hành khi phát hiện thấy công trình xuất hiện các vết nứt lớn, độ lún lệch lớn hoặc có sự thay đổi rõ nét về tình trạng của nhà và công trình do chuyển dịch ngang gây ra.
- 3.3. Trong quan trắc chuyển dịch nhà và công trình cần phải xác định (1 vài đại lượng chuyển dịch riêng biệt hoặc đồng thời) các đại lượng sau:
 - Chuyển dịch thẳng đứng (độ lún, độ trồi, độ võng);
 - Chuyển dịch ngang (độ chuyển dịch);
 - Độ nghiêng;
 - Vết nứt.
- 3.4. Quan trắc chuyển dịch ngang công trình được tiến hành theo trình tự sau:
 - Lập phương án kỹ thuật;
 - Thiết kế cấu tạo các loại mốc chuẩn và mốc quan trắc chuyển dịch;
 - Chọn vị trí đặt mốc chuẩn hoặc hướng chuẩn;
 - Gắn các mốc quan trắc chuyển dịch lên nhà và công trình;
 - Sử dụng các loại máy, thiết bị thích hợp để quan trắc; trước khi quan trắc các máy móc, thiết bị phải được kiểm định đạt yêu cầu về chất lượng theo các quy định hiện hành;
 - Tính toán xử lý số liệu, xác định các giá trị chuyển dịch và phân tích kết quả quan trắc.
- 3.5. Các phương pháp quan trắc chuyển dịch ngang nêu trong phương án kỹ thuật được chọn tùy thuộc vào yêu cầu độ chính xác xác định đại lượng chuyển dịch, đặc điểm cấu tạo của móng, đặc điểm về địa chất công trình, địa chất thủy văn của đất nền, khả năng ứng dụng và hiệu quả kinh tế của phương pháp.
- 3.6. Việc xác định độ chính xác quan trắc chuyển dịch ngang được thực hiện sao cho phù hợp với các giá trị chuyển dịch tính toán theo thiết kế được nêu

ở Bảng 1. Dựa trên cơ sở sai số trung phương cho phép nêu ở Bảng 1 tiến hành xác định độ chính xác của các cấp nêu ở Bảng 2. Khi không có các số liệu dự tính theo thiết kế thì việc lựa chọn cấp độ chính xác dựa vào đặc điểm của nền đất và tầm quan trọng của công trình.

Bảng 1. Sai số trung phương cho phép quan trắc chuyển dịch ngang trong giai đoạn xây dựng và sử dụng công trình

Đơn vị tính bằng mm

Giá trị tính toán độ chuyển dịch ngang theo thiết kế	Giai đoạn xây dựng		Giai đoạn sử dụng công trình	
	Loại đất nền			
	Đất cát	Đất sét	Đất cát	Đất sét
< 50	3	2	2	2
50 ÷ 100	5	3	3	3
100 ÷ 250	10	5	5	4
250 ÷ 500	12	10	10	5
> 500	15	15	15	10

Bảng 2. Sai số trung phương cho phép quan trắc chuyển dịch ngang và các cấp đo

Đơn vị tính bằng mm

Cấp đo	Sai số trung phương cho phép quan trắc chuyển dịch ngang
1	1 - 5
2	5 - 10
3	10 - 15

Cấp 1: Quan trắc chuyển dịch ngang của nhà và công trình xây dựng trên nền đất cứng và nửa cứng (thời gian sử dụng trên 50 năm), các công trình quan trọng, các công trình có ý nghĩa đặc biệt.

Cấp 2: Quan trắc chuyển dịch ngang của nhà và công trình xây dựng trên nền cát, đất sét và trên nền đất có tính biến dạng cao, các công trình được đo để xác định nguyên nhân hư hỏng.

Cấp 3: Quan trắc chuyển dịch ngang của nhà và công trình xây dựng trên nền đất đắp, nền đất yếu và trên nền đất bùn chịu nén kém.

4. Độ chính xác quan trắc chuyển dịch ngang và chu kỳ quan trắc

4.1. Độ chính xác quan trắc chuyển dịch ngang

- 4.1.1. Sai số quan trắc chuyển dịch ngang được xác định trên cơ sở Tiêu chuẩn và Quy phạm xây dựng các công trình dân dụng và công nghiệp. Sai số trung phương cho phép quan trắc chuyển dịch ngang đối với từng loại nền nhà và công trình được nêu ở Bảng 3.

Bảng 3. Sai số trung phương cho phép quan trắc chuyển dịch ngang đối với từng loại nền nhà và công trình

Đơn vị tính bằng mm

Loại nền nhà và công trình	Sai số trung phương cho phép
Nhà và công trình xây dựng trên nền đá gốc và nửa đá gốc	1
Nhà và công trình xây dựng trên nền đất cát, đất sét và các loại đất chịu nén khác	2
Các loại đập đất, đá chịu áp lực cao	5
Các loại công trình xây dựng trên nền đất đắp, đất bùn chịu nén kém.	10
Các loại công trình bằng đất đắp	15

- 4.1.2. Đối với các công trình đặc biệt, công trình quan trọng đòi hỏi độ chính xác cao thì dựa vào đặc điểm, quy trình thi công và thời gian sử dụng công trình mà tiến hành lập phương án quan trắc chuyển dịch ngang cho từng công trình.

4.2. Chu kỳ quan trắc chuyển dịch

- 4.2.1. Thời gian thực hiện các chu kỳ quan trắc chuyển dịch được tiến hành dựa vào các yếu tố:
- Loại nhà và công trình;
 - Loại nền đất xây dựng nhà và công trình;
 - Đặc điểm áp lực ngang;
 - Mức độ chuyển dịch ngang;
 - Tiến độ thi công xây dựng công trình.
- 4.2.2. Chu kỳ quan trắc đầu tiên được thực hiện ngay sau khi xây dựng móng công trình và trước khi có áp lực ngang tác động đến công trình. Các chu

kỳ tiếp theo được thực hiện tùy thuộc vào mức tăng hoặc giảm áp lực ngang tác động vào công trình hoặc có thể quan trắc 2 tháng 1 lần trong thời gian xây dựng công trình.

- 4.2.3. Trong thời gian sử dụng công trình, số lượng chu kỳ quan trắc được tiến hành từ 1 ÷ 2 chu kỳ trong một năm, vào những thời điểm mà điều kiện ngoại cảnh khác biệt nhất. Ngoài ra cần phải quan trắc bổ sung đối với các công trình có độ chuyển dịch ngang lớn, hoặc quan trắc bổ sung để tìm ra nguyên nhân gây nên sự cố công trình.

5. Chọn vị trí đặt mốc, cấu tạo mốc cơ sở và mốc kiểm tra

5.1. Chọn vị trí đặt mốc

- 5.1.1. Mốc cơ sở (mốc chuẩn) được đặt ngoài phạm vi chuyển dịch của công trình, tại những vị trí có điều kiện địa chất ổn định. Trong mỗi chu kỳ quan trắc phải kiểm tra độ ổn định của các mốc cơ sở. Nếu phát hiện thấy mốc cơ sở bị chuyển dịch thì cần tiến hành tính toán giá trị hiệu chỉnh vào kết quả đo của các mốc kiểm tra. Số lượng mốc cơ sở có thể là 2, 3, 4 hoặc nhiều hơn tùy thuộc vào phương pháp quan trắc và đối tượng công trình. Các mốc cơ sở được tạo thành một mạng lưới và việc đánh giá độ ổn định của chúng có thể tham khảo ở Phụ lục C và Phụ lục G.

- 5.1.2. Mốc kiểm tra được đặt tại các vị trí đặc trưng trên công trình (nên đặt mốc ở gần cao độ nền công trình để giảm ảnh hưởng do nhiệt độ và độ nghiêng của công trình). Đối với nhà dân dụng thì các mốc kiểm tra thường được đặt theo chu vi của nhà. Khoảng cách giữa các mốc không quá 20m. Tại những vị trí chịu áp lực ngang lớn thì khoảng cách giữa các mốc là 10m + 15m.

Đối với các công trình công nghiệp, việc phân bố mốc phụ thuộc vào từng dạng móng. Nếu là móng băng liên khối thì bố trí mốc cách nhau 10m + 15m. Nếu là móng cọc hoặc khối móng đơn thì trên mỗi khối móng bố trí không ít hơn 3 mốc.

Đối với các công trình đập thủy điện, thủy lợi thì mốc kiểm tra cần được bố trí dọc theo cơ đập, đỉnh đập. Nếu là công trình đập đất đá thì khoảng cách giữa các mốc kiểm tra là 15m + 20m. Nếu là công trình đập bê tông thì tại mỗi khối bố trí từ 2 mốc trở lên.

5.2. Cấu tạo mốc và bảng ngắm

- 5.2.1. Cấu tạo mốc cơ sở: Mốc cơ sở có 3 loại thường dùng là mốc nổi, mốc chìm và mốc có định tâm bắt buộc, cấu tạo của 3 loại mốc này được nêu ở Phụ lục A. Các loại mốc này được đặt ở những nơi có điều kiện địa chất ổn định.
- 5.2.2. Cấu tạo mốc kiểm tra: Có 2 loại mốc kiểm tra thường dùng là mốc đặt trên

nền và móc gắn trên tường. Yêu cầu chung đối với 2 loại móc này là khi một đầu móc đã gắn vào công trình và cùng chuyển dịch với công trình thì đầu còn lại của móc phải có cấu trúc thuận tiện cho việc đặt máy hoặc bảng ngắm. Cấu tạo các loại móc kiểm tra được nêu ở Phụ lục B.

- 5.2.3. Cấu tạo bảng ngắm: Bảng ngắm thường dùng để đo chuyển dịch ngang là bảng ngắm phẳng có khắc các đường vạch có màu sắc tương phản. Hình dạng đường vạch khắc là những vòng tròn đồng tâm, vạch đứng, hoặc hình tam giác. Chiều rộng và chiều cao của đường vạch khắc phải được tính toán sao cho phù hợp với khoảng cách đo và được tính theo công thức:

$$b = \frac{u'' \cdot l}{3\rho''} \quad (1)$$

Trong đó:

u'' - giá trị góc nhìn giữa 2 dây chỉ kép của màng dây chữ thập của ống kính;

l - khoảng cách từ máy đến bảng ngắm.

Chiều cao của vạch khắc được tính:

$$h = 3b$$

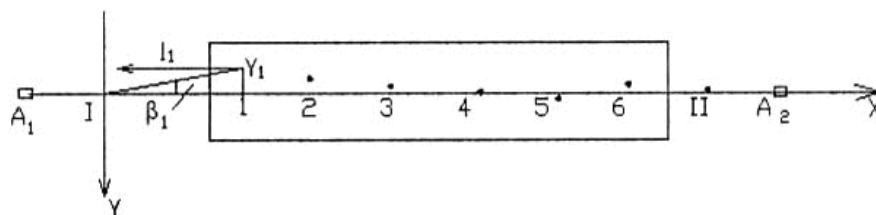
Có 2 loại bảng ngắm là bảng ngắm cố định và bảng ngắm di động.

6. Quan trắc chuyển dịch ngang công trình bằng phương pháp hướng chuẩn

6.1. Hướng chuẩn

- 6.1.1. Hướng chuẩn thực chất là mặt phẳng thẳng đứng đi qua 2 điểm chuẩn cố định đã được chọn. Quan trắc chuyển dịch ngang theo phương pháp hướng chuẩn nghĩa là đo khoảng cách từ điểm kiểm tra đến mặt phẳng thẳng đứng đi qua 2 điểm chuẩn cố định được chọn nói trên, tại các thời điểm khác nhau.

- 6.1.2. Phương pháp hướng chuẩn thường được áp dụng để quan trắc chuyển dịch ngang của công trình dạng thẳng, hướng của chuyển dịch vuông góc với hướng chuẩn. Khi sử dụng phương pháp hướng chuẩn để quan trắc chuyển dịch ngang của các điểm công trình thì cần bố trí trục hoành của các điểm trùng với hướng chuẩn và trục tung vuông góc với nó. Chuyển dịch ngang của một điểm trên công trình chính là sự thay đổi tung độ của điểm đó trong các chu kỳ quan trắc khác nhau. Sơ đồ bố trí mốc cơ sở, mốc kiểm tra được nêu ở Hình 1.



Hình 1. Sơ đồ vị trí mốc cơ sở và mốc kiểm tra chuyển dịch ngang

6.1.3. Tùy theo phương pháp thành lập, hướng chuẩn được chia làm 3 loại:

- Hướng chuẩn cơ học: Gồm 1 sợi dây mảnh căng qua 2 điểm cố định;
- Hướng chuẩn quang học: Tia ngắm nối điểm đặt máy và điểm đặt bảng ngắm, phương pháp này có 2 cách đo độ lệch hướng là phương pháp đo góc nhỏ và phương pháp bảng ngắm di động.
- Hướng chuẩn laze: Tia laze chiếu từ điểm đặt máy đến điểm dựng tiêu.

6.1.4. Phương pháp đo góc nhỏ: Từ sơ đồ hình 1, đặt máy kinh vĩ tại điểm I. Đặt bảng ngắm tại điểm II và điểm kiểm tra i. Đo góc β_i và khoảng cách l_i . Độ lệch hướng của điểm i tính theo công thức:

$$y_i = l_i \tan \beta_i \quad (2)$$

Góc β_i rất nhỏ nên có thể viết:

$$y_i = \frac{\beta_i''}{\rho''} l_i \quad (3)$$

Trong mỗi chu kỳ chỉ cần đo góc β_i , còn khoảng cách l_i được đo 1 lần ở chu kỳ đầu tiên và được sử dụng lại cho tất cả các chu kỳ sau. Số vòng đo và sai số trung phương cho phép đo góc nhỏ được nêu ở Bảng 4.

Bảng 4. Số vòng đo và sai số trung phương cho phép đo góc nhỏ

Khoảng cách từ điểm đặt máy đến điểm ngắm (m)	Sai số trung phương cho phép đo góc nhỏ (")	Số vòng đo đối với máy kinh vĩ	
		Bộ đo cực nhỏ quang học	Bộ đo cực nhỏ thị kính
<100	2,0	3	2
200	1,0	6	4
600 - 1000	0,5	12	6

Sai số trung phương của độ lệch hướng được tính theo công thức:

$$m_{yi}^2 = \left(\frac{\beta''}{\rho''} \right)^2 m_{li}^2 + l_i^2 \frac{m_{\beta}^2}{\rho^2} \quad (4)$$

Vì góc β rất nhỏ nên số hạng thứ nhất của công thức (4) có thể bỏ qua, do đó:

$$m_{yi}^2 = l_i^2 \frac{m_{\beta}^2}{\rho^2} \quad (5)$$

- 6.1.5. Phương pháp bảng ngắm di động: Khi sử dụng phương pháp bảng ngắm di động, máy sẽ đặt tại điểm I, bảng ngắm cố định đặt tại điểm II tạo thành hướng chuẩn I-II. Đặt bảng ngắm di động tại điểm kiểm tra i. Dùng vít đo cực nhỏ có thước chia vạch của bảng ngắm di động điều chỉnh bảng ngắm sao cho tia ngắm đi qua trục đối xứng của vạch khắc ở bảng ngắm. Độ lệch hướng y_i được xác định dựa vào số đọc trên thước của bảng ngắm và số đọc ban đầu của nó.

Cần phải tiến hành đo ngắm ở hai vị trí bàn độ của máy kinh vĩ để khử sai số 2c. Số đọc ban đầu là số đọc trên thước của bảng ngắm khi trục đối xứng của bảng ngắm đi qua tâm mốc. Muốn có số đọc đó cần tiến hành đọc số 2 lần (một lần khi bảng ngắm quay về phía máy và một lần khi quay bảng ngắm đi 180° so với vị trí ban đầu) và lấy giá trị trung bình. Đối với mỗi mốc kiểm tra i thường phải đo từ 2 đến 3 lần rồi lấy giá trị trung bình. Sai số trung phương của độ lệch y được tính theo công thức:

$$m_y^2 = \frac{l^2}{\rho^2} (m_0^2 + m_{ng}^2 + m_{dq}^2) \quad (6)$$

Trong đó:

m_0 - sai số định hướng chuẩn;

m_{ng} - sai số đưa hướng ngắm vào đúng hướng chuẩn (sai số ngắm);

m_{dq} - sai số điều quang;

l - khoảng cách từ điểm đặt máy đến điểm kiểm tra.

Chuyển dịch ngang của một điểm kiểm tra tính từ chu kỳ đầu tiên đến chu kỳ J được tính theo công thức:

$$u_{J,1} = y_J - y_1 \quad (7)$$

Chuyển dịch ngang của một điểm giữa 2 chu kỳ J và J-1 được tính theo công thức:

$$u_{J,J-1} = y_J - y_{J-1} \quad (8)$$

Khi các chu kỳ đo cùng độ chính xác thì:

$$m_u = m_y \sqrt{2} \quad (9)$$

6.2. Các sơ đồ đo hướng chuẩn:

Tùy theo yêu cầu độ chính xác và điều kiện cụ thể của từng công trình mà có thể áp dụng một trong bốn sơ đồ đo hướng chuẩn:

- Sơ đồ đo hướng chuẩn toàn phần;
- Sơ đồ đo hướng chuẩn từng phần;
- Sơ đồ đo hướng chuẩn nhích dần;
- Sơ đồ đo hướng chuẩn chéo nhau;

hoặc có thể áp dụng kết hợp các sơ đồ đó.

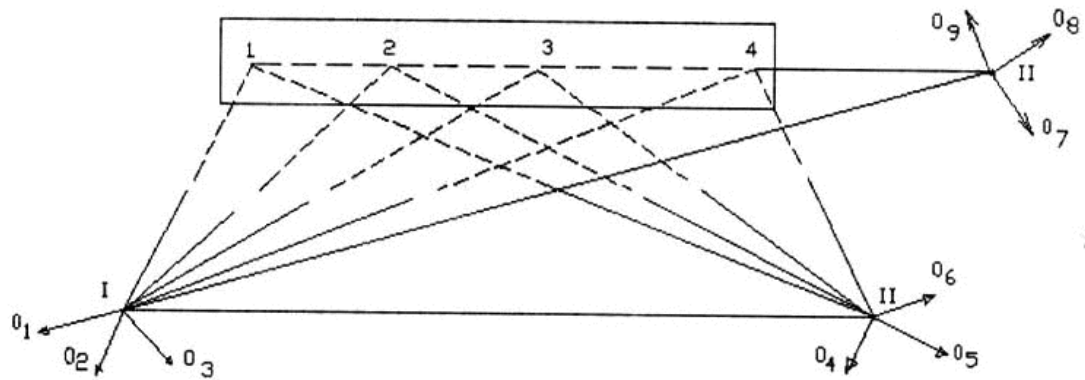
6.3. Độ chính xác và trường hợp áp dụng thích hợp của các sơ đồ đo hướng chuẩn

- 6.3.1. Trong 4 sơ đồ đo cơ bản nêu trên thì sơ đồ đo hướng chuẩn nhích dần có độ chính xác cao nhất. Sơ đồ đo hướng chuẩn chéo nhau có độ chính xác thấp nhất. Sơ đồ đo hướng chuẩn toàn phần và sơ đồ đo hướng chuẩn từng phần có độ chính xác tương đương nhau. Trong cả 4 sơ đồ đo điểm yếu nhất đều là điểm giữa tuyến, các điểm ở hai đầu có độ chính xác cao nhất.
- 6.3.2. Sơ đồ đo hướng chuẩn toàn phần và sơ đồ đo hướng chuẩn từng phần được áp dụng đối với các công trình tuyến ngắn, yêu cầu độ chính xác không cao. Sơ đồ đo hướng chuẩn nhích dần được áp dụng đối với công trình đòi hỏi độ chính xác cao. Sơ đồ đo hướng chuẩn chéo nhau được áp dụng đối với công trình không thông hướng giữa các điểm đầu và điểm cuối của tuyến.

7. Quan trắc chuyển dịch ngang bằng phương pháp đo góc - cạnh

7.1. Phương pháp đo hướng

- 7.1.1. Phương pháp đo hướng được sử dụng để quan trắc chuyển dịch đối với công trình không thể thành lập được hướng chuẩn và số lượng điểm kiểm tra từ 3 đến 5 điểm.
- 7.1.2. Để quan trắc chuyển dịch ngang bằng phương pháp đo hướng cần phải bố trí ít nhất 3 điểm cơ sở ở những vị trí ổn định. Trong đó có 1 điểm tạo thành với các điểm kiểm tra một hướng vuông góc với hướng dự kiến chuyển dịch của công trình, còn các góc giao hội cần $> 30^\circ$ (hình 6).



Hình 2. Quan trắc chuyển dịch ngang bằng phương pháp đo hướng

- 7.1.3. Mỗi chu kỳ quan trắc được tiến hành như sau: Đo kiểm tra độ ổn định của các mốc cơ sở bằng cách dùng phương pháp giao hội nghịch đến các điểm khống chế cơ sở ở xa. Đo góc giữa các điểm cơ sở và điểm kiểm tra, so sánh kết quả đo giữa các chu kỳ và tính giá trị thay đổi hướng của các điểm kiểm tra. Trong tất cả các chu kỳ đo các hướng định hướng phải như nhau.
- 7.1.4. Độ chuyển dịch của điểm kiểm tra được tính theo công thức:

$$q_i = l_i \frac{\Delta \beta_i''}{\rho''} \quad (10)$$

Trong đó:

l_i - Khoảng cách từ điểm cơ sở đến điểm kiểm tra i ;

$\Delta \beta_i$ - Lượng thay đổi hướng đến điểm kiểm tra i giữa 2 chu kỳ quan trắc.

- 7.1.5. Sai số trung phương xác định đại lượng chuyển dịch của điểm i được tính theo công thức:

$$m_{qi} = l_i \frac{m_{\Delta \beta_i}}{\rho''} \quad (11)$$

Nếu các hướng được đo cùng độ chính xác trong các chu kỳ quan trắc thì:

$$m_{qi} = \frac{l_i \cdot m_{\beta}'' \sqrt{2}}{\rho''} \quad (12)$$

7.2. Phương pháp tam giác

- 7.2.1. Phương pháp tam giác và phương pháp giao hội góc thường được ứng dụng để quan trắc chuyển dịch ngang của các công trình xây dựng ở vùng núi,

$$\begin{aligned}q_{xi} &= x_{i,J} - x_{i(J-1)} \\q_{yi} &= y_{i,J} - y_{i(J-1)} \\q_i &= \sqrt{q_{xi}^2 + q_{yi}^2}\end{aligned}\quad (13)$$

Trong đó:

$x_{i,J}, x_{i,(J-1)}$ - Tọa độ x của điểm i tính được ở chu kỳ J và J-1;

$y_{i,J}, y_{i,(J-1)}$ - Tọa độ y của điểm i tính được ở chu kỳ J và J-1;

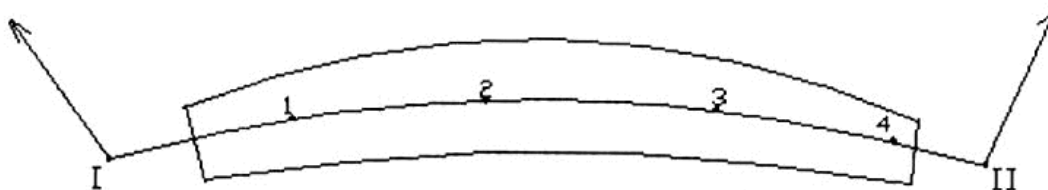
q_{xi}, q_{yi}, q_i - Chuyển dịch của điểm i theo trục x, trục y và chuyển dịch toàn phần.

- 7.2.5. Sai số trung phương xác định chuyển dịch toàn phần của điểm i được tính theo công thức:

$$\begin{aligned}m_{qi} &= \sqrt{m_{\Delta xi}^2 + m_{\Delta yi}^2} \\m_{qi} &= \sqrt{m_{qxi}^2 + m_{qyi}^2}\end{aligned}\quad (14)$$

7.3. Phương pháp đường chuyển

- 7.3.1. Phương pháp đường chuyển thường được áp dụng để quan trắc chuyển dịch ngang của các công trình có dạng hình cung như đường hầm cong; đập cong (hình 8). Thành lập tuyến đường chuyển từ điểm cơ sở I qua các điểm kiểm tra 1, 2, 3, 4 và nối về điểm cơ sở II.



Hình 4. Sơ đồ quan trắc chuyển dịch ngang theo phương pháp đường chuyển

- 7.3.2. Trong mỗi chu kỳ, đo các góc và cạnh của đường chuyển, sau đó bình sai để tính tọa độ của các điểm kiểm tra. Điều quan trọng đối với phương pháp này là phải đo góc và đo cạnh với độ chính xác cao. Độ chuyển dịch của các điểm kiểm tra là hiệu tọa độ tính được ở 2 chu kỳ quan trắc (xem ví dụ tính toán ở Phụ lục D).

7.4. Phương pháp giao hội

7.4.1 Phương pháp giao hội góc, giao hội cạnh hoặc giao hội góc - cạnh thường được áp dụng để quan trắc chuyển dịch ngang. Khi áp dụng phương pháp giao hội thuận, góc giao hội phải trong khoảng $60^0 - 120^0$ và phải giao hội từ ba điểm.

7.4.2. Sai số trung phương vị trí điểm giao hội P được giao hội từ ba điểm được tính như sau:

- Trường hợp giao hội góc:

$$m_{P_g} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{m_\beta}{\rho \sin \gamma} \sqrt{S_1^2 + S_2^2} \quad (15)$$

- Trường hợp giao hội cạnh:

$$m_{P_c} = \frac{1}{\sqrt{2} \sin \gamma} \sqrt{m_{S_1}^2 + m_{S_2}^2} \quad (16)$$

- Trường hợp giao hội góc - cạnh:

$$m_P = \frac{m_{P_g} \cdot m_{P_c}}{\sqrt{2(m_{P_g}^2 + m_{P_c}^2)}} \quad (17)$$

Trong đó:

m_β - sai số trung phương đo góc

m_{S_1}, m_{S_2} - sai số trung phương đo cạnh S_1, S_2

γ - góc giao hội.

7.4.3. Độ chính xác đo góc, đo cạnh trong phương pháp giao hội phải được tính trên cơ sở bảo đảm yêu cầu cấp đo và độ chính xác quy định trong Bảng 2 và 3 của Tiêu chuẩn này.

8. Kiểm tra và đánh giá độ ổn định của các mốc cơ sở

8.1. Trong trường hợp lưới khống chế cơ sở được bình sai chặt chẽ theo phương pháp kinh điển thì có thể kiểm tra độ ổn định của các mốc cơ sở theo phương pháp Kostekhel hoặc kiểm tra theo công thức sau:

$$\Delta < 2\sqrt{2\mu^2 Q} \quad (18)$$

Trong đó:

Δ - chênh lệch trị bình sai giữa hai chu kỳ quan trắc;

μ - sai số trung phương trọng số đơn vị;

Q - hệ số trọng số.

- 8.2. Trong trường hợp lưới khống chế cơ sở được bình sai theo phương pháp bình sai lưới tự do thì kiểm tra độ ổn định của các mốc cơ sở theo phương pháp kiểm định thống kê.
- 8.3. Có thể sử dụng kết hợp cả hai phương pháp trên để kiểm tra độ ổn định của các mốc cơ sở.

9. Xử lý kết quả đo và tính các thông số chuyển dịch ngang công trình

- 9.1. Đối với các công trình có kết cấu đơn giản, số lượng điểm kiểm tra ít và được phân bố đều trên công trình thì tính các thông số chuyển dịch như sau:

- 9.1.1. Chuyển dịch ngang trung bình của công trình

$$q_{tb} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{n} \quad (19)$$

Trong đó:

q_i - Chuyển dịch của điểm i ;

n - Số lượng điểm kiểm tra trên công trình.

- 9.1.2. Chênh lệch chuyển dịch theo một trục (đặc trưng cho độ xoay của công trình)

$$\Delta q = q_3 - q_1$$

Trong đó:

q_3, q_1 - Giá trị chuyển dịch của 2 điểm ở 2 đầu trục.

- 9.1.3. Độ cong tuyệt đối và độ cong tương đối của công trình theo một trục

$$f_1 = \frac{2q_2 - (q_1 + q_3)}{2} \quad (20)$$

$$f_2 = \frac{f_1}{l_{1,3}}$$

trong đó:

f_1, f_2 - Độ cong tuyệt đối và độ cong tương đối;

q_2 - Giá trị chuyển dịch của điểm kiểm tra ở giữa trục;

$l_{1,3}$ - Chiều dài của trục công trình từ điểm 1 đến điểm 3.

- 9.1.4. Tốc độ chuyển dịch của từng điểm và tốc độ chuyển dịch trung bình: Tốc độ chuyển dịch của điểm i được tính theo công thức:

$$v_i = \frac{q_i}{t} \quad (21)$$

Trong đó:

t- Thời gian giữa 2 chu kỳ quan trắc.

Tốc độ chuyển dịch trung bình của công trình được tính:

$$v_{tb} = \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{n} \quad (22)$$

9.2. Đối với các công trình có cấu trúc phức tạp thì cần phải áp dụng các phương pháp phân tích thống kê.

9.2.1. Phương pháp đường thẳng xác suất: Phương pháp này được áp dụng để phân tích chuyển dịch của các công trình dạng thẳng, hướng của đại lượng chuyển dịch vuông góc với hướng của trục công trình. Dựa vào vị trí của các điểm kiểm tra trong một chu kỳ để đặc trưng cho vị trí của công trình tại chu kỳ đo. Độ chuyển dịch của công trình được xác định bằng cách so sánh vị trí của 2 đường thẳng ở 2 chu kỳ đo khác nhau. Phương trình của đường thẳng là:

$$y = ax + b$$

Trong đó:

a, b - Các thông số cần xác định;

x, y - Hoành độ, tung độ của điểm kiểm tra so với đường thẳng xác suất. Các thông số a, b được xác định theo điều kiện: $[\Delta^2_{y_i}] = \min$. Từ đó các thông số a, b được xác định theo hệ phương trình:

$$a \sum_{i=1}^n x_i^2 + b \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n x_i y_i \quad (23)$$

$$a \sum_{i=1}^n x_i + nb = \sum_{i=1}^n y_i$$

chuyển về hệ tọa độ trọng tâm:

$$x_0 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}; y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad (24)$$

tính được:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - y_0 \sum_{i=1}^n x_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - x_0 \sum_{i=1}^n x_i} \quad (25)$$

$$b = y_0 - ax \quad (26)$$

Dựa vào các thông số a, b để tính các đại lượng đặc trưng cho độ chuyển dịch của công trình. Chuyển dịch của trọng tâm công trình so với chu kỳ đầu tiên được tính:

$$c = y_{0J} - y_{01} \quad (27)$$

Trong đó:

y_{0J}, y_{01} - Tung độ của điểm trọng tâm công trình ở chu kỳ đầu tiên và chu kỳ J.

Góc xoay của công trình:

$$\varphi = \rho'' \frac{a_J - a_1}{l + a_J a_1} \quad (28)$$

Trong đó:

a_1, a_J - Hệ số của đường thẳng xác suất được tính ở chu kỳ đầu tiên và chu kỳ J.

- 9.2.2. Phương pháp mặt phẳng xác suất: Phương pháp này được áp dụng để tính thông số chuyển dịch cho các công trình có mặt phẳng đứng, các điểm kiểm tra phân bố ở các độ cao khác nhau và chuyển dịch ngang xảy ra theo hướng vuông góc với mặt phẳng thẳng đứng ấy. Trong mỗi chu kỳ đo, xác định một mặt phẳng xác suất đặc trưng cho vị trí công trình tại thời điểm đó. Phương trình của mặt phẳng có dạng:

$$z = ax + by + c \quad (29)$$

các thông số a, b, c, được xác định theo điều kiện:

$$[\Delta^2 z_i] = \min \quad (30)$$

Trong đó:

Δz_i - Khoảng cách từ điểm kiểm tra i đến mặt phẳng xác suất.

Theo phương pháp số bình phương nhỏ nhất, hệ phương trình chuẩn sẽ được lập theo dạng:

$$\begin{aligned}
 a \sum_{i=1}^n x_i^2 + b \sum_{i=1}^n x_i y_i + c \sum_{i=1}^n x_i - \sum_{i=1}^n x_i z_i &= 0 \\
 a \sum_{i=1}^n x_i y_i + b \sum_{i=1}^n y_i^2 + c \sum_{i=1}^n y_i - \sum_{i=1}^n y_i z_i &= 0 \\
 a \sum_{i=1}^n x_i + b \sum_{i=1}^n y_i + cn - \sum_{i=1}^n z_i &= 0
 \end{aligned} \tag{31}$$

Giải hệ phương trình chuẩn này sẽ được các giá trị của các thông số của mặt phẳng xác suất a, b, c ; từ đó tính các thông số phụ trợ đặc trưng cho vị trí mặt phẳng so với hệ tọa độ cho trước.

Khoảng cách từ gốc tọa độ đến mặt phẳng xác suất được tính:

$$d = \frac{c}{\sqrt{a^2 + b^2 + 1}} \tag{32}$$

Góc tạo bởi pháp tuyến của mặt phẳng xác suất với các trục Ox, Oy, Oz được tính theo công thức:

$$\begin{aligned}
 \alpha &= \arccos \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2 + 1}} \\
 \beta &= \arccos \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2 + 1}} \\
 \gamma &= \arccos \frac{1}{\sqrt{a^2 + b^2 + 1}}
 \end{aligned} \tag{33}$$

Góc nghiêng lớn nhất giữa hai mặt phẳng ở hai chu kỳ đo (đặc trưng cho góc xoay của công trình).

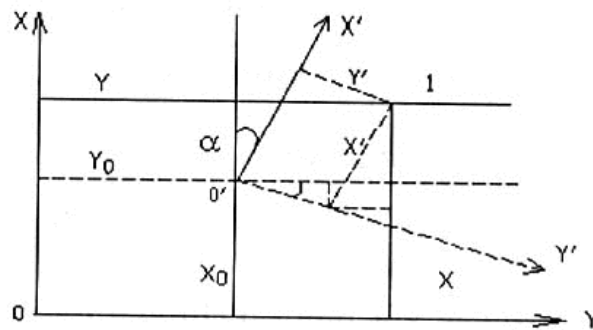
$$\varphi = \arccos \frac{a_J a_{J-1} + b_J b_{J-1} + 1}{\sqrt{a_J^2 + b_J^2 + 1} \cdot \sqrt{a_{J-1}^2 + b_{J-1}^2 + 1}} \tag{34}$$

Trong đó:

$a_J, b_J, a_{J-1}, b_{J-1}$ - Các thông số của mặt phẳng xác suất tính được ở chu kỳ J và $J-1$.

- 9.2.3. Phương pháp biến đổi tọa độ: Phương pháp này áp dụng để tính các thông số chuyển dịch của công trình theo cả 2 trục tọa độ, các điểm kiểm tra được phân bố trên cùng một độ cao và cùng nằm trong mặt phẳng ngang.

Giả sử cần xác định chuyển dịch ngang công trình ở 2 thời điểm khác nhau theo các hệ tọa độ tương ứng là xoy và x'o'y' (Hình 5)



Hình 5. Sơ đồ biến đổi tọa độ từ hệ xoy sang hệ x'o'y'

Như vậy chuyển dịch của công trình trong mặt phẳng ngang được đặc trưng bởi chuyển dịch của hệ tọa độ x'o'y' so với hệ tọa độ xoy. Các tham số đặc trưng cho độ chuyển dịch của hệ tọa độ x'o'y' được chọn là:

x_0 - Chuyển dịch của điểm gốc o' theo trục ox;

y_0 - Chuyển dịch của điểm gốc o' theo trục oy;

α - Góc xoay của hệ x'o'y';

M - Hệ số tỷ lệ chiều dài của hệ x'o'y' so với hệ xoy.

Theo hình học giải tích: x, y sẽ được tính bằng:

$$x = x_0 + Mx'\cos\alpha - My'\sin\alpha$$

$$y = y_0 + Mx'\sin\alpha + My'\cos\alpha$$

ký hiệu $M = 1 + m$; (với m là rất nhỏ) và góc α cũng rất nhỏ nên có thể coi $\cos\alpha = 1$; $\sin\alpha = \alpha$. Do đó x_0, y_0 được tính:

$$x_0 - y'\alpha + x'm = x - x' = q_x$$

$$y_0 + x'\alpha + y'm = y - y' = q_y \quad (35)$$

Trong đó:

q_x, q_y - giá trị chuyển dịch của điểm kiểm tra theo trục x và trục y.

Căn cứ vào điều kiện $[q_x^2] + [q_y^2] = \min$, sẽ có hệ phương trình chuẩn như sau:

$$nx_0 + [x']m - [y']\alpha - [q_x] = 0$$

$$ny_0 + [y']m + [x']\alpha - [q_y] = 0$$

$$\begin{aligned}
 & [x']x_0 + [y']y_0 + ([x']^2 + [y']^2)m - ([x']q_x + [y']q_y) = 0 \\
 & - [y']x_0 + [x']y_0 + ([x']^2 + [y']^2)\alpha - ([x']q_y + [y']q_x) = 0
 \end{aligned} \tag{36}$$

Giải hệ phương trình này sẽ tìm được các thông số chuyển dịch x_0 , y_0 , α và m .

10. Lập hồ sơ báo cáo kết quả đo chuyển dịch ngang công trình

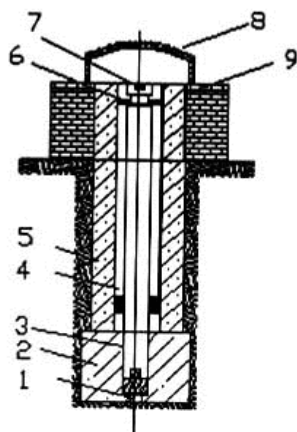
10.1. Căn cứ vào phương án kỹ thuật và các tài liệu đo đạc, tính toán bình sai, nhà thầu phải tiến hành lập hồ sơ báo cáo kết quả đo chuyển dịch ngang công trình và nhận xét, đánh giá, dựa vào các Tiêu chuẩn và Quy phạm hiện hành. Hồ sơ báo cáo kết quả đo chuyển dịch ngang cần dựa vào các thông số tính được để thể hiện trực quan quá trình chuyển dịch ngang công trình bằng các biểu đồ, mặt cắt cụ thể:

- Mặt cắt chuyển dịch ngang công trình theo hướng trục đã lựa chọn;
- Biểu đồ chuyển dịch ngang của các mốc đặc trưng theo thời gian;
- Sơ đồ chuyển dịch ngang của từng mốc kiểm tra; hình vẽ xem Phụ lục I.

10.2 Hồ sơ báo cáo kết quả đo chuyển dịch ngang công trình phải được nghiệm thu ở các cấp có thẩm quyền và bàn giao cho chủ đầu tư lưu giữ trong quá trình xây dựng và sử dụng công trình.

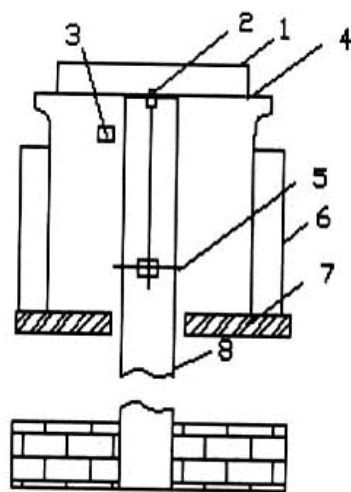
Phụ lục A (Tham khảo)

Sơ đồ cấu tạo mố cơ sở (mố chuẩn) đo chuyển dịch ngang



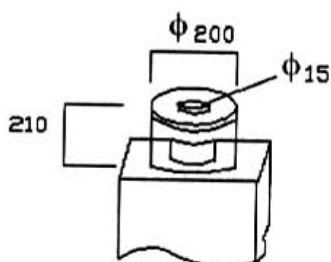
- 1- Ốc điều chỉnh mố
- 2- Bê tông dầy 500
- 3- Ống kim loại $\phi 60$
- 4- Lớp đệm thân ống dầy 200
- 5- Ống bảo vệ $\phi 110$
- 6- Lớp đệm mặt ống dầy 200
- 7- Đầu mố bằng đồng $\phi 25$ có khắc dấu chữ thập dài 60
- 8- Nắp bảo vệ đường kính 200, cao 100
- 9- Tường gạch bảo vệ 600 x 600 x 600

Hình A.1. Cấu tạo loại mố nổi



- 1- Nắp bảo vệ bê tông 600 x 600 x 100
- 2- Tâm mố bằng đồng $\phi 25$ có khắc dấu chữ thập dài 60
- 3- Ốc điều chỉnh
- 4- Ốc điều chỉnh
- 5- Lớp cách nhiệt rắn dầy 100, cao 800
- 6- Lớp bê tông dầy 200
- 7- Ống kim loại $\phi 80$
- 8- Chất lỏng cách nhiệt

Hình A.2. Cấu tạo loại mố chìm

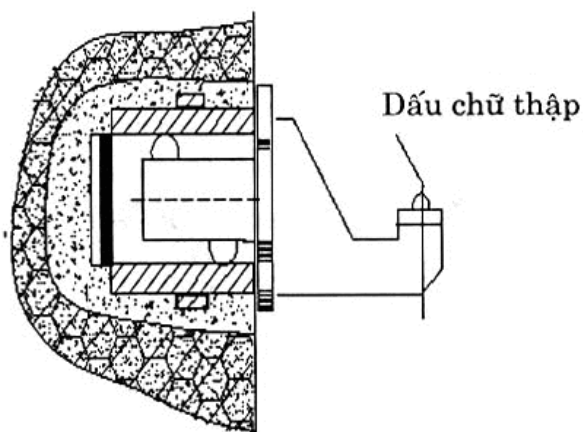
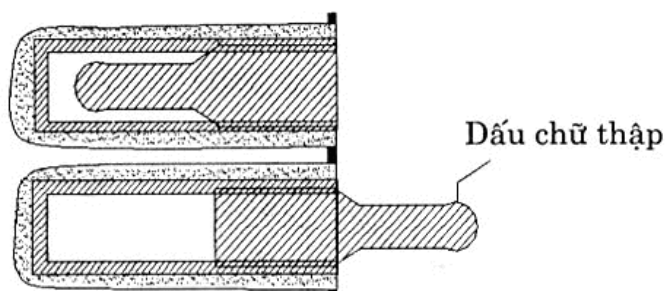
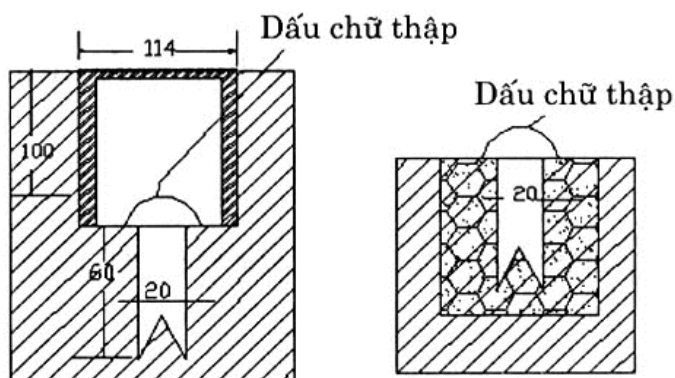


Trụ bê tông 300 x 300 x 1000

Hình A.3. Cấu tạo loại mố định tâm bắt buộc

Phụ lục B

(Tham khảo)

Sơ đồ cấu tạo mố đổ chuyển dịch ngang**Hình B.1. Cấu tạo loại mố gắn vào công trình****Hình B.2. Cấu tạo loại mố gắn vào công trình có bản lề quay****Hình B.3. Cấu tạo loại mố gắn vào nền, móng công trình**

Phụ lục C

(Tham khảo)

**Tiêu chuẩn đánh giá độ ổn định của các mốc cơ sở
khi quan trắc chuyển dịch ngang công trình**

Lưới khống chế trong quan trắc chuyển dịch là mạng lưới độc lập, được tiến hành đo lập trong các chu kỳ quan trắc. Các mạng lưới này thông thường được xây dựng thành 2 bậc; bậc 1 là lưới khống chế cơ sở và bậc 2 là lưới quan trắc. Như vậy tọa độ các điểm mốc của lưới khống chế cơ sở là số liệu gốc cho việc tính toán và đánh giá độ chuyển dịch của các điểm kiểm tra được gắn trên công trình cần theo dõi, và nếu chỉ cần một trong các mốc này bị chuyển dịch vị trí sẽ làm sai lệch vị trí các mốc quan trắc và tất nhiên điều này sẽ ảnh hưởng đến các kết quả đánh giá độ chuyển dịch của công trình. Do vậy các điểm khống chế cơ sở cần được bố trí tại những nơi có điều kiện địa chất ổn định, nằm ngoài phạm vi chịu tác động của sự chuyển dịch công trình và đặc biệt phải có độ ổn định cao trong suốt quá trình quan trắc.

Công việc kiểm tra, đánh giá ổn định của hệ thống mốc cơ sở trong quan trắc chuyển dịch công trình có vai trò rất quan trọng và quyết định tới độ tin cậy của toàn bộ các kết quả quan trắc. Kết quả của công việc này là xác định được những mốc ổn định và những mốc có độ chuyển dịch lớn hơn giá trị cho phép để loại chúng ra khỏi số liệu gốc. Để có kết luận đúng đắn về vấn đề này cần đưa ra tiêu chuẩn về độ ổn định cho các mốc của lưới khống chế cơ sở.

Sai số vị trí điểm của mốc khống chế trong bậc thứ i của lưới được tính theo công thức:

$$M_i = \frac{M_{0i} K^{i-1}}{\sqrt{1 + K^2 + K^4 + \dots + K^{2(i-1)}}} \quad (C.1)$$

Trong đó:

M_i - sai số trung phương vị trí điểm của mốc khống chế bậc thứ i ;

M_{0i} - sai số tổng hợp của lưới bậc thứ i ;

K - hệ số giảm độ chính xác của lưới.

Đối với trường hợp lưới khống chế cơ sở và lưới quan trắc chuyển dịch có 2 bậc, tức $n = 2$. Mặt khác trong lưới quan trắc độ chuyển dịch các công trình thủy lợi, thủy điện thông thường các mốc quan trắc được tiến hành xác định theo phương pháp giao hội góc - cạnh, và nếu lấy sai số đo góc $m_\beta = 2.0''$, sai số đo cạnh $m_s = 2 + 1 \text{ ppm}$, ta có $M = 2.2 - 2.5 \text{ mm}$. Thay $M = 2.30 \text{ mm}$ và $K = 2$ vào công thức (C.1), tính được sai số trung phương vị trí điểm khống chế của lưới cơ sở $M_{Qi} = 1.03 \text{ mm}$. Những điểm khống chế của lưới được coi là ổn định nếu chênh lệch tọa độ của chúng ở chu kỳ đang xét so với chu kỳ đầu tiên không vượt quá sai số giới hạn xác định độ chênh lệch đó, cụ thể phải thỏa mãn điều kiện:

$$|Q_i| < t.M_{Qi} \quad (\text{C.2})$$

Trong đó:

Q_i - giá trị chênh lệch tọa độ của điểm khống chế giữa chu kỳ đang xét n và chu kỳ đầu tiên được tính theo công thức:

$$Q_i = \sqrt{(X_n - X_1)^2 + (Y_n - Y_1)^2}$$

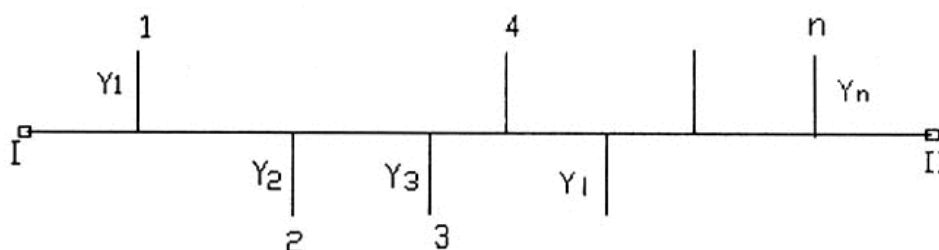
t - hệ số chuyển đổi từ sai số trung phương sang sai số giới hạn, thường lấy $t = 3$.
Lúc đó điều kiện (C.2) sẽ là:

$$Q_i < 3 . M_{Qi} \quad (\text{C.3})$$

Những điểm khống chế lưới cơ sở thỏa mãn điều kiện (C.3) thì chúng được coi là ổn định.

Phụ lục D
(Tham khảo)
Các phương pháp đo hướng chuẩn

- I. Phương pháp đo hướng chuẩn toàn phần
1. Sơ đồ đo hướng chuẩn toàn phần (Hình D.1)



Hình D.1. Sơ đồ đo hướng chuẩn toàn phần

2. Phương pháp đo: Đặt máy tại điểm I, định hướng về điểm II và lần lượt đo độ lệch hướng của các điểm kiểm tra 1, 2, 3,... n. Đo ở 2 vị trí bàn độ trái và phải. Sau đó đo theo chiều ngược lại bằng cách đặt máy tại điểm II định hướng về điểm I và tiến hành đo độ lệch hướng của các điểm kiểm tra như khi đo chiều thuận.
3. Độ chính xác của phương pháp đo hướng chuẩn toàn phần: Công thức chung để tính sai số trung phương độ lệch hướng của điểm i là:

$$m_{yi} = \frac{l_i m_c''}{\rho''} \quad (D.1)$$

Trong đó:

m_c - sai số đo trong phương pháp đo góc nhỏ hoặc trong phương pháp bảng ngắm di động.

Trọng số của Y_i khi đo lần thuận (đo đi) được tính theo công thức:

$$P_i = \frac{\mu^2}{m_{yi}^2} = \frac{\mu^2 \rho^2}{m_c^2 \cdot l_{I,i}^2} \quad (D.2)$$

Trọng số của Y'_i khi đo lần ngược chiều (đo về) được tính:

$$P'_i = \frac{\mu^2}{m_{y'i}^2} = \frac{\mu^2 \rho^2}{m_c^2 \cdot l_{II,i}^2} \quad (D.3)$$

Trị trung bình của độ lệch hướng của điểm i được tính theo công thức:

$$\bar{y} = \frac{p_i \cdot y_i + p'_i \cdot y'_i}{p_i + p'_i} \quad (D.4)$$

Trọng số của trị trung bình:

$$P = P_i + P'_i = \frac{\mu^2 \rho^2 (l_{I,i}^2 + l_{II,i}^2)}{m_c^2 \cdot l_{I,i}^2 \cdot l_{II,i}^2} \quad (D.5)$$

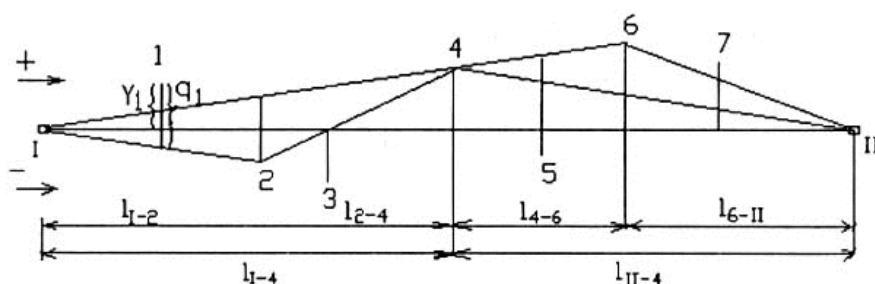
Sai số trung phương của trị trung bình:

$$m_{\bar{y}} = \frac{m_c}{\rho} \cdot \frac{l_{I,i} \cdot l_{II,i}}{\sqrt{l_{I,i}^2 + l_{II,i}^2}} \quad (D.6)$$

Trong các công thức trên μ có thể lấy bằng 1.

II. Phương pháp đo hướng chuẩn từng phần

1. Sơ đồ đo hướng chuẩn từng phần (Hình D.2)



Hình D.2. Sơ đồ đo hướng chuẩn từng phần

2. Phương pháp đo: Hướng chuẩn I-II được chia làm nhiều phần và tiến hành đo như sau:

a. Đo đi:

- Định hướng I-II, đo điểm 4;
- Định hướng I-4, đo điểm 2;
- Định hướng II-4, đo điểm 6;
- Định hướng I-2, đo điểm 1;
- Định hướng 2-4, đo điểm 3;

- Định hướng 4-6, đo điểm 5;
 - Định hướng 6-II, đo điểm 7.
- b. Đo về:
- Đặt máy tại điểm II, định hướng về I và theo tuần tự ngược lại với đo đi, lần lượt đo các điểm 4, 6, 2, 7, 5, 3, 1.
3. Tính độ lệch hướng: Độ lệch hướng y_i của các điểm kiểm tra so với hướng chuẩn I, II được tính qua các đại lượng đo q_i :

$$y_4 = q_4$$

$$y_2 = q_2 + q_4 \frac{l_{I-2}}{l_{I-4}}$$

$$y_6 = q_6 + q_4 \frac{l_{II-6}}{l_{II-4}}$$

$$y_1 = q_1 + q_2 \frac{l_{I-2}}{l_{I-4}} + q_4 \frac{l_{I-1}}{l_{I-4}}$$

$$y_3 = q_3 + q_2 \frac{l_{3-4}}{l_{2-4}} + q_4 \frac{l_{I-3}}{l_{I-4}}$$

$$y_5 = q_5 + q_4 \frac{l_{5-II}}{l_{4-II}} + q_6 \frac{l_{4-5}}{l_{4-6}}$$

$$y_7 = q_7 + q_4 \frac{l_{7-II}}{l_{4-II}} + q_6 \frac{l_{7-II}}{l_{6-II}} \quad (D.7)$$

4. Độ chính xác của phương pháp đo hướng chuẩn từng phần: Nếu khoảng cách giữa các điểm kiểm tra bằng nhau và ký hiệu:

$$m_{qi} = l_i \cdot \frac{m_c''}{\rho''}$$

thì sai số trung phương độ lệch hướng theo một chiều đo đi hoặc đo về được tính theo công thức:

$$m_{y4} = \frac{1}{2} \cdot \frac{m_c''}{\rho''} \cdot l_{I,II}$$

$$m_{y2} = m_{y6} = \frac{1}{2\sqrt{2}} \cdot \frac{m_c''}{\rho''} \cdot l_{I,II} \quad (D.8)$$

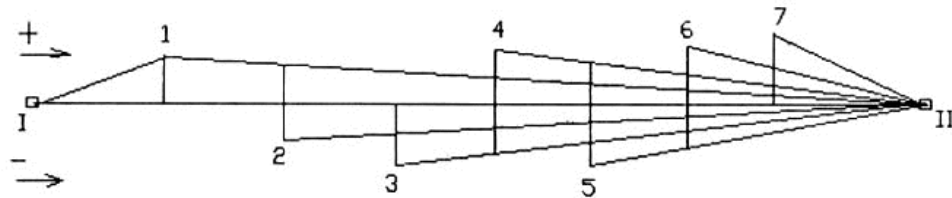
$$m_{y1} = m_{y7} = \frac{\sqrt{3}}{8} \cdot \frac{m_c''}{\rho''} \cdot l_{I,II}$$

$$m_{y3} = m_{y5} = \frac{\sqrt{11}}{8} \cdot \frac{m_c''}{\rho''} \cdot l_{I,II}$$

Sai số trung phương của trị trung bình độ lệch hướng đo đi và đo về của các điểm kiểm tra sẽ nhỏ hơn $\sqrt{2}$ lần so với các giá trị trong các công thức trên.

III. Phương pháp hướng chuẩn nhích dần

1. Sơ đồ đo hướng chuẩn nhích dần (Hình D.3)



Hình D.3. Sơ đồ đo hướng chuẩn nhích dần

2. Trình tự đo hướng chuẩn nhích dần :

a) Đo đi:

- Đặt máy tại điểm I, định hướng về II, đo điểm 1;
- Đặt máy tại 1, định hướng về II, đo điểm 2;
- Đặt máy tại 2, định hướng về II, đo điểm 3;

.....;

Tiếp tục đo nhích dần đến điểm đo cuối cùng.

b) Đo về:

- Đặt máy tại điểm II, định hướng về điểm I, đo điểm 7;
- Đặt máy tại điểm 7, định hướng về điểm I, đo điểm 6;

.....;

Tiếp tục đo nhích dần về điểm đầu.

3. Tính độ lệch hướng theo phương pháp hướng chuẩn nhích dần

a) Đo đi:

$$y_1 = q_1$$

$$y_2 = q_1 \cdot \frac{l_{2.II}}{l_{1.II}} + q_2$$

$$y_3 = q_1 \cdot \frac{l_{3.II}}{l_{1.II}} + q_2 \frac{l_{3.II}}{l_{2.II}} + q_3$$

$$\begin{aligned} y_7 = q_1 \cdot \frac{l_{7.II}}{l_{1.II}} + q_2 \frac{l_{7.II}}{l_{2.II}} + q_3 \frac{l_{7.II}}{l_{3.II}} + q_4 \frac{l_{7.II}}{l_{4.II}} + \\ + q_5 \cdot \frac{l_{7.II}}{l_{5.II}} + q_6 \frac{l_{7.II}}{l_{6.II}} + q_7 \end{aligned} \quad (D.9)$$

b) Đo về:

$$y'_7 = q'_7$$

$$y'_6 = q'_6 \cdot \frac{l_{6.I}}{l_{7.I}} + q'_6$$

$$y'_5 = q'_7 \cdot \frac{l_{5.I}}{l_{7.I}} + q'_6 \frac{l_{5.I}}{l_{6.I}} + q'_5$$

$$\begin{aligned} y'_1 = q'_7 \cdot \frac{l_{1.I}}{l_{7.I}} + q'_6 \frac{l_{1.I}}{l_{6.I}} + q'_5 \frac{l_{1.I}}{l_{5.I}} + \\ + q'_4 \cdot \frac{l_{1.I}}{l_{4.I}} + q'_3 \frac{l_{1.I}}{l_{3.I}} + q'_2 \frac{l_{1.I}}{l_{2.I}} + q'_1 \end{aligned} \quad (D.10)$$

Nếu khoảng cách giữa các điểm kiểm tra bằng nhau thì có thể coi sai số m_q là không đổi:

$$m_q = \frac{m''_c}{\rho''} \cdot \frac{l_{I.II}}{n} \quad (D.11)$$

Trong đó:

n- số đoạn trên toàn hướng I-II.

4. Độ chính xác của phương pháp hướng chuẩn nhích dần: Công thức tổng quát để tính sai số trung phương của độ lệch hướng của điểm i:

a) Đo đi:

$$m_{y_i}^2 = m_q^2 \sum_{k=1}^{k=i} \left(\frac{n-i}{n-k} \right)^2 \quad (D.12)$$

b) Đo về:

$$m_{y'_i}^2 = m_q^2 \sum_{k=1}^{k=n-i} \left(\frac{i}{n-k} \right)^2$$

Trong đó:

i - Số hiệu của điểm;

k - Số hiệu của trị đo q [k= 1, 2,.....(n-1)];

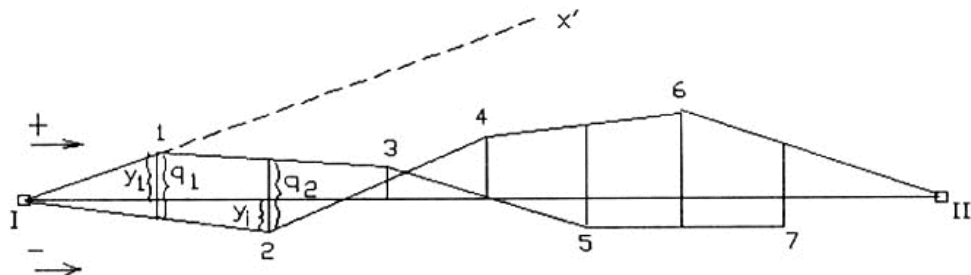
n - Số đoạn trên toàn hướng chuẩn;

Sai số trung phương của trị trung bình được tính:

$$m_{\bar{y}_i} = \frac{m_{y_i} \cdot m_{y'_i}}{\sqrt{m_{y_i}^2 + m_{y'_i}^2}} \quad (D.13)$$

IV. Phương pháp đo hướng chuẩn chéo nhau

1. Sơ đồ đo hướng chuẩn chéo nhau (Hình D.4)



Hình D.4. Sơ đồ hướng chuẩn chéo nhau

2. Trình tự đo hướng chuẩn chéo nhau:

a) Đo đi:

- Đặt máy tại điểm I, định hướng về 2 đo độ lệch q_1 so với hướng I-2;

- Đặt máy tại 1, định hướng về 3, đo độ lệch q_2 so với hướng I-3;
 - Đặt máy tại điểm 2, định hướng về 4, đo độ lệch q_3 so với hướng 2-4;
- tiếp tục làm như vậy cho đến khi đo độ lệch q_7 so với hướng 6-II.

b) Đo về:

- Đặt máy tại điểm II, định hướng về 6 đo độ lệch q_7 so với hướng II-6;
 - Đặt máy tại điểm 7, định hướng về 5 đo độ lệch q_6 so với hướng 7-5;
- tiếp tục làm tương tự như vậy đến khi đo độ lệch q_1 so với hướng 2-I.

3. Tính độ lệch hướng: Việc tính độ chuyển dịch ngang theo phương pháp hướng chéo nhau được tiến hành tương tự như tính đường chuyển phù hợp giữa 2 điểm I và II, không đo góc nối. Các góc ngoặt β_i được tính:

$$\beta_1 = 180^\circ - (\delta_1 + \delta_r); \quad (D.14)$$

$$\delta_1 = \frac{q_1 \rho''}{l_{1-1}}$$

$$\delta_r = \frac{q_1 \rho''}{l_{1.2}}$$

hoặc :

$$\beta_1 = 180^\circ - q_1 \cdot \rho'' \frac{l_{1.1} + l_{1.2}}{l_{1.1} \cdot l_{1.2}}$$

$$\beta_2 = 180^\circ - q_2 \cdot \rho'' \frac{l_{1.2} + l_{2.3}}{l_{1.2} \cdot l_{2.3}}$$

.....

$$\beta_7 = 180^\circ - q_7 \cdot \rho'' \frac{l_{6.7} + l_{7.II}}{l_{6.7} \cdot l_{7.II}} \quad (D.15)$$

Chọn hệ tọa độ giả định có điểm gốc trùng với điểm I, trục X' trùng với I-1.

Tính góc phương vị của các cạnh trong hệ tọa độ này:

$$\alpha'_1 = 0$$

$$\alpha'_2 = \alpha'_1 + 180^\circ - \beta_1 = 180^\circ - \beta_1$$

$$\alpha'_3 = \alpha'_2 + 180^\circ - \beta_2 = 2 \cdot 180^\circ - (\beta_1 + \beta_2)$$

$$\alpha'_{II} = 7.180^0 - (\beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_7) \quad (D.16)$$

Tính y'_i của các điểm:

$$y'_1 = \frac{l_{I.1} \cdot \alpha'_1}{\rho''} = 0$$

$$y'_2 = \frac{l_{I.2} \cdot \alpha'_2}{\rho''}$$

$$y'_3 = \frac{l_{1.2} \cdot \alpha'_2}{\rho''} + \frac{l_{2.3} \cdot \alpha'_3}{\rho''}$$

.....

$$y'_{II} = \frac{1}{\rho''} (l_{1.2} \cdot \alpha'_2 + l_{2.3} \cdot \alpha'_3 + \dots + l_{7.II} \cdot \alpha'_{II}) \quad (D.17)$$

Tính phương vị của hướng chuẩn I-II trong hệ tọa độ $x' I y'$:

$$\operatorname{tg} \alpha'_{I.II} = \frac{y'_{II}}{x'_{I.II}} \quad (D.18)$$

từ đó suy ra: $\alpha'_{I.II} = \varphi$, chuyển lại về hệ tọa độ XIY (trục X trùng với trục I-II). Tính lại các phương vị:

$$\alpha_1 = 360^0 - \varphi$$

$$\alpha_2 = 360^0 - \varphi + 180^0 - \beta_1 = 180^0 - (\varphi + \beta_1)$$

$$\alpha_3 = \alpha_2 + 360^0 - \beta_2 = 2.180^0 - (\varphi + \beta_1 + \beta_2)$$

.....

$$\alpha_{II} = \dots\dots\dots 7.180^0 - (\varphi + \beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_7) \quad (D.19)$$

tính y_i của các điểm trong hệ tọa độ XIY:

$$y_1 = \frac{l_{I.1} \cdot \alpha_1}{\rho''}$$

$$y_2 = \frac{l_{I.2} \cdot \alpha_1}{\rho''} + \frac{l_{1.2} \cdot \alpha_2}{\rho''}$$

.....

$$y_7 = \frac{1}{\rho''} \sum_{i=1}^{i=7} (l_{i-1,i} \cdot \alpha_i) \quad (D.20)$$

kiểm tra:

$$y_{II} = \frac{1}{\rho''} \sum_{i=1}^{i=II} (l_{i-1,i} \cdot \alpha_i) = 0$$

4. Độ chính xác của sơ đồ hướng chuẩn chéo nhau: Từ công thức (D.15) ta có:

$$m_{\beta i} = m_{qi} \rho \frac{l_i + l_{i+1}}{l_{i+1}}$$

vì:

$$m_{qi} = m_c \frac{l_i}{\rho}$$

nên:

$$m_{\beta i} = m_c \frac{l_i + l_{i+1}}{l_{i+1}} \quad (D.21)$$

khi $l_i \approx l_{i+1}$ thì:

$$m_{\beta i} = 2m_c \quad (D.22)$$

Như vậy, khi không bình sai đường chuyển đuổi thẳng, sai số trung phương của độ lệch hướng của điểm i được tính theo công thức:

$$m_{yi} = \frac{m_{\beta}}{\rho} [l_i] \sqrt{\frac{i+1,5}{3}}$$

hoặc:

$$m_{yi} = 2 \frac{m_c}{\rho} \frac{l_{I,II}}{n} i \sqrt{\frac{i+1,5}{3}} \quad (D.23)$$

Trong đó:

n - Số đoạn trên toàn tuyến hướng chuẩn. Theo công thức (32) thì m_{yi} có giá trị nhỏ nhất khi $i = 1$; và m_{yi} có giá trị lớn nhất khi $i = n - 1$.

Phụ lục E

(Tham khảo)

**Ví dụ - Phân tích độ chính xác đo góc và đo cạnh
khi đo chuyển dịch ngang bằng phương pháp đường chuyển**

Ví dụ tính độ chính xác đo góc và đo cạnh đường chuyển có chiều dài là 500m; số lượng cạnh $n = 5$ và chiều dài các cạnh là 100m.

Nếu sai số cho phép xác định đại lượng chuyển dịch là 2mm thì theo nguyên tắc ảnh hưởng bằng nhau sẽ tính được m_d theo công thức:

$$m_d = m_{ng} = \frac{2}{\sqrt{2}} = \sqrt{2} \text{ (mm)} \quad (\text{E.1})$$

Sau khi bình sai tọa độ, sai số hướng dọc của điểm giữa tuyến đa giác là:

$$m_d = m_s \sqrt{\frac{n}{2}} \quad (\text{E.2})$$

từ đó, sai số trung phương đo cạnh là:

$$m_s = \frac{\sqrt{2}m_d}{\sqrt{n}} = \frac{\sqrt{2}\sqrt{2}}{\sqrt{5}} = \frac{2}{\sqrt{5}} = 0,9\text{mm} \quad (\text{E.3})$$

Sai số hướng ngang của điểm giữa tuyến đa giác sau khi bình sai tọa độ:

$$m_{ng} = \frac{m''_{\beta}}{\rho''} S \sqrt{\frac{n(n^2 + 3)}{48}} \quad (\text{E.4})$$

Từ đó, sai số trung phương đo góc:

$$m_{\beta} = \frac{m_{ng}}{S} \rho'' \sqrt{\frac{48}{n(n^2 + 3)}} = 1'',7 \quad (\text{E.5})$$

Trong trường hợp tại điểm đầu và điểm cuối tuyến đường chuyển có đo góc liên hệ với độ chính xác rất cao thì sau khi bình sai tọa độ và phương vị, ta có:

$$m_{ng} = \frac{m''_{\beta}}{\rho''} S \sqrt{\frac{n(n+2)(n^2 + 2n + 4)}{192(n+1)}} \quad (\text{E.6})$$

từ đó tính được: $m_{\beta} = 2'',7$

Phụ lục F

(Tham khảo)

So sánh độ chính xác của các phương án lập lưới quan trắc chuyển dịch ngang bằng phương pháp giao hội.

Giả sử có một mạng lưới quan trắc chuyển dịch ngang nhà máy thủy điện được cho ở hình F.1. Mạng lưới này được thể hiện theo 3 phương án:

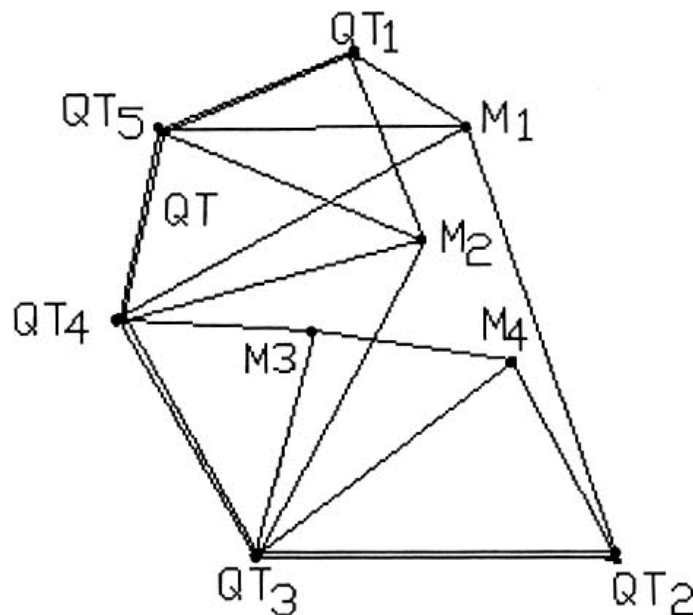
- Phương án 1: Đo theo đồ hình lưới giao hội góc

Từ các mốc cơ sở QT1 - QT5 tiến hành đo góc đến các điểm kiểm tra M1, M2, M3, M4 (trung bình mỗi điểm kiểm tra được xác định bằng giao hội góc từ 4 hướng), sai số đo góc giả định là $m_\beta = 2,0''$.

- Phương án 2: Đo theo đồ hình lưới giao hội cạnh

Theo sơ đồ này, đặt máy tại các điểm cơ sở QT1 - QT5 đo chiều dài cạnh đến các điểm kiểm tra gắn trên công trình M1, M2, M3, M4, độ chính xác đo cạnh giả định là $m_s = 2 + 1 \text{ ppm}$.

- Phương án 3: Đo theo đồ hình lưới giao hội góc cạnh



Hình F.1. Sơ đồ lưới quan trắc chuyển dịch ngang nhà máy thủy điện

Từ các mốc cơ sở QT1 - QT5 đo các góc và cạnh đến các điểm kiểm tra M, M1, M2, M3, M4. Độ chính xác đo góc giả định là $m_\beta = 2,0''$, sai số đo cạnh $m_s = 2 + 1 \text{ ppm}$.

Kết quả tính sai số vị trí điểm theo 3 phương án được nêu ở Bảng F.1

Bảng F.1. Sai số vị trí điểm tính theo 3 phương án giao hội

Số thứ tự	Tên điểm	Sai số vị trí điểm (mm)		
		Phương án giao hội góc	Phương án giao hội cạnh	Phương án giao hội góc cạnh
1	M1	6.6	3.9	2.3
2	M2	6.3	3.3	2.4
3	M3	7.2	3.6	2.5
4	M4	6.3	3.2	2.2

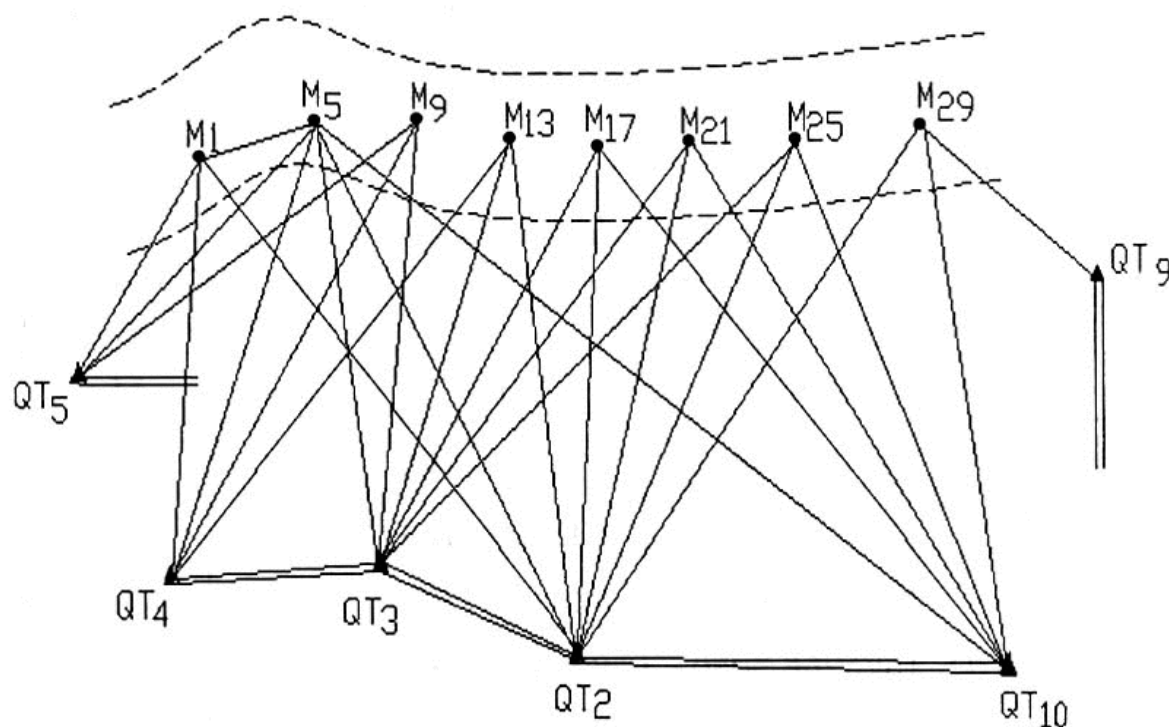
Nhận xét: Phương án giao hội góc có độ chính xác kém hơn hẳn phương án giao hội cạnh và giao hội góc - cạnh. Ngoài ra công tác đo góc trong lưới với độ chính xác $m_\beta = 2.0''$ sẽ mất nhiều thời gian hơn so với công tác đo cạnh bằng máy toàn đạc điện tử. Với các máy toàn đạc điện tử độ chính xác cao hiện nay như TC1700, TC 2003... có độ chính xác đo cạnh cỡ 1 - 2mm, có thể cho phép xây dựng mạng lưới quan trắc chuyển dịch ngang theo đồ hình giao hội đo toàn cạnh. Phương án này vừa đảm bảo yêu cầu độ chính xác cao vừa có lợi về mặt kinh tế.

Phụ lục G

(Tham khảo)

Kết quả tính toán bình sai đánh giá độ ổn định của các mốc cơ sở và tính tọa độ các điểm kiểm tra chuyển dịch ngang tuyến đập

1. Sơ đồ mạng lưới quan trắc chuyển dịch ngang tuyến đập được nêu ở Hình G.1



Hình G.1. Sơ đồ mạng lưới quan trắc chuyển dịch ngang tuyến đập

2. Kết quả tính toán bình sai mạng lưới khống chế mặt bằng để đánh giá độ ổn định của các mốc cơ sở (chu kỳ 12).

+ Chỉ tiêu kỹ thuật của lưới

Tổng số điểm: 7

Số lượng góc: 28

Số lượng cạnh: 17

Sai số đo góc: 1.0"

Sai số đo cạnh: 1 + 1ppm

+ Số liệu khởi tính

Số thứ tự	Tên điểm	Tọa độ	
		X(m)	Y(m)
1	QT10	1574036.4404	805473.4787
2	QT2	1574554.4980	805200.0718
3	QT3	1574814.6029	805458.7233
4	QT4	1575256.5016	805633.1318
5	QT5	1575472.3879	805858.8321
6	QT9	1574191.3128	805794.8655

Bảng thành quả tọa độ sau bình sai

Số thứ tự	Tên điểm	Tọa độ		Sai số vị trí (mm)		
		X(m)	Y(m)	Mx	My	Mp
1	QT10	1574036.4404	805473.4793	0.6	0.6	0.8
2	QT2	1574554.4968	805200.0706	0.6	0.7	0.9
3	QT3	1574814.6028	805458.7203	0.6	0.7	0.9
4	QT4	1575256.5010	805633.1298	0.7	1.0	1.2
5	QT5	1575472.3899	805858.8339	1.1	1.2	1.7
6	QT8	1574507.8722	807688.7450	2.9	1.3	3.2
7	QT9	1574191.3126	805794.8642	0.6	0.5	0.8

Đánh giá độ lệch tọa độ điểm

Số thứ tự	Tên điểm	Độ lệch tọa độ (mm)			Đánh giá
		QX	QY	Q	ổn định
1	QT10	0.0	0.6	0.6	ổn định
2	QT2	-1.2	-1.2	1.7	ổn định
3	QT3	-0.1	2.0	2.1	ổn định
4	QT4	-0.6	-2.0	2.1	ổn định
5	QT5	-2.0	1.8	2.7	ổn định
6	QT9	-0.2	-1.3	1.3	ổn định
7	QT9	3.1	-2.9	4.3	Không ổn định

Kết quả đánh giá độ chính xác mạng lưới:

+ Sai số trọng số đơn vị $M = 0.83''$

+ Điểm yếu nhất là QT8; $m_p = 0.00318m$

Sử dụng các điểm cơ sở ổn định để tính toán bình sai mạng lưới các điểm kiểm tra từ M1 đến M30.

3. Kết quả tính toán bình sai để tính tọa độ các điểm kiểm tra chuyển dịch ngang của tuyến đập (chu kỳ 12).

Chỉ tiêu kỹ thuật của lưới:

+ Tổng số điểm: 14

+ Số điểm gốc: 06

+ Số điểm mới: 08

+ Sai số đo góc: $2.0''$

+ Sai số đo cạnh: $1 + 1ppm$

Số liệu khởi tính

Số thứ tự	Tên điểm	Tọa độ	
		X(m)	Y(m)
1	QT2	1574554.4968	805200.0706
2	QT3	1574814.6028	805458.7203
3	QT4	1575256.5010	805633.1298
4	QT5	1575472.3899	805858.8339
5	QT9	1574191.3126	805794.8642
6	QT10	1574036.4404	805473.4793

Thành quả tọa độ sau bình sai

Số thứ tự	Tên điểm	Tọa độ		Sai số vị trí (mm)		
		X(m)	Y(m)	M_x	M_y	M_p
1	M1	1575262.0829	806058.8189	0.9	0.8	1.2
2	M5	1575140.0642	806119.4069	1.0	0.8	1.2

Số thứ tự	Tên điểm	Tọa độ		Sai số vị trí (mm)		
		X(m)	Y(m)	M _x	M _y	M _p
3	M9	1575002.8344	806129.1315	1.0	0.8	1.3
4	M13	1574865.0669	806080.3110	0.9	0.9	1.2
5	M17	1574736.8745	806962.9299	0.8	0.9	1.2
6	M21	1574674.3556	805897.9469	0.7	0.8	1.1
7	M25	1574577.5402	805807.7116	0.9	1.1	1.4
8	M30	1574458.2787	805785.2043	0.9	1.1	1.4

Kết quả đánh giá độ chính xác của lưới:

+ Sai số trọng số đơn vị $M = 1.69''$

+ Điểm yếu nhất là điểm M29; $m_p = 0.00213(m)$.

Phụ lục H

(Tham khảo)

Tính các thông số chuyển dịch ngang của tuyến đập

+ Chuyển dịch theo hướng trục tọa độ

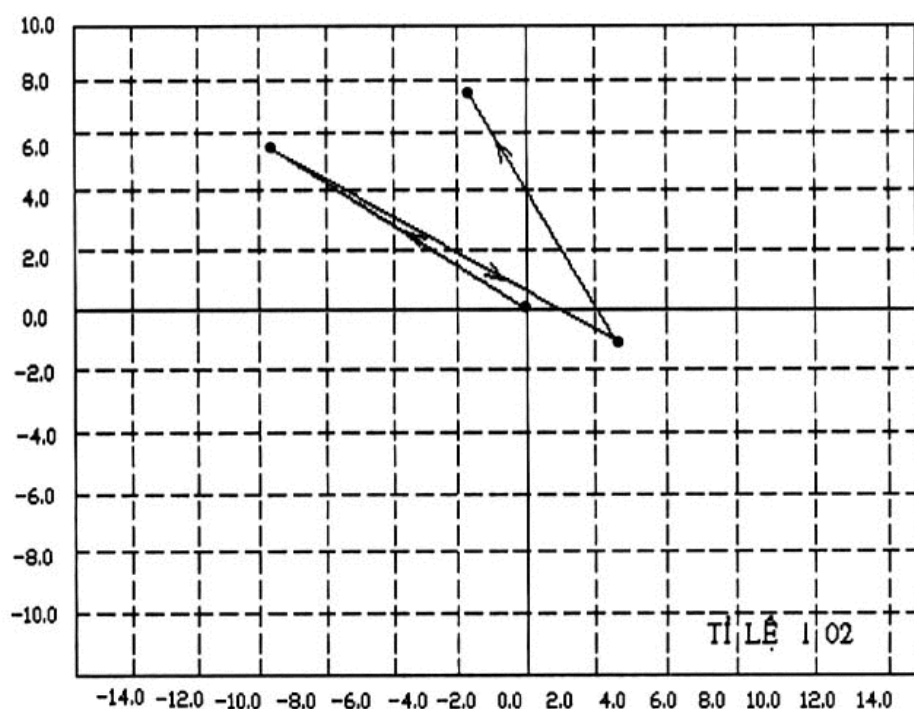
Số thứ tự	Tên mốc	Tọa độ chu kỳ 11		Tọa độ chu kỳ 12		Chuyển dịch	
1	M1	1575262.9003	806058.8295	1575262.0829	806058.8169	-7.4	-10.6
2	M5	1575140.0660	806119.4212	1575140.0642	806119.4069	-1.8	-14.3
3	M9	1575002.8306	806129.1472	1575002.8344	806129.1315	-3.8	-15.7
4	M13	1574865.0576	806080.3252	1574865.0669	806080.3110	9.3	-14.2
5	M17	1574736.8628	806962.9376	1574736.8745	806962.9299	11.7	-7.7
6	M21	1574674.3477	806897.9515	1574674.3556	806897.9469	7.9	-4.6
7	M25	1574577.5358	806804.7165	1574577.5402	806804.7116	4.4	-4.9
8	M30	1574458.2806	806785.2061	1574458.2787	806785.2043	-1.9	-1.8

+ Chuyển dịch theo hướng áp lực

Số thứ tự	Tên mốc	Chuyển dịch theo hướng trục tọa độ				Chuyển dịch theo hướng áp lực	
		Q _x (mm)	Q _y (mm)	Q (mm)	Hướng c. dịch	Q _x (mm)	Q _y (mm)
1	M1	-7.4	-10.6	12.9	235 04 50	-12.9	0.7
2	M5	-1.8	-14.3	14.4	262 49 32	-14.2	2.2
3	M9	3.8	-15.7	16.2	283 36 22	-16.1	1.8
4	M13	9.3	-14.2	17.0	303 13 19	-17.0	0.9
5	M17	11.7	-7.7	14.0	326 39 01	-13.8	2.6
6	M21	7.9	-4.6	9.1	329 47 19	-8.9	2.2
7	M25	4.4	-4.9	6.6	311 55 21	-6.2	2.1
8	M30	-1.9	-1.8	2.6	223 27 06	-1.8	-1.9
Trung bình		3.3	-9.2	11.6	00 00 00	-11.4	1.3

Phụ lục I

(Tham khảo)

Ví dụ - Vẽ sơ đồ chuyển dịch ngang của các điểm kiểm tra**SƠ ĐỒ CHUYỂN DỊCH ĐIỂM MỐC 21****Tọa độ điểm mốc 21**

Chu kỳ	Thời gian đo	Tọa độ		Dịch vị	
		X(m)	T(m)	Q_x (mm)	Q_y (mm)
9	5-2001	1574674.3483	805897.9482		
10	12-2001	1574674.3542	805897.9406	5.9	-7.6
11	6-2002	1574674.3477	805897.9515	-0.6	3.3
12	12-2002	1574674.3556	805897.9469	7.3	-1.3

MỤC LỤC

Tên đề mục	Nội dung	Trang
	Lời nói đầu	62
1	Phạm vi áp dụng	62
2	Tiêu chuẩn viện dẫn	62
3	Quy định chung	62
4	Độ chính xác đo chuyển dịch ngang và chu kỳ quan trắc	64
4.1	Độ chính xác quan trắc chuyển dịch ngang	65
4.2	Chu kỳ quan trắc chuyển dịch	65
5	Chọn vị trí đặt mốc, cấu tạo mốc cơ sở và mốc kiểm tra	66
5.1	Chọn vị trí đặt mốc	66
5.2	Cấu tạo mốc và bảng ngấm	66
6	Quan trắc chuyển dịch ngang công trình bằng phương pháp hướng chuẩn	67
6.1	Hướng chuẩn	67
6.2	Các sơ đồ đo hướng chuẩn	70
6.3	Độ chính xác và trường hợp áp dụng thích hợp của các sơ đồ đo hướng chuẩn	70
7	Quan trắc chuyển dịch ngang bằng phương pháp đo góc - cạnh	70
7.1	Phương pháp đo hướng	70
7.2	Phương pháp tam giác	71
7.3	Phương pháp đường chuyền	73
7.4	Phương pháp giao hội	74
8	Kiểm tra và đánh giá độ ổn định của các mốc cơ sở	74
9	Xử lý kết quả đo và tính các thông số chuyển dịch ngang công trình	75

10	Lập hồ sơ báo cáo kết quả đo chuyển dịch ngang công trình	80
Phụ lục A	Sơ đồ cấu tạo mốc cơ sở (mốc chuẩn) đo chuyển dịch ngang	81
Phụ lục B	Sơ đồ cấu tạo mốc đo chuyển dịch ngang	82
Phụ lục C	Tiêu chuẩn đánh giá độ ổn định của các mốc cơ sở khi quan trắc chuyển dịch ngang công trình.	83
Phụ lục D	Các phương pháp đo hướng chuẩn	85
Phụ lục E	Ví dụ - Phân tích độ chính xác đo góc và đo cạnh khi đo chuyển dịch ngang bằng phương pháp đường chuyền	94
Phụ lục F	So sánh độ chính xác của các phương án lập lưới quan trắc chuyển dịch ngang bằng phương pháp giao hội	95
Phụ lục G	Kết quả tính toán bình sai đánh giá độ ổn định của các mốc cơ sở và tính tọa độ các điểm kiểm tra chuyển dịch ngang tuyến đập	97
Phụ lục H	Tính toán các thông số chuyển dịch ngang của tuyến đập	101
Phụ lục I	Ví dụ - Vẽ sơ đồ chuyển dịch ngang của các điểm kiểm tra	102