

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 9400:2012

NHÀ VÀ CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG DẠNG THÁP - XÁC ĐỊNH ĐỘ NGHIÊNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP TRẮC ĐỊA

Buildings and tower structures - Tilt monitoring by surveying method

Lời nói đầu

TCVN 9400:2012 được chuyển đổi từ TCXDVN 357:2005 theo quy định tại khoản 1 Điều 69 của Luật Tiêu chuẩn và Quy chuẩn kỹ thuật và điểm a khoản 1 Điều 7 Nghị định số 127/2007/NĐ-CP ngày 01/8/2007 của Chính phủ quy định chi tiết thi hành một số điều của Luật Tiêu chuẩn và Quy chuẩn kỹ thuật.

TCVN 9400:2012 do Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng - Bộ Xây dựng biên soạn, Bộ Xây dựng đề nghị, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

NHÀ VÀ CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG DẠNG THÁP - XÁC ĐỊNH ĐỘ NGHIÊNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP TRẮC ĐỊA

Buildings and tower structures - Tilt monitoring by surveying method

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này áp dụng để quan sát độ nghiêng của các nhà cao tầng, các hạng mục và các kết cấu trên các công trình công nghiệp như các silô chứa các vật liệu rời, các bồn chứa nhiên liệu, ống khói nhà máy, tháp truyền hình, ăng ten vô tuyến viễn thông và các công trình khác trong giai đoạn thi công xây dựng cũng như trong giai đoạn khai thác sử dụng.

2 Tài liệu viện dẫn

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

TCVN 9360:2012, Quy trình kỹ thuật xác định độ lún công trình dân dụng và công nghiệp bằng phương pháp đo cao hình học.

TCVN 9398:2012, Công tác trắc địa trong xây dựng công trình - Yêu cầu chung.

3 Ký hiệu

α là góc phương vị, hướng nghiêng;

β là góc đo;

C là sai số trực ngắm của máy kinh vĩ;

D là khoảng cách giữa hai điểm, định thức;

e là véc tơ độ lệch (độ nghiêng) của một điểm so với chân công trình theo hướng trục Y (trục tung);

ε là góc nghiêng của công trình;

e_y là véc tơ độ lệch (độ nghiêng) của một điểm so với chân công trình theo hướng trục Y (trục tung);

e_x là véc tơ độ lệch (độ nghiêng) của một điểm so với chân công trình theo hướng trục X (trục hoành);

$\Delta X, Y$ là gia số tọa độ;

Δh là chênh lệch độ cao giữa hai điểm;

H, h là độ cao của một điểm, chiều cao của công trình;

m là sai số trung phương của một đại lượng đo; m_p là sai số trung phương đo góc;

m_p là sai số trung phương vị trí điểm;

MO là sai số vạch chỉ tiêu bàn độ đứng của máy kinh vĩ;

Z là góc thiên đỉnh của điểm quan trắc.

4 Quy định chung

4.1 Việc đo độ nghiêng được thực hiện đối với tất cả các công trình như đã nêu trong phần phạm vi áp dụng theo quyết định của cơ quan thiết kế hoặc Ban quản lý công trình.

4.2 Phương pháp đo độ nghiêng sẽ được lựa chọn tùy theo độ chính xác yêu cầu, điều kiện đo ngắm và trang thiết bị của đơn vị tiến hành đo đạc.

4.3 Để biểu diễn độ nghiêng và hướng nghiêng đối với mỗi công trình cần xác lập một hệ tọa độ thống nhất. Hệ tọa độ này có thể là chung cho toàn bộ công trình hoặc cũng có thể là cục bộ đối với từng hạng mục riêng biệt. Việc chọn hệ tọa độ cần đo do cán bộ kỹ thuật chủ trì quan trắc quyết định.

4.4 Đối với các công trình có trục đứng duy nhất và rõ ràng như ống khói nhà máy, tháp truyền hình, ăngten vô tuyến viễn thông, si lô bồn chứa nhiên liệu ... thì độ nghiêng của công trình được hiểu là sự sai lệch của trục đứng thực tế của nó tại điểm đang xét so với đường thẳng đứng được xác định bằng đường dây dọi. Độ nghiêng của công trình được đặc trưng bởi véc tơ độ lệch tổng hợp e (Hình 1). Thông thường người ta thường phân tích véc tơ này thành hai thành phần vuông góc với nhau. Thành phần trục X (ký hiệu là e_x) và thành phần trục Y (ký hiệu là e_y). Đối với các công trình không có trục đứng duy nhất và rõ ràng như các tòa nhà cao tầng thì độ nghiêng của nó được đánh giá qua độ nghiêng của các bức tường và các cột chịu lực chính.

4.5 Độ nghiêng của công trình còn được thể hiện bằng góc nghiêng ε và hướng nghiêng α . Góc nghiêng là góc hợp bởi trục đứng lý tưởng (đường dây dọi) và trục đứng thực tế của công trình. Góc nghiêng ε (Hình 1) được xác định theo công thức:

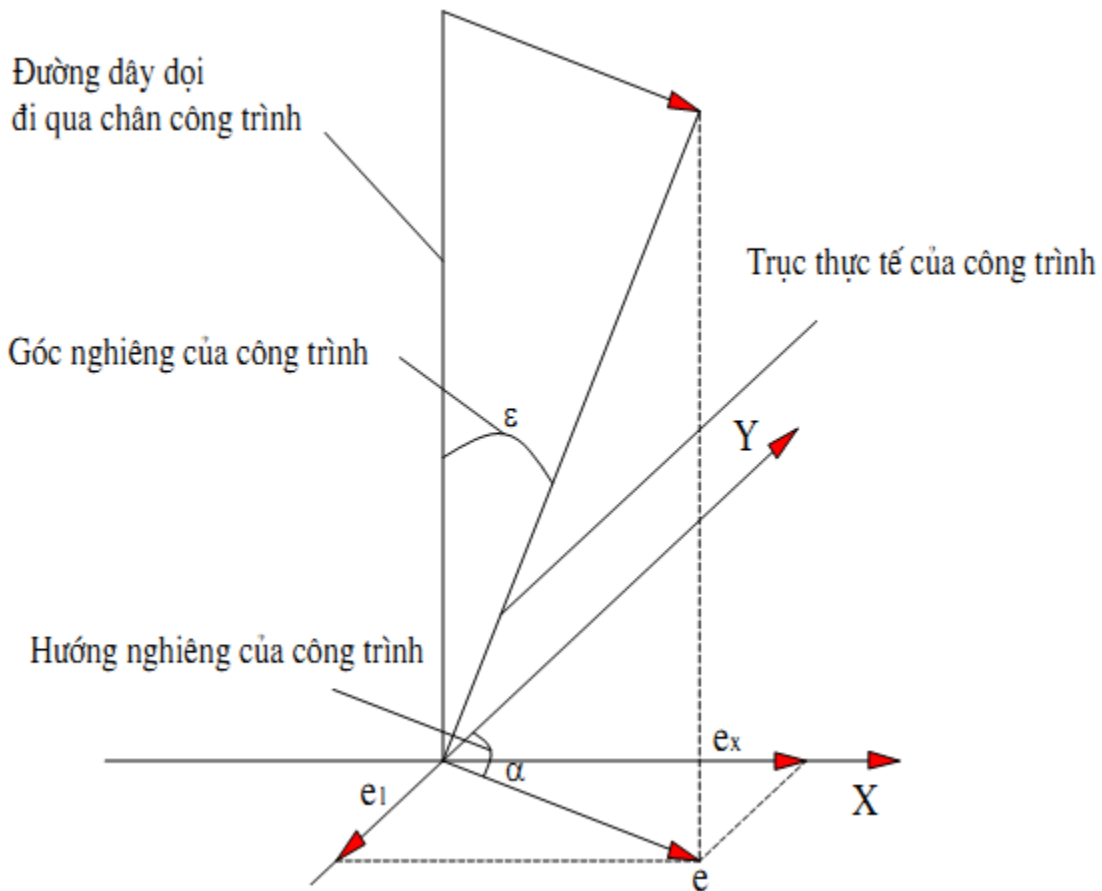
$$\varepsilon = \frac{e}{h} \quad (1)$$

Hướng nghiêng α là góc định hướng của véc tơ e, là góc hợp bởi nửa trên của trục Y là hình chiếu của véc tơ e trên mặt phẳng (Hình 1). Hướng nghiêng sẽ được xác định theo công thức:

$$\alpha = \text{Actg} \left(\frac{e_y}{e_x} \right) \quad (2)$$

4.6 Việc quan trắc độ nghiêng phải được thực hiện bằng các máy móc, thiết bị phù hợp với từng phương pháp và độ chính xác yêu cầu. Trước khi đưa vào sử dụng các máy móc thiết bị phải được kiểm nghiệm và hiệu chỉnh theo đúng các quy định của tiêu chuẩn hoặc quy phạm chuyên ngành.

4.7 Trong giai đoạn thi công xây dựng độ nghiêng của công trình xuất hiện do lỗi của người thi công, vì vậy nó cần phải được phát hiện kịp thời để bên thi công có biện pháp chỉnh sửa.



Hình 1- Những yếu tố về độ nghiêng của công trình

4.8 Độ nghiêng của công trình trong giai đoạn khai thác sử dụng xuất hiện do nhiều nguyên nhân: Do tác động của tải trọng, tác động của gió, do ảnh hưởng của độ lún không đều. Vì vậy việc xác định độ nghiêng của công trình trong giai đoạn này cần phải được thực hiện lặp đi lặp lại theo các chu kỳ để theo dõi và đánh giá sự phát triển của nó theo thời gian. Chu kỳ đo được chọn dài hay ngắn tùy thuộc vào tốc độ phát triển của độ nghiêng và do cơ quan thiết kế hoặc Ban quản lý công trình quyết định.

4.9 Sự phát triển của độ nghiêng của công trình trong giai đoạn khai thác sử dụng có liên quan trực tiếp với sự lún lệch của nó, vì vậy song song với sự theo dõi độ nghiêng cần theo dõi độ lún của công trình bằng phương pháp thủy chuẩn hình học chính xác theo TCVN 9360:2012.

4.10 Khi quan trắc độ nghiêng của công trình trong điều kiện không có không gian thao tác đủ rộng thì máy kinh vĩ hoặc máy toàn đạc điện tử cần phải được trang bị thêm kính ngắm vuông góc và phải sử dụng loại máy có con lắc điện tử để bù xiên cho hai trục và con lắc này phải được kích hoạt ở chế độ hoạt động.

4.11 Sai số giới hạn khi quan trắc độ nghiêng của một số công trình được cho trong Bảng 1.

Sai số trung phương cho phép quan trắc chuyển dịch ngang theo TCVN 9398:2012.

Bảng 1- Sai số giới hạn khi quan sát độ nghiêng công trình

Loại công trình	Sai số giới hạn
Nhà ở cao tầng	0,000 1 x H
Ống khói nhà máy	0,000 5 x H
Các silô chứa vật liệu rời, bồn chứa dầu, khí hoá lỏng	0,001 x H
Tháp truyền hình, ăngten vô tuyến viễn thông	0,000 1 x H

5 Quan trắc độ nghiêng của các nhà cao tầng

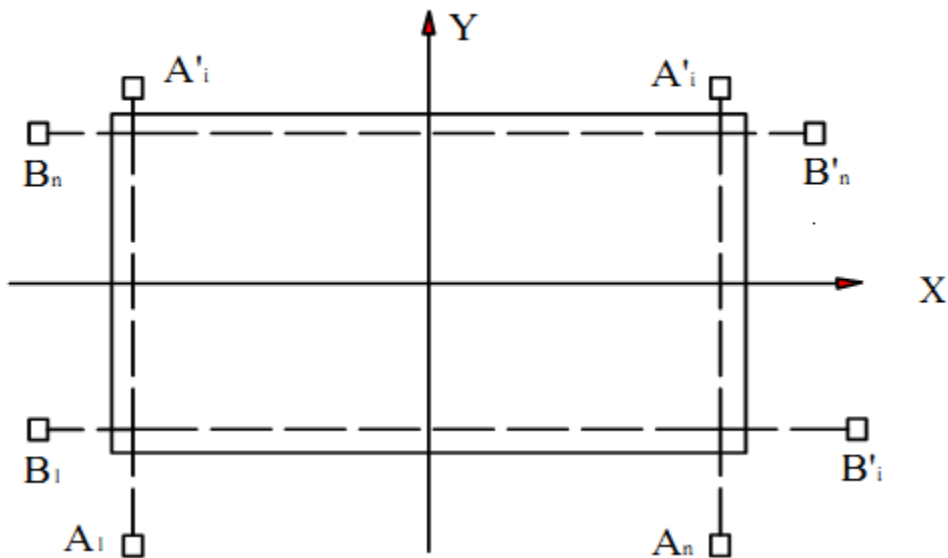
5.1 Hệ tọa độ quy ước dùng để quan trắc độ nghiêng các tòa nhà cao tầng tốt nhất nên chọn sao cho các trục của nó song song hoặc vuông góc với các cạnh của tòa nhà (Hình 2).

5.2 Các điểm quan trắc độ nghiêng nên chọn tại các khu vực có thể đặc trưng tốt nhất cho sự dịch chuyển của tòa nhà như: các góc nhà, khu vực khe lún, khu vực có xuất hiện các vết nứt và các khu vực do cơ quan thiết kế hoặc Ban quản lý công trình yêu cầu.

5.3 Để xác định độ nghiêng của nhà cao tầng cần bố trí các điểm đo cố định A_1, A_2, A_n và B_1, B_2, B_n , khi đặt máy tại các điểm A_i sẽ ngắm tới công trình theo hướng song song với trục Y còn khi đặt máy tại các điểm B_i thì ngắm tới công trình theo hướng song song với trục X (Hình 2).

5.4 Đo độ nghiêng của các tòa nhà cao tầng trong giai đoạn thi công xây dựng

5.4.1 Trong giai đoạn thi công xây dựng nhà cao tầng độ thẳng đứng tổng thể của nó được đảm bảo bằng các dụng cụ chiếu đứng để chuyển tọa độ từ mặt bằng cơ sở (mặt bằng tầng một) lên các tầng. Vì vậy trong giai đoạn này chỉ đo độ nghiêng cục bộ của các yếu tố trên từng tầng. Các yếu tố cần xác định độ nghiêng là cốt pha để đổ bê tông các cột, tường chịu lực, buồng thang máy và các yếu tố khác.



Hình 2- Hệ trục tọa độ và các điểm quan trắc độ nghiêng nhà cao tầng

5.4.2 Phương pháp đơn giản nhất để xác định độ nghiêng của các yếu tố của nhà cao tầng trong giai đoạn thi công là treo dây dọi và dùng thước để đo khoảng cách từ dây dọi đến yếu tố cần kiểm tra ở phía trên và phía dưới. Độ nghiêng của yếu tố cần quan trắc được đánh giá thông qua chênh lệch khoảng cách đo được ở phía trên và phía dưới (Hình A.1, Phụ lục A).

5.5 Đo độ nghiêng của các tòa nhà cao tầng trong giai đoạn khai thác sử dụng

5.5.1 Độ nghiêng của các tòa nhà cao tầng trong giai đoạn khai thác sử dụng có thể được đo bằng các máy toàn đạc điện tử có chế độ đo trực tiếp không cần gương, các máy toàn đạc điện tử thông thường hoặc các máy kinh vĩ.

5.5.2 Việc đo độ nghiêng của các tòa nhà cao tầng trong giai đoạn khai thác sử dụng bắt đầu bằng việc đánh dấu các điểm đặt máy cố định như Hình 2 và các điểm đo tại các vị trí được xem xét cẩn thận theo yêu cầu của Ban quản lý công trình và Cơ quan thiết kế. Các điểm đặt máy được cố định bằng các móc bê tông kiên cố trên mặt đất cách công trình một khoảng cách phù hợp để đo ngắm một cách thuận lợi và đảm bảo độ chính xác (nếu điều kiện cho phép thì nên chọn khoảng cách từ điểm đặt máy tới chân công trình bằng chiều cao của nó). Các điểm quan trắc có thể làm bằng kim loại gắn cố định vào công trình, cũng có thể đánh dấu các điểm quan trắc bằng sơn hoặc dán vào đó gương giấy đặc biệt.

5.5.3 Đo độ nghiêng của nhà cao tầng bằng máy toàn đạc điện tử có chế độ đo trực tiếp bằng Lazer không cần gương được thực hiện theo trình tự sau:

a) Đặt máy tại điểm A_i ($i = 1, 2, \dots, n$ là các điểm cố định đánh dấu trên mặt đất) sao cho mặt phẳng chuẩn trực của máy vuông góc với hướng X. Từ A_i lần lượt ngắm máy tới các điểm A^j ($j = 1, 2, \dots, k$, là các điểm quan trắc được đánh dấu trên thân công trình) và đo các khoảng cách ngang tương ứng là $D^{(1)}_{A_i}, D^{(2)}_{A_i}, \dots, D^{(k)}_{A_i}$ (Hình A.3, Phụ lục A).

b) Chuyển máy ra điểm B_i thực hiện các thao tác tương tự như ở điểm A_i và đo được các khoảng cách $D^{(1)}_{B_i}, D^{(2)}_{B_i}, \dots, D^{(k)}_{B_i}$

c) Tính thành phần độ nghiêng của công trình dọc theo hướng X bằng công thức:

$$e_y = D_A^{(i)} - D_A^{(1)} \quad (3)$$

d) Tính thành phần độ nghiêng của công trình dọc theo hướng Y bằng công thức:

$$e_x^{(j)} = D_B^{(j)} - D_B^{(1)} \quad (4)$$

e) Tính độ lớn của véc tơ tổng hợp e:

$$e = \sqrt{e_x^2 + e_y^2} \quad (5)$$

f) Tính góc nghiêng theo công thức (1) và hướng nghiêng của công trình theo công thức (2).

5.5.4 Nếu không có máy toàn đạc điện tử có chế độ đo trực tiếp bằng Lazer thì có thể sử dụng máy toàn đạc điện tử thông thường nhưng trong trường hợp này tại các điểm $A_i^{(i)}$ và $B_i^{(i)}$ cần phải dán các gương giấy chuyên dùng. Trình tự đo và tính các yếu tố đặc trưng cho độ nghiêng của công trình tương tự như trong 5.5.3.

5.5.5 Nếu không có máy toàn đạc điện tử và điều kiện đo ngắm cho phép thì có thể sử dụng máy kinh vĩ thông thường, tốt nhất nên dùng máy kinh vĩ điện tử có hệ thống con lắc điện tử để hiệu chỉnh độ nghiêng của hai trục (dual axis correction). Trình tự đo ngắm và xác định yếu tố đặc trưng cho độ nghiêng như sau:

a) Đặt máy kinh vĩ tại điểm A_i , cân máy cẩn thận bằng bọt thủy điện tử, đặt dual - axis correction ở chế độ mở.

b) Lần lượt ngắm máy lên các điểm A^j đã đánh dấu ở chu kỳ 1 và đọc được các góc $\alpha_i^{(1)}, \alpha_i^2, \dots, \alpha_i^{(k)}$.

c) Chuyển máy sang điểm B_i và làm tương tự sẽ đọc được các góc $\beta_i^{(1)}, \beta_i^2, \dots, \beta_i^{(k)}$

d) Tính độ lệch theo hướng X bằng công thức:

$$e_x^j = (\alpha_i^j - \alpha_i^1) \times D_{A_i} \quad (6)$$

e) Tính độ lệch theo hướng Y bằng công thức:

$$e_y^j = (\beta_i^j - \beta_i^1) \times D_{B_i} \quad (7)$$

Véc tơ độ lệch tổng hợp được tính theo công thức (5), hướng nghiêng được tính theo công thức (2) tương tự như trong 5.5.3. Các khoảng cách từ các điểm A_i và B_i tới công trình được đo với sai số không vượt quá 1 cm.

5.5.6 Có thể sử dụng máy kinh vĩ và một thước nhựa hoặc thước kim loại thông thường để đo độ nghiêng theo trình tự như sau:

a) Đặt máy tại điểm A_i tương tự như trong 5.5.3.

b) Lần lượt ngắm lên các điểm A_i^j và hạ dần ống kính xuống để có thể đọc số trên thước đặt tại điểm A_i^1 theo chỉ đứng của máy kinh vĩ. Khoảng cách từ điểm A_i^1 trên thước tới vị trí chiếu của điểm A_i^j chính là thành phần độ lệch theo hướng X (e_x) của điểm A_i^j như Hình A.2, Phụ lục A.

c) Chuyển máy sang điểm B_i và làm tương tự sẽ xác định được thành phần độ lệch theo hướng Y (e_y); các yếu tố khác được xác định theo công thức (5) và (6).

6 Quan trắc độ nghiêng của các công trình có dạng hình trụ tròn

6.1 Hiện nay việc thi công các công trình dạng hình trụ tròn bằng bê tông cốt thép như silô chứa vật liệu rời, ống khói nhà máy chủ yếu được thực hiện bằng phương pháp cốp pha trượt, vì vậy việc đo độ nghiêng của nó trong giai đoạn thi công xây dựng tốt nhất nên thực hiện bằng các máy chiếu chuyên dùng. Các máy chiếu thích hợp cho loại công việc này được giới thiệu trong Phụ lục F.

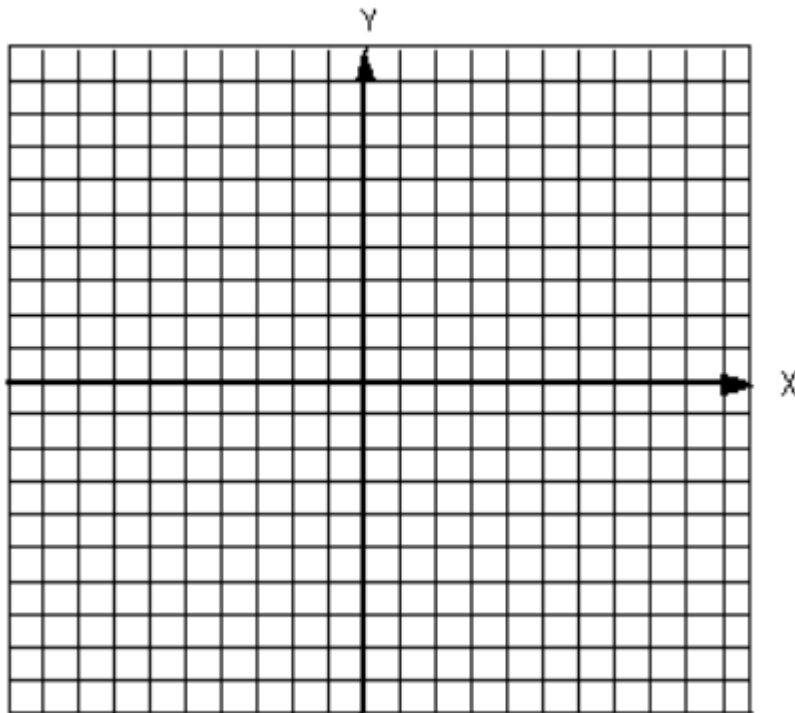
6.2 Tùy theo kết cấu của mâm sàng (sàn công tác) và tùy theo điều kiện đo ngắm cụ thể mà có thể sử dụng phương pháp chiếu từ tâm lên hoặc phương pháp chiếu từ bên ngoài.

6.3 Quy trình xác định độ nghiêng theo phương pháp chiếu từ tâm lên được thực hiện theo trình tự sau:

a) Trước khi thi công xây dựng công trình bằng phương pháp cốp pha trượt cần bố trí chính xác vị trí tâm của công trình (silô hoặc ống khói) ngoài hiện trường, cố định nó bằng một mốc kiên cố trên đó có lắp đặt bộ phận định tâm bắt buộc để đặt máy chiếu như trình bày trong Phụ lục G.

b) Dùng một hệ tọa độ giả định có gốc tọa độ là điểm vừa được đánh dấu như đã nêu ở phần trên, hai trục X và Y của nó được đánh dấu trên thực địa bằng các mốc bê tông kiên cố.

c) Dùng hệ trục tọa độ vuông góc thứ hai trên mặt một tấm mica. Tấm mica này có kích thước khoảng 60 cm x 60 cm (Hình 3) trên đó các trục X và Y được chia thành các vạch 1 cm bằng hai loại mực khác nhau để dễ nhận biết. Trong hệ tọa độ này để tiện cho việc tính toán vị trí thực tế của mâm sàng nên ghi các vạch khắc có dấu (-) theo hướng từ gốc tọa độ lên phía trên và sang bên phải và ngược lại giá trị vạch khắc có dấu dương bên trái và phía dưới gốc tọa độ tăng dần từ trên xuống dưới và từ phải qua trái.



Hình 3 - Tấm mica có khắc hệ tọa độ gắn trên mâm sàng

d) Đặt tấm mica có hệ tọa độ này vào tâm mâm sàng sao cho điểm O' của hệ tọa độ trên tấm mica trùng với gốc tọa độ O trên mặt đất và các trục X' và Y' trùng với các trục X và Y đã đánh dấu như đã nói ở phần trên.

e) Trong quá trình thi công xây dựng công trình bằng phương pháp cấp pha trượt, sau mỗi lần trượt cần đặt máy chiếu tại điểm đã đánh dấu ở tâm công trình và ngắm vào tấm mica đặt ở mặt dưới mâm sàng đọc các số đọc A_x và A_y trên hệ trục tọa độ, đây chính là phần độ lệch tâm của công trình tại điểm đang quan sát (e_x và e_y) so với vị trí tâm chính xác của nó dưới mặt đất.

f) Giá trị của véc tơ độ nghiêng tổng hợp và hướng nghiêng được tính theo các công thức (5) và công thức (2).

g) Độ lệch thành phần, véc tơ độ lệch tổng hợp và hướng lệch phải được thông báo kịp thời cho đơn vị thi công để chỉnh mâm sàng về vị trí thẳng đứng.

6.4 Nếu kết cấu của công trình không cho phép chiếu trực tiếp từ tâm lên thì có thể thực hiện việc xác định độ nghiêng bằng phương pháp chiếu từ bên ngoài theo quy định sau đây:

a) Bố trí điểm tâm của công trình và dựng hệ tọa độ giả định XOY giống như 6.3 nhưng không cần đánh dấu điểm O bằng mốc kiên cố và cũng không cần xây dựng mốc dọi tâm bắt buộc. Mốc O ở tâm của công trình chỉ sử dụng tạm thời.

b) Từ tâm của công trình bố trí bốn điểm O_1, O_2, O_3, O_4 , sao cho điểm này nằm trên các trục tọa độ và cách mép ngoài của công trình từ 0,8 m đến 1 m (Hình A.8, Phụ lục A). Các điểm được đánh dấu bằng các mốc bê tông kiên cố có hệ thống dọi tâm bắt buộc để đặt máy chiếu loại ZI;

c) Dựng trên bốn tấm mica bốn hệ tọa độ $X'O_1'Y', X'O_2'Y'$ và $X'O_3'Y'$ và $X'O_4'Y'$ giống như làm trong 6.3.

d) Đặt máy chiếu ZI tại điểm O_1 và gắn tấm mica có chia vạch như Hình 3 lên mâm sàng ở vòng đầu tiên sao cho điểm O_1 trùng với các điểm O_1' và các trục $O_1'X', O_1'Y'$ song song với các trục O_1X, O_1Y . Cũng làm tương tự như vậy đối với các điểm O_2, O_3 và O_4 .

e) Trong quá trình thi công silo bằng phương pháp cấp pha trượt, sau mỗi lần trượt cán bộ kỹ thuật lần lượt đặt máy chiếu ZI tại các điểm O_1, O_2, O_3 và O_4 đọc các giá trị Δx và Δy trên các thang số tương ứng. Dựa vào các số đọc này tính được tọa độ thực tế của các điểm O_1', O_2', O_3' và O_4' trên cơ sở đó tính ra tọa độ thực tế của tâm công trình.

f) Tính được độ nghiêng thực tế của nó để đơn vị thi công kịp thời điều chỉnh. Trình tự xử lý số liệu xác định độ nghiêng bằng phương pháp này được trình bày trong Phụ lục B.

6.5 Trong giai đoạn khai thác sử dụng đối với các công trình có dạng hình côn hoặc hình trụ tròn có bán kính lớn thì tốt nhất nên xác định độ nghiêng của chúng bằng phương pháp đo tọa độ bên ngoài công trình sử dụng các máy toàn đạc điện tử có chế độ trực tiếp bằng lazer không cần gương phản xạ. Trình tự thực hiện việc đo độ nghiêng trong trường hợp này như sau:

a) Lập một đường chuyền khép kín xung quanh đối tượng cần xác định độ nghiêng (Hình A.6, Phụ lục A) Số điểm đường chuyền tối thiểu là 3, khuyến cáo từ 5 điểm đến 9 điểm. Tọa độ và độ cao của các điểm được xác định trong một hệ giả định.

b) Lần lượt đặt các máy toàn đạc điện tử tại các điểm của đường chuyền, nhập tọa độ và độ cao của điểm đặt máy, định hướng máy theo tọa độ của một điểm đường chuyền khác.

c) Khởi động chế độ xác định tọa độ không gian ba chiều và ngắm máy vào đối tượng cần xác định độ nghiêng ở vòng sát mặt đất (chân của công trình) theo hướng vuông góc với bề mặt của đối tượng, xác định tọa độ $x^{(1)}_A, y^{(1)}_A, H^{(1)}_A$.

d) Đưa ống kính lên cao dần và đo tọa độ, độ cao đến khi $H^{(2)}_A$ bằng $H^{(1)}_A + \Delta h$ trong đó Δh bằng 2 m, 5 m hoặc 10 m tùy theo yêu cầu của cơ quan thiết kế hoặc Ban quản lý công trình, đo các giá trị $x^{(2)}_A, y^{(2)}_A, H^{(2)}_A$ và lần lượt làm như vậy cho đến hết chiều cao của công trình.

e) Chuyển máy sang điểm đường chuyền tiếp theo và lặp lại các thao tác như bước b, c và d như tại điểm A.

f) Dựa vào tọa độ của các điểm được đo trên từng vòng xác định ra tọa độ $x_c^{(i)}, y_c^{(i)}$ và bán kính R_i của vòng đo đó.

g) So sánh tọa độ $x_c^{(i)}$, $y_c^{(i)}$ của từng vòng với vòng đo ở sát mặt đất sẽ xác định được độ nghiêng của công trình. Trình tự tính toán số liệu xác định độ nghiêng của công trình được trình bày trong Phụ lục B.

6.6 Nếu không có máy toàn đạc điện tử với chế độ đo trực tiếp bằng Lazer thì có thể sử dụng máy kinh vĩ thông thường để xác định tọa độ tâm công trình bằng phương pháp giao hội thuận. Bài toán giao hội thuận có thể thực hiện từ 2 điểm, 3 điểm hoặc 4 điểm ở đây chỉ trình bày quy trình giao hội từ 2 điểm (Hình A.4, Phụ lục A). Việc mở rộng ra giao hội từ 3 điểm hoặc 4 điểm được thực hiện tương tự như đối với trường hợp 2 điểm, trình tự thực hiện như sau:

a) Triển khai một đường chuyền khép kín 3 điểm đến 4 điểm xung quanh đối tượng cần kiểm tra độ nghiêng như mục 6.5. Vị trí các điểm phải chọn cách công trình một khoảng tối thiểu bằng chiều cao của nó. Tọa độ và độ cao của các điểm được tính trong một hệ giả định.

b) Đặt máy tại điểm A đo chiều cao máy và hướng máy lên đối tượng tại điểm nằm sát mặt đất đo các giá trị α_1^T , α_1^P , α_1^B và Z_1 .

trong đó:

α_1^T là số đọc trên bàn độ ngang khi tia ngắm tiếp xúc với đối tượng ở mép bên trái của vòng I;

α_1^P là số đọc trên bàn độ ngang khi tia ngắm tiếp xúc với đối tượng ở mép bên phải của vòng I;

Z_1 là góc thiên đỉnh khi ngắm vòng I.

c) Dựa vào khoảng cách từ điểm đặt máy tới công trình tính các giá trị Z_i ứng với các vòng trên đối tượng cần quan trắc theo công thức:

$$Z_i = \text{Arctg} \left(\frac{D}{H_{st} + D \text{ctg} Z_1 + dH} \right) \quad (8)$$

trong đó:

D là khoảng cách từ điểm đặt máy tới công trình;

dH là chênh cao giữa các vòng: 2, 3, 4, 5 m hoặc 10 m, tùy theo yêu cầu của Cơ quan thiết kế hoặc Ban quản lý công trình);

H_{st} là chiều cao máy tại điểm A.

d) Lần lượt đặt giá trị của bàn độ đúng bằng góc Z_i vừa tính được và ngắm vào mép trái hoặc mép phải của đối tượng và đọc các số đọc α_i^T , α_i^P và α_i^H như đối với vòng 1.

e) Chuyển máy sang điểm B và lặp lại các thao tác như ở điểm A. Các số đọc trên bàn độ ngang ký hiệu là β_i^T , β_i^P và β_i^A

trong đó:

β_i^T là số đọc trên bàn độ ngang khi tia ngắm tiếp xúc với đối tượng ở mép bên trái của vòng I;

β_i^P là số đọc trên bàn độ ngang khi tia ngắm tiếp xúc với đối tượng ở mép phải góc thiên đỉnh khi ngắm vòng I;

β_i^A là số đọc trên bàn độ ngang khi ngắm tới tiêu ngắm đặt tại điểm A.

f) Tính các góc α_i , β_i theo công thức:

$$\alpha_i = \alpha_i^B - \frac{1}{2}(\alpha_i^T + \alpha_i^P) \quad (9)$$

$$\beta_i = \frac{1}{2}(\beta_i^T + \beta_i^P) - \beta_i^A \quad (10)$$

g) Tính tọa độ $(X_c)_i$ và $(Y_c)_i$ (tọa độ tâm của vòng thứ i) theo công thức:

$$(X_c)_i = \frac{x_A \operatorname{ctg} \beta + x_B \operatorname{ctg} \alpha - y_A + y_B}{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta} \quad (11)$$

$$(Y_c)_i = \frac{y_A \operatorname{ctg} \beta + y_B \operatorname{ctg} \alpha - x_A + x_B}{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta} \quad (12)$$

h) Tính các thành phần độ lệch theo các trục X và Y theo công thức:

$$(e_x)_i = (x_c)_i - (x_c)_1 \quad (13)$$

$$(e_y)_i = (y_c)_i - (y_c)_1 \quad (14)$$

Véc tơ độ nghiêng tổng hợp và góc nghiêng được tính theo các công thức (5) và (1)

6.7 Nếu có thể chọn được hai điểm đặt máy sao cho chúng tạo thành hai hướng vuông góc với nhau (Hình A.5, Phụ lục A), thì có thể xác định độ nghiêng của đối tượng bằng phương pháp đo hướng như theo trình tự sau:

- Đặt máy tại điểm A, cân bằng máy chính xác, đo khoảng cách từ máy tới đối tượng D_A và chiều cao máy i_A sau đó ngắm theo hướng tiếp tuyến với 2 mép của đối tượng ở vòng sát mặt đất (chân công trình) đọc các số đọc α_i^T , α_i^P và Z_i (Hình A5, Phụ lục A).
- Tính giá trị các góc thiên đỉnh Z_i của các vòng cách nhau 2, 3, 4, 5 hoặc 10 m tùy theo yêu cầu của Ban quản lý công trình theo công thức (8).
- Đặt bàn độ đứng của máy lần lượt vào các giá trị góc Z_i tính được của các vòng, tại mỗi vòng đọc các giá trị α_i^T và α_i^P .
- Chuyển máy sang điểm B và lặp lại các thao tác như ở điểm A;
- Độ nghiêng của công trình theo hướng X tại vòng thứ i được tính theo công thức sau:

$$(e_x)_i = (\alpha_i - \alpha_1) \times D_A \quad (15)$$

trong đó:

$$\alpha_i = \frac{(\alpha_i^T + \alpha_i^P)}{2} \quad (16)$$

Thành phần độ nghiêng của công trình theo hướng Y được xác định theo công thức:

$$(e_y)_i = (\beta_i - \beta_1) \times D_B \quad (17)$$

trong đó:

$$\beta_i = \frac{(\beta_i^T + \beta_i^P)}{2} \quad (18)$$

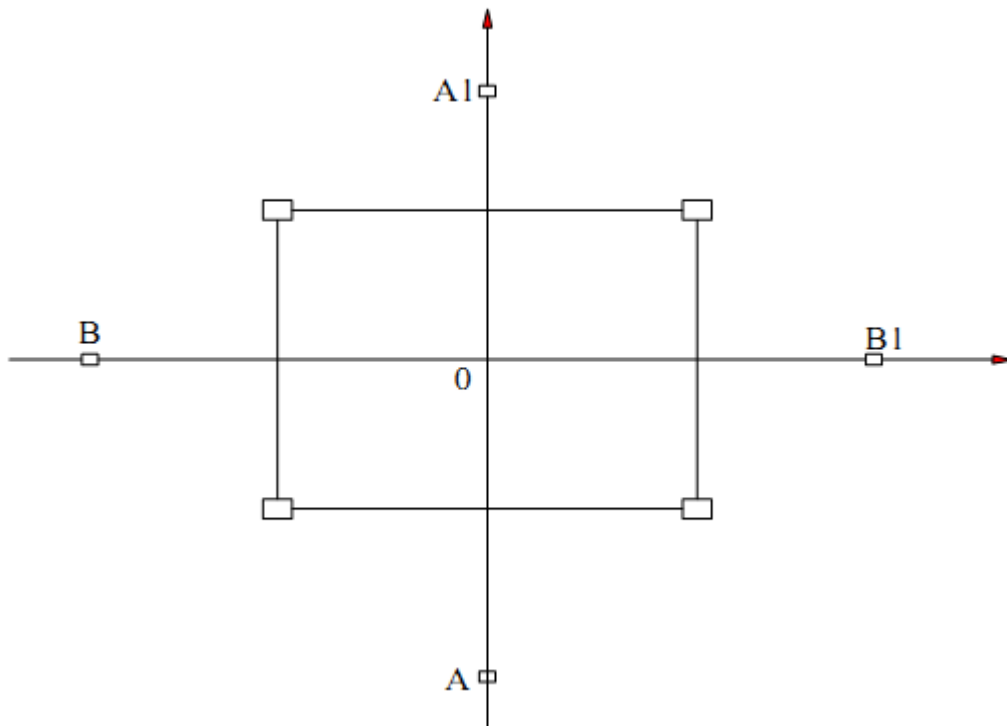
Véc tơ độ nghiêng tổng hợp và góc nghiêng được tính theo các công thức (5) và (1).

Hướng nghiêng được tính theo công thức (2).

7 Quan trắc độ nghiêng của các tháp truyền hình và tháp ăng ten vô tuyến viễn thông

Các tháp truyền hình và tháp ăng ten vô tuyến viễn thông hiện nay đều có tiết diện ngang là hình vuông và được lắp ráp bằng các loại thép ống và thép hình. Chiều cao tối đa của các tháp hiện nay ở nước ta nhỏ hơn 200 m, vì vậy phương pháp thích hợp nhất để quan trắc độ nghiêng của tháp là phương pháp đo góc nhỏ bằng máy kinh vĩ theo trình tự sau đây:

- Khôi phục vị trí tâm của tháp truyền hình hoặc ăng ten vô tuyến truyền hình, đánh dấu nó bằng một điểm cố định trên mặt đất và đặt tại đây một tiêu ngắm;
- Dựng hệ tọa độ giả định có gốc tọa độ là tâm của tháp vừa được xác định trong 7a) và hai trục X và Y vuông góc với các cạnh của tháp như Hình 4.



Hình 4 - Sơ đồ xác định độ nghiêng của tháp truyền hình và ăng ten vô tuyến viễn thông

- Trên hai hướng X và Y chọn mỗi hướng hai điểm A, A1 và B, B1. Nếu điều kiện cho phép thì nên chọn các điểm này sao cho khoảng cách từ chúng tới tâm tháp xấp xỉ bằng chiều cao của tháp. Dùng máy toàn đạc điện tử hoặc thước thép xác định các khoảng cách này;
- Đặt máy kinh vĩ hoặc máy toàn đạc điện tử tại A và đo góc tạo bởi điểm giữa của tầng tháp và tâm tháp để xác định các góc α_i^A ;
- Chuyển máy sang các điểm A1, B, B1 và thực hiện quá trình đo đạc tương tự như tại điểm A đo được các góc α_i^{A1} ; β_i^B và β_i^{B1} , tạo bởi điểm giữa của tầng tháp với tâm tháp;
- Độ nghiêng của tầng tháp thứ i theo hướng các trục X và Y được tính theo công thức:

$$\begin{aligned} (e_x)_i &= \frac{((e_x^A)_i + (e_x^{A1})_i)}{2} \\ (e_y)_i &= \frac{((e_y^B)_i + (e_y^{B1})_i)}{2} \\ (e_x^A)_i &= \frac{(\alpha_i^A - \alpha_1^A)}{\rho} \times D_A \\ (e_x^{A1})_i &= \frac{(\alpha_i^{A1} - \alpha_1^{A1})}{\rho} \times D_{A1} \\ (e_y^B)_i &= \frac{(\beta_i^B - \beta_1^B)}{\rho} \times D_B \\ (e_y^{B1})_i &= \frac{(\beta_i^{B1} - \beta_1^{B1})}{\rho} \times D_{B1} \end{aligned} \quad (19)$$

trong đó:

α_i^A là số đọc bàn độ ngang khi ngắm máy lên điểm giữa của đốt thứ i khi đặt máy tại điểm A;

α_i^{A1} là số đọc bàn độ ngang khi ngắm máy lên điểm giữa của đốt thứ i khi đặt máy tại điểm A1;

β_i^B là số đọc bàn độ ngang khi ngắm máy lên điểm giữa của đốt thứ i khi đặt máy tại điểm B;

β_i^{B1} là số đọc bàn độ ngang khi ngắm máy lên điểm giữa của đốt thứ i khi đặt máy tại điểm B1;

Theo các công thức trên đây, ngoài độ nghiêng còn có thể đánh giá được độ vặn xoắn của tháp. Nếu các cặp giá trị $(e_x^A)_i$ và $(e_x^{A1})_i$, $(e_y^B)_i$ và $(e_y^{B1})_i$ có dấu ngược nhau hoặc có giá trị không bằng nhau nghĩa là tháp bị vặn xoắn. Véc tơ độ lệch tổng hợp và góc nghiêng được xác định theo công thức (5) và (1).

Phụ lục A

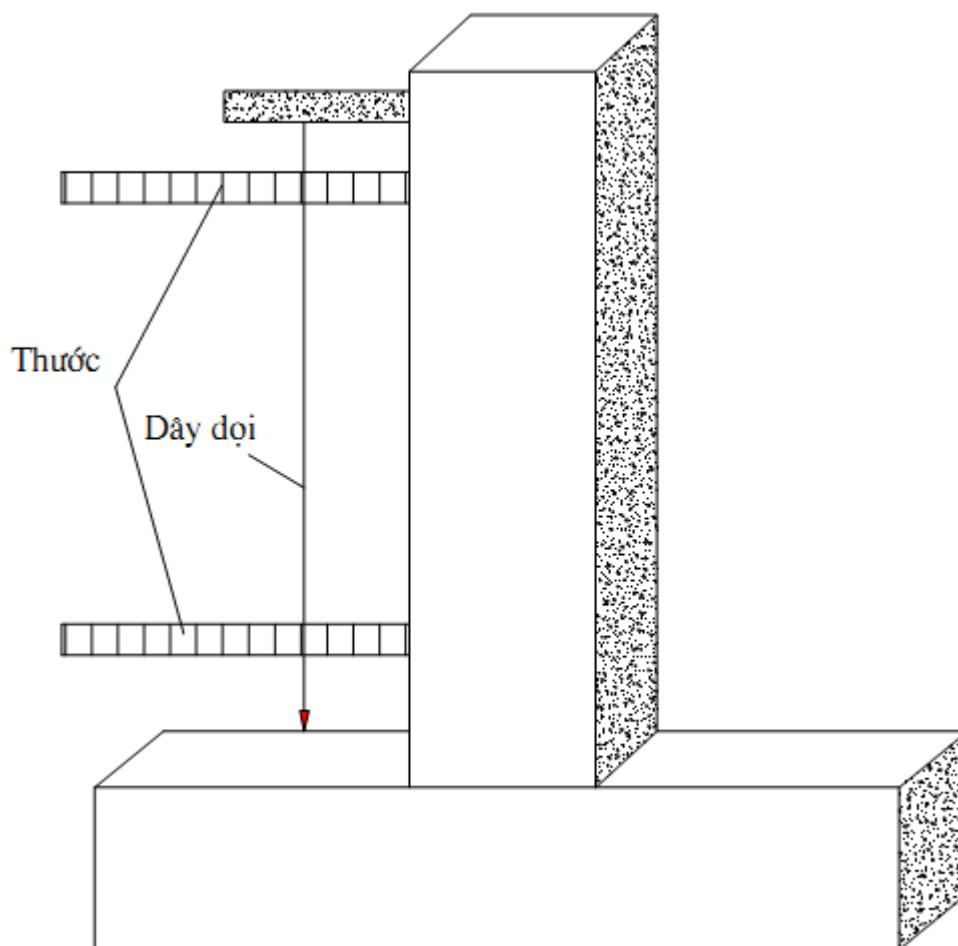
(Tham khảo)

Các phương pháp xác định độ nghiêng. Độ chính xác và khả năng áp dụng của chúng

A.1 Xác định độ nghiêng bằng phương pháp cơ học

A.1.1 Nội dung

Đây là phương pháp đơn giản nhất để xác định độ nghiêng của công trình. Để xác định độ nghiêng người ta treo một sợi dây dọi và đo khoảng cách từ dây dọi đến bề mặt của công trình ở phía trên (đỉnh) và phía dưới (gốc) như Hình A1. Độ nghiêng thành phần (e_x) của công trình theo hướng thước đo sẽ được xác định dựa vào chênh lệch của hai khoảng cách nói trên. Muốn xác định độ nghiêng thành phần (e_y) cần treo dọi và thực hiện đo ở hướng vuông góc với mặt vừa đo (e_x) .



Hình A.1 - Xác định độ nghiêng của các cột bằng dây dọi

A.1.2 Độ chính xác của phương pháp

Phương pháp cơ học dùng dây dọi có độ chính xác không cao. Do dây dọi bị dao động nên khó đo được khoảng cách chính xác từ dây dọi đến bề mặt của công trình. Đặc biệt là công trình càng cao thì độ chính xác càng giảm. Với các công trình có độ cao từ 3 m đến 5 m thì sai số đo khoảng cách nằm trong khoảng từ 2 m đến 3 m trong điều kiện không có gió.

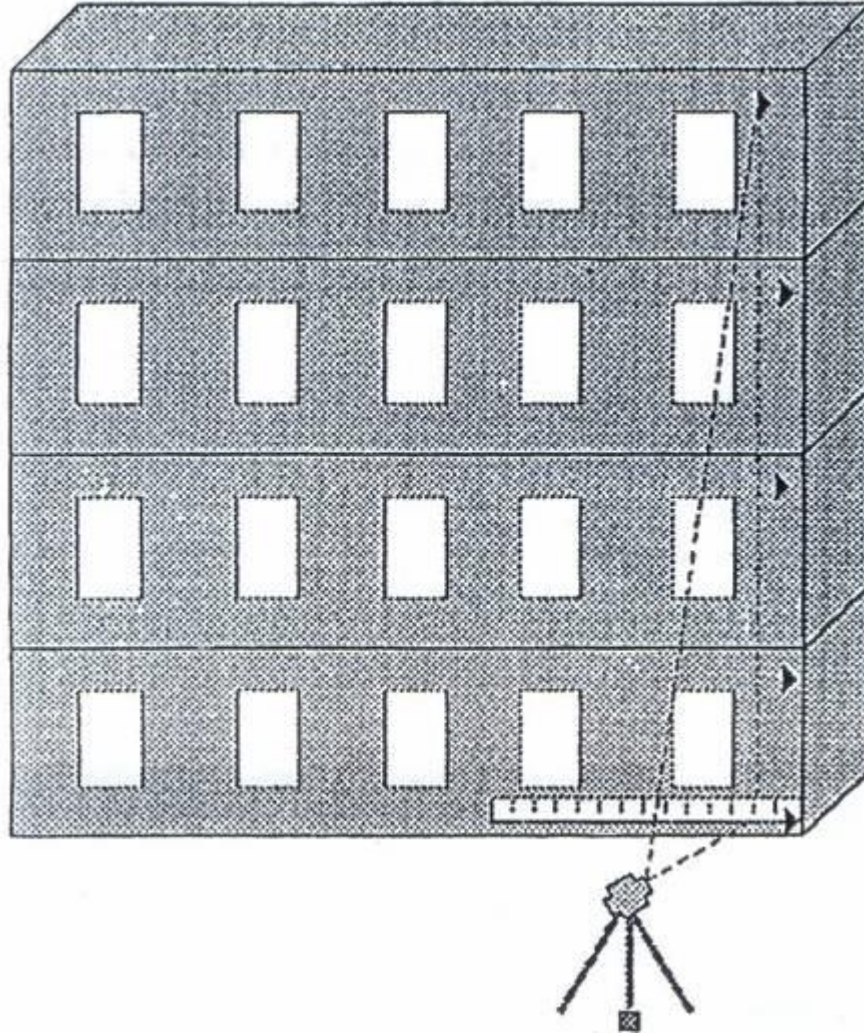
A.1.3 Phạm vi ứng dụng

Phương pháp chỉ có thể kiểm tra độ nghiêng của các cột trong phạm vi từng tầng nhà hoặc kiểm tra độ nghiêng của các bức tường.

A.2 Xác định độ nghiêng bằng phương pháp chiếu bằng chỉ đứng của máy kinh vĩ

A.2.1 Nội dung

Để thực hiện phương pháp này có thể sử dụng bất kỳ loại máy kinh vĩ nào. Tuy nhiên để tăng độ chính xác của phương pháp, khi sử dụng máy quang cơ thông thường cần có bọt thủy nằm ngang (đặt trên trục quay của ống kính). Nếu sử dụng máy kinh vĩ điện tử hoặc máy toàn đạc điện tử thì chế độ bù sai của hai trục cần phải đặt ở trạng thái hoạt động. Việc xác định độ nghiêng thành phần bằng phương pháp này được thực hiện như sau:



Hình A.2 - Đo độ nghiêng bằng máy kinh vĩ và thước

- Máy kinh vĩ đặt tại điểm cố định (ví dụ điểm A_1 , Hình A.2) cách công trình một khoảng bằng chiều cao của nó, cân máy bằng bọt thủy dài (đối với máy kinh vĩ quang cơ) hoặc bằng bọt thủy điện tử (đối với máy kinh vĩ điện tử). Đánh dấu các điểm $A^{(1)}, A^{(2)}, A^{(k)}$ trên công trình (dán hoặc vẽ các tiêu ngắm). Tại điểm $A^{(1)}$ ở sát mặt đất, đặt một thước có khắc vạch milimét (mm) nằm ngang. Chiếu các điểm $A^{(j)}$ ($j = 1, 2, \dots, k$) bằng chỉ đứng của máy kinh vĩ xuống thước đặt ở phía dưới ta sẽ đọc được khoảng cách d_j tính từ điểm $A^{(1)}$ tới hình chiếu của điểm $A^{(j)}$. Chênh lệch khoảng cách d_j trong các chu kỳ đo so với khoảng cách $(d_j)_1$ đo được trong chu kỳ đầu cho phép đánh giá được độ nghiêng của công trình theo hướng vuông góc với tia ngắm. Độ nghiêng của công trình theo hướng thứ hai cũng được xác định tương tự.

- Nếu không có điều kiện đặt thước đo trực tiếp, thì độ lệch có thể được xác định một cách gián tiếp thông qua việc đo hướng tới các điểm $A^{(1)}, A^{(2)}, \dots, A^{(k)}$. Trong trường hợp này để tính được độ lệch thành phần cần phải biết cả khoảng cách từ điểm đặt máy tới công trình. Công thức để xác định độ lệch thành phần được nêu trong 5.5.5.

A.2.2 Độ chính xác của phương pháp

Nguồn sai số chủ yếu trong phương pháp này là sai số ngắm chuẩn điểm A. Sai số này nằm trong khoảng từ 5" đến 10". Với khoảng cách từ điểm đặt máy tới công trình khoảng 100 m thì sai số xác định độ nghiêng thành phần do sai số ngắm chuẩn gây ra nằm trong khoảng từ 3 mm đến 5 mm. Ngoài ra cũng phải kể đến sai số làm trùng vạch chuẩn của thước với vạch chuẩn tại điểm B và sai số đọc số trên thước. Tổng hợp hai nguồn sai số này xấp xỉ bằng 1 mm. Như vậy sai số

xác định độ nghiêng theo một hướng sẽ xấp xỉ bằng 5 mm; Sai số xác định véc tơ tổng hợp là $5 \times \sqrt{2}$ xấp xỉ bằng 7 mm.

A.2.3 Phạm vi ứng dụng

Phương pháp này nên ứng dụng để xác định độ nghiêng của các tòa nhà cao tầng.

A.3 Xác định độ nghiêng bằng phương pháp sử dụng máy toàn đạc điện tử

A.3.1 Nội dung

Chuẩn bị các điểm đặt máy và các điểm đo giống như trong trường hợp đo độ nghiêng bằng máy kinh vĩ thông thường. Nếu máy có chế độ đo trực tiếp không cần gương thì các điểm đo nên đánh dấu bằng các vòng tròn. Nếu dùng máy toàn đạc điện tử thông thường thì các điểm đo cần phải được gia cố sao cho có thể lắp được các gương chuyên dùng hoặc gián các gương giấy. Việc xác định độ nghiêng thành phần trong trường hợp này rất đơn giản bằng cách đo các khoảng cách ngang từ điểm đặt máy tới các điểm quan trắc. Chênh lệch khoảng cách ngang từ điểm đặt máy tới các điểm đo so với khoảng cách từ điểm đặt máy tới điểm đo đầu tiên trên mặt bằng tầng một chính là độ nghiêng thành phần của điểm đo này theo hướng tia ngắm.

A.3.2 Độ chính xác của phương pháp

Độ chính xác đo độ nghiêng bằng máy toàn đạc điện tử chủ yếu phụ thuộc vào độ chính xác của loại máy được sử dụng. Đối với máy toàn đạc điện tử độ chính xác được xác định theo công thức:

$$M_D = \pm a + (b \times D) \quad (A.1)$$

trong đó:

a là thành phần sai số không phụ thuộc khoảng cách, gồm ảnh hưởng của sai số đo hiệu pha và sai số xác định hằng số K của máy (đa số các máy toàn đạc điện tử thành phần $a = \pm 2$ mm);

b là thành phần sai số phụ thuộc khoảng cách, gồm ảnh hưởng của sai số xác định tốc độ truyền sóng điện từ và sai số xác định tần số điều biến của máy (đa số các máy toàn đạc điện tử thành phần $b = 2 \times 10^{-6}$);

Khi đo độ nghiêng khoảng cách từ máy tới các điểm đo thường ngắn (khoảng vài chục mét) vì vậy sai số đo khoảng cách chủ yếu là thành phần a, hơn nữa ảnh hưởng của sai số xác định hằng số K của máy và của gương cũng sẽ bị loại trừ vì vậy sai số xác định khoảng cách chỉ nằm trong khoảng từ 1 mm đến 2 mm.

Sai số xác định độ nghiêng 1 lần đo sẽ là:

$$m_{ex} = m_{ey} = 2 \times \sqrt{2} = 3 \text{ mm}$$

Sai số xác định véc tơ tổng hợp một lần đo là:

$$m_e = 3 \times \sqrt{2} = 4,5 \text{ mm}$$

Thông thường tại mỗi điểm đo người ta xác định các yếu tố bằng cách đo ít nhất là ba lần vì vậy sai số xác định giá trị xác xuất nhất của véc tơ tổng hợp sẽ là:

$$m_e = \frac{4,5}{\sqrt{3}} = 3 \text{ mm}$$

A.3.3 Phạm vi ứng dụng

Phương pháp này rất thuận tiện cho việc quan trắc độ nghiêng của các nhà cao tầng. Hiệu quả kinh tế đặc biệt cao nếu các máy toàn đạc điện tử được tích hợp chế độ đo trực tiếp không cần gương.

A.4 Xác định độ nghiêng bằng phương pháp giao hội thuận

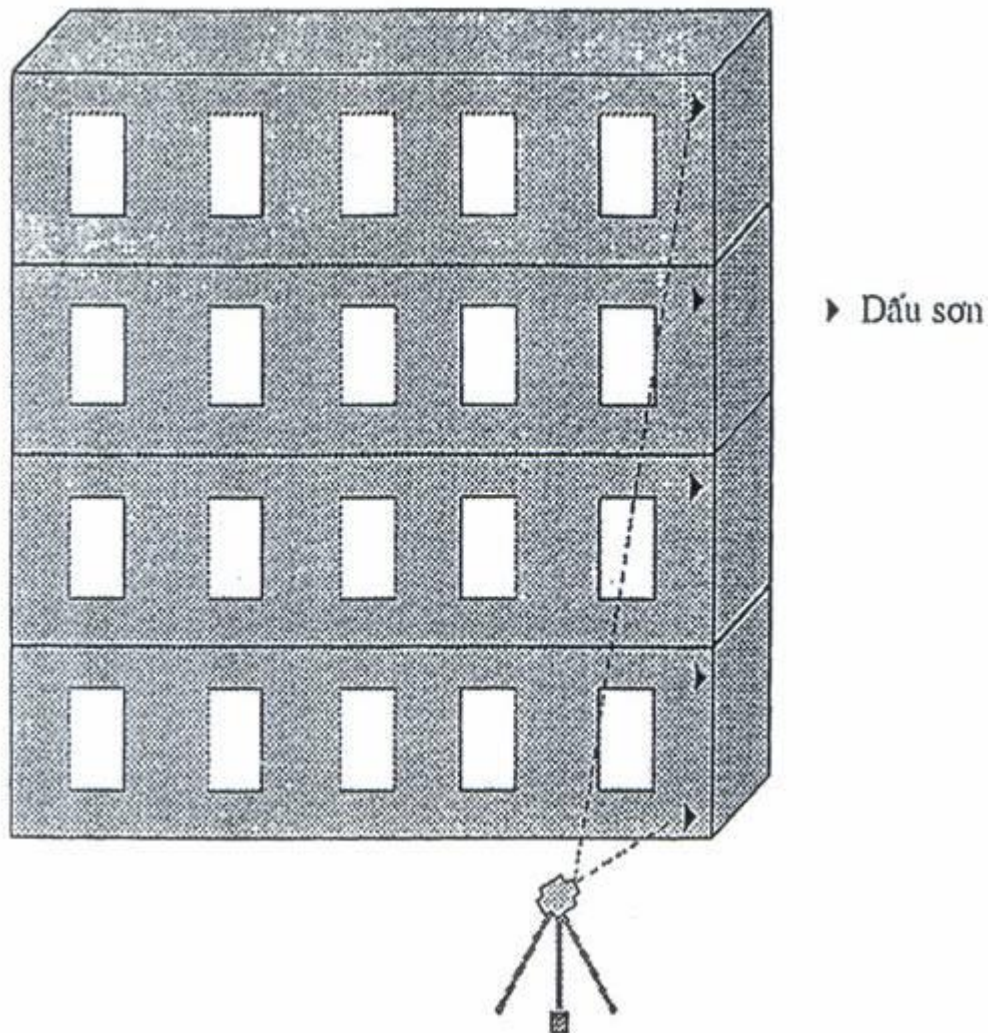
A.4.1 Nội dung

Khi tiến hành các thao tác đo cần thực hiện các điểm sau:

a) Vì không trực tiếp ngắm tới tâm của công trình tại đỉnh và đáy vì vậy thay cho việc ngắm vào tâm của công trình có thể ngắm vào mép của công trình theo đường tiếp tuyến bên phải và bên trái. Giá trị của hướng đo từ điểm đặt máy tới tâm công trình được lấy là giá trị trung bình khi ngắm theo đường tiếp tuyến mép bên trái và mép bên phải;

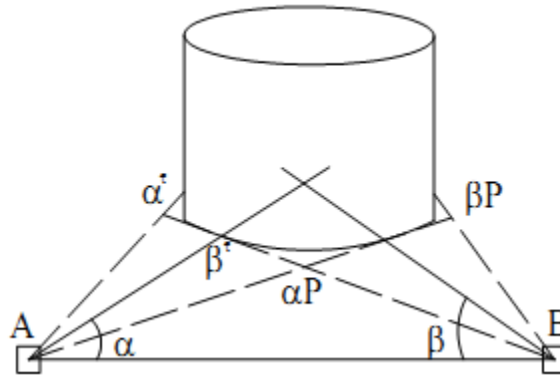
b) Việc xác định góc α và β trong sơ đồ giao hội được thực hiện ít nhất là ba vòng đo đầy đủ, mỗi vòng đo thực hiện các thao tác sau:

- Đặt máy tại điểm A;
- Ngắm đường tiếp tuyến bên trái công trình ở vị trí bàn độ trái, đọc số trên bàn độ ngang;
- Ngắm đường tiếp tuyến bên phải công trình ở vị trí bàn độ trái, đọc số trên bàn độ ngang;
- Đảo kính sang bàn độ phải và thực hiện trình tự ngắm và đọc số ngược lại bắt đầu từ điểm B và kết thúc là đường tiếp tuyến phía bên trái của công trình;



Hình A.3 - Đo độ nghiêng bằng máy toàn đạc điện tử

c) Để tăng độ chính xác xác định tọa độ tâm của công trình cần chọn thêm một điểm cố định C với điều kiện tương tự như các điểm A và B. Việc chọn thêm điểm C và chương trình đo cho phép xác định từng tọa độ tâm công trình hai lần độc lập với nhau. Giá trị tọa độ chính thức được lấy là trung bình của hai giá trị tọa độ thu được và độ chính xác xác định tọa độ tăng gấp xấp xỉ bằng 1,5 lần;



Hình A.4 - Đo độ nghiêng của công trình bằng phương pháp giao hội thuận

A.4.2 Độ chính xác của phương pháp

Độ chính xác xác định tọa độ tâm của công trình ở phía trên và phía dưới được xác định theo công thức của giao hội thuận như sau:

$$M_p = \frac{m_p}{\delta} \times \frac{\sqrt{S_1^2 + S_2^2}}{\sin \gamma} \quad (\text{A.2})$$

trong đó:

$$\gamma = 180^\circ - (\alpha + \beta)$$

S_1, S_2 là khoảng cách từ hai điểm đặt máy tới tâm công trình;

Với $S_1 = S_2 = 100 \text{ m}$, $m_\beta = \pm 10''$, $\gamma = 90^\circ$ ta có $m_p = \pm 7 \text{ mm}$

Nếu chọn ba điểm cố định có tọa độ A, B và C thì tọa độ tâm công trình sẽ được xác định hai lần độc lập nhau, nghĩa là độ chính xác tăng lên 42 lần, trong trường hợp này:

$$M_p = \pm \frac{7}{\sqrt{2}} \text{ mm} = \pm 5 \text{ mm}$$

A.5 Xác định độ nghiêng bằng phương pháp đo hướng

A.5.1 Nội dung

Nội dung của phương pháp đo hướng để xác định độ nghiêng cũng gần giống phương pháp giao hội góc thuận. Phương pháp này chỉ có một số điểm khác biệt sau đây:

a) Nếu trong phương pháp giao hội thuận góc ở tâm tạo bởi hai tia ngắm tới hai điểm cố định không nhất thiết phải là góc vuông thì trong trường hợp xác định độ nghiêng bằng phương pháp đo hướng góc này bắt buộc phải là góc vuông.

b) Nếu trong phương pháp giao hội thuận tọa độ của các điểm cố định phải được biết trước thì trong phương pháp này hướng tọa độ của các điểm này là không cần thiết mà chỉ cần xác định khoảng cách từ các điểm cố định trên tâm công trình.

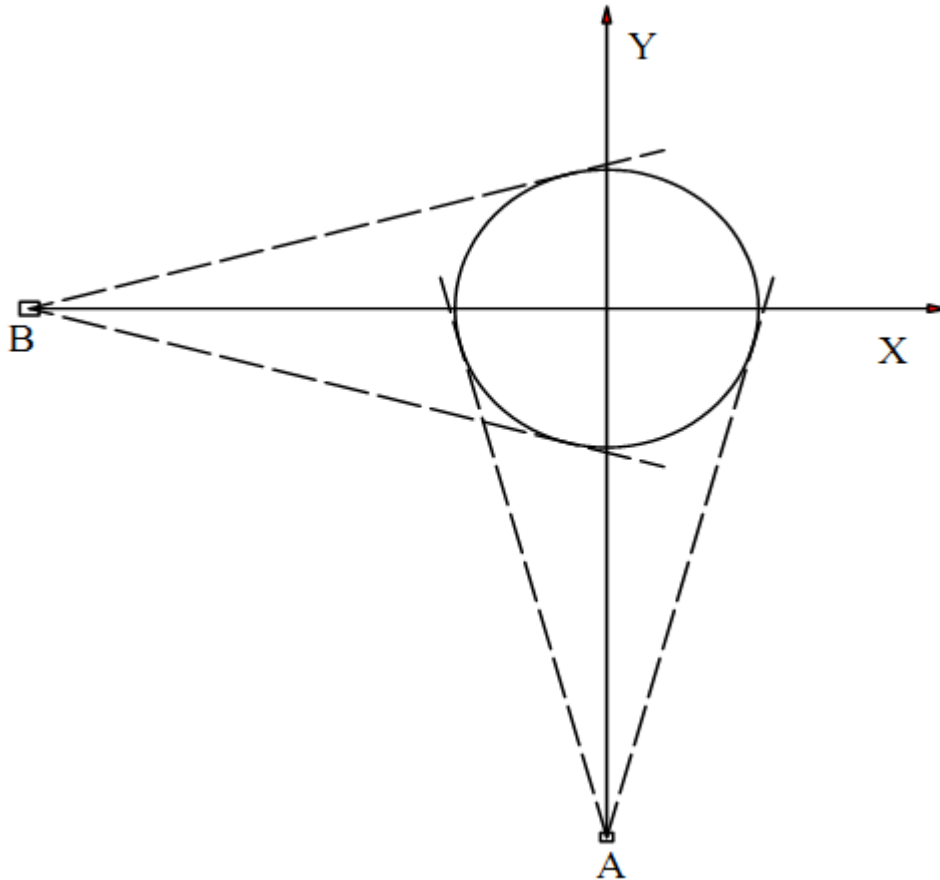
c) Nếu trong phương pháp giao hội góc thuận phải đo góc hợp bởi hướng tại điểm đặt máy tới điểm cố định khác và hướng tới tâm công trình thì trong phương pháp đo hướng tại mỗi điểm đứng máy chỉ cần đo duy nhất hướng tới tâm công trình ở trên và ở dưới.

A.5.2 Độ chính xác của phương pháp

Sai số xác định độ lệch thành phần được tính theo công thức:

$$m_{ex} = \frac{m_{\beta}}{\rho} \times D \quad (A.3)$$

Với khoảng cách từ điểm đặt máy tới công trình D bằng 100 m, sai số đo góc $m_{\beta} = 10''$ thì sai số xác định độ nghiêng thành phần m_{ex} và m_{ey} tính theo công thức (A.3) là 5 mm. Sai số xác định véc tơ độ nghiêng tổng hợp $m_e = 5 \times \sqrt{2} \text{ mm} = 7 \text{ mm}$.



Hình A.5-Đo độ nghiêng của công trình hình trụ hoặc hình côn theo phương pháp đo hướng

A.5.3 Phạm vi ứng dụng

Phương pháp này có thể được ứng dụng cho các công trình có tiết diện hình trụ tròn hoặc hình côn có bán kính nhỏ.

A.6 Xác định độ nghiêng bằng phương pháp đo tọa độ bên ngoài công trình

A.6.1 Nội dung

Nội dung của phương pháp này là xác định tọa độ tâm của công trình trên các độ cao khác nhau dựa vào tọa độ đo thực tế của các điểm trên thân ở phía trong hoặc phía ngoài công trình (Hình A6).

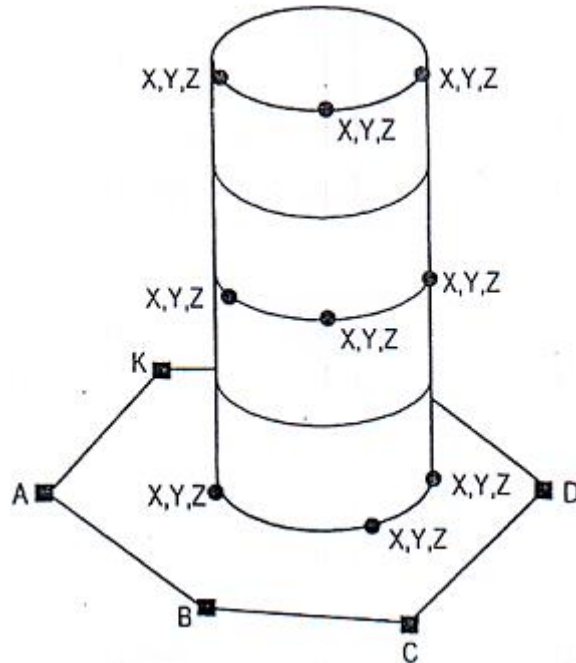
A.6.2 Độ chính xác của phương pháp

Độ chính xác xác định độ nghiêng của công trình bằng phương pháp này phụ thuộc vào độ chính xác xác định tọa độ tâm của nó trên các độ cao khác nhau. Độ chính xác xác định tâm của công trình không những phụ thuộc vào số điểm đo tọa độ trên từng vòng mà còn phụ thuộc vào phân bố các điểm này trên vòng tròn. Trường hợp số điểm đo tọa độ lớn hơn 6 và các điểm phân bố tương đối đều thì độ chính xác xác định tọa độ tâm vòng tròn bằng phương pháp số bình

phương nhỏ nhất tương đương với độ chính xác xác định tọa độ của các điểm bằng máy toàn đạc điện tử.

A.6.3 Phạm vi ứng dụng

Phương pháp này nên áp dụng cho các công trình có tiết diện là hình tròn có đường kính lớn như silô chứa vật liệu rời, bồn chứa xăng dầu hoặc khí hoá lỏng LPG, ống khói nhà máy ...

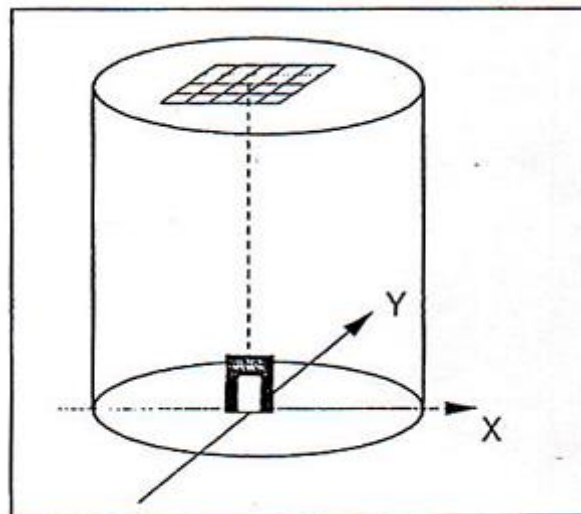


Hình A.6- Xác định độ nghiêng bằng phương pháp đo tọa độ bên ngoài

A.7 Xác định độ nghiêng bằng phương pháp chiếu đứng từ tâm công trình

A.7.1 Nội dung

Sử dụng máy chiếu đứng loại ZL chiếu trực tiếp từ tâm công trình lên các vòng ở trên cao để xác định tọa độ tâm thực tế của nó tại vòng đang xét. Độ nghiêng của công trình được xác định thông qua giá trị chênh lệch tọa độ tâm thực tế của vòng đang xét và tâm của công trình ở chân của nó.



Hình A.7- Xác định độ nghiêng bằng phương pháp chiếu đứng từ tâm công trình

A.7.2 Độ chính xác của phương pháp

Đây là phương pháp xác định độ nghiêng có độ chính xác cao. Nếu sử dụng các máy chiếu loại PZL (Đức) hoặc NZL (Thụy Sĩ) để xác định độ nghiêng của các công trình có chiều cao không quá 100 m thì sai số nằm trong khoảng vài milimét.

A.7.3 Phạm vi ứng dụng

Phương pháp này nên sử dụng cho các công trình có dạng hình tròn hoặc hình côn trong giai đoạn thi công xây dựng có khả năng chiếu trực tiếp từ tâm lên.

A.8 Xác định độ nghiêng bằng phương pháp chiếu từ bên ngoài công trình

A.8.1 Nội dung

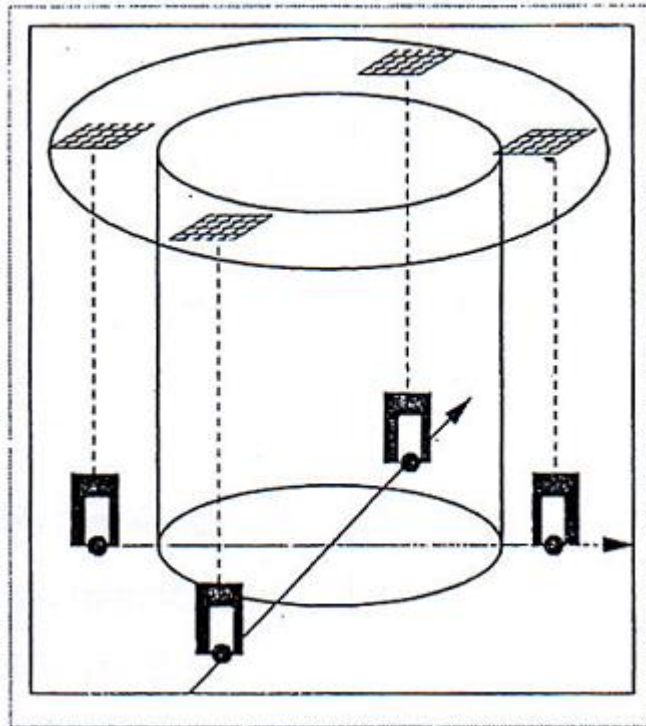
Nội dung của phương pháp này là sử dụng máy chiếu đứng để xác định tọa độ thực tế của các điểm O_1' , O_2' , O_3' và O_4' nằm trên các trục tọa độ, thông qua chúng xác định được tọa độ thực tế của tâm công trình tại vòng đang xét và xác định được độ nghiêng của nó.

A.8.2 Độ chính xác của phương pháp

Phương pháp này có độ chính xác gần tương đương với phương pháp chiếu từ tâm lên, nghĩa là cũng cho phép xác định được độ nghiêng với sai số khoảng vài milimét.

A.8.3 Phạm vi ứng dụng

Phương pháp này ứng dụng để xác định độ nghiêng của các silô hoặc ống khói trong giai đoạn thi công bằng phương pháp Copp pha trượt nhưng không có khả năng chiếu trực tiếp từ tâm công trình lên.



Hình A.8 - Xác định độ nghiêng bằng phương pháp chiếu đứng từ bên ngoài công trình

Phụ lục B

(Tham khảo)

Xử lý số liệu đo đạc và xác định độ nghiêng công trình có thiết diện hình tròn bằng phương pháp đo tọa độ bên ngoài

Sơ đồ bố trí các điểm đo được thể hiện trên Hình A.6

Các bước thực hiện như sau:

Bước 1: Tính tọa độ gần đúng của tâm công trình theo công thức:

$$x_c^0 = \frac{1}{n} \sum_1^n x_i \quad (\text{B.1})$$

$$y_c^0 = \frac{1}{n} \sum_1^n y_i \quad (\text{B.2})$$

trong đó:

$(x^0)_i, (y^0)_i$ là tọa độ gần đúng của tâm công trình ở vòng thứ i ;

$x_i^{(j)}, y_i^{(j)}$ là tọa độ của các điểm đo thực tế trên công trình ở vòng thứ i ;

j bằng 1, 2, ... k là số điểm đo trên vòng đang xét.

Bước 2: Lập hệ phương trình số liệu chỉnh theo công thức:

$$V = AX + L \quad (\text{B.3})$$

trong đó:

V là véc tơ số hiệu chỉnh;

$$A = \begin{bmatrix} -1 & \frac{x_c^0 - x_1}{R'_1} & \frac{y_c^0 - y_1}{R'_1} \\ -1 & \frac{x_c^0 - x_2}{R'_2} & \frac{y_c^0 - y_2}{R'_2} \\ \dots & \dots & \dots \\ -1 & \frac{x_c^0 - x_n}{R'_n} & \frac{y_c^0 - y_n}{R'_n} \end{bmatrix} \quad (\text{B.5})$$

X là véc tơ ẩn số;

$$X^T = R, d_x, d_y \quad (\text{B.6})$$

L là véc tơ số hạng tự do;

$$L^T = R'_1, R'_2, \dots, R'_n \quad (\text{B.7})$$

Bước 3: Lập hệ phương trình chuẩn theo nguyên lý số bình phương nhỏ nhất $[vv] = \min$.

$$A^T AX + A^T L = 0 \quad (\text{B.8})$$

Bước 4: Giải hệ phương trình tuyến tính (B.8) sẽ nhận được ba ẩn số d_x, d_y và R .

Bước 5: Tính tọa độ tâm

$$x_c = x_c^0 + d_x \quad (\text{B.9})$$

$$y_c = y_c^0 + d_y \quad (\text{B.10})$$

Lặp lại các bước từ 2 đến 5 cho đến khi sai lệch x_c , y_c và R sau hai lần lặp liên tiếp không sai lệch quá 1 mm thì dừng lại sẽ được tọa độ x_c , y_c chính xác cho vòng đang xét.

Quy trình trên đây được thực hiện cho từng vòng của công trình. Có tọa độ tâm của các vòng có thể dễ dàng xác định được độ nghiêng theo các công thức (1) và công thức (2).

VÍ DỤ:

Quá trình xử lý số liệu quan trắc độ nghiêng của silô bột liệu nhà máy xi măng X thực hiện bằng máy toàn đạc điện tử TCR - 303 để đo theo phương pháp đo tọa độ từ bên ngoài:

Bảng B.1 - Tọa độ các điểm trên vòng I, H = 4,73 m

Điểm	Tọa độ của các điểm đo trực tiếp	
	X, m	Y, m
1	946,609	964,045
2	948,512	952,047
3	950,453	951,185
4	945,083	956,431
5	944,974	956,755
6	947,324	964,788
7	947,640	965,065
8	951,891	966,832
9	946,348	963,694

Tọa độ gần đúng tâm của vòng 1 xác định theo công thức (B.1) và (B.2) là:

$$\left(x_c^{(1)}\right)_0 = 947,648 \text{ m};$$

$$\left(y_c^{(1)}\right)_0 = 90,094 \text{ m};$$

Với các giá trị này ta có ma trận hệ phương trình số hiệu chỉnh theo công thức (B.5) như sau:

$$A = \begin{bmatrix} 1,0000 & +0,2543 & -0,9671 \\ -1,0000 & -0,1067 & +0,9943 \\ -1,0000 & -0,3003 & +0,9538 \\ -1,0000 & +0,5737 & +0,8191 \\ -1,0000 & +0,6252 & +0,7805 \\ -1,0000 & +0,0689 & -0,9976 \\ -1,0000 & +0,0017 & 1,0000 \\ -1,0000 & -0,5328 & -0,8462 \\ 1,0000 & +0,3397 & -0,9405 \end{bmatrix} \quad L = \begin{bmatrix} +4,0858 \\ +8,0928 \\ +9,3397 \\ +4,4715 \\ +4,2775 \\ +4,7056 \\ +4,9715 \\ +7,9629 \\ +3,8280 \end{bmatrix}$$

Hệ phương trình chuẩn theo công thức (B.8) có dạng:

$$\begin{array}{rclcl} 9,000 \text{ 0R} & -0,923 \text{ 6d}_x & +1,203 \text{ 8d}_y & -51,735 \text{ 3} & = 0,000 \text{ 0} \\ -0,923 \text{ 6R} & +1,290 \text{ 2d}_x & +0,380 \text{ 3d}_y & +0,000 \text{ 0} & = 0,000 \text{ 0} \\ 1,203 \text{ 8R} & +0,380 \text{ 3d}_x & +7,709 \text{ 8d}_y & -0,000 \text{ 0} & = 0,000 \text{ 0} \end{array}$$

Giải hệ phương trình này ta được:

$$R = +6,425 \text{ 0m}$$

$$d_x = +4,967 \text{ 0 m}$$

$$d_y = -1,248 \text{ 2 m}$$

Như vậy, các ẩn số cần xác định của vòng tròn sau lần lặp thứ nhất là:

$$R = 6,425 \text{ 0 m}$$

$$(x_c^1)_1 = 952,615 \text{ 0 m}$$

$$(y_c^1)_1 = 958,845 \text{ 8 m}$$

Sử dụng $(x_c^1)_1$ và $(y_c^1)_1$ để tính lặp cho lần thứ hai ta có ma trận hệ số phương trình số hiệu chỉnh như sau:

$$A = \begin{bmatrix} -1,0000 & +0,7560 & -0,6545 \\ -1,0000 & +0,5167 & +0,8561 \\ -1,0000 & +0,2716 & +0,9624 \\ -1,0000 & +0,9523 & +0,3052 \\ -1,0000 & +0,9646 & -0,2639 \\ -1,0000 & +0,6650 & -0,7469 \\ -1,0000 & +0,6247 & -0,7809 \\ -1,0000 & +0,0903 & -0,9959 \\ -1,0000 & +0,7909 & -0,6119 \end{bmatrix} \quad L = \begin{bmatrix} +7,9442 \\ +7,9406 \\ +7,9596 \\ +7,9097 \\ +7,9220 \\ +7,9569 \\ +7,9647 \\ +8,0194 \\ +7,9239 \end{bmatrix}$$

Hệ phương trình chuẩn của lần lặp thứ hai có dạng:

$$+9,000 \text{ 0R} \quad -5,632 \text{ 1 d}_x \quad +1,402 \text{ 5d}_y \quad -71,541 \text{ 1} \quad = 0,000 \text{ 0}$$

$$\begin{array}{rclcl} -5,632 \text{ 1R} & +4,215 \text{ 7d}_x & - 0,804 \text{ 2d}_y & +44,702 \text{ 8} & = 0,000 \text{ 0} \\ +1,402 \text{ 5R} & - 0,804 \text{ 2d}_x & + 4,784 \text{ 3d}_y & -11,234 \text{ 0} & =0,000 \text{ 0} \end{array}$$

Giải hệ phương trình này ta được:

$$R = + 8,005 \text{ 9 m}$$

$$d_x = + 0,095 \text{ 2 m}$$

$$d_y = +0,017 \text{ 3 m}$$

Các tham số cần xác định của vòng tròn sau lần lặp thứ hai là:

$$R = + 8,005 \text{ 9 m}$$

$$(x_c^{(1)})_1 = 952,710 \text{ 2 m}$$

$$(y_c^{(1)})_1 = 958,863 \text{ 1 m}$$

Sử dụng x_c^2 và y_c^2 để tính lặp cho lần thứ ba, ta có ma trận hệ số phương trình số hiệu chỉnh như sau:

$$A = \begin{bmatrix} -1,0000 & +0,7622 & -0,6474 \\ -1,0000 & +0,5245 & +0,8514 \\ -1,0000 & +0,2821 & +0,9594 \\ -1,0000 & +0,9528 & +0,3037 \\ -1,0000 & +0,9648 & -0,2628 \\ -1,0000 & +0,6725 & -0,7400 \\ -1,0000 & +0,6329 & -0,7742 \\ -1,0000 & +0,1023 & -0,9948 \\ -1,0000 & +0,7964 & -0,6048 \end{bmatrix} \quad L = \begin{bmatrix} +8,0052 \\ +8,0049 \\ +8,0026 \\ +8,0056 \\ +8,0183 \\ +8,0077 \\ +8,0111 \\ +8,0114 \\ +7,9889 \end{bmatrix}$$

Hệ phương trình chuẩn của lần lặp thứ 3 là:

$$\begin{array}{rclcl} +9,000 \text{ 0R} & -5,690 \text{ 6d}_x & + 1,383 \text{ 7d}_y & -72,055 \text{ 8} & = 0,000 \text{ 0} \\ -5,690 \text{ 6R} & +4,272 \text{ 0d}_x & - 0,804 \text{ 4d}_y & +45,559 \text{ 3} & = 0,000 \text{ 0} \\ +1,383 \text{ 7R} & - 0,804 \text{ 4d}_x & + 4,728 \text{ 0d}_y & -11,078 \text{ 5} & = 0,000 \text{ 0} \end{array}$$

Giải hệ phương trình này được:

$$R = + 8,006 \text{ 6 m}$$

$$d_x = + 0,000 \text{ 6 m}$$

$$d_y = +0,000 \text{ 1 m}$$

Các tham số cần xác định của vòng tròn sau lần lặp thứ ba là:

$$R^{(1)} = + 8,007 \text{ m}$$

$$(x_c^{(1)})_3 = 952,711 \text{ m}$$

$$(y_c^{(1)})_3 = 958,863 \text{ m}$$

Sau lần lặp thứ ba các ẩn số không thay đổi so với lần lặp thứ 2 quá 1 mm vì vậy quá trình lặp sẽ dừng lại và các tham số trên sẽ được lấy chính thức của vòng 1.

Đối với các vòng tiếp theo cũng làm tương tự nên trong các bảng dưới đây chỉ thống kê các số liệu đo và kết quả cuối cùng.

Bảng B.2 - Tọa độ các điểm đo trên vòng thứ 2, H = 15,0 m

Điểm đo	X, m	Y, m
1	956,731	964,102
2	952,902	966,797
3	960,644	958,132
4	956,622	951,859
5	946,616	964,020
6	948,433	951,919
7	946,353	963,690

Các tham số của vòng thứ 2 sẽ là:

$$R^{(2)} = + 8,017 \text{ m}$$

$$x_c^{(2)} = 952,669 \text{ m}$$

$$y_c^{(2)} = 958,785 \text{ m}$$

Bảng B.3 - Tọa độ các điểm đo trên vòng thứ 3, H = 20,0 m

Điểm đo	x(m)	y(m)
1	958,725	964,096
2	952,865	966,772
3	960,628	958, 133
4	956,684	951,865
5	946,623	963,997
6	948,442	951,865
7	946,370	963,677

Các tham số của vòng thứ 3 sẽ là:

$$R^{(3)} = +8,019 \text{ m}$$

$$x_c^{(3)} = 952,663 \text{ m}$$

$$y_c^{(3)} = 958,753 \text{ m}$$

Bảng B.4 - Tọa độ các điểm đo trên vòng thứ 4, H = 25,0 m

Điểm đo	X, m	Y, m
1	958,748	964, 117
2	952,953	966,833
3	960,643	958, 132
4	956,527	951,850
5	946,610	964,039
6	948,450	951,885
7	946,337	963,702

Các tham số của vòng thứ 4 sẽ là:

$$R^{(4)} = + 8,025 \text{ m}$$

$$x_c^{(4)} = 952, 659 \text{ m}$$

$$y_c^{(4)} = 958,807 \text{ m}$$

Bảng B.5 - Tọa độ các điểm đo trên vòng thứ 5, H = 30,0 m

Điểm đo	x m	y m
1	958,762	964, 129
2	952,968	966,844
3	960,642	958, 132
4	956,596	951,856
5	946,604	964,061
6	948,470	951,935
7	946,329	963,707

Các tham số của vòng thứ 5 sẽ là:

$$R^{(5)} = + 8,027 \text{ m}$$

$$x_c^{(5)} = 952,672 \text{ m}$$

$$y_c^{(5)} = 958,825 \text{ m}$$

Bảng B.6 - Tọa độ các điểm đo trên vòng thứ 6, H = 35,0 m

Điểm đo	x (m)	y (m)
1	958,786	964, 150
2	952,981	966,854
3	960,662	958, 130
4	956,622	951,859
5	946,606	964,054
6	948,335	951,703

Các tham số của vòng thứ 6 sẽ là:

$$R^{(6)} = + 8,011 \text{ m}$$

$$x_c^{(6)} = 952,717 \text{ m}$$

$$y_c^{(6)} = 958,866 \text{ m}$$

Bảng B.7 - Tọa độ các điểm đo trên vòng thứ 7, H = 40,0 m

Điểm đo	x (m)	y (m)
1	958,750	964, 118
2	953,000	966,868
3	960,601	958, 135
4	956,665	951,863
5	946,595	964,091
6	948,463	951, 917
7	946,312	963,720

Các tham số của vòng thứ 7 sẽ là:

$$R^{(7)} = + 8,037 \text{ m}$$

$$x_c^{(7)} = 952,645 \text{ m}$$

$$y_c^{(7)} = 958,820 \text{ m}$$

Bảng B.8 - Tọa độ các điểm đo trên vòng thứ 8, H = 45,0 m

Điểm đo	x m	Y m
1	958,747	964, 116
2	952,023	966,813
3	960,631	958, 133
4	956,608	951,858
5	946,609	964,043
6	948,442	951,865
7	946,344	963,696

Các tham số của vòng thứ 8 sẽ là:

$$R^{(8)} = + 8,031 \text{ m}$$

$$x_c^{(8)} = 952,654 \text{ m}$$

$$y_c^{(8)} = 958,785 \text{ m}$$

Bảng B.9 - Tọa độ các điểm đo trên vòng thứ 9, H = 50,0 m

Điểm đo	X m	y m
1	958,714	964,088
2	952,628	958, 113
3	956,664	951,863
4	946,598	964,082
5	948,434	951,811
6	946,326	963,710

Các tham số của vòng thứ 9 sẽ là:

$$R^{(9)} = + 8,041 \text{ m}$$

$$x_c^{(9)} = 952,626 \text{ m}$$

$$y_c^{(9)} = 958,767 \text{ m}$$

Bảng B.10 - Tọa độ các điểm đo trên vòng thứ 10, H = 55,0 m

Điểm đo	X m	Y m
1	958,699	964,076
2	952,749	966,620
3	960,541	958, 140
4	956,710	951,868

5	946,593	964,099
6	948,410	951,781
7	946,313	963,720

Các tham số của vòng thứ 10 sẽ là:

$$R^{(10)} = + 8,037 \text{ m}$$

$$x_c^{(10)} = 952,571 \text{ m}$$

$$y_c^{(10)} = 958,713 \text{ m}$$

Bảng B.11 - Tọa độ các điểm đo trên vòng thứ 11, H = 60,0 m

Điểm đo	x m	y m
1	958,724	964,098
2	960,574	958, 138
3	956,592	951,856
4	946,562	964,200
5	948,423	951, 813
6	946,258	963,762

Các tham số của vòng thứ 11 sẽ là:

$$R^{(11)} = + 8,068 \text{ m}$$

$$x_c^{(11)} = 952,563 \text{ m}$$

$$y_c^{(11)} = 958,801 \text{ m}$$

Bảng B.12 - Tọa độ các điểm đo trên vòng thứ 12, H = 70,0 m

Điểm đo	x m	y m
1	960,604	958, 135
2	946,558	964,213
3	948,433	951,840
4	945,716	962,980

Các tham số của vòng thứ 12 sẽ là:

$$R^{(12)} = + 8,069 \text{ m}$$

$$x_c^{(12)} = 952,564 \text{ m}$$

$$y_c^{(12)} = 958,777 \text{ m}$$

Bảng B.13 - Bảng tính độ nghiêng và hướng nghiêng của silô

Thứ tự	Độ cao so với Chân silô m	Véc tơ độ lệch tổng hợp m	Góc nghiêng (0' ")	Hướng nghiêng (0' ")
1	0,00	0,000	00°00'00"	0°00'00"
2	10,27	0,088(1/120)	00°29'00"	241°16'00"
3	15,27	0,119(1/130)	00°26'10"	246°29'00"

4	20,27	0,076(1/270)	00°12'00"	227°20'00"
5	25,27	0,054(1/470)	00°07'00"	224021 ' 00"
6	30,27	0,006(1/5000)	00°00'40"	200°00'00"
7	35,27	0,079(1/450)	00°07'00"	212°56'00"
8	40,27	0,096(1/420)	00°08'00"	233°45'00"
9	45,27	0,128(1/350)	00°09'00"	228°30'00"
10	50,27	0,205(1/250)	00°14'00"	226°48'00"
11	60,27	0,160(1/380)	00°09'00"	202°27'00"
12	70,27	0,171(1/400)	00°08'00"	210°17'00"

Phụ lục C

(Tham khảo)

Xử lý kết quả xác định độ nghiêng bằng phương pháp đo hướng

Sơ đồ bố trí các điểm đo được thể hiện trên Hình A.5

Số liệu quan trắc độ nghiêng của một công trình hình trụ cao 62 m theo phương pháp đo hướng được ghi trong các Bảng C.1 và Bảng C.2.

Bảng C.1 - Số liệu đo tại điểm A, D = 51,132 m

Điểm ngắm	Độ cao m	Số đọc trên máy		Trung bình (' ")	Độ lệch	
		M. trái (L) (' ")	M. phải (R) (' ")		Góc (' ")	Dài mm
1	0,0	0°00'03"	1°21 '20"	1°40'42"	00'00"	0,000
2	25,0	0°00'10"	1°21 '08"	1°40'29"	-00'12"	-3,000
3	48,0	0°08'10"	1°24'26"	0°48' 48"	+08'06"	+ 120,500
4	62,0	0°41'17"	1°02'20"	0°51' 49"	+11'07"	+ 165,300

Bảng C.2 - Số liệu đo tại điểm B, D = 54,820 m

Điểm ngắm	Độ cao m	Số đọc trên máy		Trung bình (' ")	Độ lệch	
		M. trái (L) (' ")	M. phải (R) (' ")		Góc (' ")	Dài mm
1	0,0	359°59'57"	0°16'20"	38'08"	0'00"	0,00
2	25,0	359°58'45"	1°15'13"	36'59"	-1'09"	-18,30
3	48,0	359°51'50"	1°08'02"	29'56"	+8'12"	-130,80
4	62,0	000°12'04"	0°31'10"	21'40"	+ 16'28"	-262,60

Bước 1: Tính giá trị của hướng đi từ điểm A qua tâm của công trình bằng giá trị trung bình của số đọc trên máy ở bàn độ trái (L) và bàn độ phải (R).

$$(\alpha_i)_c = (L_i + R_i)/2 \text{ (Số liệu tính trong Bảng C.1)}$$

$$(\beta_i)_c = (L_i + R_i)/2 \text{ (Số liệu tính trong Bảng C.2)}$$

Bước 2: Tính độ lệch ở đơn vị góc của các vòng so với chân cột theo công thức:

$$d\alpha_i = (\alpha_i)_c - (\alpha_1)_c$$

$$d\beta_i = (\beta_i)_c - (\beta_1)_c$$

trong đó:

$d\alpha$ và $d\beta$ là độ lệch của vòng thứ i ở đơn vị góc theo hướng vuông góc với tia ngắm của máy kinh vĩ.

Bước 3: Tính độ lệch của tâm vòng thứ i so với chân cột (theo hướng vuông góc với tia ngắm của máy kinh vĩ) theo công thức (5):

$$e_x = \frac{d\alpha_i - D_A}{\rho} \quad e_y = \frac{d\beta_i - D_B}{\rho}$$

Phụ lục D

(tham khảo)

Xử lý số liệu xác định độ nghiêng bằng phương pháp giao hội

Sơ đồ đo theo phương pháp giao hội từ hai điểm A và B được trình bày trên Hình A.4

Các số liệu đo thực địa của vòng đầu tiên (chân công trình) được ghi trong các Bảng D.1 và Bảng D.2

Bảng D.1 - số liệu đo trên trạm máy A

Vòng đo	Điểm ngắm	CL (0' ")	CR (0' ")	2C (")	Hướng trung bình (0' ")	Trị hướng quy O (0' ")	Trị hướng tới tâm (0' ")	Góc α (0' ")
1	LA	0°00'00"	188°00'00"	-6"	0°00'03"	0°00'03"		59°02'10"
	RA	33°13'01 "	213°13'05"	-4"	33°13'03"	33°13'00"	16°36'30"	
	B	75°38'41"	255°38'45"	-4"	75°38'43"	75°38'40"		
2	LA	60°00'00"	240°00'08"	-8"	60°00'04"	0°00'00"		59°02'06"
	RA	93°13'04"	273°13'10"	-6"	93°13'07"	33°13'03"	16°36'32"	
	B	135°38'38"	315°38'48"	-10"	135°38'43"	75°39'38"		
3	LA	120°00'00"	200°00'10"	-10"	120°00'05"	0°00'00"		59°02'04"
	RA	153°13' 12"	333°13'16"	-4"	153°13'14"	33°13'09"	16°36'34"	
	B	195°38'40"	15°38'46"	-6"	195°38'43"	75°38'38"		

CHÚ THÍCH: $\alpha_{tb} = 59°02'07"$

Bảng D.2 - số liệu đo trên trạm máy B

Vòng đo	Điểm ngắm	BL (0' ")	CR (0' ")	2C (")	Trị hướng trung bình (0' ")	Trị hướng quy O (0' ")	Trị hướng tới tâm (0' ")	Góc α (0' ")
1	A	0°00'00"	180°00'10"	-10"	0°00'03"	0°00'00"		56°18'40"
	LB	40°12'28"	220°12'36"	-8"	75°38'43"	40°12'37"	56°18'40"	
	RB	72°24'43"	252°24'50"	-7"	75°38'43"	72°24'42"		

2	A	60°00'00"	240°00'12"	-12"	60°00'06"	0°00'00"	56°18'36"	56°18'36"
	L _B	100°12'30"	280°12'12"	-10"	100°12'35"	40°12'29"		
	R _B	132°24'45"	312°24'56"	-11"	132°24'50"	72°24'44"		
3	A	120°00'00"	300°00'10"	-10"	120°00'05"	0°00'00"	56°18'36"	56°18'36"
	L _B	160°12'26"	340°12'56"	-10"	160°12'31"	40°12'26"		
	R _B	192°24'45"	12°24'58"	-12"	192°24'51"	72°24'46"		

CHÚ THÍCH: $\beta_{tb} = 56^\circ 18' 37''$

Bảng D.3 - Tọa độ của các điểm cố định A và B

Điểm	Y m	X m
a	982,000	970,000
B	1 020,000	970,000

Tính giá trị hướng từ điểm đặt máy tới tâm của công trình:

1 Các số liệu đo ngoại nghiệp được ghi ở Bảng D.2.

2 Tính sai số 2C của máy kinh vĩ theo công thức:

$$2C = CL + 180 - CR \quad (D.1)$$

Biến động sai số 2C trong một vòng đo không được vượt quá 12".

3 Tính trị số hướng trung bình theo công thức:

$$A_{TB} = CL - C = CR - 180 + C \quad (D.2)$$

4 Trị số hướng trung bình quy 0 được tính theo công thức:

$$A_i^0 = (A_{tb})_i - (A_{tb})_0 \quad (D.3)$$

trong đó:

i bằng 0, 1, 2 là số lượng hướng đo trên một trạm máy

5 Trị số hướng tới tâm công trình được tính theo công thức:

$$A_c = \frac{1}{2}(A_1 + A_2) \quad (D.4)$$

6 Góc mở tại điểm đặt máy được tính theo công thức:

$$\alpha = A_B - A_{tâm} \quad (D.5)$$

$$\beta = B_A - B_{tâm} \quad (D.6)$$

7 Tính tọa độ tâm công trình (điểm giao hội) theo công thức:

$$x_c = \frac{x_A \operatorname{ctg}\beta + x_B \operatorname{ctg}\alpha - y_A + y_B}{\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\beta} \quad (\text{D.7})$$

$$y_c = \frac{y_A \operatorname{ctg}\beta + y_B \operatorname{ctg}\alpha + x_A - x_B}{\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\beta} \quad (\text{D.8})$$

Với các số liệu đã tính được như trong Bảng D.1 và Bảng D.2, tọa độ tâm của công trình ở vòng 1 sẽ có giá trị như sau:

$$x_1 = 1\,000,000 \text{ m}$$

$$y_1 = 1\,000,000 \text{ m}$$

Đối với các vòng còn lại cũng được thực hiện tính theo trình tự các bước như đã trình bày ở trên. Sau khi tính được tọa độ tâm của các vòng, có thể tính được độ nghiêng của đối tượng quan trắc theo các công thức (1), công thức (2), công thức (5).

PHỤ LỤC E

(Tham khảo)

Xử lý số liệu quan trắc độ nghiêng của công trình trong giai đoạn thi công xây dựng bằng phương pháp chiếu từ bên ngoài

Sơ đồ bố trí các điểm đo xem trong Phụ lục A, Hình A.8.

Bảng E.1 - Tọa độ của các điểm cố định

Thứ tự	Tên điểm	Tọa độ		Ghi chú
		X m	Y m	
1	O ₁	1 000,000	988,800	Điểm đo mép bên trái
2	O ₂	1 011,200	1 000,000	Điểm đo mép bên trên
3	O ₃	1 000,000	1 011,200	Điểm đo mép bên phải
4	O ₄	988,800	1 000,000	Điểm đo mép bên dưới
5	O	1 000,000	1 000,000	Tâm công trình trên mặt đất

Bảng E.2- Kết quả tính toán

Thứ tự	Điểm đã đặt máy	Số đọc		Tọa độ	
		Δ_x (mm)	Δ_y (mm)	X' (m)	Y' (m)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	O ₁	-123	+166	999,877	988,966
2	O ₂	+82	+140	1 011,282	1 000,140
3	O ₃	-84	+95	999,916	1 011,295
4	O ₄	+ 141	+122	988,941	1 000,122

1 Các số liệu quan trắc thực tế của vòng thứ i được ghi trong Bảng E.2.

2 Thành phần tọa độ (X') và (y') tại Bảng E.2 được tính theo công thức:

$$\begin{aligned}x'_B &= x_B + \Delta_x \\y'_B &= y_B + \Delta_y\end{aligned}\quad (\text{E.1})$$

3 Tính hệ số A, B, C của phương trình đường thẳng $Ax + By + C = 0$ đi qua hai điểm đầu tiên (Đ) có tọa độ x_d, y_d và điểm cuối (C) có tọa độ x_c, y_c theo các công thức sau:

$$\begin{aligned}A &= -(y_c - y_d) \\B &= -(x_c - x_d) \\C &= (x_c \times y_d) - (x_d \times y_c)\end{aligned}\quad (\text{E.2})$$

Hệ số của phương trình đường thẳng nối 2 điểm O_1 và O_3 là:

$$A_1 = -22,329; B_1 = +0,039; C_1 = -22\,287,684$$

Hệ số của phương trình đường thẳng nối 2 điểm O_2 và O_4 là:

$$A_2 = +0,018; B_2 = -22,341; C_2 = -22\,325,925$$

4 Tính các định thức:

$$\begin{aligned}D &= (A_1 \times B_2) - (A_2 \times B_1) = 498,851 \\D_x &= (C_1 \times B_2) - (C_2 \times B_1) = 498\,799,859 \\D_y &= (A_1 \times C_2) - (A_2 \times C_1) = 498\,916,758\end{aligned}\quad (\text{E.3})$$

Tính tọa độ tâm thực tế của công trình tại vòng thứ i (chính là giao điểm của hai đường thẳng nối giữa O_1 với O_3 và nối giữa O_2 với O_4):

$$(x_c)_B = D_x / D = 999,897 \text{ m}$$

$$(y_c)_B = D_y / D = 1\,000,132 \text{ m} \quad (\text{E.4})$$

5 Tính độ lệch của tâm vòng thứ i theo hướng trục X

$$e_x = (x_c)_B - (x_c)_1 = 999,897 \text{ m} - 1\,000,000 \text{ m} = -0,103 \text{ m} \quad (\text{E.5})$$

Tính độ lệch của tâm vòng thứ i theo hướng trục y

$$e_y = (y_c)_B - (y_c)_1 = 1\,000,132 \text{ m} - 1\,000,000 \text{ m} = -0,132 \text{ m} \quad (\text{E.6})$$

6 Tính véc tơ độ lệch tổng hợp của tâm vòng thứ i so với vòng thứ nhất (trên mặt đất)

$$e = \sqrt{(e_x^2 + e_y^2)} = 0,167 \text{ m} \quad (\text{E.7})$$

7 Tính hướng nghiêng của tâm công trình tại vòng thứ i

$$\alpha = \text{Arctg} \frac{e_y^i}{e_x^i} = 322^{\circ}02'06'' \quad (\text{E.8})$$

8 Tính góc nghiêng của công trình tại vòng thứ i

$$\varepsilon = \frac{e_i}{h_i} = \frac{0,167}{56} 57,3 = 0^{\circ}10' \quad (\text{E.9})$$

Phụ lục F

(Tham khảo)

Tính năng kỹ thuật của một số máy sử dụng đo độ nghiêng công trình

Bảng F1- Tính năng kỹ thuật của một số máy sử dụng đo độ nghiêng công trình

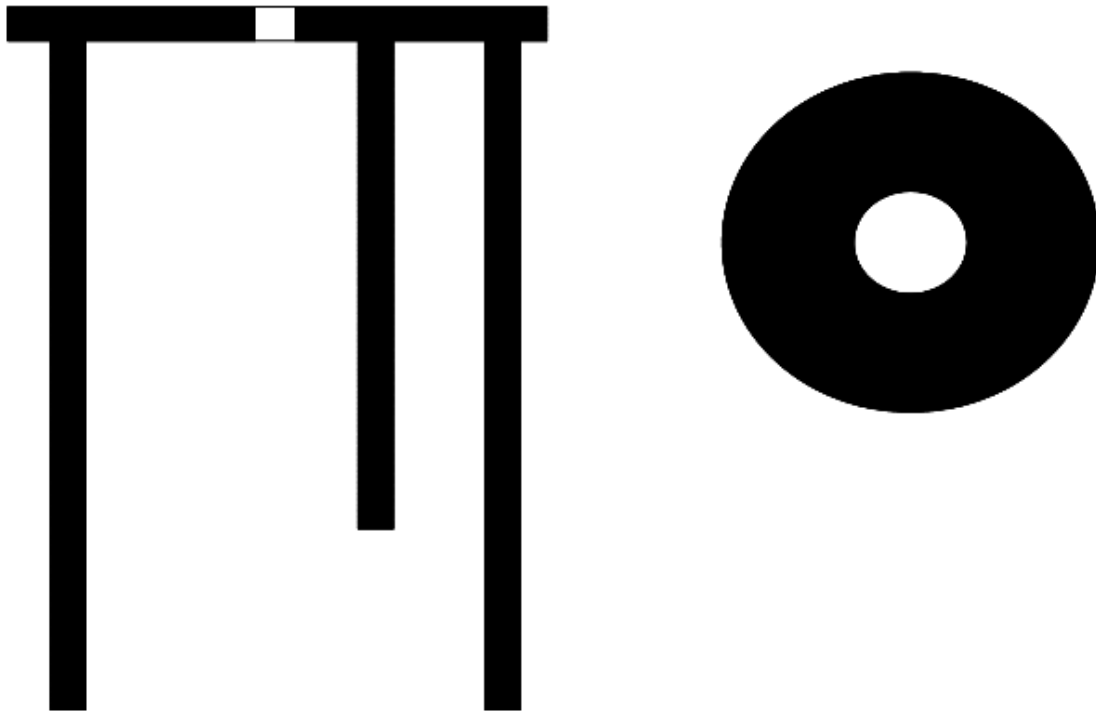
Thứ tự	Tên máy	Hãng và Nước chế tạo	Độ chính xác đo góc		Độ chính xác đo cạnh mm	Tầm hoạt động xa nhất km	Trọng lượng, kích thước (kg, mm)
			Ngang (")	Đứng (")			
Các máy toàn đạc điện tử thông thường đo bằng gương phản xạ							
1	DTM-750	Nikon Nhật Bản	2	2	$\pm(2+2 \times 10^{-6}D)$	4,4	6,9 175x182x367
2	SET-2B	Sokkia Nhật Bản	2	2	$\pm(2+2 \times 10^{-6}D)$	3,5	7,5 181x177x371
3	TC-600	Leica Thụy Sĩ	5	5	$\pm(2+2 \times 10^{-6}D)$	2,4	4,2
4	TC-705	Leica Thụy Sĩ	10	10	$\pm(2+2 \times 10^{-6}D)$	1,3	4,2
Các máy toàn đạc điện tử có chế độ đo không cần gương phản xạ							
1	TCR-303	Leica Thụy Sĩ	3	3	$\pm(2+2 \times 10^{-6}D)$	2,0 0,080(5)	7,2
2	TCR-703	Leica Thụy Sĩ	3	3	$\pm(2+2 \times 10^{-6}D)$	2,0 0,080(5)	7,2
3	NPL-350	Nikon Nhật Bản	5	5	$\pm(2+2 \times 10^{-6}D)$	2,0 0,080(5)	7,2
4	TRIMBLE 5602-DR 300+	Trimble Mỹ	2	2	$\pm(2+2 \times 10^{-6}D)$	2,0 0,300	10,2
Các máy kinh vĩ điện tử							
1	NE-10H	Nikon Nhật Bản	5		-	-	3,6
2	ETLI	Topcon Nhật Bản	2	2	-	-	3,6
3	DT-2E	Sokkia Nhật Bản	2	2	-	-	4,8

Các máy chiếu đứng							
1	PZL	Đức	-	-	1 mm/100 m	-	3,2
2	NZL	Leica Thụy Sĩ	-	-	0,5 mm/100 m	-	3,5

Phụ lục G

(Tham khảo)

Cấu tạo móc cổ định dọi tâm bắt buộc



Hình G1- Cấu tạo móc cổ định dọi tâm bắt buộc

THƯ MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO

1 Technical Specification for Urban Surveying Using Global Positioning System - CJJ 73 - 97. NXB Công nghiệp xây dựng Trung Quốc, Bắc Kinh, 10/1997.

2 Trắc địa công trình. Nhà xuất bản Giao thông vận tải - Hà Nội 1999.

3 Báo cáo đề tài 46A - 05 - 01, Quy trình công nghệ trắc địa trong đo vẽ công trình ngầm, trong thi công, trong quan trắc chuyển dịch biến dạng các công trình quan trọng và khả năng đảm bảo trắc địa, bản đồ trên khu vực xây dựng, điều tra khai thác tài nguyên khoáng sản". Hà Nội 1991.

4 Báo cáo đề tài cấp Bộ mã số B2000 -36- 14, Nghiên cứu quy trình công nghệ công tác quan trắc biến dạng công trình thủy điện". Bộ Giáo dục và Đào tạo Hà Nội 2003. Chủ nhiệm đề tài TS. Trần Khánh.

5 Báo cáo tổng kết đề tài Nghiên cứu ứng dụng công nghệ GPS trong trắc địa công trình công nghiệp và nhà cao tầng (mã số: RD - 02). Hà Nội - 200. Báo cáo tổng kết đề tài cấp Bộ (Bộ Xây dựng).

6 Báo cáo tổng kết đề tài cấp bộ (Bộ Giáo dục và Đào tạo). Nghiên cứu ứng dụng công nghệ GPS trong trắc địa công trình, mã số B2001 - 36 - 23. Hà Nội - 2003.

MỤC LỤC

Lời nói đầu

1 Phạm vi áp dụng

2 Tài liệu viện dẫn

3 Ký hiệu

4 Quy định chung

5 Quan trắc độ nghiêng của các nhà cao tầng

6 Quan trắc độ nghiêng của các công trình có dạng hình trụ tròn

7 Quan trắc độ nghiêng của các tháp truyền hình và tháp ăng ten vô tuyến viễn thông

Phụ lục A (Tham khảo): Các phương pháp xác định độ nghiêng. Độ chính xác và khả năng áp dụng của chúng

Phụ lục B (Tham khảo): Xử lý số liệu đo đạc và xác định độ nghiêng công trình có thiết diện hình tròn bằng phương pháp đo tọa độ bên ngoài

Phụ lục C (Tham khảo): xử lý kết quả xác định độ nghiêng bằng phương pháp đo hướng

Phụ lục D (Tham khảo): xử lý số liệu xác định độ nghiêng bằng phương pháp giao hội

Phụ lục E (Tham khảo): xử lý số liệu quan trắc độ nghiêng của công trình trong giai đoạn thi công xây dựng bằng phương pháp chiếu từ bên ngoài

Phụ lục F (Tham khảo): Tính năng kỹ thuật của một số máy sử dụng đo độ nghiêng công trình

Phụ lục G (Tham khảo): Cấu tạo mốc cố định dọi tâm bắt buộc

Thư mục tài liệu tham khảo