

KIỂM SOÁT ĐỘ NGHIÊNG CỦA CÔNG TRÌNH DẠNG THÁP BẰNG PHƯƠNG PHÁP TỌA ĐỘ BÊN NGOÀI

ThS. LÊ VĂN HÙNG
Viện KHCN Xây dựng

1. Đặt vấn đề

Việc giám sát thi công và thực nghiệm tại một số công trình tại Hà Nội và một số địa phương khác cho thấy, trong quá trình thi công các công trình chưa đạt được độ nghiêng cho phép. Do một số nguyên nhân khác nhau, công trình sau xây dựng không hoàn toàn bảo đảm đúng các kích thước như bản vẽ thiết kế mà bị sai lệch trong một phạm vi nào đó. Nếu đem giá trị sai lệch thực tế so sánh với hạn sai cho phép quy định trong tiêu chuẩn, chúng ta sẽ đánh giá được chất lượng hình học của công trình và đi đến kết luận là sai lệch nằm trong phạm vi cho phép hay vượt phạm vi cho phép, tránh phải căn chỉnh gây tốn kém về kinh phí và làm chậm tiến độ công trình. Từ thực tế đó, tác giả bài báo này muốn đề xuất sử dụng các loại máy toàn đạc điện tử (TĐĐT) thông dụng với phương pháp đo tọa độ bên ngoài kết hợp phần mềm Tilt OV để kiểm soát độ nghiêng của các công trình dạng tháp trong quá trình xây dựng, hoàn thiện và đưa vào sử dụng.



Hình 1. Sử dụng máy toàn đạc điện tử (TĐĐT) để kiểm soát độ nghiêng công trình

2. Quy trình đo

Bước 1: Lập một đường chuyền khép kín xung quanh đối tượng cần xác định độ nghiêng (Hình 2). Số điểm của đường chuyền tối thiểu là 3, khuyến cáo từ 5 đến 9 điểm. Tọa độ và độ cao của các điểm được xác định trong một hệ giả định.

Bước 2: Lần lượt đặt các máy TĐĐT 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.

Bước 3: Khởi động chế độ xác định tọa độ không gian ba chiều và ngắm máy vào đối tượng cần xác định độ nghiêng ở đoạn sát mặt đất (mặt bằng gốc của công trình) theo hướng vuông góc với bề mặt của đối tượng xác định tọa độ X_{A1} , Y_{A1} , H_{A1} .

Bước 4: Đưa ống kính lên cao dần và đo tọa độ cho đến khi $H_{A2} = H_{A1} + \Delta h$ trong đó $\Delta h = 5m$, $10m$ hoặc $15m$ tùy theo yêu cầu của cơ quan thiết kế hoặc ban quản lý công trình để đo các giá trị X_{A2} , Y_{A2} và H_{A2} và lần lượt làm như vậy cho đến hết chiều cao của công trình.

Bước 5: Chuyển máy sang điểm đường chuyền tiếp theo và thực hiện tương tự từ bước 2 đến bước 4.

Bước 6: Dựa vào tọa độ của các điểm được đo trên từng đốt xác định ra tọa độ tâm X_i^c , Y_i^c và bán kính R_i của đốt đó.

Bước 7: So sánh tọa độ tâm X_i^c , Y_i^c của từng vòng với đốt gốc ở sát mặt đất sẽ xác định được độ nghiêng của công trình.

3. Độ chính xác của phương pháp

Độ chính xác đo độ nghiêng bằng máy TĐĐT chủ yếu phụ thuộc vào độ chính xác của loại máy được sử dụng. Đối với máy TĐĐT độ chính xác đo khoảng cách được xác định theo công thức: $m_D = \pm (a + b.D^{-6})$ (1)

trong đó: a - 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 (với máy TĐĐT thông dụng thì $a = \pm 2\text{mm}$);
 b - 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. Với máy TĐĐT thông dụng thì thành phần $b = 2 \cdot 10^{-6}$.

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 cũng sẽ bị loại trừ vì vậy sai số xác định khoảng cách chỉ nằm trong khoảng từ 1mm đến 2mm. Sai số xác định độ nghiêng 1 lần đo sẽ là :

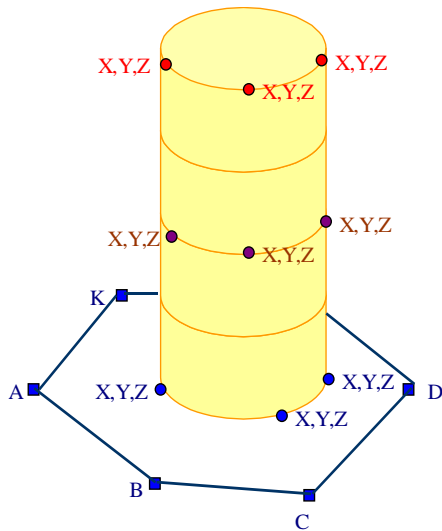
$$m_{ex} = m_{ey} = 2\text{mm} \sqrt{2} = 3\text{mm} \quad (2)$$

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

$$m_e = 3\text{mm} \sqrt{2} = 4.5\text{mm} \quad (3)$$

Thông thường tại mỗi điểm đo người ta xác định các yếu tố bằng cách đo ít nhất là 3 lần vì vậy sai số xác định giá trị xác xuất nhất của véc tơ tổng hợp sẽ là:

$$m_e = \frac{4.5\text{mm}}{\sqrt{3}} = 3\text{mm}$$



Hình 2. Sơ đồ đo nghiêng công trình dạng hình trụ

4. Xử lý số liệu

Các bước thực hiện:

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

$$x_c^0 = \frac{1}{n} \sum_1^n x_i \quad (4)$$

$$y_c^0 = \frac{1}{n} \sum_1^n y_i \quad (5)$$

Trong đó:

$(x_0)_i, (y_0)_i$ - Tọa độ gần đúng của tâm công trình ở đoạn thứ i ;

$x_{(j)i}, y_{(j)i}$ - Tọa độ của các điểm đo thực tế trên công trình ở đoạn thứ i ;

$j = 1, 2, \dots, k$ - Số điểm đo trên vòng đang xét.

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

$$V = AX + L \quad (6)$$

Trong đó:

V - Véc tơ số hiệu chỉnh;

$$V^T = V_1, V_2, \dots, V_n \quad (7)$$

A - Ma trận hệ số phương trình số hiệu chỉnh;

$$A \begin{bmatrix} -1 & \frac{x_c^0 - x_1}{R'_1} & \frac{y_c^0 - y_1}{R'_1} \\ -1 & \frac{x_c^0 - x_2}{R'_2} & \frac{y_c^0 - y_2}{R'_2} \\ \dots & \dots & \dots \\ -1 & \frac{x_c^0 - x_n}{R'_n} & \frac{y_c^0 - y_n}{R'_n} \end{bmatrix} \quad (8)$$

X - Véc tơ ần số; $X^T = R, dx, dy$ (9)

L - Véc tơ số hạng tự do, $L^T = R'_1, R'_2, \dots, R'_n$ (10)

Bước 3: Lập hệ phương trình chuẩn theo nguyên lý số bình phương nhỏ nhất:

$$[VV] = \min \\ A^TAX + A^TL = 0 \quad (11)$$

Bước 4: Giải hệ phương trình tuyến tính (3.24) sẽ nhận được 3 ần số dx, dy và R.

Bước 5: Tính tọa độ tâm

$$x_c = x_c^0 + dx \quad (12)$$

$$y_c = y_c^0 + dy \quad (13)$$

Lặp lại các bước từ (4) đến (11) cho đến khi sai lệch x_c, y_c và R sau hai lần lặp liên tiếp không sai lệch quá 1mm thì dừng lại sẽ được tọa độ x_c, y_c chính xác cho đoạn đang xét.

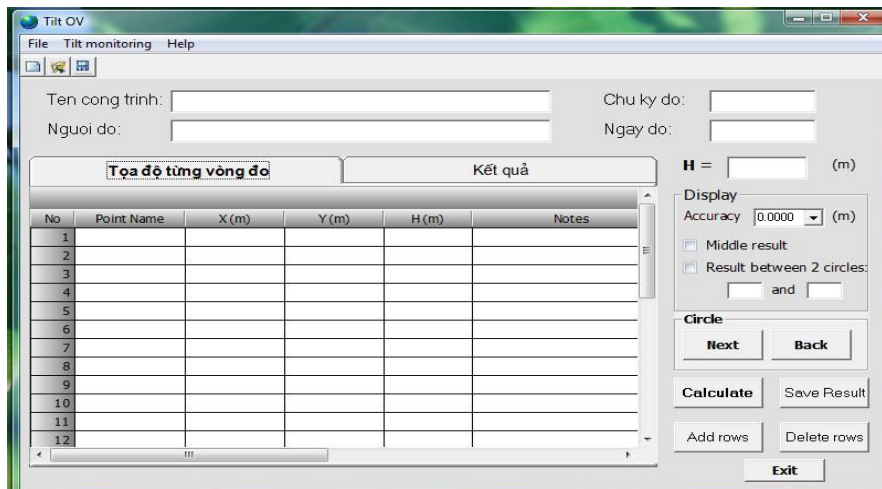
Quy trình trên đây được thực hiện cho từng đoạn của công trình.

Có tọa độ tâm của các đoạn có thể dễ dàng xác định được độ nghiêng, hướng nghiêng.

5. Lập chương trình tính toán độ nghiêng

Visual Basic 6.0 (VB6) là ngôn ngữ lập trình nằm trong bộ Visual Studio 6.0 cùng một số ngôn ngữ lập trình rất mạnh khác như: Visual C++, Visual FoxPro và Visual J++. VB6 là phiên bản cho phép người lập trình sử dụng nó như một công cụ tương tác với hầu hết các sản phẩm khác của hãng Microsoft như: SQL Serve, Access, Excell, Word, PowerPoint, Outlook. VB6 sẽ cung cấp cho người lập trình một bộ công cụ hoàn chỉnh để đơn giản hóa việc triển khai lập trình ứng dụng cho MSWindows.

Phần mềm “Tilt OV: chương trình tính toán độ nghiêng bằng phương pháp đo tọa độ từ bên ngoài”. Với giao diện chương trình thân thiện, đơn giản, nhập số liệu trực tiếp trên nền Window, chạy được trên cả hệ điều hành Window Vista, tốc độ xử lý nhanh... Nhập các thông số đầu vào bao gồm: tên điểm, giá trị tọa độ không gian X,Y,Z và phần ghi chú. Sau đó qua chương trình sẽ xác định được các thông số như: tọa độ tâm, bán kính, sai số tọa độ tâm công trình, sai số bán kính và sai số trung phương trọng số đơn vị...

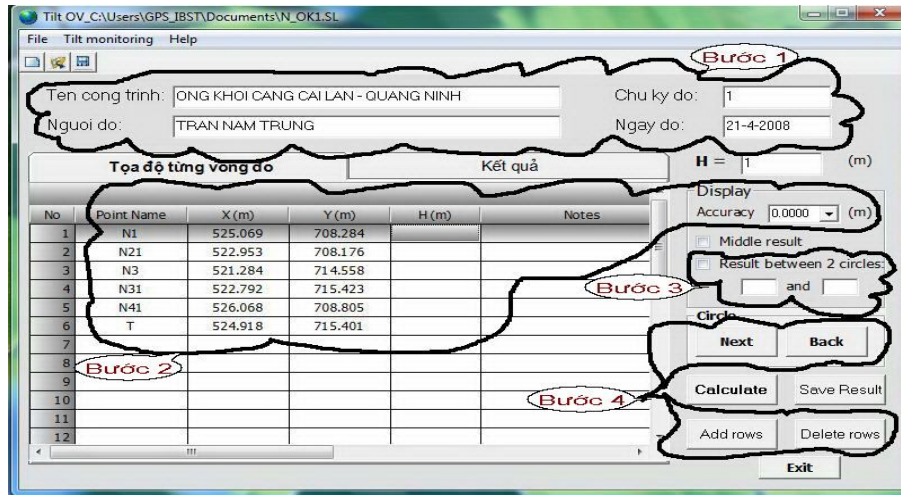


Hình 3. Giao diện tính độ nghiêng bằng phương pháp tọa độ bên ngoài

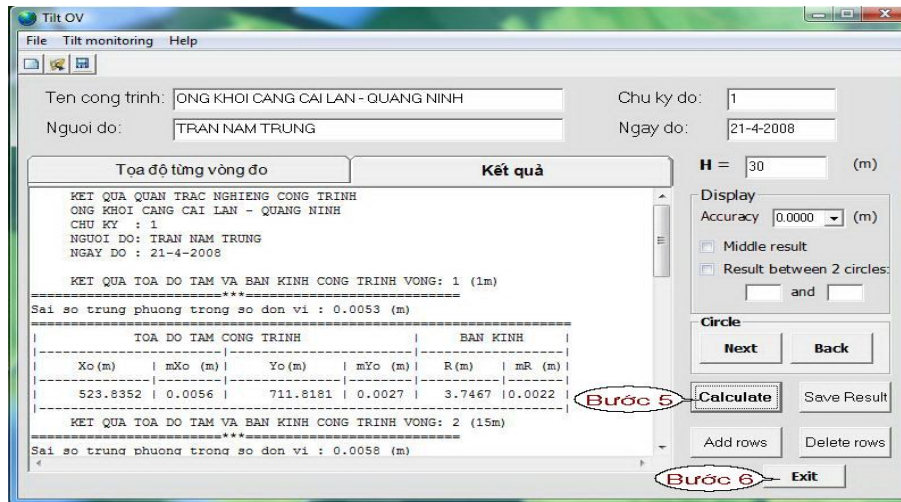
Bước 1: Vào tên công trình, người đo, chu kỳ đo và ngày đo;

Bước 2: Nhập tọa độ, độ cao từng vòng đo và độ chính xác hiển thị;

- Bước 3:** Lựa chọn vòng tính độ nghiêng (nếu không chương trình sẽ so sánh với vòng đầu tiên);
Bước 4: Ấn nút Next để vào số liệu vòng tiếp theo và nút Back để quay lại kiểm tra hoặc sửa lại (nếu phải thay đổi thêm hoặc xoá dòng thì ấn nút Add rows và Delete rows);
Bước 5: Ấn nút Calculate để tính toán độ nghiêng công trình và lưu kết quả.
Bước 6: Ấn nút Exit để thoát.



a. Các bước nhập số liệu



b. Các bước tính toán kết quả
 Hình 4. Các bước sử dụng phần mềm Tilt OV

6. Thực nghiệm số liệu đo

Bảng 3. Số liệu đo nghiêng ống khói

Điểm đo	Tọa độ		Ký hiệu	Ghi chú	Điểm đo	Tọa độ		Ký hiệu	Ghi chú
	X	Y				X	Y		
Cao độ 1m (vòng 1)					Cao độ 15m (vòng 2)				
1	525.069	708.284	N1		1	520.429	712.042	N1	
2	522.953	708.176	N2		2	525.343	708.772	N2	
3	521.284	714.558	N3		3	525.004	708.619	N3	
4	522.792	715.423	N4		4	526.960	713.260	N4	

5	526.068	708.805	N5		5	522.362	714.938	N5	
6	524.918	715.401	T		6	524.964	715.089	T	
Cao độ 35m (vòng 3)					Cao độ 74m (vòng 4)				
	520.862	712.104	N1		1	522.270	712.286	N1	
	525.228	709.332	N2		2	525.045	710.225	N2	
	524.885	709.165	N3		3	524.702	710.006	N3	
	526.453	713.036	N4		4	525.450	712.593	N4	
	522.407	714.388	N5		5	522.534	712.769	N5	
	525.026	714.499	T		6	525.188	712.915	T	

7. Xử lý số liệu đo

Sử dụng phần mềm Tilt OV để tính toán độ nghiêng cho ống khói.

KET QUẢ QUAN TRÁC NGHIÊNG CÔNG TRÌNH

ÔNG KHỎI - CẠI LAN QUANG NINH

CHỦ KỸ : 4 NGƯỜI ĐO: TRẦN NAM TRUNG

NGÀY ĐO : 21-1-2009

KET QUẢ TOA ĐỘ TÂM VÀ BAN KINH CÔNG TRÌNH VÒNG: 1 (1m)

Sai số trung phương trong số đơn vị : 0.0048 (m)

```

=====
|          TOA ĐỘ TÂM CÔNG TRÌNH          |          BAN KINH          | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
|  Xo(m) | mXo (m)|  Yo(m) | mYo (m)|  R(m) | mR (m)|
|-----|-----|-----|-----|
|  523.8352 | 0.0050 |  711.8181 | 0.0024 |  3.7467 | 0.0019 |
|-----|-----|-----|-----|

```

KET QUẢ TOA ĐỘ TÂM VÀ BAN KINH CÔNG TRÌNH VÒNG: 2 (15m)

Sai số trung phương trong số đơn vị : 0.0058 (m)

```

=====
|          TOA ĐỘ TÂM CÔNG TRÌNH          |          BAN KINH          | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
|  Xo(m) | mXo (m)|  Yo(m) | mYo (m)|  R(m) | mR (m)|
|-----|-----|-----|-----|
|  523.8449 | 0.0038 |  711.8484 | 0.0032 |  3.4250 | 0.0024 |
|-----|-----|-----|-----|

```

KET QUẢ TOA ĐỘ TÂM VÀ BAN KINH CÔNG TRÌNH VÒNG: 3 (35m)

Sai số trung phương trong số đơn vị : 0.0195 (m)

```

=====
|          TOA ĐỘ TÂM CÔNG TRÌNH          |          BAN KINH          | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
|  Xo(m) | mXo (m)|  Yo(m) | mYo (m)|  R(m) | mR (m)|
|-----|-----|-----|-----|
|  523.7834 | 0.0125 |  711.8540 | 0.0109 |  2.9117 | 0.0082 |
|-----|-----|-----|-----|

```

KET QUẢ TOA ĐỘ TÂM VÀ BAN KINH CÔNG TRÌNH VÒNG: 4 (74m)

Sai số trung phương trong số đơn vị : 0.0091 (m)

```

=====
|          TOA ĐỘ TÂM CÔNG TRÌNH          |          BAN KINH          | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
|  Xo(m) | mXo (m)|  Yo(m) | mYo (m)|  R(m) | mR (m)|
|-----|-----|-----|-----|
|  523.9337 | 0.0054 |  711.6322 | 0.0057 |  1.7953 | 0.0039 |
|-----|-----|-----|-----|

```

KET QUẢ XỬ LÝ SỐ LIỆU QUAN TRÁC NGHIÊNG

STT	dX(m)	dY(m)	dS(m)	Do Phut Giay	Do Phut Giay
1	0.0097	0.0303	0.0318	0 7 49.13	72 15 59.20
2	-0.0518	0.0359	0.0630	0 6 22.33	145 15 57.17
3	-0.0682	-0.0018	0.0682	0 4 20.59	181 32 38.29
4	0.0986	-0.1859	0.2104	0 9 54.41	297 56 14.25

KET QUA QUAN TRAC NGHIENG VONG 2 SO VOI VONG 3

dX(m)	dY(m)	dS(m)	Do Phut Giay	Do Phut Giay
-0.0615	0.0056	0.0617	0 10 36.76	174 48 57.18

KET QUA QUAN TRAC NGHIENG VONG 2 SO VOI VONG 4

dX(m)	dY(m)	dS(m)	Do Phut Giay	Do Phut Giay
0.0889	-0.2162	0.2337	0 13 37.14	292 20 41.67

KET QUA QUAN TRAC NGHIENG VONG 3 SO VOI VONG 4

dX(m)	dY(m)	dS(m)	Do Phut Giay	Do Phut Giay
0.1504	-0.2218	0.2679	0 23 37.00	304 8 11.75

8. Kết luận

- Quy trình đo trên đã đưa ra các bước thực hiện việc đo xác định tọa độ các điểm trên từng vòng đồng cao một cách đơn giản;
- Có thể kiểm soát độ nghiêng của các công trình có hình dạng tròn với số điểm đo trên từng vòng đồng cao ít nhất là 3 điểm (tốt nhất khoảng 5 điểm đến 9 điểm) và khoảng cách giữa các vòng đồng cao kiểm tra khoảng từ 10m đến 15m;
- Nhập số liệu đo, các thông số và tính toán kết quả trên nền Windown thông qua phần mềm TiltOV rất đơn giản;
- Kết quả tính toán của chương trình đã đưa ra được các thông số về độ nghiêng, hướng nghiêng, sai số tọa độ tâm..của từng đoạn hay cả công trình và xuất ra file Word dễ dàng trong in ấn;
- Để đảm bảo an toàn khi đo các điểm trên cao và khi cần tăng tiến độ, nên sử dụng máy TĐĐT có chế độ đo không gương trong quá trình kiểm soát độ nghiêng của công trình;
- Khi sử dụng chế độ đo không gương của máy TĐĐT nên đặt máy cách đối tượng đo một khoảng cách vừa phải và tương đối vuông góc với đối tượng đo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. NGÔ VĂN HỘI. Chuyên san về thiết kế và thi công nhà cao tầng. *Tạp chí KHCN Xây dựng, số 2/2003, Viện KHCN Xây dựng, Hà Nội.*
2. PHAN VĂN HIẾN, NGÔ VĂN HỘI. Trắc địa công trình. *NXB Giao thông vận tải, Hà Nội, 1999.*

3. TRẦN MẠNH NHẤT. Bàn về độ nghiêng cho phép trong xây dựng nhà cao tầng và việc lựa chọn giải pháp cho công tác Trắc địa. *Hội thảo khoa học, Viện KHCN Xây dựng, Hà Nội, 2003.*
4. Công tác trắc địa trong xây dựng công trình công nghiệp lớn và nhà cao tầng. *Bản dịch của Trịnh Hồng Nam, NXB Xây dựng, Hà Nội, 2002.*
5. BS 7307. Building tolerances. Measurements of buildings and building products. Position of measuring points. *British Standards Institution. United Kingdom, 1990.*
6. Cẩm nang thi công nhà cao tầng. *NXB công nghiệp xây dựng Bắc Kinh, Trung Quốc, 2002 (Bản dịch theo nguyên bản tiếng Trung Quốc).*