

TÍNH TOÁN VÀ PHÂN TÍCH ĐÁNH GIÁ THÔNG SỐ CHUYỂN DỊCH NGANG CÔNG TRÌNH

ThS. TRẦN NGỌC ĐÔNG
Viện KHCN Xây dựng

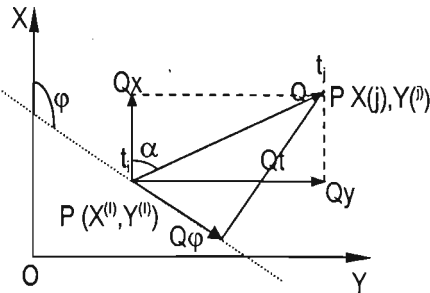
Tóm tắt: Trong bài báo này, tác giả trình bày một số nội dung về tính toán thông số chuyển dịch cục bộ, chuyển dịch tổng thể của công trình, phân tích đánh giá mức độ tin cậy các thông số chuyển dịch của điểm quan trắc và việc áp dụng phần mềm đồ họa thể hiện diễn biến chuyển dịch của điểm quan trắc và của cả công trình để cho chúng ta biết chi tiết và tổng quan về quá trình chuyển dịch của công trình.

1. Đặt vấn đề

Trong công tác quan trắc chuyển dịch ngang công trình chúng ta cần tính toán thông số chuyển dịch cục bộ và thông số chuyển dịch tổng thể của công trình để thể hiện độ chuyển dịch của công trình. Các thông số chuyển dịch của điểm quan trắc cần được phân tích đánh giá xem giá trị chuyển dịch của điểm đó là nằm trong sai số đo hay vượt ra ngoài sai số đo, từ đó khẳng định điểm quan trắc bị chuyển dịch hay không chuyển dịch. Mặt khác, chúng ta có thể thể hiện diễn biến chuyển dịch của điểm quan trắc và của cả công trình thông qua phần mềm đồ họa để có cái nhìn tổng quát và trực quan về chuyển dịch ngang công trình.

2. Tính toán các thông số chuyển dịch cục bộ

Các tham số chuyển dịch cục bộ công trình bao gồm: chuyển dịch theo hướng trục tọa độ và chuyển dịch theo hướng áp lực. Các thông số này được tính cho từng điểm quan trắc bằng cách so sánh tọa độ các điểm trong 2 chu kỳ đo. Cụ thể giá trị chuyển dịch từng điểm quan trắc được tính theo các công thức sau (hình 1):



Hình 1. Sơ đồ chuyển dịch của một điểm trong hệ tọa độ phẳng

2.1. Chuyển dịch theo hướng trục tọa độ

- Chuyển dịch theo hướng trục X:

$$Q_x = X(j) - X(i) \tag{1}$$

- Chuyển dịch theo hướng trục Y:

$$Q_y = Y(j) - Y(i) \tag{2}$$

- Giá trị vectơ chuyển dịch toàn phần

$$Q = \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2} \tag{3}$$

- Hướng chuyển dịch của điểm quan trắc

$$\alpha = \arctg \frac{Q_y}{Q_x} \tag{4}$$

Trong các công thức (1), (2), (3) và (4): $X(j)$, $Y(j)$, $X(i)$, $Y(i)$ là tọa độ điểm quan trắc được xác định trong hai chu kỳ i và j tương ứng.

2.2. Chuyển dịch theo hướng áp lực lớn nhất

Đối với các công trình chịu tác động theo hướng áp lực ngang thì chuyển dịch cần quan tâm nhất là chuyển dịch theo hướng tác động của áp lực lớn nhất, vì vậy cần phải tính giá trị chuyển dịch theo hướng.

Khi phân tích vectơ chuyển dịch theo hướng lớn nhất (φ) sẽ xác định được hai thành phần chuyển dịch, đó là:

Chuyển dịch theo hướng áp lực (ký hiệu Q_φ).

Chuyển dịch theo hướng vuông góc với hướng áp lực (ký hiệu Q_t).

$$Q_\varphi = Q_x \cdot \cos(\varphi) + Q_y \cdot \sin(\varphi) \tag{5}$$

$$Q_t = Q_x \cdot \sin(\varphi) - Q_y \cdot \cos(\varphi) \tag{6}$$

2.3. Đánh giá mức độ tin cậy giá trị chuyển dịch ngang của các điểm quan trắc

Từ công thức (1) và (2), sai số trung phương xác định chuyển dịch theo phương X và phương Y được tính theo công thức sau:

$$m_{Q_x} = \sqrt{m_{x_i}^2 + m_{x_j}^2} \tag{7}$$
$$m_{Q_y} = \sqrt{m_{y_i}^2 + m_{y_j}^2}$$

Có thể khẳng định là có chuyển dịch nếu bản thân giá trị chuyển dịch có trị tuyệt đối lớn hơn k lần sai số trung phương của chúng, trong đó $k = 2 \div 3$, tức là:

$$Q_x > k.m_{Qx}$$

$$Q_y > k.m_{Qy}$$

(8)

Có thể nhận thấy rằng cách xác định vectơ chuyển dịch nêu trên chỉ đúng khi giả thiết sự ổn định của số liệu gốc khởi tính trong cả hai chu kỳ là ổn định. Vì vậy, trong mỗi chu kỳ quan trắc chúng ta cần đo đạc, tính toán bình sai đánh giá độ ổn định của các mốc chuẩn, tìm ra những mốc chuẩn ổn định làm số liệu gốc khởi tính cho chu kỳ quan trắc đó. Một trong những phương pháp hiện nay thường dùng để phân tích đánh giá độ ổn định của các mốc chuẩn là phương

pháp bình sai lưới tự do.

2.4. Ví dụ áp dụng tính toán các tham số chuyển dịch cục bộ và đánh giá độ tin cậy giá trị chuyển dịch của điểm quan trắc

Số liệu quan trắc chuyển dịch ngang của mố cầu M1 (QT5, QT6, QT7 và QT8) và mố cầu M2 (QT1, QT2, QT3 và QT4) của một cây cầu ở chu kỳ 1 và chu kỳ 2 được đưa ra ở bảng 1 và bảng 2. Áp dụng phương pháp bình sai lưới tự do để đánh giá độ ổn định của các mốc chuẩn. Bảng 3 là kết quả đánh giá độ ổn định của mốc chuẩn ở chu kỳ 02.

Bảng 1. Thành quả tọa độ bình sai chu kỳ 01

STT	Tên điểm	Tọa độ		Sai số vị trí điểm (m)			Ghi chú
		X (m)	Y (m)	Mx	My	Mp	
1	QT1	20079.4532	10001.0950	0.0005	0.0005	0.0007	Mốc quan trắc
2	QT2	20083.9434	9980.6681	0.0016	0.0015	0.0022	Mốc quan trắc
3	QT3	20084.2090	9979.7575	0.0016	0.0015	0.0022	Mốc quan trắc
4	QT4	20089.1274	9958.6568	0.0005	0.0005	0.0007	Mốc quan trắc
5	QT5	20009.2632	9958.7051	0.0005	0.0004	0.0007	Mốc quan trắc
6	QT6	20004.5712	9979.5205	0.0012	0.0019	0.0022	Mốc quan trắc
7	QT7	20004.2852	9980.5747	0.0012	0.0014	0.0018	Mốc quan trắc
8	QT8	19999.8859	10000.3488	0.0005	0.0004	0.0006	Mốc quan trắc
9	MC1	20081.4834	10093.0912	0.0006	0.0006	0.0008	Mốc chuẩn
10	MC2	20108.7452	9884.4288	0.0006	0.0005	0.0008	Mốc chuẩn
11	MC3	19870.6457	10002.5306	0.0005	0.0003	0.0006	Mốc chuẩn
12	MC4	19837.5761	9975.6725	0.0005	0.0003	0.0006	Mốc chuẩn

Bảng 2. Thành quả tọa độ bình sai chu kỳ 02

STT	Tên điểm	Tọa độ		Sai số vị trí điểm (m)			Ghi chú
		X (m)	Y (m)	Mx	My	Mp	
1	QT1	20079.4493	10001.0936	0.0004	0.0005	0.0007	Mốc quan trắc
2	QT2	20083.9312	9980.6657	0.0015	0.0012	0.0019	Mốc quan trắc
3	QT3	20084.2035	9979.7582	0.0015	0.0014	0.0020	Mốc quan trắc
4	QT4	20089.1222	9958.6586	0.0005	0.0005	0.0007	Mốc quan trắc
5	QT5	20009.2665	9958.7071	0.0005	0.0004	0.0006	Mốc quan trắc
6	QT6	20004.5768	9979.5228	0.0011	0.0013	0.0017	Mốc quan trắc
7	QT7	20004.2912	9980.5760	0.0011	0.0013	0.0017	Mốc quan trắc
8	QT8	19999.8939	10000.3521	0.0005	0.0004	0.0006	Mốc quan trắc
9	MC1	20081.4822	10093.0921	0.0005	0.0005	0.0007	Mốc chuẩn
10	MC2	20108.7443	9884.4280	0.0005	0.0005	0.0007	Mốc chuẩn
11	MC3	19870.6476	10002.5306	0.0005	0.0003	0.0005	Mốc chuẩn
12	MC4	19837.5763	9975.6724	0.0005	0.0003	0.0006	Mốc chuẩn

Bảng 3. Đánh giá độ ổn định của các mốc chuẩn

STT	Tên điểm	Độ lệch tọa độ (mm)			Đánh giá
		Qx	Qy	Q	
1	MC1	1.2	-0.9	1.4	Ổn định
2	MC2	0.9	0.8	1.2	Ổn định
3	MC3	-1.9	0.0	1.9	Ổn định
4	MC4	-0.2	0.1	0.2	Ổn định

Độ lệch giới hạn: 3.0(mm)

Bảng 4. Tính toán thông số chuyển dịch cục bộ và chuyển dịch theo hướng đã chọn

STT	Tên điểm	Chuyển dịch theo hướng trục tọa độ				Chuyển dịch theo hướng đã chọn		
		Q _x (mm)	Q _y (mm)	Q (mm)	α (0' ")	φ ((0')	Q _α (mm)	Q ₁ (mm)
1	QT1	-3.9	-1.4	4.4	199 44 48.61	193.16	4.1	0.5
2	QT2	-12.2	-2.4	12.4	191 07 45.08	193.16	12.4	-0.5
3	QT3	-5.5	0.7	5.5	172 44 48.50	193.16	5.2	-1.9
4	QT4	-5.2	1.8	5.5	160 54 23.43	193.16	4.6	-2.9
5	QT5	3.3	2.0	3.9	31 13 06.25	12.42	3.7	1.2
6	QT6	5.6	2.3	6.1	22 19 43.16	12.42	6.0	1.0
7	QT7	6.0	1.3	6.1	12 13 30.44	12.42	6.1	-0.1
8	QT8	8.0	3.3	8.7	22 24 58.13	12.42	8.5	1.5

Trên bảng 4, hướng chọn là hướng xe chạy (hướng vuông góc với mố cầu)

Bảng 5. Tính toán và đánh giá độ tin cậy giá trị chuyển dịch của điểm quan trắc

STT	Tên điểm	Đánh giá độ tin cậy giá trị chuyển dịch ngang của các điểm quan trắc							
		Chuyển dịch theo hướng trục X, Q _x (mm)	Sai số giới hạn (2.m _{αx}) mm	So sánh Q _x với sai số giới hạn	Kết luận	Chuyển dịch theo hướng trục Y, Q _y (mm)	Sai số giới hạn (2.m _{αy}) mm	So sánh Q _y với sai số giới hạn	Kết luận
1.	QT1	-3.9	1.3	>	Dịch chuyển	-1.4	1.4	=	Trong sai số đo
2	QT2	-12.2	4.4	>	Dịch chuyển	-2.4	3.8	<	Trong sai số đo
3	QT3	-5.5	4.4	>	Dịch chuyển	0.7	2.0	<	Trong sai số đo
4	QT4	-5.2	1.4	>	Dịch chuyển	1.8	1.4	>	Dịch chuyển
5	QT5	3.3	1.4	>	Dịch chuyển	2.0	1.1	>	Dịch chuyển
6	QT6	5.6	3.2	>	Dịch chuyển	2.3	4.6	<	Trong sai số đo
7	QT7	6.0	3.3	>	Dịch chuyển	1.3	3.8	<	Trong sai số đo
8	QT8	8.0	1.4	>	Dịch chuyển	3.3	1.1	>	Dịch chuyển

Từ kết quả tính toán ở bảng 5 nhận thấy:

Theo hướng trục X các điểm quan trắc đều có giá trị chuyển dịch lớn hơn sai số giới hạn xác định Q_x. Do đó có thể khẳng định các điểm đều bị dịch chuyển theo hướng trục X.

Theo hướng trục Y chỉ có các điểm QT4, QT5 và QT8 là có giá trị chuyển dịch lớn hơn sai số giới hạn xác định Q_y. Do đó có thể khẳng định các điểm này đều bị dịch chuyển theo hướng trục Y. Các điểm còn lại không bị dịch chuyển theo hướng trục Y.

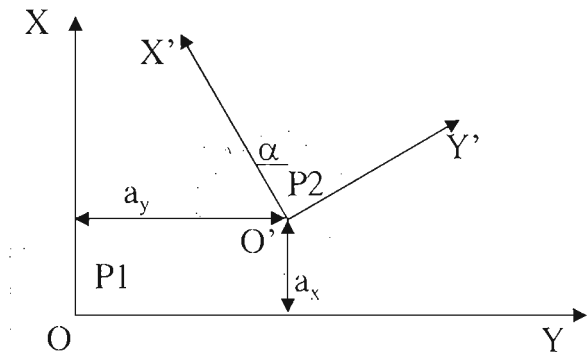
Như đã nói ở trên, điểm quan trắc khẳng định có sự dịch chuyển nếu bản thân giá trị dịch chuyển có trị tuyệt đối lớn hơn 2 hoặc 3 lần sai số trung phương xác định chuyển dịch ngang. Vì vậy, trong quá trình quan trắc chuyển dịch ngang công trình cần xét đến quan hệ giữa độ chính xác và thời gian giữa các chu kỳ quan trắc. Nếu chuyển dịch diễn ra chậm và khoảng thời gian giữa các chu kỳ ngắn thì không thể phát hiện được chuyển dịch vì sai số đo lớn hơn giá trị chuyển dịch. Ngược lại trong trường hợp chuyển dịch xảy ra nhanh thì vẫn có thể phát hiện và xác định được chuyển dịch ngay cả khi sử dụng kỹ thuật quan trắc với độ chính xác thấp.

3. Tính toán thông số chuyển dịch tổng thể của công trình

3.1. Mô hình chuyển dịch công trình trong mặt phẳng ngang

Để xác định các tham số đặc trưng cho chuyển dịch chung của toàn bộ công trình, có thể sử dụng hệ tham số sau [1]:

Quy ước gán cho công trình một hệ tọa độ đặc trưng XOY, ở thời điểm t₁ công trình ở vị trí P₁ và có hệ tọa độ đặc trưng là XOY, đến thời điểm t₂ công trình ở vị trí P₂ và có hệ tọa độ đặc trưng là X'O'Y' như vậy chuyển dịch chung của công trình có thể được đặc trưng bằng chuyển dịch giữa 2 hệ tọa độ XOY và X'O'Y' (hình 2).



Hình 2. Chuyển dịch giữa hai hệ tọa độ

Vector chuyển đổi tọa độ giữa hai hệ tọa độ vuông góc phẳng gồm 4 tham số a_x, a_y, α, m , khi so sánh vị trí công trình ở hai thời điểm quan trắc các tham số nêu trên có ý nghĩa là: a_x, a_y đặc trưng cho chuyển dịch tịnh tiến của công trình ở vị trí gốc tọa độ theo các hướng trục OX, OY tương ứng, α đặc trưng cho góc xoay công trình, m đặc trưng cho hệ số co giãn kích thước công trình.

Từ hình 2 xác định được công thức chuyển đổi giữa 2 hệ tọa độ:

$$\begin{aligned} X' &= a_x + X.m.Cos(\alpha) + Y.m.Sin(\alpha) \\ Y' &= a_y + Y.m.Cos(\alpha) - X.m.Sin(\alpha) \end{aligned} \tag{9}$$

Khai triển tuyến tính biểu thức trên với các ẩn số là các tham số chuyển dịch với giá trị gần đúng của vector tham số $a_{x0}, a_{y0}, \alpha_0, m_0 = 0, 0, 0, 1$ và để ý rằng góc α có giá trị nhỏ $\alpha \approx 0$ (nên $Sin(\alpha) \approx 0, Cos(\alpha) \approx 1$ và $m \approx 1$), kết quả thu được:

$$\begin{aligned} X' &= a_x + Y.\alpha + X.\delta m + X \\ Y' &= a_y - X.\alpha + Y.\delta m + Y \end{aligned} \tag{10}$$

Mặt khác vì: $Q_x = X' - X, Q_y = Y' - Y$ nên thu được biểu thức:

$$\begin{aligned} Q_x &= a_x + Y.\alpha + X.\delta m \\ Q_y &= a_y - X.\alpha + Y.\delta m \end{aligned} \tag{11}$$

Để xác định được 4 tham số a_x, a_y, α, m cần có ít nhất 4 phương trình dạng (11), tức là phải cần 2 điểm quan trắc. Khi số điểm quan trắc $n > 2$, bài toán sẽ được giải theo nguyên tắc số bình phương nhỏ nhất. Trong công thức (11) nếu coi Q_x, Q_y là các trị đo, ẩn số là vector tham số $\delta z = a_x, a_y, \alpha, m$, sẽ xác lập được phương trình số hiệu chỉnh đối với mỗi điểm quan trắc dưới dạng:

$$\begin{aligned} V_{Q_x} &= a_x + Y.\alpha + X.\delta m - Q_x \\ V_{Q_y} &= a_y - X.\alpha + Y.\delta m - Q_y \end{aligned} \tag{12}$$

Ký hiệu:

$$\left. \begin{aligned} B_i &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & Y_i & X_i \\ 0 & 1 & -X_i & Y_i \end{bmatrix} \\ A &= (B_1, B_2, \dots, B_n)^T \\ \delta z &= (a_x, a_y, \alpha, \delta m)^T \\ L &= -(Q_{x1}, Q_{y1}, \dots, Q_{xn}, Q_{yn}) \end{aligned} \right\} \tag{13}$$

Quá trình giải bài toán xác định vector tham số δz được thực hiện theo trình tự:

- Lập hệ phương trình số hiệu chỉnh:

$$A.\delta Z + L = V \tag{14}$$

- Lập hệ phương trình chuẩn:

$$A^T A \delta Z + A^T L = 0 \tag{15}$$

- Xác định vector tham số chuyển dịch chung của công trình:

$$\delta Z = -(A^T A)^{-1} A^T L \tag{16}$$

Quá trình xác định vector tham số chuyển dịch của công trình được đơn giản đi rất nhiều khi chọn hệ tọa độ có điểm gốc O trùng với trọng tâm công trình. Khi đó a_x, a_y là giá trị chuyển dịch của các điểm trọng tâm. Để xác định vector tham số chuyển dịch chung của công trình, chúng ta áp dụng các công thức sau [1]:

$$\left. \begin{aligned} a_x &= a_{x0} + \delta a_x = \frac{[Q_x]}{n} \\ a_y &= a_{y0} + \delta a_y = \frac{[Q_y]}{n} \\ \alpha &= \alpha_0 + \delta \alpha = \frac{[\bar{X}Q_y] - [YQ_x]}{[\bar{X}^2] + [Y^2]} \\ m &= m_0 + \delta m = 1 - \frac{[\bar{X}Q_x] - [\bar{Y}Q_y]}{[\bar{X}^2] + [Y^2]} \end{aligned} \right\} \tag{17}$$

Trong đó:

$$\left. \begin{aligned} \bar{X}_i &= X_i - X_0 \\ \bar{Y}_i &= Y_i - Y_0 \end{aligned} \right\}; \quad X_0 = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}; \quad Y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n} \tag{18}$$

3.2. Ví dụ tính toán tham số chuyển dịch tổng thể của công trình

Bảng 6. Tọa độ và giá trị chuyển dịch của các điểm mốc quan trắc

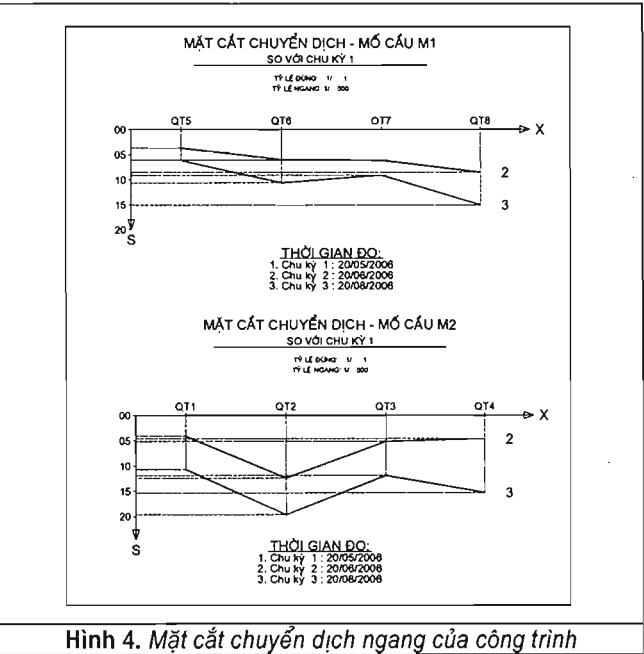
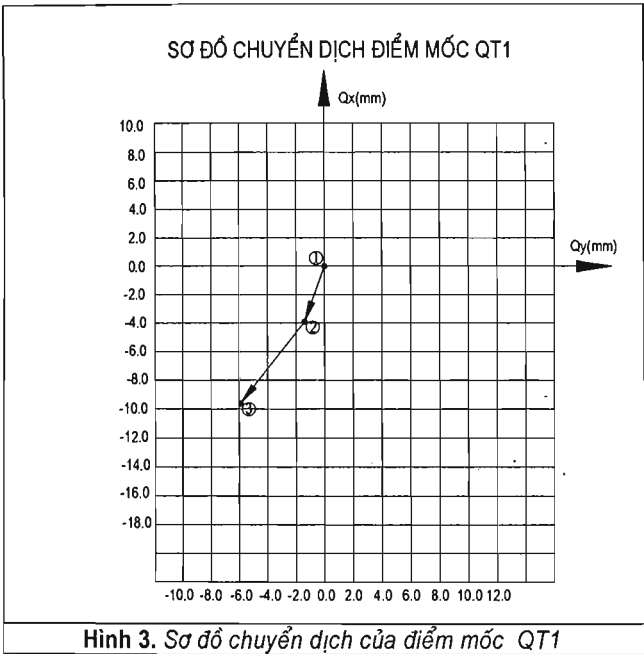
STT	Tên điểm	Tọa độ chu kỳ 01		Tọa độ chu kỳ 02		Chuyển dịch	
		X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	Qx (mm)	Qy (mm)
1	QT1	20079.4532	10001.0950	20079.4493	10001.0936	-3.9	-1.4
2	QT2	20083.9434	9980.6681	20083.9312	9980.6657	-12.2	-2.4
3	QT3	20084.2090	9979.7575	20084.2035	9979.7582	-5.5	0.7
4	QT4	20089.1274	9958.6568	20089.1222	9958.6586	-5.2	1.8

Từ số liệu bảng 6, áp dụng hệ tọa độ trọng tâm sử dụng công thức (17) và (18) chúng ta tính được các tham số chuyển dịch tổng thể của công trình như sau: $a_x = -6.7\text{ mm}$; $a_y = -0.3\text{ mm}$; $\alpha = -0^\circ 00' 01.53''$; $m = 0.999931$ có nghĩa là tại tâm công trình có sự dịch chuyển theo hướng trục X là -6.7mm, theo hướng trục Y là -0.3mm, công trình bị xoay một góc là -1.53" và hệ số co giãn kích thước là 0.999931.

4. Lập sơ đồ chuyển dịch

Bảng 7. Giá trị tọa độ và chuyển dịch điểm mốc QT1

Chu kỳ	Thời gian quan trắc	Tọa độ		Chuyển dịch	
		X (m)	Y (m)	Qx (mm)	Qy (mm)
1	20/05/2006	20079.4532	10001.0950		
2	20/06/2006	20079.4493	10001.0936	-3.9	-1.4
3	20/08/2006	20079.4436	10001.0891	-9.6	-5.9



Từ hình 3 và 4 ở trên chúng ta nhận thấy: khi sử dụng phần mềm đồ họa để thể hiện diễn biến chuyển dịch của điểm quan trắc và của cả công trình dễ dàng nhận biết được giá trị chuyển dịch, hướng chuyển dịch của điểm quan trắc và của cả công trình.

5. Kết luận

Từ nội dung lý thuyết và ví dụ áp dụng tính toán ở trên chúng tôi rút ra một số kết luận sau:

- Trong công tác quan trắc chuyển dịch ngang công trình, kết hợp tính toán các thông số chuyển dịch cục bộ, thông số chuyển dịch tổng thể công trình và thể hiện diễn biến chuyển dịch của điểm quan trắc và của cả công trình bằng phần mềm đồ họa sẽ cho chúng ta biết chi tiết và tổng quan về quá trình dịch

chuyển của công trình;

 - Các thông số chuyển dịch của điểm quan trắc cần được phân tích đánh giá để khẳng định điểm quan trắc có bị dịch chuyển hay không bị dịch chuyển.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- TRẦN KHÁNH, NGUYỄN QUANG PHÚC. Quan trắc và phân tích biến dạng công trình. Nhà xuất bản Giao thông vận tải, Hà Nội, 2010.
- ĐẶNG NAM CHINH. Quan trắc chuyển dịch mặt đất. Bài giảng cao học Ngành Kỹ thuật Trắc địa, Hà Nội, 2007.
- TRẦN NGỌC ĐỒNG. Phân tích đánh giá kết quả quan trắc độ lún công trình. Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, số 1/2009.

Ngày nhận bài: 20/5/2011.