

XỬ LÝ SỐ LIỆU KẾT HỢP CÁC CHU KỲ ĐO TRONG QUAN TRẮC CHUYỂN DỊCH NGANG TƯỜNG VÂY NHÀ CAO TẦNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP TRẮC ĐỊA

Lê Anh Cường*, Lê Đình Tính

Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

Tóm tắt

Tường vây thường được sử dụng để chống đỡ thành hố đào trong giai đoạn thi công tầng hầm nhà cao tầng. Trong giai đoạn thi công này, một lượng đất đá lớn được lấy đi, áp lực đất đá xung quanh sẽ làm cho tường vây bị dịch chuyển. Công tác quan trắc tường vây để xác định đúng thực chất quá trình chuyển dịch của tường vây, từ đó có biện pháp xử lý đảm bảo an toàn cho công trình và công trình lân cận. Việc xử lý số liệu đo trong mỗi chu kỳ quan trắc phải được thực hiện trong cùng một hệ thống tọa độ hoặc độ cao đã được chọn ngay từ chu kỳ đầu tiên theo quy trình chung: Đánh giá sự ổn định của mốc khống chế cơ sở, bình sai lưới quan trắc và tính toán các thông số chuyển dịch biến dạng. Bài báo này nghiên cứu về việc xử lý số liệu kết hợp các chu kỳ đo có tính đến sự phân tích chuyển dịch của các mốc quan trắc giữa các chu kỳ trong quan trắc chuyển dịch ngang tường vây nhà cao tầng bằng máy toàn đạc điện tử. Kết quả thực nghiệm cho thấy độ chính xác tọa độ các điểm mốc quan trắc đã được nâng cao.

Từ khóa: Biến dạng; Quan trắc chuyển dịch ngang; Tường vây.

Abstract

Method of adjustment in combination with cycles in monitoring horizontal deformation of high-rise building furniture walls using geodetic method

Diaphragm walls are often used to support excavation walls during the construction phase of high-rise building basements. During this construction phase, a large amount of soil and rock is removed. The pressure of surrounding soil and rock will cause the diaphragm wall to move. Monitoring of diaphragm walls to determine the true nature of the movement process of the diaphragm wall, from which measures can be taken to ensure safety for the project and neighboring structures. Processing of measurement data in each monitoring cycle must be done in the same coordinate system or altitude selected from the first cycle according to the general process: Evaluate the stability of the base point, adjust the monitoring network, and calculate the deformation displacement parameters. This article discusses the data processing combined with measurement cycles, taking into account the analysis of the displacement of monitoring landmarks between cycles in monitoring the horizontal displacement of high-rise building diaphragm walls using a total station. The calculation results show that the coordinate accuracy of monitoring points has been improved.

Keywords: Deformation; Monitor horizontal displacement; Diaphragm wall.

*Tác giả liên hệ, Email: lacuong@hunre.edu.vn

DOI: <https://doi.org/10.63064/khtnmt.2024.565>

1. Đặt vấn đề

Công tác thi công hố đào sâu tại khu đất chật hẹp trong giai đoạn thi công tầng hầm nhà cao tầng có thể làm nền đất bị dịch chuyển, lún gây hư hỏng các công trình lân cận. Một trong những giải pháp chống đỡ thành hố đào là sử dụng tường vây (tường barrete - tường trong đất). Tường vây ngoài nhiệm vụ chống giữ thành hố đào, còn được sử dụng làm tường hầm nhà cao tầng. Mục đích của việc quan trắc chuyển dịch ngang tường vây là để xác định giá trị chuyển dịch ngang của tường vây, nhằm phòng ngừa sự cố có thể xảy ra đối với công trình và công trình lân cận trong quá trình thi công tầng hầm. Bên cạnh đó kết quả quan trắc này cũng là số liệu để kiểm tra các tính toán trong giai đoạn thiết kế hố đào, từ đó có thể đưa ra cách thức thi công hố đào hợp lý hơn.

Các phương pháp quan trắc chuyển dịch ngang tường vây là: Phương pháp trắc địa (sử dụng máy toàn đạc điện tử), phương pháp dùng cảm biến Inclinometer hoặc sử dụng kết hợp phương pháp trắc địa với dùng cảm biến [4 - 10]. Khi sử dụng phương pháp trắc địa, giá trị chuyển dịch tuyệt đối của các điểm quan trắc được xác định trong hệ thống mốc khống chế cơ sở ổn định nên có thể đạt được độ chính xác cao, tuy nhiên thường chỉ xác định được chuyển dịch của đỉnh tường vây. Phương pháp quan trắc dùng cảm biến Inclinometer có thể phát hiện chuyển dịch ngang theo chiều sâu, nhưng việc xác định này chỉ là chuyển dịch tương đối so với một điểm ở đáy ống dẫn hướng không tiếp cận được (nếu điểm này không ổn định thì giá trị quan trắc nhận được không phản ánh chính xác sự chuyển dịch của

tường vây). Tác giả Trần Ngọc Đông [4] đã đề xuất sử dụng kết hợp hai phương pháp này với nhau để khắc phục hạn chế của mỗi phương pháp.

Trong quan trắc chuyển dịch ngang tường vây bằng phương pháp trắc địa cần phải xây dựng mạng lưới khống chế với 2 loại điểm mốc là mốc khống chế cơ sở và mốc quan trắc. 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 và có 3 loại thường dùng là mốc nổi, mốc chìm và mốc có định tâm [4, 10]. Trong mỗi chu kỳ quan trắc cần kiểm tra, đánh giá sự ổn định của các mốc khống chế cơ sở dựa trên các phép đo xác định vị trí tương đối giữa chúng.

Đồ hình đo nổi giữa mốc khống chế cơ sở và mốc quan trắc được gọi là lưới quan trắc. Lưới quan trắc chuyển dịch ngang tường vây có đặc thù là lưới đo lặp, thực hiện theo mỗi chu kỳ và các trị đo thường được giữ nguyên. Tùy thuộc vào điều kiện thực tế công trình và kết cấu tường vây, có thể thành lập lưới quan trắc theo phương pháp tam giác, đa giác, giao hội, hoặc đo hướng chuẩn. Để đo các yếu tố góc, cạnh trong lưới hiện nay thường sử dụng máy toàn đạc điện tử.

Hiện nay, phương pháp bình sai gián tiếp thường được sử dụng để xử lý số liệu đo lưới quan trắc nhằm đưa ra giá trị tọa độ của các điểm quan trắc sau mỗi chu kỳ để tính các tham số chuyển dịch. Tuy nhiên, sự chênh lệch tọa độ của các điểm quan trắc giữa các chu kỳ đo chưa hẳn hoàn toàn là do sự dịch chuyển mà có thể còn do sai số đo tại mỗi chu kỳ khác nhau. Chính vì vậy, bài báo này sẽ nghiên cứu và đưa ra thuật toán xử lý số liệu kết hợp các chu kỳ đo với các trị đo lặp lại có

Nghiên cứu

tính đến sự phân tích chuyển dịch của các mốc quan trắc giữa các chu kỳ trong quan trắc chuyển dịch ngang tường vây nhà cao tầng bằng máy toàn đạc điện tử.

2. Cơ sở lý thuyết

2.1. Phân tích sự chuyển dịch của các mốc quan trắc

Có 2 nguyên nhân dẫn đến sự chênh lệch tọa độ (kí hiệu độ lệch này là Δ) của các điểm quan trắc trong khoảng thời gian giữa 2 chu kỳ đo:

- Do sự dịch chuyển cơ học tại các vị trí có gắn mốc quan trắc (δ_1);
- Do sai số đo trong các chu kỳ quan trắc (δ_2).

Thực tế không thể xác định được giá trị thực ảnh hưởng của mỗi yếu tố trong 2 nguyên nhân nêu trên, mà chỉ có thể đánh giá được mức độ ảnh hưởng của mỗi yếu tố đến độ lệch Δ .

Nhằm xác định các mốc quan trắc được coi là ổn định, không có sự chuyển dịch, sự chênh lệch tọa độ là do sai số đo trong các chu kỳ quan trắc, khi phân tích chuyển dịch có thể sử dụng tiêu chuẩn đánh giá mốc không chế cơ sở dựa trên cơ sở lý luận [5, 6].

Nếu các mốc ổn định (theo nghĩa là δ_1 có giá trị nhỏ không đáng kể so với độ lệch Δ) thì sự khác biệt tọa độ chỉ có thể do sai số đo gây nên, do đó giá trị chênh lệch Δ không thể vượt quá giới hạn của sai số đo (sai số giới hạn xác định độ chênh lệch đó).

Tiêu chuẩn nêu trên được cụ thể hóa bằng biểu thức:

$$q \leq t \cdot m_q \quad (1)$$

với q và m_q là giá trị chênh lệch và

sai số tương ứng; t - hệ số xác định tiêu chuẩn giới hạn, thường được lấy giá trị từ 2 đến 3.

Lúc này, sự phân tích chuyển dịch của các mốc quan trắc có thể được sử dụng thông qua biểu thức:

$$l \leq l_{gh} \quad (2)$$

với:

$$l = \bar{x}_{s-1} - x_s$$
$$\text{và } l_{gh} = \pm t \sqrt{m_{x_s}^2 + m_{\bar{x}_{s-1}}^2} \quad (3)$$

trong đó: \bar{x}_{s-1}, x_s là các ẩn số được xác định sau khi bình sai chu kỳ s và bình sai kết hợp chu kỳ $1, 2, \dots (s-1)$; $m_{x_s}, m_{\bar{x}_{s-1}}$ là các sai số trung phương tương ứng.

Nếu biểu thức (2) đúng thì các mốc quan trắc được coi là ổn định, không có sự chuyển dịch, sự chênh lệch tọa độ là do sai số đo trong các chu kỳ quan trắc.

Trong trường hợp:

$$l > \pm t \sqrt{m_{x_s}^2 + m_{\bar{x}_{s-1}}^2}$$

thì mốc quan trắc được coi là không ổn định, có sự chuyển dịch cơ học.

2.2. Xử lý số liệu kết hợp các chu kỳ đo

2.2.1. Cơ sở lý thuyết phương pháp bình sai truy hồi

Trong phương pháp bình sai truy hồi, ma trận trọng số đảo Q_i của các ẩn số ở bước tính thứ i được tính dựa vào ma trận nghịch đảo Q_{i-1} đã xác định được ở bước tính trước đó (bước $i-1$) qua công thức [1 - 3]:

$$Q_i = Q_{i-1} - Z_i^T N_i^{-1} Z_i, \quad (4)$$

trong đó:

$$Z_i^T = Q_{i-1} A_i^T$$
$$N_i = P_i^{-1} + A_i Q_{i-1} A_i^T = P_i^{-1} + A_i Z_i^T.$$

A_i - Ma trận hệ số phương trình số hiệu chỉnh của nhóm trị đo i ,

P_i - Ma trận trọng số của nhóm trị đo i .

Trong trường hợp trị đo đơn lẻ, nếu a_i là vector hệ số phương trình số hiệu chỉnh thứ i , p_i là trọng số của trị đo thứ i , thì công thức (4) có dạng:

$$Q_i = Q_{i-1} - \frac{1}{g_i} Z_i^T Z_i, \quad (5)$$

với:

$$Z_i^T = Q_{i-1} a_i^T$$

$$g_i = p_i^{-1} + a_i Q_{i-1} a_i^T = p_i^{-1} + a_i Z_i^T.$$

Trong các nghiên cứu [1 - 3, 6] cho thấy: Nếu tính toán từ đầu thì ma trận khởi tính Q_0 có thể được xác định theo công thức $Q_0 = 10^m \cdot E$ với $m \geq 5$.

2.2.2. Các bước xử lý số liệu

Điều kiện để thực hiện bình sai lưới quan trắc kết hợp các chu kỳ đo là tọa độ của các mốc khống chế cơ sở không thay đổi trong các chu kỳ đo.

Bước 1: Lập ma trận trọng số đảo kết hợp các chu kỳ của các ản số có dạng [1, 3]:

$$\bar{Q} = \begin{pmatrix} Q_{s-1} & 0 \\ 0 & Q_s \end{pmatrix} \text{ hoặc } \bar{Q} = \begin{pmatrix} \bar{Q}_{s-1} & 0 \\ 0 & Q_s \end{pmatrix} \quad (6)$$

trong đó:

- Q_{s-1} , Q_s là ma trận trọng số đảo của các ản số x_{s-1} , x_s tương ứng đã được xác định sau khi bình sai lưới quan trắc chu kỳ (s-1) và s;

- \bar{Q}_{s-1} là ma trận trọng số đảo của các ản số x_{s-1} , đã được xác định sau khi bình sai kết hợp các chu kỳ 1, 2, ..., (s-1).

Bước 2: Phân tích sự chuyển dịch của các mốc quan trắc dựa vào các biểu thức (2), (3), (4) đã được trình bày trong Mục 2.1.

Bước 3: Lập các phương trình số hiệu chỉnh

$$v_x = \delta \bar{x}_{s-1} - \delta x_s + l \quad (7)$$

được thành lập từ mỗi trục tọa độ cho các điểm quan trắc ổn định tương ứng (coi như đây chính là các phương trình số hiệu chỉnh của các trị đo thừa với $1/p = 0$); với số hạng tự do l được tính theo công thức $l = \bar{x}_{s-1} - x_s$.

Bước 4: Sử dụng công thức trong bình sai truy hồi để tính ma trận trọng số đảo \bar{Q} sau khi bình sai kết hợp s chu kỳ, còn vector ản số \bar{x}_s được tính theo công thức:

$$\bar{x}_s = x_s - N^{-1} Z^T L \quad (8)$$

với L - vector số hạng tự do trong hệ phương trình số hiệu chỉnh thành lập với các điểm quan trắc ổn định.

Bước 5: Tách khối ma trận Q_s trong ma trận trọng số đảo \bar{Q} , đây chính là ma trận trọng số đảo sau khi bình sai kết hợp chu kỳ i với các chu kỳ trước đó.

Sai số trung phương tọa độ của các ản số theo công thức:

$$m_{\bar{x}_s} = \pm \mu \sqrt{Q_{xx}} \quad (9)$$

trong đó: μ là sai số trung phương trọng số đơn vị; Q_{xx} là các phần tử trên đường chéo chính của khối ma trận Q_s .

3. Kết quả tính toán thực nghiệm

Trong phần thực nghiệm, sẽ xử lý số liệu 3 chu kỳ đo lưới quan trắc chuyển dịch ngang đỉnh tường vây toà nhà khối văn phòng thuộc dự án Vinhomes West Point, phường Mỹ Trì, quận Bắc Từ Liêm, thành phố Hà Nội với sai số trung phương vị trí điểm quan trắc cho phép là ± 5 mm.

Để đánh giá sự ổn định của điểm quan trắc, lựa chọn giá trị $t = 2,5$.

3.1. Số liệu gốc và số liệu đo

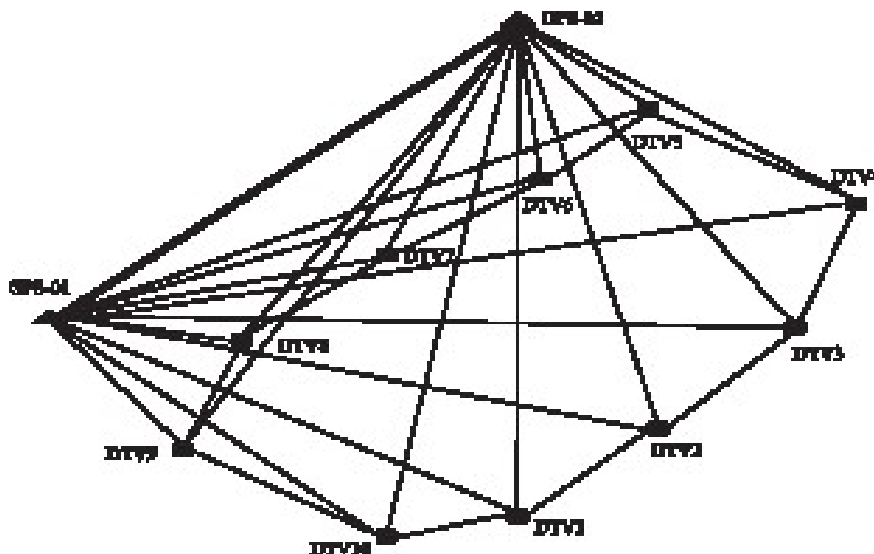
Số liệu tọa độ điểm mốc khống chế cơ sở sau khi phân tích độ ổn định trong cả 3 chu kỳ là không thay đổi, giá trị thể hiện ở Bảng 1.

Nghiên cứu

Bảng 1. Số liệu tọa độ điểm mốc không chế cơ sở

STT	Tên điểm	Tọa độ	
		X(m)	Y(m)
1	GPS-01	2324313.1700	581434.0430
2	GPS-02	2324428.7870	581594.0480

Sơ đồ lưới:



Hình 1: Sơ đồ lưới quan trắc chuyển dịch ngang đỉnh tường vây

Đo quan trắc chuyển dịch ngang công $m_p = 2''$, đo cạnh $m_s = \pm (2+2\text{ppm} \times D)$ mm. trình được thực hiện bằng máy toàn đạc điện tử NTS-302R+ có độ chính xác: Đo góc hiện ở Bảng 2, 3.

Bảng 2. Số liệu đo góc tại các chu kỳ

STT	Tên đỉnh góc			Góc đo ($^{\circ}$ ' ")		
	Đỉnh trái	Đỉnh giữa	Đỉnh phải	Chu kỳ 1	Chu kỳ 2	Chu kỳ 3
1	GPS-02	GPS-01	DTV1	83 39 35,0	83 39 35,0	83 39 37,0
2	GPS-02	GPS-01	DTV2	58 31 17,0	58 31 20,0	58 31 17,0
3	GPS-02	GPS-01	DTV3	45 48 20,0	45 48 20,0	45 48 22,0
4	GPS-02	GPS-01	DTV4	35 04 53,0	35 04 50,0	35 04 53,0
5	GPS-02	GPS-01	DTV5	15 00 28,0	15 00 31,0	15 00 32,0
6	GPS-02	GPS-01	DTV6	13 23 34,0	13 23 37,0	13 23 37,0
7	GPS-02	GPS-01	DTV7	21 52 53,0	21 52 48,0	21 52 47,0
8	GPS-02	GPS-01	DTV8	61 54 27,0	61 54 26,0	61 54 21,0
9	GPS-02	GPS-01	DTV9	105 00 17,0	105 00 03,0	105 00 15,0
10	GPS-02	GPS-01	DTV10	97 10 20,0	97 10 22,0	97 10 21,0
11	GPS-01	GPS-02	DTV1	323 02 13,0	323 02 12,0	323 02 13,0
12	GPS-01	GPS-02	DTV2	309 08 58,0	309 09 01,0	309 09 00,0
13	GPS-01	GPS-02	DTV3	293 22 40,0	293 22 42,0	293 22 41,0
14	GPS-01	GPS-02	DTV4	280 49 02,0	280 49 02,0	280 49 07,0
15	GPS-01	GPS-02	DTV5	292 52 53,0	292 52 42,0	292 52 30,0

STT	Tên đỉnh góc			Góc đo (° ‘ “)		
	Đỉnh trái	Đỉnh giữa	Đỉnh phải	Chu kỳ 1	Chu kỳ 2	Chu kỳ 3
16	GPS-01	GPS-02	DTV6	323 27 51,0	323 27 51,0	323 27 44,0
17	GPS-01	GPS-02	DTV7	343 34 06,0	343 34 08,0	343 34 07,0
18	GPS-01	GPS-02	DTV8	350 03 30,0	350 03 27,0	350 03 30,0
19	GPS-01	GPS-02	DTV9	347 42 23,0	347 42 23,0	347 42 23,0
20	GPS-01	GPS-02	DTV10	330 58 57,0	330 58 56,0	330 58 57,0

Bảng 3. Số liệu đo cạnh tại các chu kỳ

STT	Tên đỉnh cạnh		Cạnh đo (m)		
	Điểm đầu	Điểm cuối	Chu kỳ 1	Chu kỳ 2	Chu kỳ 3
1	GPS-01	DTV1	137,9370	137,9380	137,9380
2	GPS-01	DTV2	162,2750	162,2740	162,2730
3	GPS-01	DTV3	196,0280	196,0260	196,0270
4	GPS-01	DTV4	212,6870	212,6850	212,6830
5	GPS-01	DTV5	183,6020	183,6050	183,6080
6	GPS-01	DTV6	153,5730	153,5710	153,5740
7	GPS-01	DTV7	90,0710	90,0730	90,0740
8	GPS-01	DTV8	35,8660	35,8670	35,8660
9	GPS-01	DTV9	47,2990	47,2970	47,2990
10	GPS-01	DTV10	118,6490	118,6510	118,6480
11	GPS-02	DTV1	227,9940	227,9950	227,9960
12	GPS-02	DTV2	178,4570	178,4600	178,4570
13	GPS-02	DTV3	153,1170	153,1160	153,1190
14	GPS-02	DTV4	124,4510	124,4470	124,4490
15	GPS-02	DTV5	51,6080	51,6070	51,6080
16	GPS-02	DTV6	59,7510	59,7540	59,7520
17	GPS-02	DTV7	118,6700	118,6680	118,6660
18	GPS-02	DTV8	183,2680	183,2680	183,2670
19	GPS-02	DTV9	214,5720	214,5680	214,5700
20	GPS-02	DTV10	242,6830	242,6850	242,6830

3.2. Kết quả tính toán

a. Chu kỳ 1:

Bình sai lưới quan trắc chu kỳ 1 nhận được kết quả tọa độ bình sai (Bảng 4).

Bảng 4. Kết quả bình sai lưới quan trắc chu kỳ 1

STT	Tên điểm	Tọa độ		Sai số vị trí điểm		
		X(m)	Y(m)	m _x (mm)	m _y (mm)	m _p (mm)
1	DTV1	2324210,9744	581526,6820	1,4	1,3	1,9
2	DTV2	2324250,6268	581583,7797	1,3	1,3	1,8
3	DTV3	2324279,2856	581627,1182	1,4	1,2	1,9
4	DTV4	2324316,0288	581646,7089	1,4	1,1	1,8
5	DTV5	2324378,4977	581605,6302	1,3	0,5	1,4
6	DTV6	2324371,8368	581575,9681	1,2	0,7	1,4
7	DTV7	2324334,9143	581521,4501	0,8	1,2	1,4
8	DTV8	2324297,4158	581466,2637	0,6	1,2	1,3
9	DTV9	2324268,9681	581450,8749	1,4	0,6	1,5
10	DTV10	2324209,0792	581490,9822	1,5	1,1	1,9

Nghiên cứu

Sai số trung phương trọng số đơn vị:

b. Chu kỳ 2:

Bình sai lưới quan trắc chu kỳ 2 nhận được kết quả tọa độ bình sai (Bảng 5).

Bảng 5. Kết quả bình sai lưới quan trắc chu kỳ 2

STT	Tên điểm	Tọa độ		Sai số vị trí điểm		
		X(m)	Y(m)	m_x (mm)	m_y (mm)	m_p (mm)
1	DTV1	2324210,9734	581526,6828	1,3	1,2	1,8
2	DTV2	2324250,6248	581583,7774	1,2	1,2	1,7
3	DTV3	2324279,2861	581627,1165	1,3	1,2	1,8
4	DTV4	2324316,0321	581646,7072	1,3	1,1	1,7
5	DTV5	2324378,4974	581605,6331	1,2	0,5	1,3
6	DTV6	2324371,8340	581575,9672	1,1	0,6	1,3
7	DTV7	2324334,9168	581521,4508	0,8	1,1	1,4
8	DTV8	2324297,4151	581466,2655	0,6	1,1	1,3
9	DTV9	2324268,9710	581450,8773	1,3	0,6	1,4
10	DTV10	2324209,0769	581490,9822	1,4	1,1	1,8

Sai số trung phương trọng số đơn vị:

Dựa trên cơ sở tọa độ và sai số trung phương tọa độ các điểm quan trắc của 2 chu kỳ 1, 2, nhận được kết quả phân tích sự ổn định của điểm quan trắc để tiến hành bình sai kết hợp chu kỳ 1, 2 trong Bảng 6.

Bảng 6. Kết quả phân tích sự ổn định của điểm quan trắc tại chu kỳ 2 để tiến hành bình sai kết hợp chu kỳ 1, 2

STT	Tên điểm	(mm)	(mm)	Phân tích	(mm)	(mm)	Phân tích
1	DTV1	+1,0	±4,8	Ổn định	-0,8	±4,4	Ổn định
2	DTV2	+2,0	±4,4	Ổn định	+2,3	±4,4	Ổn định
3	DTV3	-0,5	±4,8	Ổn định	+1,7	±4,2	Ổn định
4	DTV4	-3,3	±4,8	Ổn định	+1,7	±3,9	Ổn định
5	DTV5	+0,3	±4,4	Ổn định	-2,9	±1,8	Không ổn định
6	DTV6	+2,8	±4,1	Ổn định	+0,9	±2,3	Ổn định
7	DTV7	-2,5	±2,8	Ổn định	-0,7	±4,1	Ổn định
8	DTV8	+0,7	±2,1	Ổn định	-1,8	±4,1	Ổn định
9	DTV9	-2,9	±4,8	Ổn định	-2,4	±2,1	Không ổn định
10	DTV10	+2,3	±5,1	Ổn định	0,0	±3,9	Ổn định

Nhận thấy có 2 điểm quan trắc DTV5 và DTV9 không ổn định (nghĩa là có dịch chuyển cơ học tại các vị trí có gắn mốc quan trắc). Lúc này để bình sai kết hợp chu kỳ 1, 2 chỉ thành lập phương trình số hiệu chỉnh cho 8 điểm còn lại.

Kết quả bình sai kết hợp chu kỳ 1, 2 được đưa ra trong Bảng 7.

Bảng 7. Kết quả bình sai kết hợp 2 chu kỳ 1, 2

STT	Tên điểm	Tọa độ		Sai số vị trí điểm		
		X(m)	Y(m)	m_x (mm)	m_y (mm)	m_p (mm)
1	DTV1	2324210,9739	581526,6824	0,9	0,9	1,3
2	DTV2	2324250,6258	581583,7786	0,9	0,9	1,2
3	DTV3	2324279,2858	581627,1173	0,9	0,8	1,2

STT	Tên điểm	Tọa độ		Sai số vị trí điểm		
		X(m)	Y(m)	m_x (mm)	m_y (mm)	m_p (mm)
4	DTV4	2324316,0304	581646,7080	0,9	0,8	1,2
5	DTV5	2324378,4974	581605,6331	1,2	0,5	1,3
6	DTV6	2324371,8342	581575,9656	0,8	0,4	0,9
7	DTV7	2324334,9156	581521,4504	0,5	0,8	1,0
8	DTV8	2324297,4154	581466,2646	0,4	0,8	0,9
9	DTV9	2324268,9710	581450,8773	1,3	0,6	1,4
10	DTV10	2324209,0781	581490,9822	1,0	0,8	1,2

c. Chu kỳ 3:

Bình sai lưới quan trắc chu kỳ 3 nhận được kết quả tọa độ bình sai (Bảng 8).

Bảng 8. Kết quả bình sai lưới quan trắc chu kỳ 3

STT	Tên điểm	Tọa độ		Sai số vị trí điểm		
		X(m)	Y(m)	m_x (mm)	m_y (mm)	m_p (mm)
1	DTV1	2324210,9727	581526,6816	1,4	1,3	2,0
2	DTV2	2324250,6274	581583,7780	1,3	1,3	1,9
3	DTV3	2324279,2838	581627,1176	1,4	1,3	1,9
4	DTV4	2324316,0290	581646,7053	1,4	1,2	1,9
5	DTV5	2324378,4974	581605,6362	1,3	0,6	1,4
6	DTV6	2324371,8352	581575,9697	1,3	0,7	1,4
7	DTV7	2324334,9176	581521,4521	0,9	1,2	1,5
8	DTV8	2324297,4167	581466,2644	0,7	1,2	1,4
9	DTV9	2324268,9686	581450,8753	1,4	0,7	1,5
10	DTV10	2324209,0794	581490,9815	1,5	1,2	1,9

Sai số trung phương trọng số đơn vị:

Dựa trên cơ sở tọa độ và sai số trung phương tọa độ các điểm quan trắc của hợp nhất chu kỳ 1, 2 và của chu kỳ 3, nhận được kết quả phân tích sự ổn định của điểm quan trắc để tiến hành bình sai kết hợp chu kỳ 1, 2, 3 trong Bảng 9.

Bảng 9. Kết quả phân tích sự ổn định của điểm quan trắc tại chu kỳ 3 để tiến hành bình sai kết hợp chu kỳ 1, 2, 3

STT	Tên điểm	(mm)	(mm)	Phân tích	(mm)	(mm)	Phân tích
1	DTV1	+1,2	±4,2	Ổn định	+0,8	±3,9	Ổn định
2	DTV2	-1,6	±3,9	Ổn định	+0,6	±3,9	Ổn định
3	DTV3	+2,0	±4,2	Ổn định	-0,3	±3,8	Ổn định
4	DTV4	+1,4	±4,2	Ổn định	+2,7	±3,5	Ổn định
5	DTV5	+0,0	±4,4	Ổn định	-3,1	±2,0	Không ổn định
6	DTV6	-1,0	±3,8	Ổn định	-4,1	±2,1	Không ổn định
7	DTV7	-2,0	±2,6	Ổn định	-1,7	±3,6	Ổn định
8	DTV8	-1,3	±2,0	Ổn định	+0,2	±3,6	Ổn định
9	DTV9	-2,4	±4,8	Ổn định	+2,0	±2,3	Ổn định
10	DTV10	-1,3	±4,5	Ổn định	+0,7	±3,5	Ổn định

Nhận thấy có 2 điểm quan trắc DTV5 và DTV6 không ổn định (nghĩa là có dịch chuyển cơ học tại các vị trí có gắn mốc quan trắc). Lúc này để bình sai kết hợp chu kỳ 1, 2, 3 chỉ thành lập phương trình số hiệu chỉnh cho 8 điểm còn lại.

Kết quả bình sai kết hợp chu kỳ 1, 2, 3 được đưa ra trong Bảng 10.

Bảng 10. Kết quả bình sai kết hợp 3 chu kỳ 1, 2, 3

STT	Tên điểm	Tọa độ		Sai số vị trí điểm		
		X(m)	Y(m)	m_x (mm)	m_y (mm)	m_p (mm)
1	DTV1	2324210,9731	581526,6819	0,8	0,8	1,1
2	DTV2	2324250,6269	581583,7782	0,8	0,8	1,1
3	DTV3	2324279,2845	581627,1175	0,8	0,7	1,1
4	DTV4	2324316,0295	581646,7062	0,8	0,7	1,1
5	DTV5	2324378,4974	581605,6362	1,3	0,6	1,4
6	DTV6	2324371,8352	581575,9697	1,3	0,7	1,4
7	DTV7	2324334,9176	581521,4510	0,5	0,7	0,9
8	DTV8	2324297,4161	581466,2638	0,4	0,7	0,8
9	DTV9	2324268,9680	581450,8754	1,0	0,5	1,1
10	DTV10	2324209,0789	581490,9817	0,9	0,7	1,1

4. Kết luận và kiến nghị

Dựa trên sự so sánh kết quả sai số vị trí điểm đưa ra trong Bảng 5 với Bảng 7, 8 với Bảng 10 có thể nhận thấy độ chính xác tọa độ của các điểm quan trắc đỉnh tường vây sau khi bình sai kết hợp các chu kỳ đã được tăng lên.

Kết quả tọa độ điểm quan trắc đỉnh tường vây sau khi bình sai kết hợp các chu kỳ trong Bảng 7 và 10 có thể được sử dụng để làm cơ sở tính toán các tham số đặc trưng trong quan trắc chuyển dịch ngang.

Xử lý số liệu kết hợp các chu kỳ đo làm cho khối lượng tính toán sẽ tăng lên, đặc biệt với nhiều chu kỳ đo. Tuy nhiên thuật toán truy hồi có thể được lập trình trên máy tính nhằm tự động hoá xử lý số liệu một cách nhanh chóng, thuận tiện.

Việc xử lý kết hợp các chu kỳ có nhược điểm là số liệu gốc khi sử dụng để bình sai lưới quan trắc không được thay đổi (nghĩa là các điểm mốc không chế cơ sở phải ổn định và không có sự thay đổi tọa độ), điều này có thể dẫn đến một số yêu cầu cao hơn trong việc bố trí mốc không chế cơ sở. Đối với giai đoạn thi công tường vây tầng hầm nhà cao tầng, khoảng thời gian đo giữa các chu kỳ quan

trắc thường ngắn, nên có thể hạn chế được ít nhiều nhược điểm này. Do vậy, việc xử lý số liệu kết hợp các chu kỳ trong quan trắc chuyển dịch ngang tường vây là hoàn toàn khả thi.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Маркузе Ю. И. (1989). *Алгоритмы для уравнивания геодезических сетей на ЭВМ.* – М.: Недра.
- [2]. Маркузе Ю.И., Лэ Ань Куонг, Чан Тиен Ранг (2016). *Исследование исходной матрицы обратных весов неизвестных при рекуррентном способе уравнивания измерений // Геодезия и картография.* № 11. С. 7 - 10. DOI: 10.22389/0016-7126-2016-917-11-7-10.
- [3]. Маркузе Ю.И., Лэ Ань Куонг (2017). *Исследование алгоритма для анализа деформаций геодезических пунктов при наблюдении за горизонтальными смещениями гидротехнических сооружений // Геодезия и картография.* Т. 78. № 7. С. 23 - 30. DOI: 10.22389/0016-7126-2017-925-7-23-30.
- [4]. Trần Ngọc Đông (2014). *Nghiên cứu phương pháp trắc địa quan trắc, phân tích biến dạng nền móng và tầng hầm công trình nhà cao tầng trong giai đoạn thi công xây dựng.* Luận án tiến sĩ, Hà Nội.
- [5]. Trần Khánh, Nguyễn Quang Phúc (2010). *Quan trắc chuyển dịch và biến dạng công trình.* Nxb. Giao thông Vận tải, Hà Nội.

[6]. Lê Đức Tình (2012). *Nghiên cứu giải pháp nâng cao hiệu quả công tác quan trắc biến dạng công trình ở Việt Nam*. Luận án tiến sĩ, Hà Nội.

[7]. Trần Ngọc Đông (2014). *Nghiên cứu phương pháp trắc địa quan trắc, phân tích biến dạng nền móng và tầng hầm công trình nhà cao tầng trong giai đoạn thi công xây dựng*. Luận án tiến sĩ, Hà Nội.

[8]. TCVN 3972:1985. *Công tác trắc địa trong xây dựng công trình*.

[9]. TCVN 9364:2012. *Nhà cao tầng - Kỹ thuật đo đạc phục vụ công tác thi công*.

[10]. TCVN 9399:2012. *Nhà và công trình xây dựng - Xác định chuyển dịch ngang bằng phương pháp trắc địa*.

BBT nhận bài: 15/3/2024; Phản biện xong: 25/3/2024; Chấp nhận đăng: 28/3/2024