

PHÂN TÍCH ĐỘ ỔN ĐỊNH CÁC ĐIỂM KHÔNG CHẾ TRONG HƯỚNG CHUẨN

Hoàng Xuân Thành¹

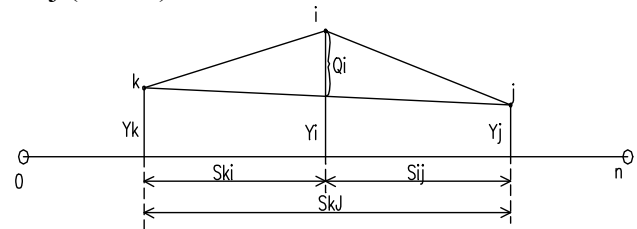
Tóm tắt: Trong công tác quan trắc biến dạng công trình việc đánh giá độ ổn định của các mốc khống chế vô cùng quan trọng. Bài báo nêu ra cơ sở lý thuyết để xử lý số liệu đo chuyển dịch trong quan trắc hướng chuẩn tổng quát đối với mọi sơ đồ và dựa vào kết quả để phân tích độ ổn định của các mốc khống chế. Theo nguyên lý này chúng tôi đã thành lập chương trình tính toán, bình sai và phân tích độ ổn định các mốc khống chế cũng như các mốc kiểm tra trong lưới hướng chuẩn.

1. CƠ SỞ LÝ THUYẾT PHÂN TÍCH ĐỘ ỔN ĐỊNH MỐC KHỐNG CHẾ TRONG LƯỚI ĐO HƯỚNG CHUẨN

Quan trắc độ chuyển dịch theo hướng chuẩn thường được áp dụng cho các công trình dạng thẳng và chịu áp lực theo một hướng (thí dụ các đập thủy điện, đập chắn nước, các trạm bơm tiêu, các công trình cầu, cống...). Ưu điểm của phương pháp hướng chuẩn là cho độ chính xác cao, quy trình đo đơn giản, thiết bị đo thông dụng với giá thành vừa phải. Công tác đo hướng chuẩn trong các chu kỳ được thực hiện độc lập nhau, trong một chu kỳ đo, hướng chuẩn được nhận dựa trên hai mốc khống chế và tiến hành đo khoảng cách (độ lệch hướng) từ các điểm kiểm tra đến hướng chuẩn này. Độ lệch hướng có thể đo trực tiếp hoặc được tính toán bình sai từ số liệu đo theo các phương pháp đo hướng chuẩn [3]. Trong các phương pháp xử lý số liệu còn ít tài liệu đề cập tới sự ổn định của các mốc khống chế, và điều này có ảnh hưởng rất lớn đến kết quả phân tích và đánh giá độ chuyển dịch của các điểm kiểm tra nói riêng và độ biến dạng công trình nói chung. Trong bài báo này đề cập tới công tác xử lý số liệu đo và đánh giá độ ổn định các mốc khống chế trong hướng chuẩn. Để nghiên cứu quy trình xử lý số liệu đo và đánh giá độ biến dạng công trình trước hết ta xem các mốc

khống chế ở đây là một loại lưới trắc địa (có thể gọi là lưới hướng chuẩn), và do vậy ngoài hai mốc hai đầu của hướng chuẩn cần bố trí thêm một số mốc khống chế nằm lân cận hướng chuẩn [4]. Như vậy lưới khống chế hướng chuẩn là hệ thống mốc nằm lân cận hướng chuẩn và được đo kiểm tra trong mỗi chu kỳ quan trắc.

Theo lý thuyết hướng chuẩn tổng quát (2) phương pháp đo hướng chuẩn được coi như một tổ hợp của các phép đo độ lệch hướng. Giả sử phép đo lệch hướng của điểm i so với hướng k và j (hình 1).



Hình 1. Sơ đồ đo hướng chuẩn tổng quát

Mỗi phép đo lệch hướng được đặc trưng bởi ba số hiệu k , i và j tương ứng với ba điểm: điểm đặt máy, điểm ngắm đo lệch hướng và điểm ngắm lấy hướng.

Từ hình 1 chúng ta thấy: Giữa độ lệch hướng Y và trị đo Q trong phương pháp hướng chuẩn đối với các sơ đồ đo bất kỳ đều luôn luôn thỏa mãn phương trình sau:

$$Y_i + a_k Y_k + a_j Y_j - Q_i = 0 \quad (1)$$

¹ Trường Đại học Thủy lợi

Trong đó:

Q_i - Độ lệch hướng (trị đo) của điểm i so với hướng k_j .

Y_i, Y_k, Y_j - Tung độ các điểm i, k, j so với hướng chuẩn.

và các hệ số được tính theo công thức:

$$a_k = \frac{s_{ij}}{s_{ki} + s_{ij}} \quad a_j = \frac{s_{ki}}{s_{ki} + s_{ij}} \quad (2)$$

Như vậy đối với n trị đo chúng ta xác định được hệ phương trình bao gồm n phương trình dạng (1). Khi số lần đo lớn hơn số điểm cần xác định thì việc giải hệ phương trình dạng (1) được thực hiện theo phương pháp số bình phương nhỏ nhất.

Nhưng bản thân các điểm khống chế cũng có thể bị chuyển dịch, do vậy các độ lệch hướng trong các chu kỳ đo của các điểm mốc được tính tương đối so với hướng chuẩn trong từng chu kỳ đo đó. Yêu cầu của bài toán là cần xác định độ chuyển dịch theo trục tung của các điểm mốc và điểm kiểm tra tại thời điểm quan trắc so với vị trí của chúng trong chu kỳ đầu tiên. Do vậy bài toán đặt ra là cần bình sai để giải quyết điều kiện nội tại của lưới và kèm theo điều kiện định vị lưới để thống nhất chung một hệ tọa độ trong các chu kỳ quan trắc. Để đáp ứng điều này lưới hướng chuẩn cần phải thực hiện bình sai theo phương pháp bình sai lưới tự do kèm điều kiện định vị.

Trong lưới hướng chuẩn chúng ta giả thiết hướng chuẩn trùng với trục OX do vậy cần xác định giá trị tung độ Y của các điểm trong lưới. Để định vị được một hướng chuẩn cần biết ít nhất tung độ của hai điểm (số liệu gốc tối thiểu là 2). Do vậy để bình sai và phân tích độ ổn định các mốc khống chế ta có thể áp dụng phương pháp bình sai tự do với xuất phát điểm là hệ phương trình số hiệu chỉnh $V = AY + L$ có số khuyết bằng 2. Chuyển từ phương trình số hiệu chỉnh sang phương trình chuẩn theo nguyên lý

số bình phương nhỏ nhất ($V^T P V = \min$) chúng ta thu được:

$$R \cdot Y + b = 0 \quad (3)$$

$$\text{Trong đó: } R = A^T P A, \quad b = A^T P L$$

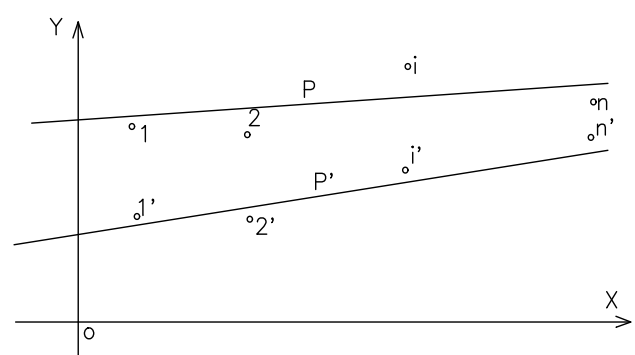
Do ma trận A có số khuyết $d=2$ nên $\det(R)=0$, vì vậy có vô số tập hợp vectơ nghiệm Y thỏa mãn hệ phương trình chuẩn này. Để xác định được vectơ nghiệm riêng cần phải áp đặt thêm một số điều kiện ràng buộc đối với vectơ ẩn số dưới dạng:

$$C^T \cdot Y = 0 \quad (4)$$

Hệ phương trình (4) là điều kiện định vị của lưới và chúng phải thỏa mãn hai điều kiện sau:

- Số phương trình bằng số khuyết trong mạng lưới (đối với hướng chuẩn cần hai phương trình).
- Các hàng của ma trận C^T phải độc lập tuyến tính với các cột của ma trận R .

Giả sử các điểm $1, 2, \dots, n$ trong chu kỳ quan trắc thứ nhất có các độ lệch hướng chuẩn Y_i tạo thành hướng chuẩn P , tại chu kỳ k các điểm trên có vị trí $1', 2', \dots, n'$ có các độ lệch hướng là Y_i' và tạo thành hướng chuẩn P' (hình 2).



Hình 2: Định vị hướng chuẩn

Để xác định điều kiện định vị (4) đối với lưới hướng chuẩn ta xét bài toán tính chuyển tọa độ giữa hai hệ tọa độ phẳng áp dụng công thức Helmert đối với hệ tọa độ phẳng:

$$\left. \begin{aligned} X_i' &= 0 \cdot a_x + 1 \cdot a_y - Y_i \cdot \delta\alpha + X_i \cdot \delta m + X_i \\ Y_i' &= 1 \cdot a_y + 0 \cdot a_x + X_i \cdot \delta\alpha + Y_i \cdot \delta m + Y_i \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Lưu ý trong trường hợp đối với lưới hướng

chuẩn chỉ xét độ dịch chuyển theo trục tung Y và nhận $a_Y=0$ và $\delta_m=1$ lúc đó ta có:

$$Y_i' = Y_i + a + b.X_i \quad (i=1, \dots, n) \quad (6)$$

Bài toán phân tích độ ổn định của điểm không chế ở chu kỳ k so với chu kỳ 1 có bản chất là xác định tham số chuyển đổi tọa độ (a, b) giữa hai hệ tọa độ. Như vậy để xác định tham số chuyển đổi tọa độ a, b cần có ít nhất hai phương trình dạng (6) tức là biết tung độ ít nhất của hai mốc không chế trong lưới ở chu kỳ 1 và chu kỳ k. Khi số mốc không chế trong lưới $n > 2$ bài toán này được giải theo phương pháp số bình phương nhỏ nhất với hệ phương trình số hiệu chỉnh dưới dạng:

$$V_i = a + bX_i + L_i \quad (i= 1, 2, \dots, n) \quad (7)$$

Hay viết dưới dạng ma trận:

$$V = BZ + L \quad (8)$$

Trong đó: $B^T_i = (1 \ X_i)$

$$Z = (a \ b)$$

$$L_i = Y_i' - Y_i$$

Trong công thức trên véc tơ số hiệu chỉnh V_i chính là hiệu số tung độ giữa véc tơ tung độ chuyển đổi và tung độ gần đúng, do đó V ở đây có ý nghĩa như véc tơ ẩn số đối với hệ phương trình chuẩn $RY + b = 0$.

Khi định vị lưới trong các chu kỳ đo nếu áp dụng tiêu chuẩn “*Tổng bình phương độ lệch tung độ so với hướng chuẩn của các điểm ổn định là nhỏ nhất*”, trên cơ sở công thức (4) và (8) chúng ta rút ra tiêu chuẩn để chọn ma trận định vị trong lưới không chế hướng chuẩn như sau:

$$\left\{ \begin{array}{l} C_i^T = (1 \ X_i) - \text{đối với các mốc ổn định} \\ C_i^T = (0 \ 0) - \text{đối với các mốc không ổn định} \end{array} \right\} \quad (9)$$

2. TIÊU CHUẨN ỔN ĐỊNH CỦA CÁC MỐC KHÔNG CHẾ TRONG LƯỚI QUAN TRẮC HƯỚNG CHUẨN

Công việc phân tích, đánh giá độ ổn định hệ thống mốc không chế lưới quan trắc biến dạng công trình có vai trò rất quan trọng và có tính

chất quyết định tới độ tin cậy của toàn bộ kết quả quan trắc. Đặc biệt trong lưới đo hướng chuẩn độ chuyển dịch của các mốc không chế sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến hướng chuẩn và như vậy sẽ làm sai lệch kết quả đánh giá độ chuyển dịch của công trình. Để có kết luận đúng đắn về vấn đề này cần đưa ra tiêu chuẩn đánh giá độ ổn định cho các mốc không chế trong lưới đo hướng chuẩn.

Những điểm không chế của lưới được coi là ổn định nếu chênh lệch tọa độ của chúng giữa chu kỳ đang xét so với chu kỳ đầu tiên không vượt quá sai số giới hạn xác định độ chênh lệch đó, cụ thể phải thỏa mãn điều kiện:

$$Q_i \leq t.m_{Q_i} \quad (10)$$

Trong đó: - Q_i là giá trị chênh lệch tung độ của mốc không chế giữa chu kỳ đang xét so với chu kỳ đầu tiên được tính theo công thức:

$$Q_i = Y_k - Y_1 \quad (11)$$

- t là hệ số chuyển đổi từ sai số trung phương sang sai số giới hạn, thông thường $t=2 \div 3$. Nếu lấy $t=3$ ta có:

$$|Q_i| \leq 3.m_{Q_i} \quad (12)$$

Từ công thức (9) chuyển sang tìm sai số trung phương $m_{Q_i} = \sqrt{m_{y_k}^2 + m_{y_1}^2}$

Thông thường độ chính xác các chu kỳ đo như nhau tức:

$$m_{y_k} = m_{y_1} = m_y$$

$$\text{Như vậy ta có: } m_Q = \sqrt{2}m_y \quad (13)$$

3. CHƯƠNG TRÌNH BÌNH SAI VÀ ĐÁNH GIÁ ĐỘ ỔN ĐỊNH CÁC MỐC KHÔNG CHẾ LƯỚI HƯỚNG CHUẨN

Dựa vào phương pháp bình sai lưới hướng chuẩn theo phương pháp bình sai lưới tự do kèm điều kiện định vị $C^T Y = 0$ với $C^T = (1 \ X)$ chúng tôi lập chương trình tính toán và bình sai tính ra độ lệch tung độ so với hướng chuẩn của các điểm mốc trong chu kỳ đầu tiên trên ngôn ngữ Turbo Pascal. Đối với các chu kỳ tiếp theo sau khi tính được độ lệch tung độ của các mốc

tiến hành tính độ lệch Q_i với các đại lượng này trong chu kỳ đầu tiên và so sánh với điều kiện (12) để đánh giá độ ổn định của các mốc khống chế trong lưới.

- Lập cơ sở dữ liệu lưới

Để lập cơ sở dữ liệu cho chương trình bình sai và đánh giá độ ổn định các mốc khống chế trong lưới hướng chuẩn chúng tôi đã chọn cách mã hoá thông tin dưới dạng số theo các nguyên tắc sau:

Để mô tả và biểu diễn các thông tin của lưới dưới dạng số chúng ta phải gộp các đối tượng có chung đặc tính vào các nhóm riêng biệt. Như vậy trong lưới hướng chuẩn có hai loại đối tượng là điểm và trị đo. Trong chương trình chúng tôi dùng biến kiểu bản ghi để mô tả và khai báo cho các đối tượng đã nêu trên. Cụ thể sử dụng hai kiểu bản ghi như sau:

- Đối tượng điểm có các thuộc tính: tên, x, y.

- Đối tượng trị đo gồm các thuộc tính sau: điểm đứng máy, điểm đo độ lệch hướng, điểm lấy hướng, độ chuyển dịch (Q_i), trọng số (P_i).

- Cấu trúc chung của chương trình bình sai

Nội dung chương trình bình sai đánh giá độ ổn định mốc khống chế trong hướng chuẩn bao gồm: Chương trình chính, các thủ tục, các chương trình con và các hàm chức năng. Chương trình chính có nhiệm vụ điều khiển các chương trình con thực hiện các hàm chức năng trong quá trình tính toán và bình sai. Việc chọn ma trận định vị (9) chỉ có thể được xác định

khi đã xác định được các mốc khống chế ổn định và ngược lại chỉ khi định vị được lưới chúng ta mới tính được độ lệch hướng chuẩn của các mốc và có kết luận về độ ổn định của chúng. Giải pháp hợp lý nhất để giải quyết bài toán này là áp dụng phương pháp nhích dần [4]. Quy trình của phương pháp này được thực hiện theo các bước sau:

Bước 1: Đối với chu kỳ quan trắc đầu tiên thực hiện xử lý số liệu mạng khống chế theo phương pháp bình sai lưới tự do với hệ tọa độ gần đúng tùy chọn.

Bước 2: Đối với các chu kỳ tiếp theo với giả thiết tất cả các điểm trong lưới khống chế cơ sở là ổn định, tiến hành bình sai với điều kiện ma trận định vị $C_i = B_i$ (Trong trường hợp này véc tơ tọa độ gần đúng được chọn là véc tơ tọa độ bình sai trong chu kỳ đầu tiên). Sau đó tính độ chuyển dịch Q_i và đối chiếu với điều kiện (12) để xác định các mốc ổn định.

Bước 3: Có thể xảy ra một trong hai khả năng sau:

- Có thể có một số mốc nào đó trong số các điểm của lưới không thoả mãn điều kiện (12), tiến hành loại mốc độ chuyển dịch lớn nhất ra khỏi tập hợp điểm khống chế và quay lại thực hiện từ bước thứ 2.

- Nếu các điểm khống chế còn lại đều ổn định thì việc kiểm tra được dừng lại và thực hiện định vị lưới theo các điểm ổn định.

Tài liệu tham khảo

[1]. Markuze Iu.I. Thuật toán và chương trình bình sai lưới trắc địa (tiếng Nga).

NXB Nhedra, Moskva-1989. Tr. 175-186.

[2]. Zaiseb A. K ... Các phương pháp quan trắc biến dạng công trình (tiếng Nga).

NXB "Nhedra". Matxcova, 1991. Tr. 108-113.

[3]. Nôvak V. E... Trắc địa công trình (tiếng Nga).

NXB "Nhedra". Matxcova, 1981. Tr. 404-407.

[4]. Trần Khánh. Thành lập lưới khống chế trong quan trắc chuyển dịch ngang bằng phương pháp hướng chuẩn. Tuyển tập Báo cáo Hội nghị khoa học lần thứ 15. Đại học Mở-Đà Nẵng (2002).

[5]. Hoàng Xuân Thành. Nghiên cứu các hệ tọa độ ứng dụng trong quan trắc biến dạng công trình thủy lợi- thủy điện. Tạp chí khoa học kỹ thuật Thủy lợi & Môi trường (2004) Đại học Thủy lợi.

NXB “Nhedra”. Matxcova, 1981. Tr. 404-407.

[6]. Mierele J. van (1978): A Testing Procedure for Analysing Geodetic Deformation Measurements. New York. P. 215-221.

[7]. Stella I. Pytharouli, Villy Kotogianni. Analysis of the Geodetic Monitoring Record of the Ladhon Dam, Greece. FIG Working Week 2004.

Abstract:

**ANALYSIS OF THE STABILITY OF CONTROL STATIONS IN
THE MONITORING STRAIGHT LINE**

Hoang Xuan Thanh

The estimation of the stability of control stations is very important in the Geodetic Monitoring Deformation. This paper indicates the theoretical basics that used to analyze the deflections record of method of straight line for every schema and estimate the stability of the control stations. By using this theory, we established program for computing and adjustment of monitoring network of straight line and estimate of stability of the control and monitoring stations.

Người phản biện: TS. Trần Văn Viện