



บทที่ 5

การปรับแก้โครงข่ายของสนามทดสอบและการวิเคราะห์ผล

5.1 ลักษณะของข้อมูลในการปรับแก้

ข้อมูลที่นำมาใช้ในการปรับแก้โครงข่ายของสนามทดสอบที่สร้างขึ้นนี้ ได้ใช้ข้อมูลการรังวัดที่ได้จากการปฏิบัติงานสนามในการรังวัด (มุมและระยะ) เพื่อสร้างสนามทดสอบ ณ ค่ายฝึกสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดกาญจนบุรี (รูปที่ 4.1 ที่ตั้งสนามทดสอบ) ซึ่งได้ใช้ระยะเวลาในการปฏิบัติงานสนามทั้งสิ้นรวม 30 วัน

การรังวัดเพื่อให้ได้ข้อมูลคง เป็นไปตามที่ได้ออกแบบและเตรียมการไว้ในขั้นต้น ดังได้กล่าวแล้วในบทที่ 4 กล่าวคือ ทำการรังวัด ณ จุดต่าง ๆ ตามที่ได้ออกแบบไว้ ด้วยวิธีข่ายสามเหลี่ยมวัดทั้งมุมและด้าน (Combined triangulation-trilateration network) ซึ่งลักษณะของข้อมูลประกอบด้วย

ง่ามมุมราบ

- ในโครงข่ายหลักจำนวน 17 มุม
- ในโครงข่ายเชื่อมโยงโครงข่ายหลักเข้ากับโครงข่ายกริดจำนวน 18 มุม และค่า

อะซิมุมท 1 มุม

- ในโครงข่ายกริด จำนวน 202 มุม

รวม 244 มุม

จำนวนระยะ

- ในโครงข่ายหลัก 12 ระยะ
- ในโครงข่ายเชื่อมโยงโครงข่ายหลักเข้ากับโครงข่ายกริด 8 ระยะ
- ในโครงข่ายกริด 91 ระยะ

รวม 111 ระยะ

รวมปริมาณค่าสังเกตทั้งหมด 355 ค่า

5.2 การปรับแก้

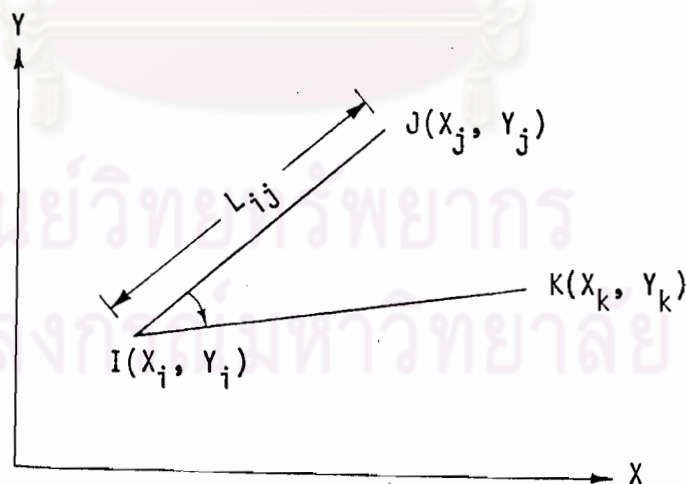
การปรับแก้โครงข่ายของสนามทดสอบได้กระทำในระบบพิกัดฉากระนาบราบด้วยหลักการของวิธีสแควร์ วิธีสมการค่าสังเกตโดยกำหนดค่าพิกัดของจุดศูนย์กลางกำเนิด ค่าคงตัว และแนวอะซิมูทขึ้นเอง แล้วทำการคำนวณพร้อมกัน ผลลัพธ์ที่ได้จะให้ค่าปรับแก้ของพารามิเตอร์ ที่สามารถนำมาคำนวณหาค่าพิกัดของระบบหมุดหลักฐานที่ต้องการทราบได้

ในที่นี้พิกัดของจุดศูนย์กลางกำเนิดได้กำหนดให้เป็นจุด Fixed ด้วย คือจุด 908(H_g) มีค่าพิกัด $X = 500.000$ เมตร $Y = 500.000$ เมตร แนวอะซิมูทที่กำหนดขึ้นคือ แนวอะซิมูทจากจุด 908 ไปยังจุด 308(H_g + H₃) มีค่าเป็น $0^{\circ} 0' 00'' 000$ (รูปที่ 4.10) ค่าพิกัดของหมุดหลักฐานซึ่งถือเป็นพารามิเตอร์มี 65 ค่า (ทั้งโครงข่ายหลักและโครงข่ายกริด)

แบบจำลองเชิงคณิตที่ใช้

$$L_a = F(X_a)$$

สมการค่าสังเกตจะประกอบด้วยสมการของมุมและระยะ เนื่องจากวิธีการรังวัดในงานวิจัยนี้ เป็นวิธีการที่รังวัดทั้งมุมและด้าน (Combined Triangulation Trilateration)



รูปที่ 5.1 การหาสมการในรูปทั่วไปของมุมและระยะ

จาก Wolf (1979), P27-P.29 แสดงสมการค่าสังเกศของมุมและระยะไว้พอสรุป
 ได้ดังนี้ (ดูรูปที่ 5.1)

สมการในรูปทั่วไปของมุม

$$\theta_{jik} = \tan^{-1} \left[\frac{Y_j - Y_i}{X_j - X_i} \right] - \tan^{-1} \left[\frac{Y_k - Y_i}{X_k - X_i} \right] \dots\dots\dots(5-1)$$

เมื่อทำให้เป็นสมการเชิงเส้น โดย Taylor's Theorem จะได้ผลลัพธ์คือ

$$\begin{aligned} K_{6_{jik}} = & \left[\frac{Y_{j_0} - Y_{i_0}}{(I_{J_0})^2} - \frac{Y_{k_0} - Y_{i_0}}{(I_{K_0})^2} \right] DX_i + \left[\frac{X_{i_0} - X_{j_0}}{(I_{J_0})^2} - \frac{X_{i_0} - X_{k_0}}{(I_{K_0})^2} \right] DY_i \\ & + \left[\frac{Y_{i_0} - Y_{j_0}}{(I_{J_0})^2} \right] DX_j + \left[\frac{X_{j_0} - X_{i_0}}{(I_{J_0})^2} \right] DY_j + \left[\frac{Y_{k_0} - Y_{i_0}}{(I_{K_0})^2} \right] DX_k \\ & + \left[\frac{X_{i_0} - X_{k_0}}{(I_{K_0})^2} \right] DY_k \dots\dots\dots(5-2) \end{aligned}$$

โดย $I_{J_0} = \left[(X_{j_0} - X_{i_0})^2 + (Y_{j_0} - Y_{i_0})^2 \right]^{1/2}$

$I_{K_0} = \left[(X_{k_0} - X_{i_0})^2 + (Y_{k_0} - Y_{i_0})^2 \right]^{1/2}$



สมการในรูปทั่วไปของระยะคือ

$$L_{ij} = \left[(X_j - X_i)^2 + (Y_j - Y_i)^2 \right]^{1/2} \dots\dots\dots(5-3)$$

เมื่อทำให้เป็นสมการเชิงเส้น โดย Taylor's Theorem จะได้

$$\begin{aligned} K_{L_{ij}} = & \left[\frac{X_{i_0} - X_{j_0}}{I_{J_0}} \right] DX_i + \left[\frac{Y_{i_0} - Y_{j_0}}{I_{J_0}} \right] DY_i + \left[\frac{X_{j_0} - X_{i_0}}{I_{J_0}} \right] DX_i \\ & + \left[\frac{Y_{j_0} - Y_{i_0}}{I_{J_0}} \right] DY_j \dots\dots\dots(5-4) \end{aligned}$$

การสร้างสมการค่าสังเกตในงานวิจัยนี้ ก็ได้อาศัยหลักการของสมการ (5-2) และ (5-4) ซึ่งมีสมการของมุม 244 มุม และสมการของระยะ 111 ระยะ รวมเป็นสมการค่าสังเกตทั้งหมด 355 สมการ เท่ากับจำนวนค่าสังเกต (n) จำนวนพารามิเตอร์ (u) 130 ค่า (65×2) และลำดับชั้นความเป็นอิสระ ($r = n - u$) เท่ากับ 225

5.2.1 การกำหนดน้ำหนักของค่าสังเกต (Weight of Observations Matrix)

การกำหนดน้ำหนักของค่าสังเกตในขั้นตอนการปรับแก้ได้กำหนดตามแนวทางในชั้นออกแบม (หัวข้อ 4.3.2.1 ชั้นตอนที่ 6) แคนแตกต่างกันตรงที่ใช้น้ำหนักของค่าสังเกตที่ได้จากการหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการรังวัดจริงโดยตรง (แต่ไม่เกินเกณฑ์ที่ออกแบมไว้) ซึ่งใช้เฉพาะการรังวัดมุมในโครงข่ายหลักและโครงข่ายโยงยึดโครงข่ายหลัก เข้ากับโครงข่ายกริด ส่วนในโครงข่ายกริดได้กำหนดตามระยะที่ทำการรังวัดเช่นเดียวกับในชั้นออกแบม เพราะระยะใกล้มากและทำการรังวัดมุมออกไปรอบตัวคราวละ 5 เมตร, 10 เมตร, 15 เมตร และ 20 เมตร ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานนี้จะแปรเปลี่ยนตามระยะทาง (ระยะใกล้ค่าจะมาก ระยะใกล้ค่าน้อย) การหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตารางที่ ค.1 สำหรับการกำหนดน้ำหนักของค่าสังเกตในการวัดระยะคงใช้ตามที่ได้กำหนดไว้ในชั้นออกแบมเช่นกัน และขั้นตอนในการปรับแก้ คงดำเนินการตามที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.4

สำหรับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณปรับแก้ในขั้นนี้ คงใช้โปรแกรมเดียวกันกับงานในชั้นออกแบม ซึ่งมีขั้นตอนที่สำคัญดังนี้

1. อ่านข้อมูลค่าสังเกตทั้งมุม ทิศทาง และระยะ พร้อมค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าสังเกตดังกล่าว
2. ค่าสังเกตจะแยกไปสร้าง Observation Equation และ Normal Equation
3. Inversion of Matrix "N"
4. หาค่าตรวจแก้ของพารามิเตอร์และนำมาบวกกับค่าพิกัดที่ประมาณไว้
5. หาค่า Variance ของค่าสังเกตที่ปรับแก้แล้ว (Σ_{L_a}) และ Variance ของค่าเศษคงเหลือ (Σ_v)
6. หิมพ์ผลลัพธ์
 - ค่าพิกัดที่ปรับแก้แล้ว พร้อม Standard Deviation
 - Semi-Major และ Semi-Minor Axis

- มุมที่ error ellipse เบี่ยงเบนไปทำมุมกับแนวแกน Y ตามเข็มนาฬิกา (Flow-Chart โปรแกรมการคำนวณปรับแก้แสดงไว้ใน ภาคผนวก ข)

5.3 การวิเคราะห์ผลการปรับแก้

เพื่อเป็นการควบคุมคุณภาพของงาน (Quality Control) และเป็นเครื่องยืนยันว่า สนามทดสอบที่สร้างขึ้นจะสามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ จึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบผลงานที่ได้ว่า มีความถูกต้อง (Accuracy) เป็นไปตามเกณฑ์ ดังที่ได้ออกแบบไว้ และยอมรับผลการปรับแก้ที่ได้หรือไม่ ซึ่งจะต้องพิจารณาถึงสิ่งต่อไปนี้คือ

1. ความละเอียดถูกต้องของข้อมูล
2. ความคลาดเคลื่อนหรือความผิดพลาด (Mistakes or Blunders) ขนาดใหญ่ที่แฝงอยู่
3. ผลลัพธ์ที่ได้จากชั้นออกแบบและผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้จากการปรับแก้
4. การวิเคราะห์ทางสถิติและประเมินผลลัพธ์ที่ได้

ผลจากการปรับแก้จะประกอบด้วย ค่าโคแฟกเตอร์เมทริกซ์ ค่าตรวจแก้ของพารามิเตอร์ (X) ซึ่งเมื่อนำค่าตรวจแก้ไปบวกเข้ากับค่าประมาณของพารามิเตอร์ (X_0) ก็จะได้ค่าที่ปรับแก้แล้วของพารามิเตอร์ ซึ่งคือค่าพิกัดของระบบพิกัดหลักฐานทางราบที่ต้องการทราบนั่นเอง

ค่าโคแฟกเตอร์เมทริกซ์ หรือเมทริกซ์ความแปรปรวนของพารามิเตอร์ (Σ_X) จะประกอบด้วยค่าความแปรปรวนของพารามิเตอร์ในแนวแกน X และ Y (σ_X , σ_Y) และค่าความแปรปรวนร่วม (σ_{XY}) ของพารามิเตอร์สำหรับทุกจุด ซึ่งสามารถนำมาหาค่ากึ่งแกนหลักและกึ่งแกนรอง (σ_U , σ_V) ของรูปวงรีความคลาดเคลื่อนและพล็อตรูปวงรีความคลาดเคลื่อนได้ ดังได้กล่าวแล้วในหัวข้อ 3.5 จากตารางที่ ง.2 จะเห็นว่าค่าของ σ_U ต่ำสุดมีค่าเพียง 0.4 มม. และสูงสุดมีค่า = 3.3 มม. ซึ่งไม่เกินเกณฑ์ 4 มม. เป็นไปตามที่ได้ตั้งความต้องการและการคำนวณในชั้นออกแบบทุกประการ

ในการวิเคราะห์ทางสถิติหลังการปรับแก้จะถือว่า ค่าสังเกตมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) การคาดคะเนด้วยลีสท์สแควร์กระทำต่อฟังก์ชันนอลไมเซลล์ที่เป็นเชิงเส้นแล้ว การวิเคราะห์ทางสถิติหลังการปรับแก้ในงานวิจัยนี้ วิเคราะห์โดยการทดสอบค่าความแปรปรวนของน้ำหนักหนึ่งหน่วย (Test on the variance of unit weight) และตรวจ-

สอบ gross error ของค่าสังเกต

5.3.1 การทดสอบความแปรปรวนของน้ำหนักหนึ่งหน่วย (Test on the variance of unit weight)

เพื่อเป็นการตรวจสอบผลในการปรับแก้ทั้งกระบวนการว่ามีความสอดคล้องกันหรือไม่นั้น สิ่งที่จะต้องพิจารณาคือ ความแปรปรวนของน้ำหนักหนึ่งหน่วยก่อนการปรับแก้ (σ_0^2) และหลังการปรับแก้ ($\hat{\sigma}_0^2$) โดยก่อนที่จะนำมาทดสอบผลทางสถิติจะต้องทราบถึงความสัมพันธ์และลักษณะการกระจาย (Distribution Function) ระหว่าง σ_0^2 และ $\hat{\sigma}_0^2$ ก่อน เพื่อจะได้เลือกใช้สถิติที่จะทดสอบได้เหมาะสมกับสมมุติฐานที่ตั้งขึ้น

การหาความสัมพันธ์ระหว่าง σ_0^2 และ $\hat{\sigma}_0^2$ เพื่อพิสูจน์ว่า $\hat{\sigma}_0^2$ เป็นค่าคาดคะเนที่ไม่ลำเอียง (Unbiased estimator) ของ σ_0^2 หาได้จาก

ความสัมพันธ์ของน้ำหนักค่าสังเกต จากสมการ

$$P = \sigma_0^2 \Sigma_{lb}^{-1}$$

โดยที่ σ_0^2 เป็นค่าคงที่ ซึ่งอาจกำหนดให้เป็นเท่าไรก็ได้ก่อนการปรับแก้ (ในงานวิจัยนี้ ได้กำหนดให้มีค่าเป็น 1)

การปรับแก้ด้วยวิธีสแควร์สามารถทราบค่า $V'PV$ ที่ลำดับชั้นความอิสระ r (อุซงค์, 2525, หน้า 52) นั่นคือ

$$\hat{\sigma}_0^2 = V'PV/r \dots\dots\dots(5-1)$$

จาก $E \left\{ \frac{V'PV}{\sigma_0^2} \right\} = x_r^2$ (Hamilton, 1964, หน้า 136)

$$E \left\{ V'PV \right\} = \sigma_0^2 x_r^2$$

$$E \left\{ \frac{V'PV}{r} \right\} = \sigma_0^2 \frac{x_r^2}{r} \dots\dots\dots(5-2)$$

แต่ $E \left\{ x_r^2 \right\} = r$

ดังนั้น $E \left\{ \frac{V'PV}{r} \right\} = \sigma_0^2$

จาก (5-1)

$$E \left\{ \hat{\sigma}_0^2 \right\} = \sigma_0^2$$

นั่นคือ $\hat{\sigma}_0^2$ เป็นค่าคาดคะเนที่ไม่ลำเอียงของ σ_0^2

จาก (5-1) และ (5-2)

$$\hat{\sigma}_0^2 \sim \sigma_0^2 \cdot \frac{X_r^2}{r} \quad \text{หรือ} \quad X_r^2 \sim r \cdot \frac{\hat{\sigma}_0^2}{\sigma_0^2}$$

สรุปได้ว่า $\hat{\sigma}_0^2$ เป็นค่าคาดคะเนที่ไม่ลำเอียงของ σ_0^2 และมีการกระจายลักษณะเดียวกับ Chi-Square ดังนั้นในการทดสอบทางสถิติเกี่ยวกับ $\hat{\sigma}_0^2$ เปรียบเทียบกับ σ_0^2 จึงใช้ χ^2 -Test โดยที่

$$X_r^2 = r \cdot \frac{\hat{\sigma}_0^2}{\sigma_0^2} = \frac{V'PV}{\sigma_0^2}$$

ในการทดสอบสมมติฐานใช้

$$H_0 : \hat{\sigma}_0^2 = \sigma_0^2$$

$$H_a : \hat{\sigma}_0^2 \neq \sigma_0^2$$

ซึ่งจะปฏิเสธ H_0 เมื่อ

$$X_r^2 < X_{1-\alpha/2, r}^2 \quad \text{หรือ} \quad X_r^2 > X_{\alpha/2, r}^2$$

การปรับแก้ใช้การทดสอบที่ระดับความมีนัยสำคัญ (α) เท่ากับ 0.05 ในการตัดสินใจสมมติฐาน

เมื่อ r มีขนาดใหญ่ (มากกว่า 30) ถ้าการทดสอบไม่ปฏิเสธ H_0 คือ X_r^2 ที่คำนวณได้ไม่ได้อยู่ในเขตวิกฤต ค่า $\hat{\sigma}_0^2$ จากการปรับแก้ก็จะใช้เป็นหลักในการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของโครงข่ายต่อไป แต่ถ้าการทดสอบปฏิเสธ H_0 โดยที่ค่า X_r^2 ที่คำนวณได้อยู่ในเขตวิกฤต ค่า $\hat{\sigma}_0^2$ จากการปรับแก้ยังใช้ไม่ได้ ซึ่งแสดงว่า ค่าดังกล่าวอาจมีความคลาดเคลื่อนมีระบบ (Systematic Errors) หรือความผิดพลาดอยู่ หรืออาจเกิดจากฟังก์ชันนอลโมเดลยังไม่เหมาะสม หรือจากสาเหตุอย่างอื่น จึงต้องหาสาเหตุโดยวิธีต่อไปนี้

- 1) ตรวจสอบการคำนวณค่าต่าง ๆ ว่าถูกต้องทุกขั้นตอนหรือไม่
- 2) ตรวจสอบ Blunders หรือ Gross Errors ที่อาจหลงเหลืออยู่
- 3) ตรวจสอบว่า ความคลาดเคลื่อนมีระบบต่าง ๆ ถูกขจัดออกไปจากค่าสังเกตเพียง

พอหรือไม่

- 4) ตรวจสอบการใช้น้ำหนักของค่าสังเกตว่าเหมาะสมหรือไม่
- 5) ตรวจสอบดูแบบจำลองที่ใช้กับโครงข่ายนี้ว่ามีความเหมาะสมหรือไม่

เนื่องจากค่า r ในงานวิจัยนี้ มีขนาดใหญ่มาก (225 ค่า) จึงต้องใช้สูตร ไววนิช-กุล (2528) หน้า 563-564 คือ $\chi_{\alpha}^2 = r(1 - \frac{2}{9r} + Z_{\alpha/2}\sqrt{\frac{2}{9r}})^3$

$$Z_{\alpha/2} = Z_{.025} = 1.96$$

และ

$$Z_{1-\alpha/2} = Z_{.975} = -1.96$$

แทนค่า

$$\chi_{\alpha/2}^2 = 225(1 - \frac{2}{225 \times 9} + 1.96 \sqrt{\frac{2}{225 \times 9}})^3 = 268.441$$

$$\text{และ } \chi_{1-\alpha/2}^2 = 225(1 - \frac{2}{225 \times 9} - 1.96 \sqrt{\frac{2}{225 \times 9}})^3 = 185.344$$

$$\text{ในที่นี้ } \chi_r^2 = r \cdot \frac{\hat{\sigma}_0^2}{\sigma_0^2} = \frac{225 \times 0.907}{1} = 204.075$$

$$\text{ค่าไคสแควร์ในเขตรีกฤตคือ } \chi_{225}^2 < 185.344$$

$$\text{และ } \chi_{225}^2 > 268.441$$

จะเห็นว่าค่า χ_r^2 ที่คำนวณได้ไม่ได้อยู่ในเขตรีกฤต ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ผลการปรับแก้ครั้งนี้ไม่ปฏิเสธ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$

$$\text{นั่นคือ } \hat{\sigma}_0^2 = \sigma_0^2 \text{ แสดงว่า}$$

5.3.2 การตรวจสอบ Gross Errors จากการคำนวณปรับแก้

ในการตรวจสอบว่า ค่าสังเกตมี gross errors ผ่องอยู่หรือไม่นั้น สามารถกระทำได้หลายวิธี ซึ่งผลลัพธ์จากการตรวจสอบแต่ละวิธีจะช่วยทำให้ทราบว่า มีค่าสังเกตใดบ้าง

ที่อยู่ในข่ายสงสัยว่าจะเป็น gross error งานวิจัยนี้ได้ตรวจสอบโดยอาศัยแนวทางจาก Pope (1976) หอสรุปได้ดังนี้

จากการปรับแก้โดยลิสต์สแควร์ จะได้ค่าเศษคงเหลือ (V_i) ของค่าสังเกต ถ้ารู้ค่า $\sigma_{V_i}^2$ แล้ว ค่าเศษคงเหลือจะ Standardized ได้เป็น

$$\tilde{V}_i = V_i / \sigma_{V_i}$$

ดังนั้น $\tilde{V}_i \sim n(0, 1)$ ก็จะมีการกระจายเป็นโค้งปกติมาตรฐาน

วิธีการที่ใช้ตรวจหา gross error เรียกว่า "Tau Criterion" ซึ่งเป็นการควบคุมความน่าจะเป็นของ Type I Error ถ้าให้ τ เป็น Critical Value ค่าสังเกตอาจเป็น gross error เมื่อ

$$\left| \frac{V_i}{\sigma_{V_i}} \right| \max \geq \tau_i$$

โดยที่

V_i = Residual ของค่าสังเกตแต่ละค่า

$\sigma_{V_i}^2$ = Variance ของค่าเศษคงเหลือ

τ_i = Tau Criterion

Pope, A.J. (1976) หน้า 26-133 เป็นตารางสำเร็จคำนวณค่า τ โดยที่

r = ลำดับชั้นของความเป็นอิสระ

n = จำนวนค่าสังเกต

α = ระดับความน่าจะเป็นที่ต้องการของ Type I Error

u = จำนวนพารามิเตอร์

F = อัตราส่วนระหว่าง u กับ n ($F = u/n$)

การตรวจสอบ gross error จากการปรับแก้ในงานวิจัยนี้ ใช้

$\alpha = 0.05$

$u = 130$

$$n = 355$$

$$r = 225$$

$$F = 130/355 = 0.35$$

จากตารางในหน้า 39 จะได้ Max. Tau(τ) = 3.753

ดังนั้นในการตรวจสอบผลการปรับแก้ ถ้า

$$\left| \frac{V_i}{\sigma_{V_i}} \right|_{\max.} \geq 3.753 \text{ แสดงว่าค่าสังเกตนั้น อาจเป็น gross error}$$

ตารางที่ ค.1 ภาคผนวก ค เป็นการแสดงผลการตรวจสอบค่าสังเกตทั้งหมดที่ได้จากการปรับแก้ ซึ่งปรากฏว่าไม่มีค่าสังเกตใดที่เกินค่าวิกฤต ($\tau = 3.753$) เลย แต่มีค่าสังเกตบางค่าที่ทดสอบแล้ว ได้ค่า τ ค่อนข้างโต ดังแสดงในตารางที่ 5.1 ที่ตัดทอนมาจากตารางที่ ค.1 (เฉพาะค่าสังเกตที่มีค่า τ ค่อนข้างโต) ซึ่งเป็นไปได้ที่ว่า แม้ว่า σ_0^2 จะผ่านการตรวจสอบทางสถิติแล้ว ค่าสังเกตยังอาจมีความคลาดเคลื่อนขนาดเล็กแฝงอยู่

ตารางที่ 5.1 ค่าสังเกตที่มีค่า Tau-Criterion ค่อนข้างโต

ค่าสังเกตที่ (ค่ามุม)	V_i	σ_{V_i}	$\tau_i = V_i/\sigma_{V_i}$
13	- 9.645	2.9971	-3.2181
28	14.312	4.176	3.4269
36	17.952	5.609	3.2005
44	- 7.526	2.213	-3.4002
321	- 6.098	1.797	-3.3932
322	- 5.230	1.521	-3.4388

จากตารางข้างบนจะเห็นว่า มีค่าของมุมจำนวน 6 ค่า ที่มีค่า τ ค่อนข้างโต เมื่อเทียบกับค่าวิกฤต แต่ยังไม่เกินเกณฑ์ที่จะถือว่าเป็น gross error ดังนั้นผลการตรวจสอบค่าสังเกตแสดงว่า ค่าสังเกตทุกค่าใช้ได้ ในกรณีที่ค่าสังเกตตรวจสอบแล้วเกินเกณฑ์ดังกล่าว ควรคัดค่าสังเกตนั้นทิ้ง เมื่อยังมีค่า Redundancy มากพอ และยังทำให้คุณภาพของงานยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่ต้องการ หรือถ้าจำเป็นควรทำการรังวัดซ่อมค่าสังเกตตรงจุดนั้นใหม่ อนึ่งค่าสังเกตที่มีค่า

เศษคงเหลือโต เมื่อเทียบกับค่าสังเกตตัวอื่น ย่อมมีผลกระทบต่อค่าสังเกตตัวอื่นที่อยู่ใกล้เคียงด้วย

5.4 การวิเคราะห์ความถูกต้องทางตำแหน่งของค่าพิกัด

หลังจากการปรับแก้จะได้ Σ_x ซึ่งเป็นเมทริกซ์ความแปรปรวนของพารามิเตอร์ ซึ่งประกอบด้วย $\sigma_{x_i}^2$, $\sigma_{y_i}^2$, σ_{xy} ของค่าพิกัดของหมุดหลักฐานแต่ละค่า ถ้าถอดครณฑ์ที่สองก็คือค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ_{x_i} , σ_{y_i}) ของค่าพิกัดหมุดหลักฐานแต่ละค่านั่นเอง ซึ่งผลที่ได้จากตารางที่ ง.2 ภาคผนวก ง จะเห็นว่า ค่า σ_{x_i} , σ_{y_i} ของค่าพิกัดที่ปรับแก้แล้วมีค่าสูงสุดเพียง .0032 เมตร (3.2 มม.) และหลังจากที่นำ σ_{x_i} , σ_{y_i} และ $\sigma_{x_i y_i}$ มาคำนวณหาขนาดและรูปร่างและทำการพล็อตวงรีความคลาดเคลื่อนได้แล้วตามหัวข้อ 3.5 จะเห็นว่า ค่า σ_u ซึ่งเป็นตัวบอก Accuracy ของค่าพิกัด หรือความยาวกึ่งแกนหลักของวงรีความคลาดเคลื่อนที่คำนวณได้จากงานวิจัยนี้ มีค่าสูงสุดเพียง.0033 เมตร (3.3 มม.) ซึ่งดีกว่า เกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้ในขั้นการออกแบบ (4 มม.) จึงสรุปได้ว่า การสร้างสนามทดสอบครั้งนี้ได้ค่าพิกัดของระบบหมุดหลักฐานทางราบที่มีความถูกต้องสอดคล้องกับเกณฑ์ที่ออกแบบไว้ จึงสามารถนำไปใช้ในการทดสอบงานวิศวกรรมทั่วไปในระดับงานชั้นที่ 3 หรือต่ำกว่าได้ ตามวัตถุประสงค์ (รูปที่ 5.2 แสดงวงรีความคลาดเคลื่อนของค่าพิกัดในโครงข่ายหลักหลังการปรับแก้ โดยกึ่งแกนยาวทำมุมกับแนวแกน Y ตามเข็มนาฬิกา)

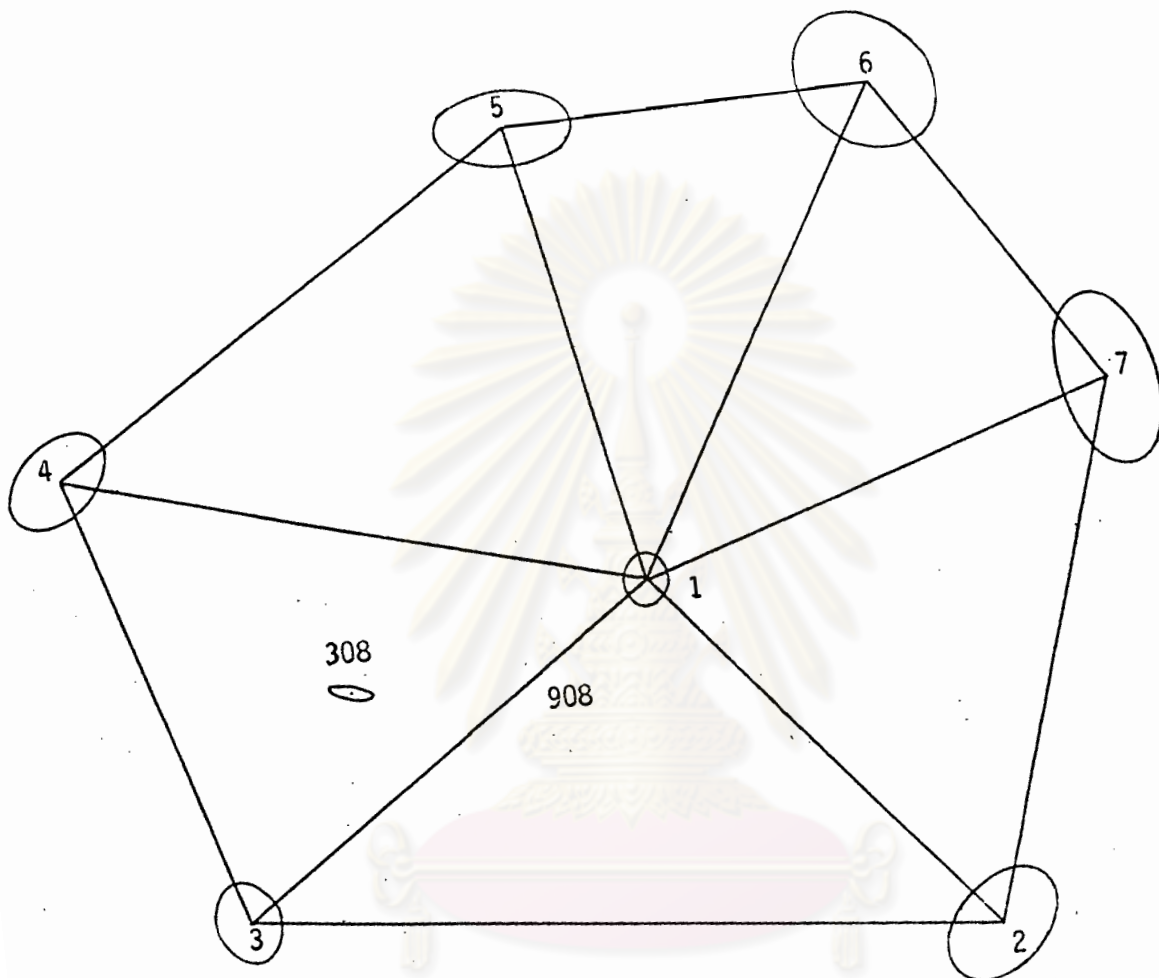
ตารางที่ 5.2 การเปรียบเทียบผลลัพธ์งานชั้นออกแบบกับงานชั้นคำนวณปรับแก้

ขั้นการออกแบบ		ชั้นคำนวณปรับแก้		
จำนวนข้อมูล (n)	SMJ. (max.)	จำนวนข้อมูล (n)	SMJ. (max.)	$\hat{\sigma}_0^2$
264	6.8	-	-	-
336	4.0	-	-	-
355	3.5	355	3.3	0.907

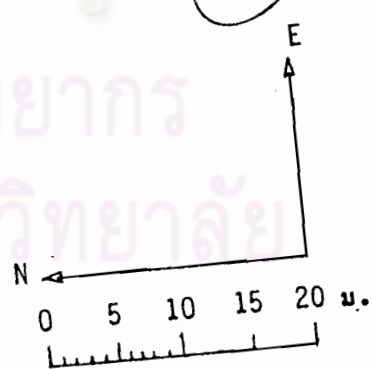
ถ้าจำนวนข้อมูลน้อยเกินไปจะทำให้ SMJ. ในขั้นออกแบบโตเกินเกณฑ์

SMJ. คือ Semi major axis หน่วยเป็น มม. (σ_u)

$\hat{\sigma}_0^2$ คือ A Posteriori Variance of Unit Weight



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



มาตราส่วน ไครงข่ายหลัก

มาตราส่วน รูปวงรีของความคลาดเคลื่อน 0 1 2 3 4 5 6 7 มม.

รูปที่ 5.2 วงรีความคลาดเคลื่อน (Error Ellipse) หลังการปรับแก้

(ในชั้นออกแบบได้ทดลองใช้จำนวนข้อมูลต่าง ๆ กันหลายครั้ง แต่จำนวนข้อมูลที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดคือ ต้องใช้ค่าสังเกต 355 ค่า ซึ่งชั้นปรับแก้ก็ได้ใช้ข้อมูลสนามจริงตามนั้น และได้ผลลัพธ์ตามต้องการ)

5.5 การตรวจสอบสนามทดสอบโดยการ Random Check

ในการตรวจสอบว่า สนามทดสอบที่ออกแบบและสร้างขึ้น จะมีความถูกต้องเป็นไปตามความต้องการหรือไม่นั้น นอกจากจะตรวจสอบจากผลลัพธ์ในชั้นปรับแก้แล้ว ยังควรมีการตรวจสอบที่สำคัญอีกชั้นหนึ่งเพื่อเป็นเครื่องยืนยันว่า จะสามารถนำค่าสังเกตและค่าพิสัยที่ปรับแก้แล้วไปใช้ได้อย่างมั่นใจ งานนั้นก็ คือ การตรวจสอบผลงานด้วยวิธี "Random Check" ในสนามทดสอบงานนี้ทำโดยใช้เครื่องมือรังวัดที่มีความละเอียดระดับเดียวกันแต่ต่างชนิดกันมารังวัดมุมและระยะในสนามทดสอบเป็นบางจุด เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้กับค่ามุมและระยะที่คำนวณจากค่าพิสัยที่ปรับแก้แล้ว ณ จุดเดียวกัน ซึ่งผลการรังวัดควรจะสอดคล้องกับค่ารังวัดเดิมก่อนการปรับแก้ และไม่ควรมีค่าต่างจากค่าปรับแก้เกินเกณฑ์ที่ยอมได้ (REVISION OF ISO 4463, 1984, P. 15) จึงจะพอเชื่อถือได้ว่า ผลลัพธ์หรือคุณภาพของงานที่ได้มีความละเอียดถูกต้องเป็นไปตามที่ได้ระบุไว้จริง

ก. การตรวจสอบการวัดมุม

การตรวจสอบการวัดมุมในโครงข่ายหลัก ได้ใช้กล้องวัดมุม Wild T-3 หมายเลข 124322 (คนละกล้องกับกล้องตัวที่ใช้รังวัดเพื่อสร้างสนามทดสอบ แต่มีความละเอียดระดับเดียวกัน) มา Random Check โดยวัดมุมรอบที่จุด 1, 2, 3 และ 4 จำนวนจุดละ 10 ศูนย์ ผลปรากฏว่าค่ามุมที่ได้สอดคล้องกับค่ามุมที่รังวัดไว้เดิม และต่างจากค่ามุมที่คำนวณจากพิสัยที่ปรับแก้แล้ว สูงสุดไม่เกิน 15" ซึ่งผลการรังวัดดังกล่าวถือว่า อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมได้คือไม่เกิน $\pm 16"2$ (REVISION OF ISO 4463, 1984, P. 15)

ทำนองเดียวกัน ในโครงข่ายที่โยงยึดโครงข่ายหลักเข้ากับโครงข่ายกริด และในโครงข่ายกริดก็ได้ดำเนินการลักษณะเดียวกันคือ ใช้กล้อง Wild T-2 หมายเลข 45401 มา Random Check ที่จุด 2, 3, 308, 309 และจุด 105, 505, 703, 302, 307, 708 และ 905 ซึ่งผลก็ปรากฏว่า ได้ค่ามุมที่สอดคล้องกับค่ารังวัดเดิม และแตกต่างจากค่าที่คำนวณจากพิสัยที่ปรับแก้แล้วไม่เกินเกณฑ์ที่ยอมได้คือไม่เกิน $\pm 8'6"/\sqrt{S}$ เมื่อ S คือระยะด้านสั้นของมุมที่รังวัด (REVISION OF ISO 4463, 1984, P. 15) ผลการรังวัดตรวจสอบปรากฏว่าไม่มีค่าสังเกตใดที่เกินเกณฑ์ดังกล่าว