บทที่ 3

ตัวอย่างการคำนวณและการเปรียบเทียบผล

<u>ตัวอย่างการคำนวณผล</u>

เพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษานี้กับผลลัพธ์จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ XETABS จะได้ลองคำนวณผลของตัวอย่างสองตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 1 พิจารณาอาคารตัวอย่างสูง 20 ชั้นแต่ละชั้นสูง 4.00 เมตร มีผังไม่สมมาตรดังแสดงในรูปที่ 41 โดยสมมติให้มีแรงลมขนาด 0.15 ตัน/ตารางเมตร กระทำในทิศของแกนอ้างอิง x ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น E ของโครงสร้างมีค่าเท่ากับ 2.5×10^6 ตัน/ตารางเมตร ค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของเสาในโครงข้อแข็งและผนังรับแรงเฉือน ตลอดความสูงของอาคารมีค่าเท่ากับ 0.0341 เมตร^4 และ 16 เมตร^4 ตามลำดับ สำหรับโมเมนต์ความเฉื่อยของคานทุกช่วงและทุกชั้นมีค่าเท่ากับ 0.0114 เมตร^4

เสาแต่ละต้นจะเป็นจุดร่วมของโครงข้อแข็งสองระนาบ โดยจะทำหน้าที่เป็น 2 โครงสร้างย่อย (Sub-structure) ตามทิศของระนาบทั้งสองดังกล่าว แต่สำหรับกำแพงจะมีสถานะเป็นเพียงโครงสร้างย่อยเดียวอยู่ในแนวของระนาบประธานของมัน ตัวเลข 1, 2, 3, ... , 32 ในผังเป็นหมายเลขของโครงสร้างย่อยทั้งหมดของผังอาคารนี้

แทนค่าของแรงลัพธ์ของแรงกระทำทางข้าง $X(z) = 0.15 \times 28 = 4.2$, $Y(z) = 0$ ตัน/เมตร และ $T(z) = -0.15 \times 28 \times 14 = -58.8$ ตัน-เมตร/เมตร ตลอดจนค่า μ_i, C_i, I_i, J_i รวมทั้งพิกัด x_i, y_i และ α_i ของโครงสร้างย่อยทั้งหมดลงในสมการ (42), (43) และ (44) โดยใช้อนุกรม 3, 5 และ 10 พจน์ก็จะได้ค่าของการเปลี่ยนตำแหน่งของอาคาร สำหรับโครงสร้างย่อยใดที่เราสนใจ ก็สามารถคำนวณระยะโก่งได้โดยใช้สมการ (33) ส่วนโมเมนต์ดัดที่หาจากสมการ (23) และ (24) นั้นจะต้องลดผลของค่าปรับแก้โดยการหารด้วย C ก่อนจึงจะได้ค่าถูกต้องตามต้องการ การคำนวณดังกล่าวสามารถทำได้รวดเร็วด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในภาคผนวก

ตารางที่ 4 และ 5 แสดงผลเปรียบเทียบค่าการเปลี่ยนตำแหน่ง u และค่าของโมเมนต์ดัดในผนังรับแรงเฉือน SW1 เพื่อให้เห็นอัตราการลู่เข้า (Rate of convergence)

จากการเปรียบเทียบกับผลของโปรแกรม XETABS พบว่าการเปลี่ยนตำแหน่ง u, v และ θ พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันตลอดความสูง ดังแสดงในรูปที่ 42 ค่าโมเมนต์ดัดในผนังรับแรงเฉือนและเสาบางส่วนนั้น ดังในรูปที่ 43 ถึง 47 แสดงให้เห็นว่า สำหรับเสา ค่าที่ได้มีความคลาดเคลื่อนพอสมควรที่ช่วงชั้นบนและชั้นล่าง ส่วนที่ระดับชั้นอื่นนั้นมีค่าใกล้เคียง ส่วนผนังรับแรงเฉือนมีความคลาดเคลื่อนที่ช่วงชั้นล่าง ๆ เท่านั้น

ตัวอย่างที่ 2 กำหนดให้มีแรงกระทำทางข้างเป็นรูปสามเหลี่ยม มีค่าตั้งแต่ศูนย์ที่ฐานจนถึง 0.16 ตัน/เมตร^2 ที่ยอดกระทำกับอาคาร 20 ชั้นแต่ละชั้นสูง 3.00 เมตร ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น E ของอาคารมีเช่นเดียวกับตัวอย่างที่ 1 คือ 2.5x10^6 ตัน/ตารางเมตร หน้าตัดเสามีขนาด 0.60 x 0.80 เมตรและเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.80 เมตร หน้าตัดของผนังรับแรงเฉือนมีขนาด 0.30 x 4.00 และ 0.30 x 5.00 เมตร และหน้าตัดคานทั้งหมดมีขนาด 0.30 x 0.60 เมตร รายละเอียดตลอดจนหมายเลขของโครงสร้างย่อยต่าง ๆ ได้แสดงในรูปที่ 48

จากการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากตัวอย่างนี้ พบว่ามีลักษณะเช่นเดียวกับผลลัพธ์ที่ได้จากตัวอย่างที่ 1 ซึ่งแสดงผลเปรียบเทียบการเปลี่ยนตำแหน่งตลอดจนค่าโมเมนต์ดัดในผนังรับแรงเฉือนและเสาที่น่าสนใจไว้ในรูปที่ 49 ถึง 55

จะเห็นได้ว่าผลลัพธ์โดยรวมที่ได้จากตัวอย่างทั้งสองนั้นให้ค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากโปรแกรม XETABS เป็นการแสดงให้เห็นถึงความแม่นยำของวิธีนี้ ซึ่งน่าเชื่อถือพอสำหรับการออกแบบขั้นต้น (Preliminary design) ได้ หรือแม้แต่จะใช้ในการออกแบบขั้นสุดท้ายเลยก็ได้ ถ้าหากว่าโครงสร้างมีคุณสมบัติสอดคล้องกับสมมติฐานที่กำหนดในการศึกษานี้

<u>การใช้หลักการของ Substitute Frame เพื่อช่วยลดงานคำนวณ</u>

เราสามารถยุบโครงสร้างย่อยที่เป็นโครงข้อแข็ง ที่อยู่ในระนาบเดียวโดยใช้หลักการของวิธีโครงทดแทน (Substitute frame)*

---

* E. Lightfoot, <u>Moment Distribution</u>, (New york: John Wiley & Son Inc., 1961)

ดังนั้นโครงข้อแข็งในแต่ละระนาบจึงอาจจะแทนด้วยโครงสร้างย่อยเพียงหน่วยเดียว ที่มีค่า EI ของเสาเป็นผลรวมของค่า EI ของเสาทุกต้นในระนาบนั้น $(\sum EI_c)$ ส่วนค่า μ ก็จะมีค่าเท่ากับ $\sum K_b \Big/ \frac{1}{2}\sum K_c$ โดยเครื่องหมาย $\sum$ หมายถึงการรวมค่าต่าง ๆ ของโครงสร้างย่อยในระนาบเดียวกัน

ตัวอย่างที่ 3 โดยใช้หลักการข้างบนนี้ เราสามารถลดจำนวนโครงสร้างย่อยเพื่อการวิเคราะห์อาคารในตัวอย่างที่ 1 ลงเหลือเพียง 10 หน่วยดังแสดงหมายเลขในรูปที่ 56 โดย

$$I_{c1} = I_{c2} = I_{c3} = I_{c7} = I_{c8} = I_{c9} = 4\times0.0341 = 0.1364 \quad m^4$$

$$I_{c4} = I_{c6} = 3\times0.0341 = 0.1023 \quad m^4$$

$$\mu_1 = \mu_7 = \mu_8 = \mu_9 = \frac{3\times0.0114/8}{\frac{1}{2}(4\times0.0341/4)} = 0.2507$$

$$\mu_2 = \frac{0.0114/5.5 + 2\times0.0114/8}{\frac{1}{2}(4\times0.0341/4)} = 0.2887$$

$$\mu_3 = \frac{0.0114/3 + 2\times0.0114/8}{\frac{1}{2}(4\times0.0341/4)} = 0.3900$$

$$\mu_4 = \frac{2\times0.0114/8}{\frac{1}{2}(3\times0.0341/4)} = 0.2229$$

$$\mu_6 = \frac{2\times0.0114/8.38}{\frac{1}{2}(3\times0.0341/4)} = 0.2128$$

การคำนวณผลลัพธ์สามารถทำได้เช่นเดิมดังได้กล่าวมาแล้ว ตารางที่ 6 ถึง 8 ได้เปรียบเทียบค่าของการเปลี่ยนตำแหน่ง u, v, θ ของตัวอย่างนี้กับตัวอย่างที่ 1 ซึ่งจะเห็นว่า มีค่าใกล้เคียงกันมาก

สำหรับค่าโมเมนต์ดัดในโครงสร้างย่อยต่าง ๆ สามารถทำได้เช่นเดียวกับตัวอย่างที่ 1 คือพิจารณาโครงสร้างย่อยนั้นจากผังเดิมของอาคารโดยตรง

โดยอาศัยหลักการนี้ การวิเคราะห์โครงข้อแข็งที่มีจำนวนหลายช่วง สามารถทำได้ง่ายขึ้น ซึ่งสะดวกในการศึกษาพฤติกรรมของโครงข้อแข็งในอาคาร ทั้งยังประหยัดเวลาในการคำนวณอีกด้วย