บทที่ 4

วิธีคำนวณกำลังขององค์อาคารประเภทต่างๆ

4.1 กำลังรับแรงดัด

การศึกษากำลังรับแรงดัดขององค์อาคารจะทำเฉพาะองค์อาคารที่มีการดัดในระนาบเดียวและมีการเสริมเหล็กในปริมาณพอควรซึ่งทำให้การวิบัติเป็นแบบแรงดึงเป็นหลัก โดยคำนวณกำลังรับแรงดัดตามสมมุติฐานต่อไปนี้คือ

1. ความเครียดที่เกิดขึ้นที่ตำแหน่งใดๆบนหน้าตัดเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระยะทางจากแกนสะเทิน

2. คอนกรีตไม่รับแรงดึง

3. ณ จุดประลัยหน่วยแรงอัดในคอนกรีตมีค่าเท่ากับ $0.85\ f'_c$

4. หน่วยแรงในเหล็กเสริมเท่ากับความเครียดที่เกิดขึ้นที่ตำแหน่งเหล็กเสริมคูณด้วยโมดูลัสยืดหยุ่นของเหล็กเสริม แต่ถ้าความเครียดมีค่ามากกว่าความเครียดที่จุดคลากแล้วหน่วยแรงในเหล็กเสริมจะมีค่าเท่ากับหน่วยแรงที่จุดคลาก

พิจารณาคานที่มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าดังรูป 4.1.ก มีการกระจายของหน่วยการยืดหดตัวและหน่วยแรง ณ จุดประลัยเป็นไปตามรูป 4.1.ข และ 4.1.ค เราสามารถคำนวณโมเมนต์ประลัยที่คานสามารถรับได้โดยเริ่มด้วยการสมมุติค่า c คำนวณหน่วยแรงต่างๆ ตามสมมุติฐาน แล้วตรวจสอบว่าได้แรงลัพธ์ $(T_s - C_s - C_c)$ เท่ากับศูนย์หรือไม่ ถ้าแรงลัพธ์มากกว่าศูนย์ให้ลดค่า c ลง แต่ถ้าแรงลัพธ์น้อยกว่าศูนย์ก็ให้เพิ่มค่า c จนกว่าแรงลัพธ์จะเท่ากับศูนย์ จากนั้นจึงคำนวณค่าโมเมนต์ประลัยที่หน้าตัดรับได้จากสมการ

$$M'_u = C_c(d-a/2) + C_s(d-d') \qquad (4.1)$$

4.2 กำลังรับแรงเฉือน

ในคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่ไม่มีเหล็กเสริมรับแรงเฉือน ค่าหน่วยแรงเฉือนประลัยที่หน้าตัดรับได้จะคำนวณจาก

$$v_c = 0.504\sqrt{f'_c} + 176p_w Vd/M \leqslant 0.93\sqrt{f'_c} \qquad (4.2)$$

โดยที่ M จะต้องมีค่าไม่น้อยกว่า Vd

คานที่มีเหล็กเสริมรับแรงเฉือนในแนวตั้ง จะคำนวณค่าหน่วยแรงเฉือนที่หน้าตัดรับได้จาก

$$v_u = V'_u/bd = v_c + v_s \qquad (4.3)$$

$$v_s = p_v f_y = (A_v/sb) f_y \qquad (4.4)$$

มาตรฐานของ ว.ส.ท. กำหนดให้ระยะเรียงของเหล็กเสริมรับแรงเฉือนมีระยะห่างได้ไม่เกิน d/2 และถ้าหน่วยแรงเฉือนเกินกว่า $1.59\phi\sqrt{f'_c}$ ระยะเรียงจะห่างได้ไม่เกิน d/4 ค่าหน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ต่อหน้าตัดที่มีเหล็กเสริมรับแรงเฉือนต้องไม่เกินกว่า $2.65\phi\sqrt{f'_c}$ นอกจากนี้พื้นที่หน้าตัดของเหล็กเสริมรับแรงเฉือนจะต้องไม่น้อยกว่า 0.0015bs

4.3 กำลังรับแรงอัด

โครงสร้างรับแรงอัดโดยมากได้แก่เสา แบ่งประเภทเป็นเสาสั้นและเสายาว ในการศึกษานี้จะทำเฉพาะเสาสั้นซึ่งมีอัตราส่วนความชะลูดน้อยกว่า 22 ซึ่งความยาวของเสาไม่มีผลต่อกำลังรับน้ำหนักเท่านั้น

เสารับแรงตามแนวแกนเพียงอย่างเดียวสามารถคำนวณกำลังรับน้ำหนักได้ตามสมการ

$$P'_u = 0.85 f'_c(A_c - A_{ST}) + A_{ST} f_y \qquad (4.5)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4 กำลังรับแรงอัดร่วมกับแรงดัด

ทำการศึกษาเฉพาะเสาสั้นและมีการเสริมเหล็กเพียงสองด้านและสมมาตรกัน โดยให้เสารับแรงเยื้องศูนย์เป็นระยะทางเท่ากับ e วัดจากศูนย์ถ่วงของแกนสะเทินพลาสติก ซึ่งทำให้เกิดการดัดในระนาบเดียวเท่านั้น

ศูนย์ถ่วงของแกนสะเทินพลาสติกคือจุดที่เมื่อแรงกระทำผ่านจุดนี้จะทำให้หน่วยการหดตัวของคอนกรีตและเหล็กเสริมมีค่าเท่ากันหมด ซึ่งกรณีของเสาที่ศึกษาจะมีศูนย์ถ่วงของแกนสะเทินพลาสติกอยู่ที่กลางหน้าตัด

พิจารณาเสาที่มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าดังรูป 4.3.ก และมีการกระจายของหน่วยการยืดหดตัวและหน่วยแรงดังรูป 4.3.ข และ 4.3.ค โดยมีแรงกดกระทำบนหน้าตัดที่ตำแหน่งห่างจากแกนสะเทินพลาสติกเป็นระยะเท่ากับ e กำลังรับน้ำหนักสามารถกำหนดได้ด้วยสมการ

$$R = [(P'_u)^2 + (M'_u/t)^2]^{1/2} \quad (4.6)$$

โดยที่

$$P'_u = 0.85\, f'_c ab + A'_s(f'_s - 0.85\, f'_c) - A_s f_s \quad (4.7)$$

$$M'_u = 0.85\, f'_c ab(t/2 - a/2) + A'_s(f'_s - 0.85\, f'_c)(t/2 - d') + A_s f_s(d - t/2) \quad (4.8)$$

$$M'_u = P'_u e \quad (4.9)$$

การคำนวณค่า R ทำโดยการสมมุติค่า c แล้วคำนวณหาค่า P'_u และ M'_u แล้วนำมาคำนวณค่า e จากสมการ $e = M'_u/P'_u$ ถ้าค่า e ที่ได้น้อยกว่าค่า e ที่กำหนดก็ให้ลดค่า c ลง แต่ถ้าค่า e ที่ได้มากกว่าค่า e ที่กำหนดก็ให้เพิ่มค่า c จนกระทั่งค่า e ที่คำนวณได้เท่ากับค่า e ที่กำหนดแล้วจึงคำนวณค่า R จากสมการ 4.6

ระยะเยื้องศูนย์สมดุลย์คือระยะเยื้องศูนย์ที่แรง P'_u กระทำ แล้วทำให้เสาเกิดการวิบัติโดยที่เหล็กเสริมรับแรงดึงถึงจุดคลากพร้อมๆกับคอนกรีตถูกอัดจนถึงจุดประลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย