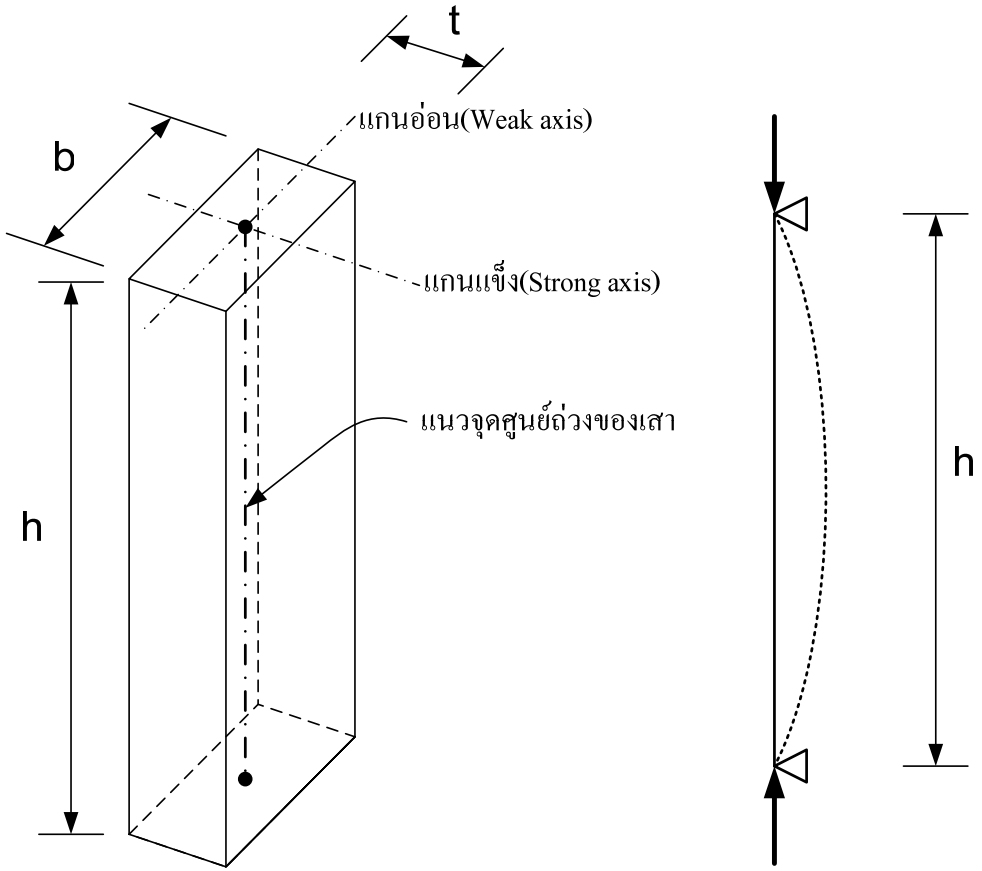
5.6 เสายาว

เสายาวมีความเสี่ยงต่อการเกิดการโก่งงอ (Buckling) ก่อนที่เสาจะรับน้ำหนักบรรทุกใช้งานสูงสุด เสายาวหรือไม่จะดูจากอัตราส่วนความชะลูด (Slenderness Ratio) ซึ่งสามารถคำนวณได้โดยพิจารณาจากรูปที่ 5.14



เสาจริงและเสาสมมติตามทฤษฎีโครงสร้าง (Idealized Column)

$\frac{h}{r}$ = อัตราส่วนความชะลูด (Slenderness ratio)

h = ความสูงของเสา

$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$ = รัศมีไจเรชั่น (Radius of gyration)

I = โมเมนต์ความเฉื่อย (Moment of inertia) รอบแกนอ่อน

A=พื้นที่หน้าตัดของเสา

เสาที่มีอัตราส่วนความชะลูดไม่เกิน60 ถือว่าเป็นเสาสั้น

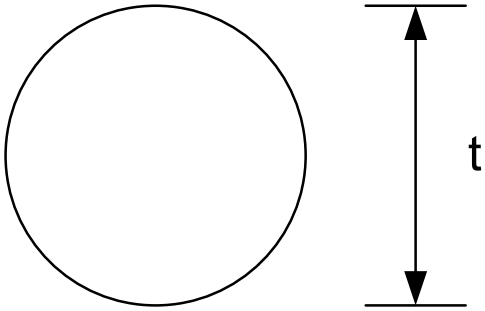
เสายาวและต้องพิจารณาผลของความยาวเสาเนื่องจากเสาจะมีความปลอดภัยลดลงเนื่องจากการโก่งงอของเสา (Buckling) จึงต้องมีการลดกำลังรับน้ำหนักปลอดภัยของเสาลง

กรณีเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า $r = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{\frac{1}{12}bt^3}{bt}} = 0.29t$

$\frac{h}{r} = \frac{h}{0.29t} \leq 60$ ถือว่าเป็นเสาสั้นหรือ

$\frac{h}{t} \leq (0.29)60 = 17.4$

กรณีเสาหน้าตัดกลมมีเส้นผ่าศูนย์กลาง t



$r = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{\frac{\pi}{64}t^4}{\frac{\pi}{4}t^2}} = 0.25t$

$\frac{h}{r} = \frac{h}{0.25t} \leq 60$ ถือว่าเป็นเสาสั้นหรือ

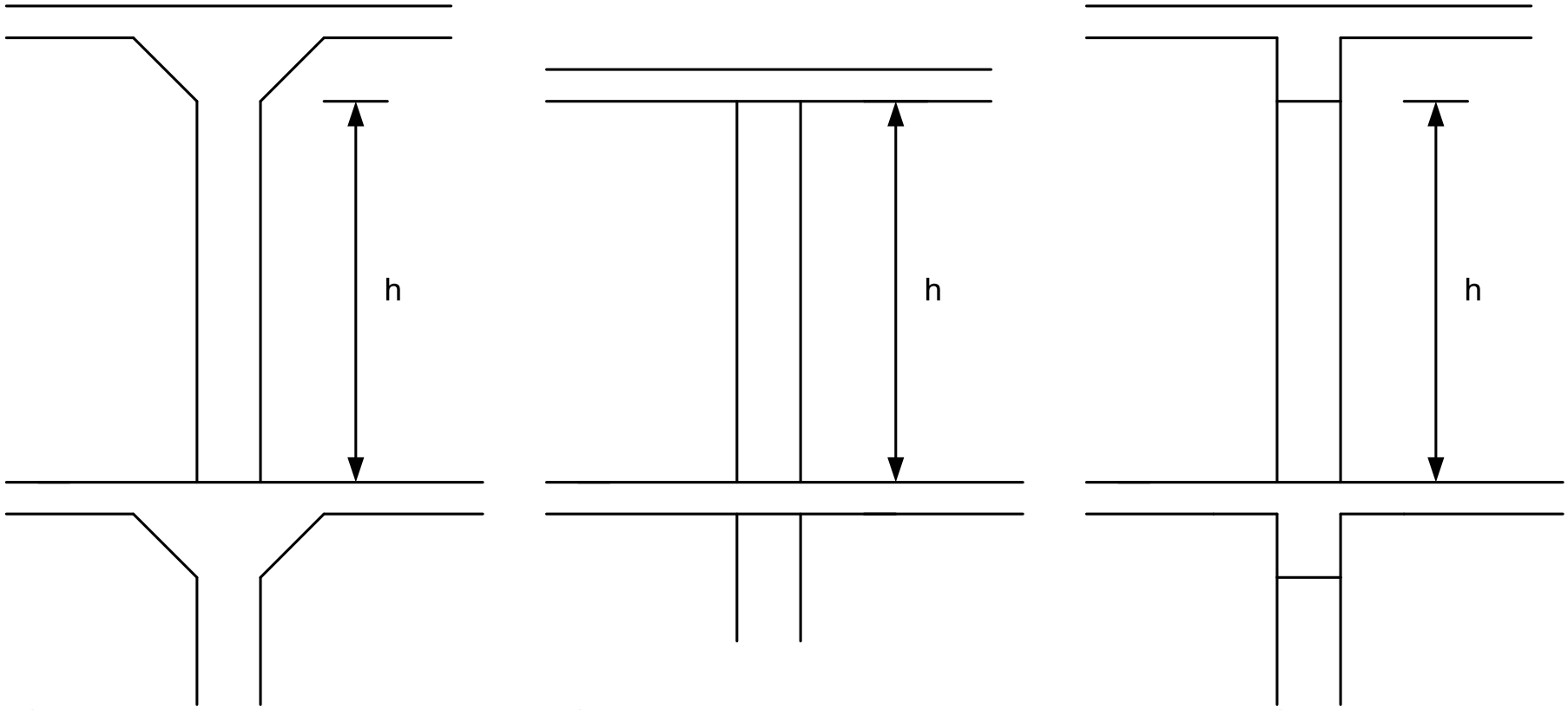
$\frac{h}{t} \leq (0.25)60 = 15$

การหาอัตราส่วนความชะลูดไม่ค่อยสะดวกในการ

คำนวณออกแบบ

มาตรฐาน วสท. จึงกำหนดให้เสาที่มีอัตราส่วนระหว่างด้านแคบเสากับความยาวเสา $\frac{h}{t} \leq 15$ เป็น

เสาสั้น



พื้นไร้คานแบบมีแป้นหัวเสา พื้นไร้คานแบบไม่มีแป้นหัวเสา ระบบพื้นคานหล่อในที่

รูปที่ 5.15 ความยาวเสาของอาคาร

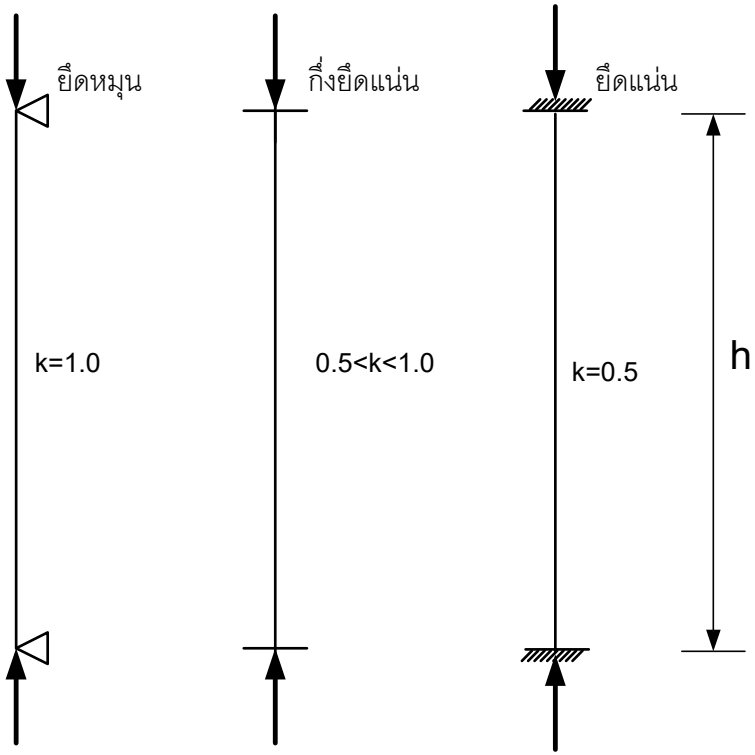
ความยาวประสิทธิผลของเสา(Effective length of column)

$$h' = kh$$

เมื่อ h' = ความยาวประสิทธิผล

k =สัมประสิทธิ์ความยาวประสิทธิผล (Effective length factor)

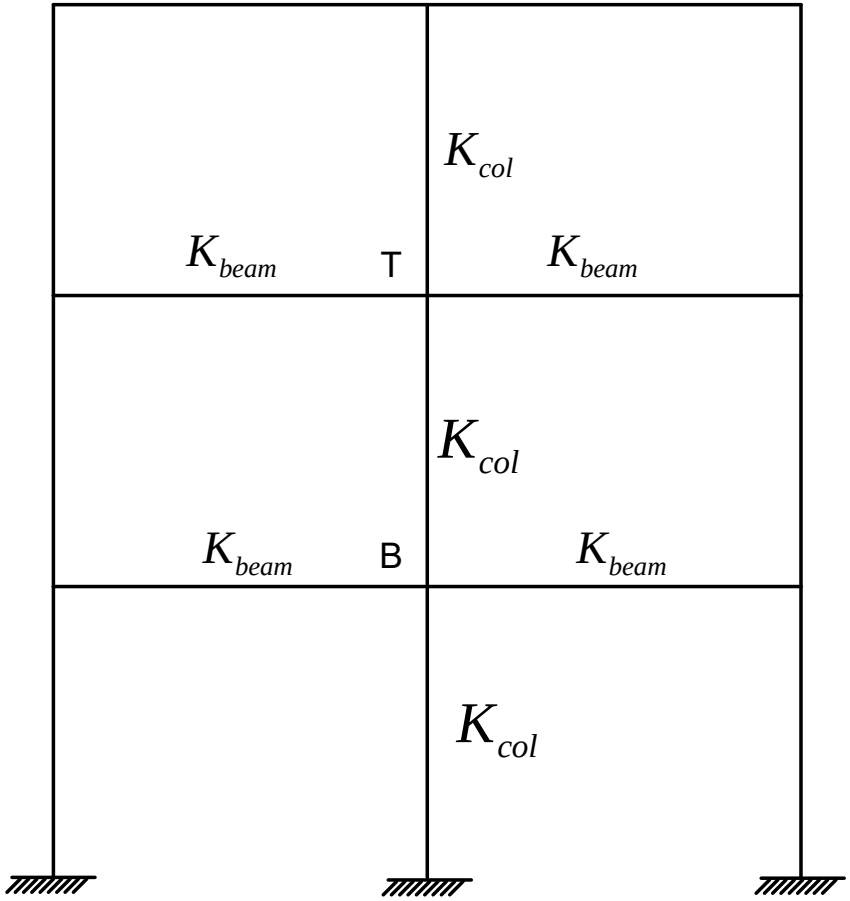
h=ความยาวเสา



รูปที่5.16 สภาพการยึดที่ปลายเสาแบบต่างๆ

ถ้าคานแข็งมากเมื่อเทียบกับเสาการยึดปลายเสาจะเข้าใกล้สภาพยึดแน่น แต่ถ้าคานแข็งน้อยมากเมื่อเทียบกับเสา การยึดปลายเสาจะมีการยึดเข้าใกล้สภาพยึดหมุนดังแสดง

ค่า K = สัมประสิทธิ์ความยาวประสิทธิผลของเสา อาจพิจารณาจากรูปที่5.17



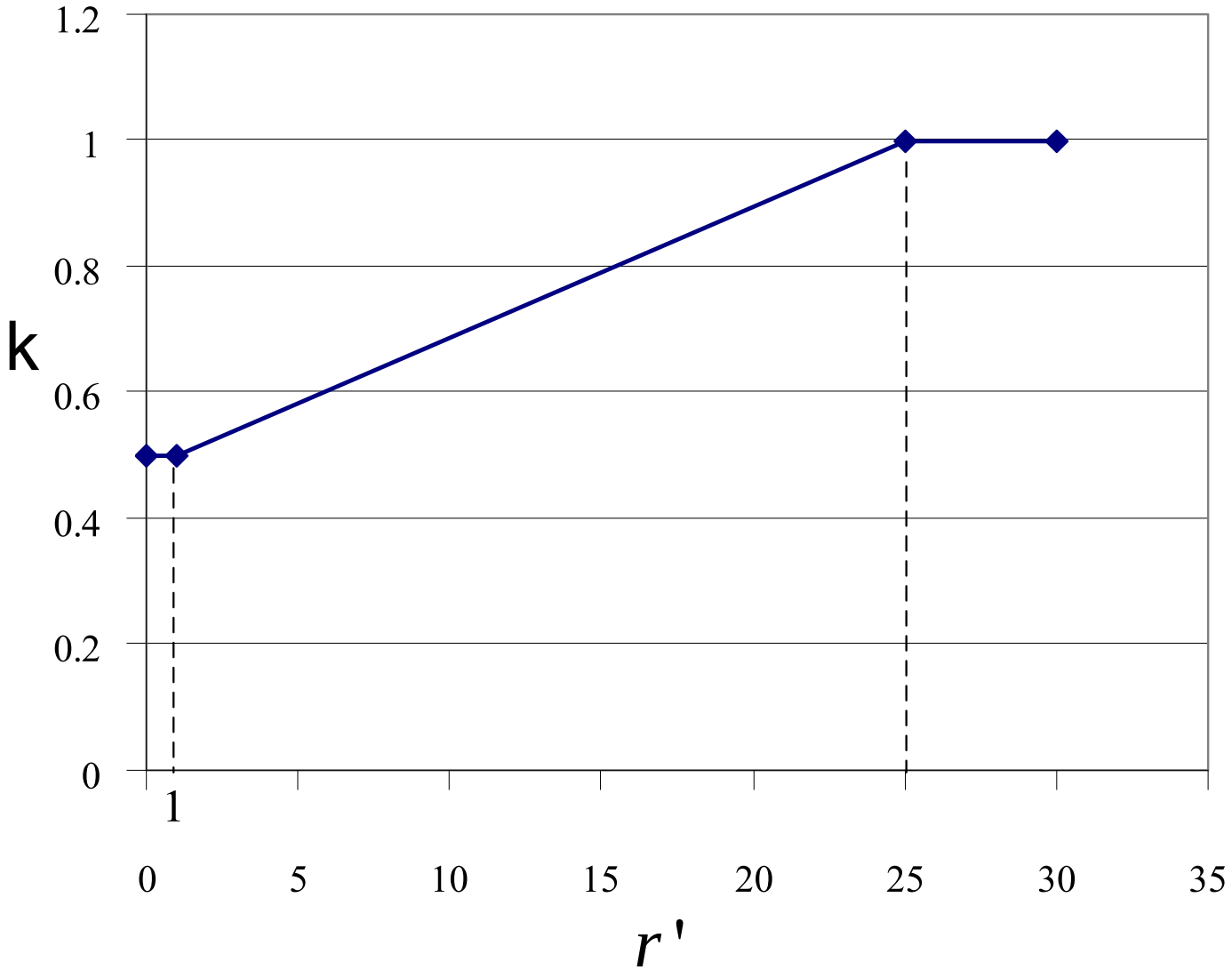
$$K_{col} = \left(\frac{4EI}{L}\right)_{col}$$

$$K_{beam} = \left(\frac{4EI}{L}\right)_{beam}$$

$$r_j = \frac{\sum\left(\frac{4EI}{L}\right)_{col}}{\sum\left(\frac{4EI}{L}\right)_{beam}}$$

$$r = \frac{1}{2}(r_T + r_B)$$

สัมประสิทธิ์ความยาวประสิทธิผล (Effective Length Factor) ของเสา



การลดกำลังของเสาเนื่องจากอัตราส่วนความชะลูด

กำลังรับน้ำหนักปลอดภัยของเสายาวจะน้อยกว่ากำลังรับน้ำหนักปลอดภัยของเสาสั้นที่มีขนาดหน้าตัดและการเสริมเหล็กเท่ากัน ซึ่งจะคำนวณออกแบบเสายาวเสมือนว่าเป็นเสาสั้นแต่จะคูณด้วยแฟกเตอร์ลดกำลัง (Reduction Factor) R ซึ่งมีค่าไม่เกิน1.0 ดังสมการ

$$P_L = RP_s$$

เมื่อ P_L = กำลังรับน้ำหนักปลอดภัยของเสาสั้น

P_s = กำลังรับน้ำหนักปลอดภัยของเสาสั้น

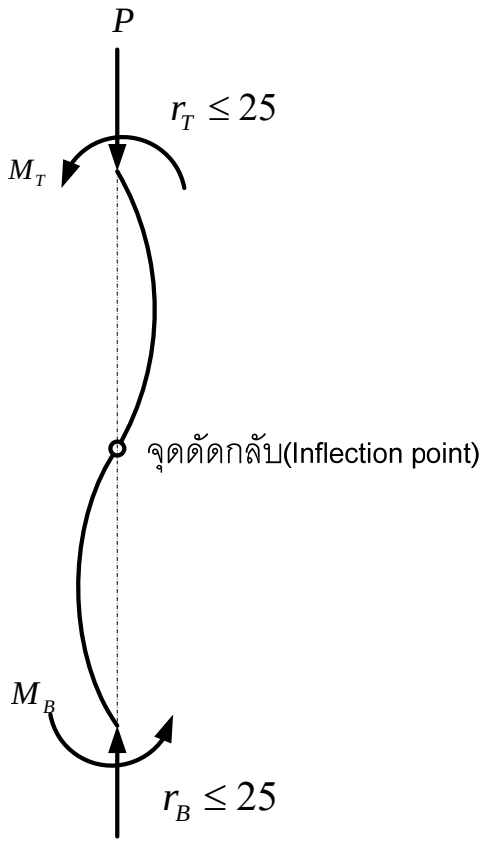
ส่วน R จะขึ้นตรงกับอัตราส่วนความชะลูด มาตรฐาน วสท กำหนดค่า R สำหรับเสารับน้ำหนักตามแนวแกนอย่างเดียวดังสมการ

$$R = 1.07 - 0.008\frac{h}{r}$$

กรณีเสารับน้ำหนักตามแนวแกนและโมเมนต์ดัด

เมื่อเสารับแรงอัดเป็นหลัก ($e \le e_b$)

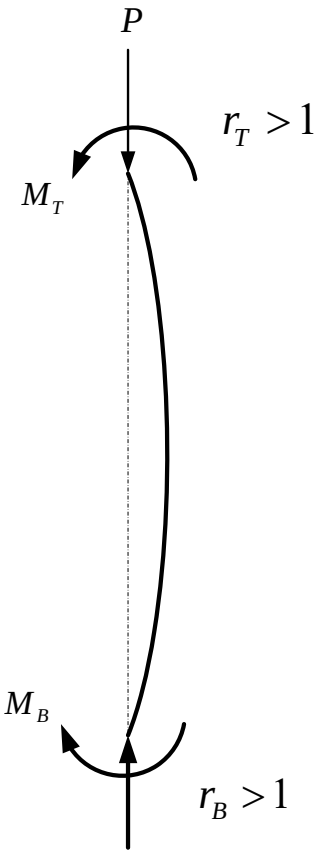
1) กรณีปลายเสาไม่เคลื่อนที่ด้านข้าง (No Side sway) และเสาโก่งเป็น2โค้ง (Double curvature)



เมื่ออัตราส่วนความชะลูด $60 \le \frac{h}{r} \le 100$

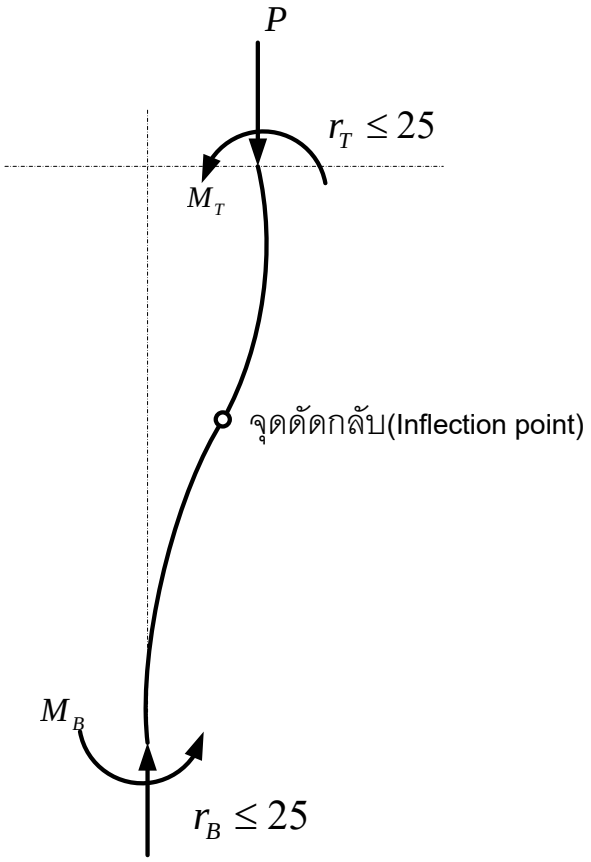
$$R = 1.32 - 0.006\frac{h}{r} \le 1.0$$

2) กรณีปลายเสาไม่เคลื่อนที่ด้านข้าง (No Side sway) และเสาโก่งเป็นโค้งเดียว (Single curvature)



$$R = 1.07 - 0.008\frac{h}{r} \leq 1.0$$

3) กรณีปลายเสาเคลื่อนที่ด้านข้าง (Side sway) และและเสาโก่งเป็น2โค้ง (Double curvature)

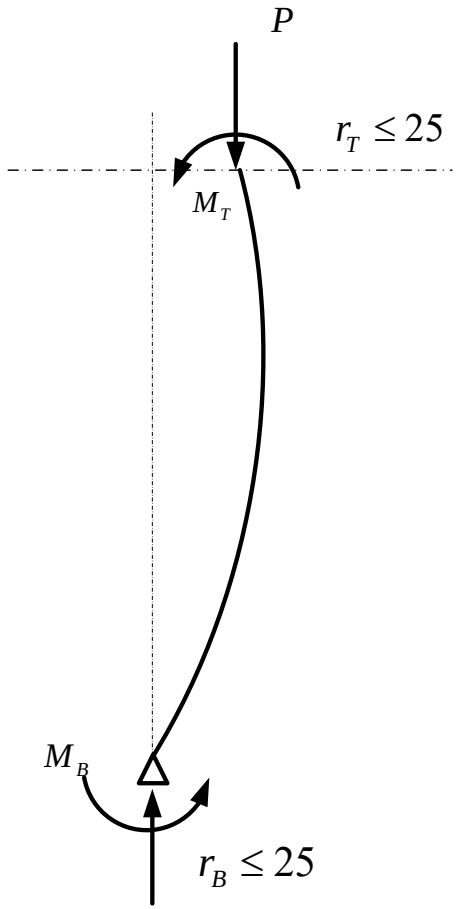


$$R = 1.07 - 0.008\frac{h'}{r} \le 1.0$$

เมื่อ $h' = h(0.78 + 0.22r_A) \ge h$

$$r_A = \frac{1}{2}(r_T + r_B)$$

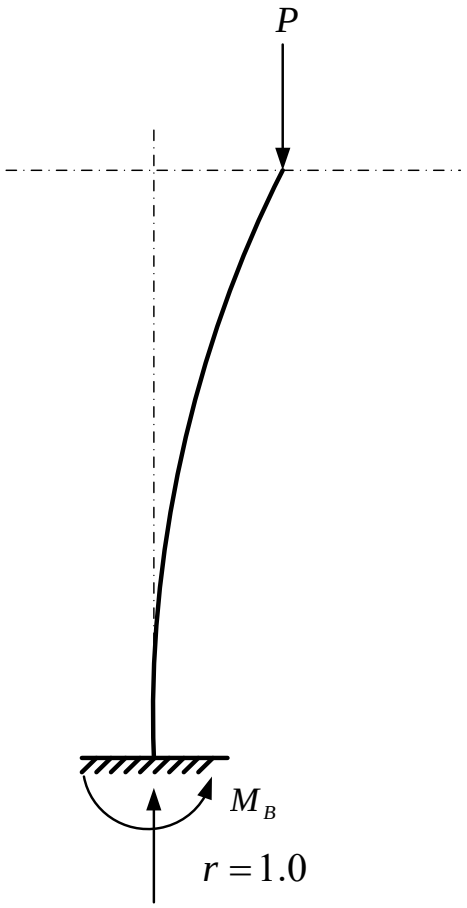
4) กรณีปลายเสาเคลื่อนที่ด้านข้าง (Side sway) และเสาโก่งเป็นโค้งเดียว (Single curvature)



$$R = 1.07 - 0.008\frac{h'}{r} \leq 1.0$$

$$h' = 2h(0.78 + 0.22r_T) \geq 2h$$

5) กรณีปลายเสาเคลื่อนที่ด้านข้าง (Side sway) และเสาโก่งแบบเสายื่น (Free end)



$$R = 1.07 - 0.008\frac{h'}{r} \leq 1.0$$

$$h' = 2h$$

เมื่อเสารับแรงดึงเป็นหลัก ($e > e_b$)

ตัวคูณลดค่าจะแปรผันตรงกับแรงตามแนวแกนที่สภาวะสมดุลจนมีค่าเป็น 1.0 เมื่อกรณีแรงตามแนวแกนเป็นศูนย์หรือกรณีเสารับโมเมนต์ดัดอย่างเดียว

$$R' = 1 - (1 - R)\frac{e_b}{e} \geq R$$

R' = ตัวคูณลดค่ากรณีแรงดึงเป็นหลัก

R =ตัวคูณลดค่ากรณีแรงอัดเป็นหลัก

e_b =ระยะเยื้องศูนย์สมดุล

$$e = \frac{M}{P}$$