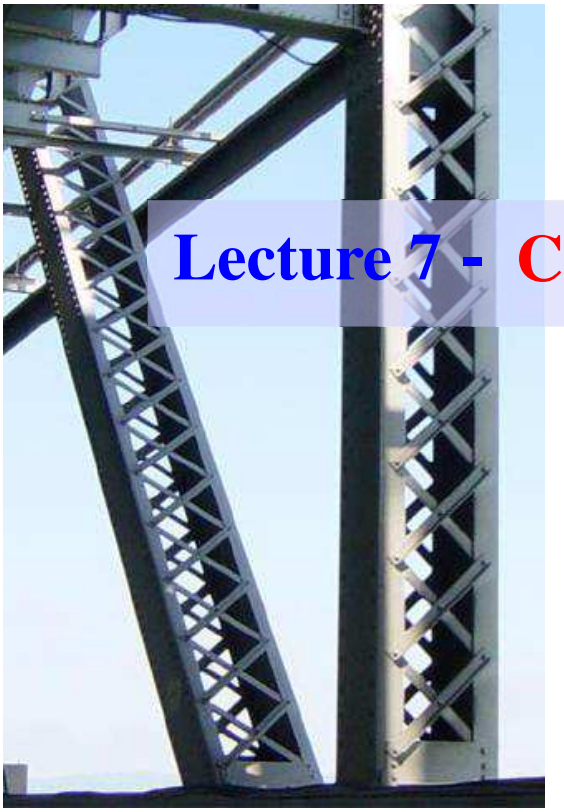


Timber and Steel Design

Lecture 7 - Compression Members 3

- Strength Reduction Factor
- Built-Up Columns
- Column Base Plate

Mongkol JIRAVACHARADET

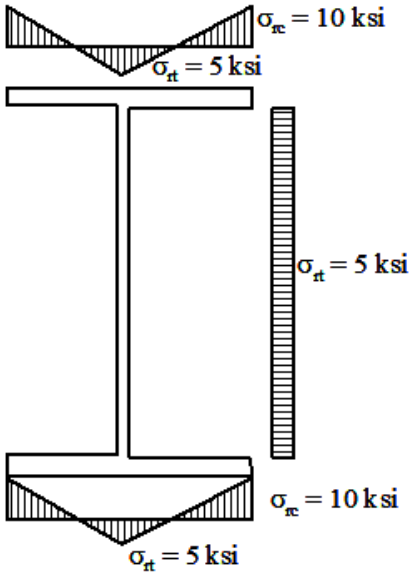
SURANAREE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

INSTITUTE OF ENGINEERING

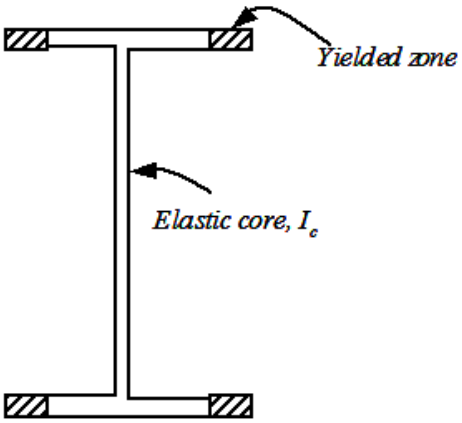
SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING

Strength Reduction Factor (SRF) τ_b

If column buckling were to occur in the inelastic range ($KL/r < C_c$), then the flexural rigidity of the column will be reduced because I_c will be the moment of inertia of only the elastic core of the entire cross-section.



(a) Initial state – residual stress



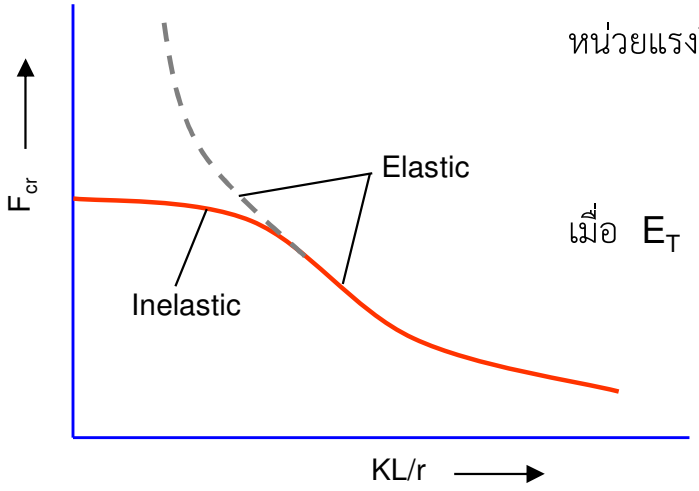
(b) Partially yielded state at buckling

Strength Reduction Factor (SRF) τ_b

กำลังโก่งเดาะของเสาในโครงอาคารโดยใช้ Alignment chart ได้จากการพิจารณาค่า

$$G = \frac{\text{column stiffness}}{\text{girder stiffness}} = \frac{\Sigma(EI/L)\ \text{columns}}{\Sigma(EI/L)\ \text{girders}}$$

ถ้าเสามีพฤติกรรมอิลาสติกและค่า E ของเสาและคานเท่ากันจะตัดกันออกไป แต่ถ้าเป็นแบบอินอิลาสติก สติฟเนสเสาจะลดลงเป็น $E_T I/L$ ทำให้ได้ค่า G และ K น้อยลง



หน่วยแรงวิกฤตสำหรับเสาอินอิลาสติก

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 E_T}{(KL/r)^2}$$

เมื่อ E_T คือค่าแทนเจนต์โมดูลัสในช่วงอินอิลาสติก

$$SRF = \frac{F_{cr(inelastic)}}{F_{cr(elastic)}} = \frac{F_a \times \text{inelastic F.S.}}{F'_e \times \text{elastic F.S.}} \approx \frac{F_a}{F'_e}$$

Strength Reduction Factor (SRF) τ_b

เมื่อ F_a = หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ตามแนวแกนสำหรับเสาอินอิลาสติก $(KL/r < C_c)$

F'_e = หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ตามแนวแกนสำหรับเสาอิลาสติก $(KL/r > C_c)$

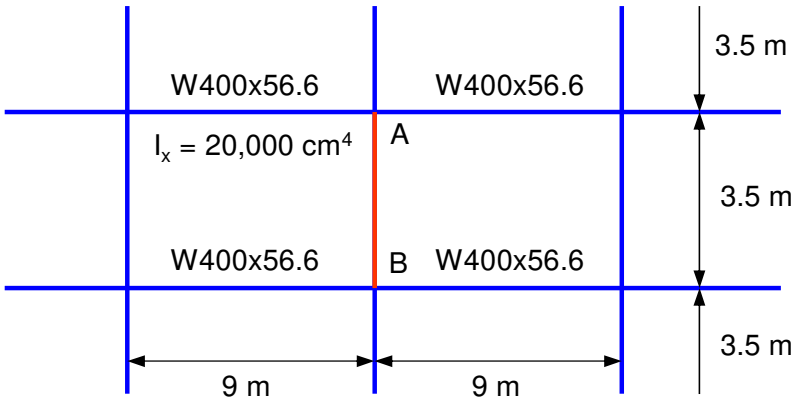
SRF เป็นค่าประมาณเนื่องจากส่วนปลอดภัยอินอิลาสติกมีค่าไม่คงที่แต่ส่วนปลอดภัยอิลาสติกมีค่าคงที่เท่ากับ 23/12 ค่า SRF สำหรับค่า P/A หรือ f_a ต่างๆถูกแสดงไว้ในตารางที่ ข.6

ขั้นตอนในการใช้ค่า SRF:

1. จากค่าฐ้าหนักบรรทุก P ให้คำนวณและลองเลือกหน้าตัดเสาตามวิธีเดิม
2. คำนวณหน่วยแรงอัด $f_a = P/A$ หาค่า SRF จากตาราง ข.6 (ถ้า f_a น้อยกว่าค่าที่ให้ไว้ในตาราง เสาจะอยู่ในช่วงอิลาสติกจึงไม่ต้องใช้ตัวคูณปรับแก้ สำหรับค่า f_a ที่มากเกินค่าในตาราง SRF จะเท่ากับ 0 นั่นคือให้ลองเลือกหน้าตัดใหม่)
3. ค่าของ $G_{elastic}$ จะถูกคำนวณและถูกคูณด้วย SRF และหาค่า K จากแผนภูมิตามปกติ

$$G_{inelastic} = SRF \times G_{elastic}$$

ตัวอย่างที่ 7-1 เสา AB ของโครงที่ไม่มีการยึดโยงดังในรูป รับฐ้าหนักบรรทุก $P_D = 65$ ตัน, $P_L = 85$ ตัน และใช้เหล็ก A36 เสาต้นเหนือกว่าและต่ำกว่าถูกสมมุติให้มีขนาดเท่ากับกับ AB



วิธีทำ (ก) สมมุติให้เสาอยู่ในช่วงอิลาสติก

$$P_a = P_D + P_L = 65 + 85 = 150 \text{ ton}$$

ลองใช้ $F_a = 1{,}200$ กก./ซม.^{2} → พื้นที่หน้าตัดที่ต้องการ $A = 150/1.2 = 125$ ซม.^{2}

ลองใช้ W300×106 ($A = 134.8$ ซม.^{2}, $I_x = 23{,}400$ ซม.^{4}, $r_x = 13.2$ ซม.)

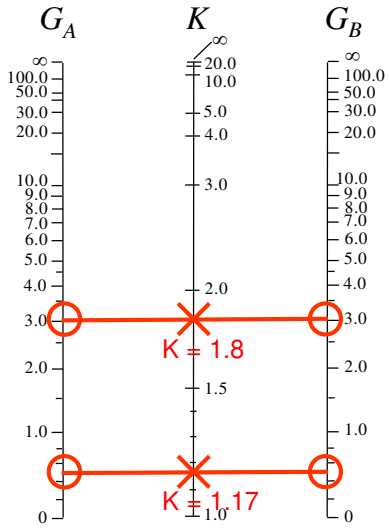
$$G_A = G_B = \frac{\Sigma(I_c / L_c)}{\Sigma(I_b / L_b)} = \frac{(2)(23400/350)}{(2)(20000/900)} = 3.01$$

จาก alignment chart ในกรณีที่โครงมีการเซได้ค่า $K = 1.8$

$KL/r = (1.8)(350)/(13.2) = 48 < C_c$ → inelastic

จากตาราง ข.1 $F_a = 1{,}292$ กก./ซม.^{2}

$P = (1.292)(134.8) = 174$ ตัน > 150 ตัน **OK**



(b) Sidesway uninhibited

(ข) สมมุติให้เสาอยู่ในช่วงอินอิลาสติก:

ลองใช้หน้าตัดที่เบากว่า W300×87 ($A = 110.8$ ซม.^{2}, $I_x = 18{,}800$ ซม.^{4}, $r_x = 13.0$ ซม.)

$P/A = 150(1000)/110.8 = 1{,}354$ กก./ซม.^{2}

$SRF = 0.196$ จากตารางที่ ข.6

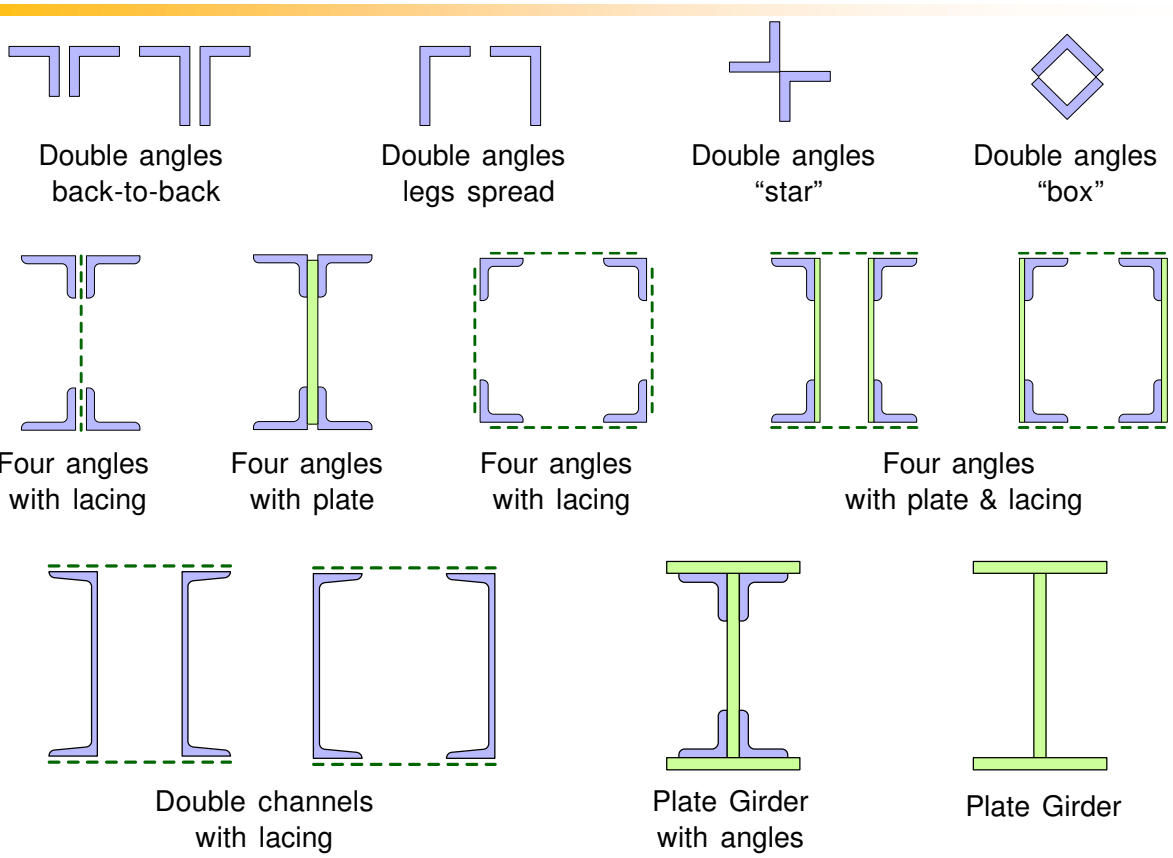
$$G_A = G_B = SRF \times \frac{\Sigma(I_c / L_c)}{\Sigma(I_b / L_b)} = 0.196 \times \frac{(2)(18800/350)}{(2)(20000/900)} = 0.47$$

จาก alignment chart ในกรณีที่โครงมีการเซได้ค่า $K = 1.17$

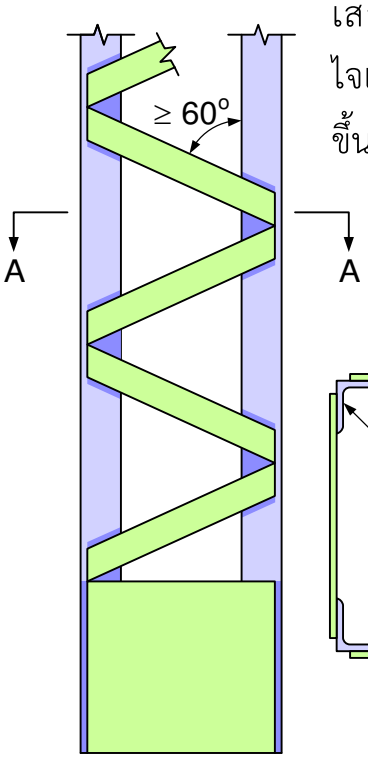
$KL/r = (1.17)(350)/(13.0) = 31.5$ จากตาราง ข.1 $F_a = 1{,}380$ กก./ซม.^{2}

$P = (1.38)(110.8) = 153$ ตัน > 150 ตัน **OK**

Built-Up Column

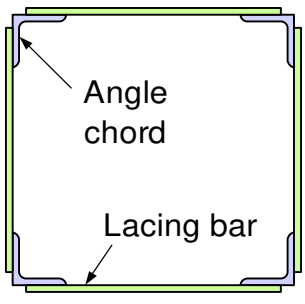


Built-Up Column



เสาหน้าตัดประกอบถูกใช้เมื่อความสูงของเสาทำให้หน้าตัดมีรัศมีไจเรชั่นไม่เพียงพอ เสาหน้าตัดประกอบด้วยเหล็กรูปพรรณตั้งแต่ 2 ชิ้นขึ้นไป ยึดต่อโดยแผ่นเหล็กประกับรูพรุน หรือใช้ท่อนยึดทแยงดังในรูป

โดยท่อนยึดทแยงไม่มีส่วนช่วยรับแรงอัดแต่จะช่วยต้านทานแรงเฉือนที่เกิดจากการเยื้องศูนย์โดยอุบัติเหตุและผลของการโก่งเดาะ



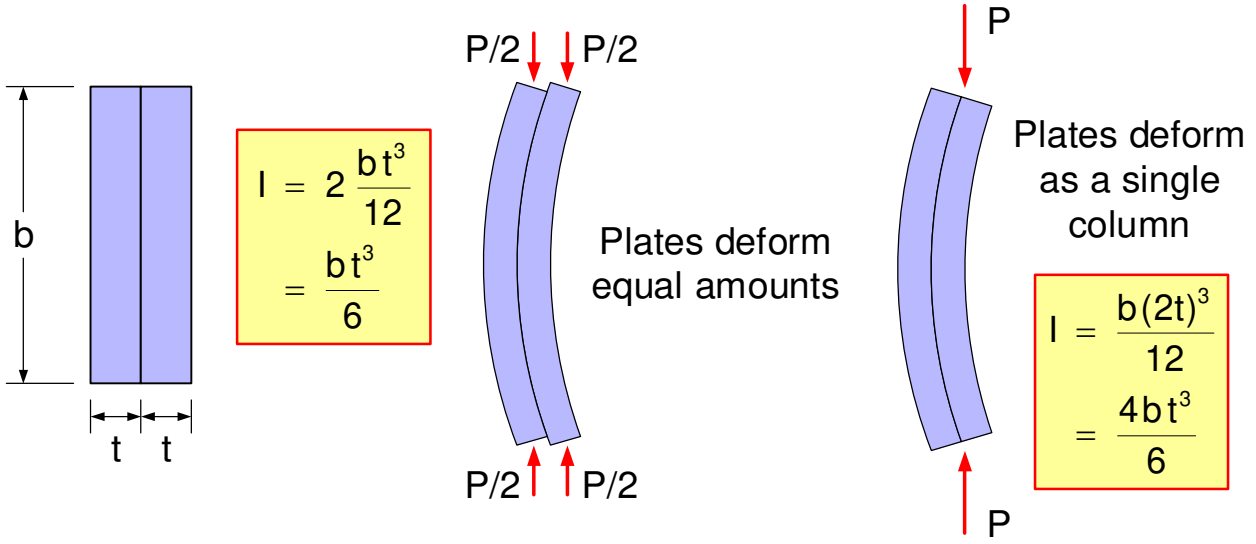
Section A-A

AISC กำหนดให้ต้านทานแรงเฉือนตั้งฉากกับแกนขององค์อาคารมีค่าไม่น้อยกว่า 2% ของกำลังรับแรงอัดขององค์อาคาร

อัตราส่วน L/r ของท่อนทแยงในระบบท่อนเดี่ยวดังในรูปจะต้องไม่เกิน 140 และไม่เกิน 200 สำหรับท่อนทแยงคู่

Built-up columns with contacted components

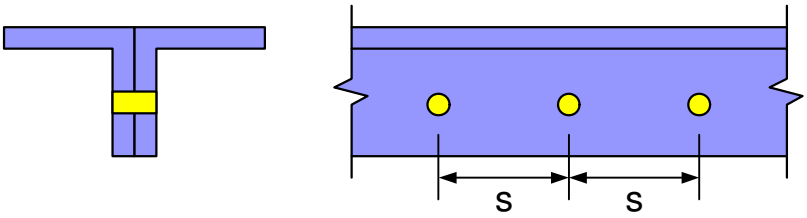
สมมุติว่าเสาประกอบด้วย 2 แผ่นเหล็กขนาดเท่ากันโดยที่ไม่ถูกยึดติดกัน แต่ละแผ่นจะเป็นเหมือนเสาที่แยกกันโดยรับน้ำหนักครึ่งหนึ่งของทั้งหมดและมีการเสียรูปทรงเท่ากัน



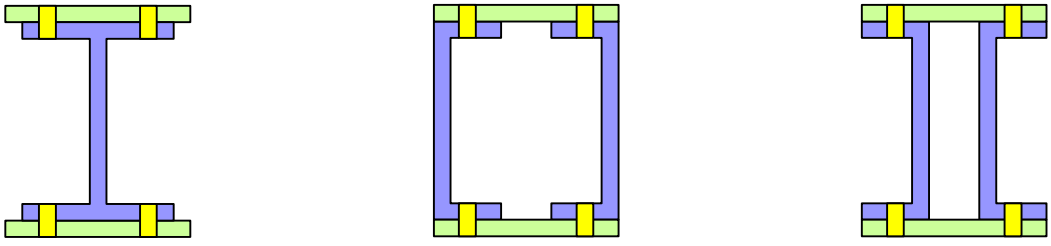
แต่ถ้าเสาถูกยึดติดกันอย่างเพียงพอจนเสมือนเป็นหน้าตัดเดี่ยว โมเมนต์อินเนอร์เชียของพื้นที่รวมจะเป็น 4 เท่าของของพื้นที่แยก

Built-up columns with contacted components ว.ส.ท.

- องค์อาคารประกอบรับแรงอัดที่ประกอบจากเหล็กรูปพรรณ 2 ชิ้นวางติดกันต้องมีระยะห่างสลักเกลียว, หมุดย้ำ หรือรอยเชื่อมแบบเว้นระยะไม่เกิน 60 ซม.

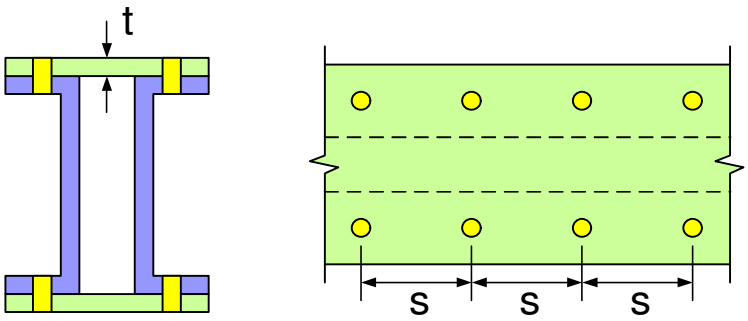


- องค์อาคารประกอบรับแรงอัดที่มีส่วนประกอบภายนอกเป็นเหล็กแผ่น ต้องมีระยะห่าง **s** ระหว่างรอยเชื่อมหรืออุปกรณ์ยึดใดๆตามความยาวสูงสุดไม่เกิน



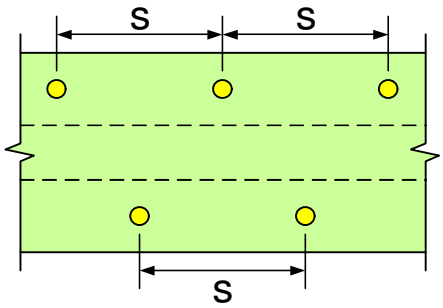
Built-up columns with contacted components ว.ส.ท.

- ในกรณีที่อุปกรณ์ยึดหรือรอยเชื่อมในแถวติดกันไม่อยู่เยื้องกัน



$$s \le \begin{cases} \dfrac{1{,}060}{\sqrt{F_y}}\,t \\ 30\ \text{cm} \end{cases}$$

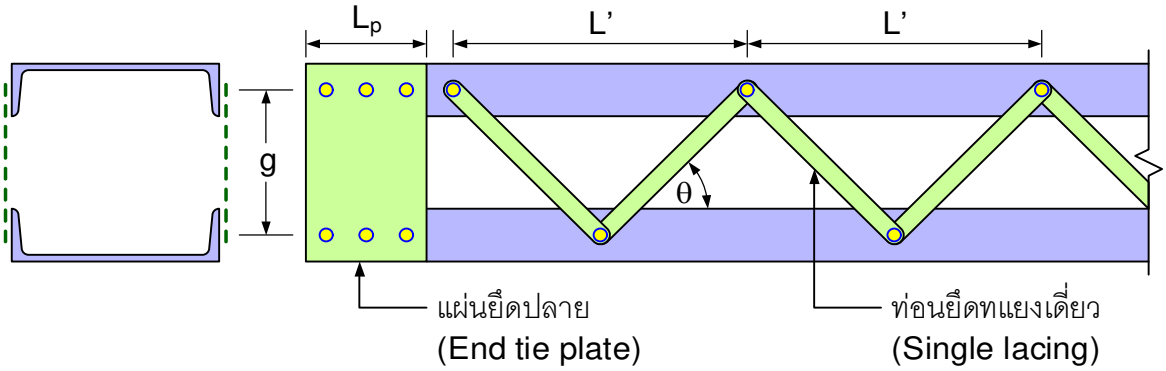
- ในกรณีที่อุปกรณ์ยึดหรือรอยเชื่อมในแถวติดกันอยู่เยื้องกัน



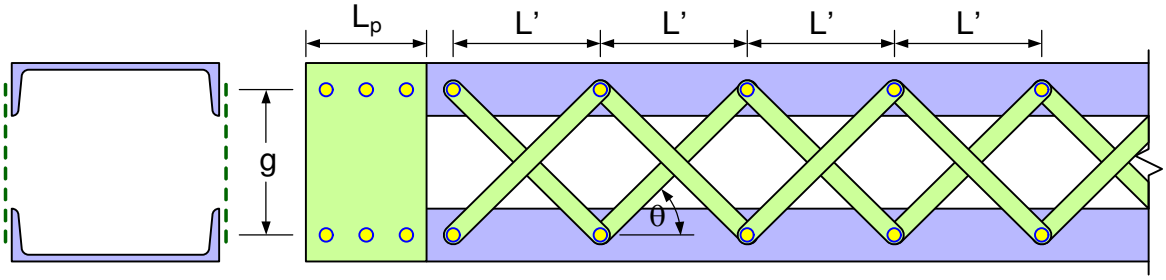
$$s \le \begin{cases} \dfrac{1{,}590}{\sqrt{F_y}}\,t \\ 45\ \text{cm} \end{cases}$$

Built-up columns with components not in contact

- หน้าตัดยึดโดยใช้ท่อนยึดทแยงเดี่ยว (Single Lacing)

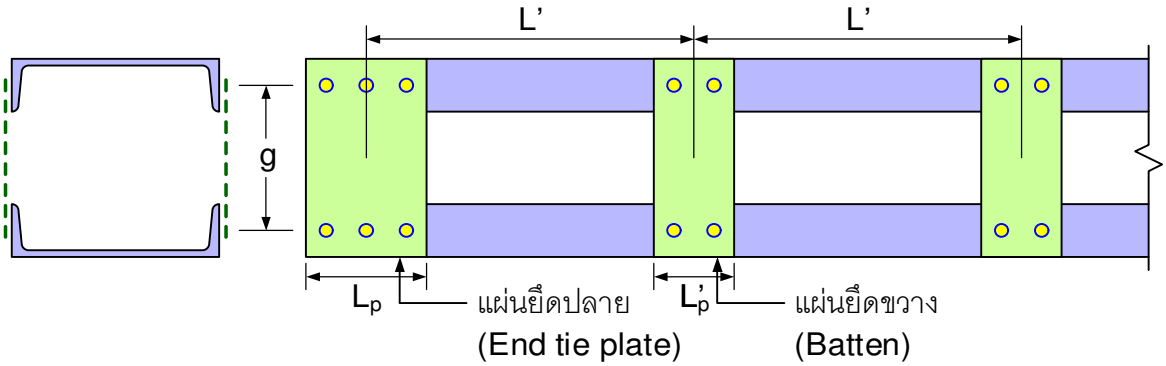


- หน้าตัดยึดโดยใช้ท่อนยึดทแยงคู่ (Double Lacing)

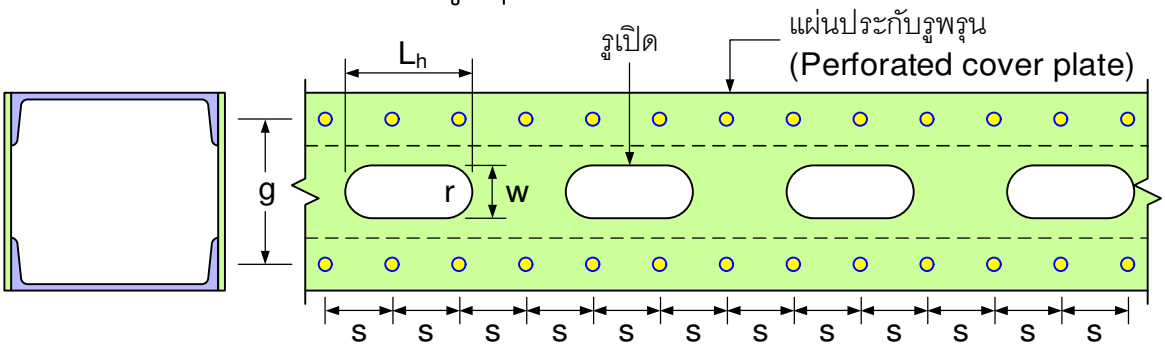


Built-up columns with components not in contact

- หน้าตัดยึดโดยใช้แผ่นยึดขวาง (Batten)



- หน้าตัดยึดโดยใช้แผ่นประกับรูพรุน (Perforated Cover Plate)



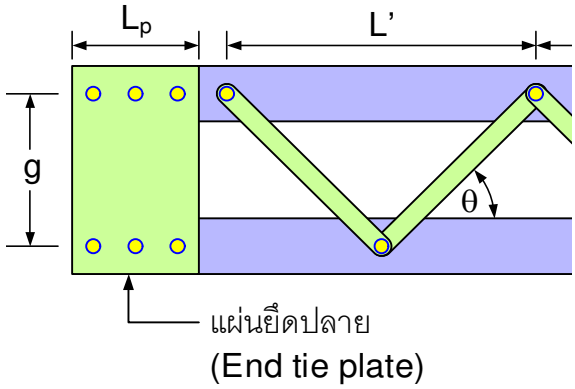
หน้าตัดประกอบรับแรงอัดวางห่างกันยึดโดยท่อนทแยง ว.ส.ท.

- **แผ่นยึดขวาง (Tie Plates)**

ความหนาแผ่น $t_p \geq \frac{1}{50} g$

ความยาวแผ่น $L_p \geq g$

ระยะห่างสลักเกลียว ≤ 6 เท่าขนาดสลักเกลียวและใช้อย่างน้อย 3 ตัวยึดแต่ละส่วน



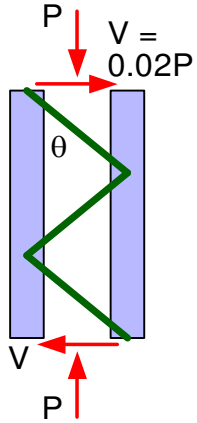
- **ท่อนทแยง (Lacings)**

ระยะห่างจุดยึดท่อนทแยงจะต้องทำให้สัดส่วนชลูดของหน้าตัดย่อยไม่เกิน 3/4 เท่าของหน้าตัดประกอบ

$$\left(\frac{L'}{r}\right)_{1\ section} \leq \frac{3}{4}\left(\frac{KL}{r}\right)_{built\text{-}up}$$

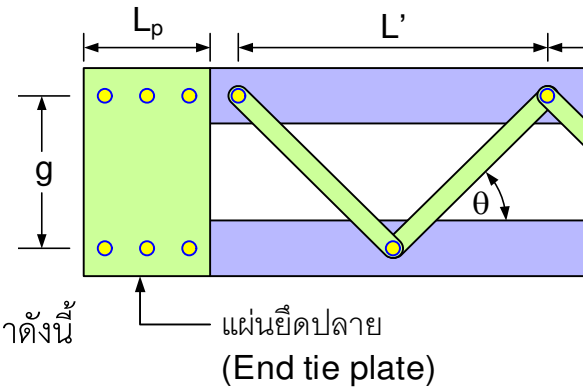
ออกแบบให้สามารถต้านทานแรงเฉือนตั้งฉากกับแนวองค์อาคารไม่น้อยกว่า 2% ของแรงอัดทั้งหมดในองค์อาคาร

$$V \geq 2\%\, P$$



หน้าตัดประกอบรับแรงอัดวางห่างกันยึดโดยท่อนทแยง ว.ส.ท.

- **ท่อนทแยง (Lacings)**



สัดส่วนชลูดท่อนทแยงเดี่ยว $\frac{\ell}{r} \leq 140$

สัดส่วนชลูดท่อนทแยงคู่ $\frac{\ell}{r} \leq 200$

โดยที่ ℓ ที่ใช้ในการคำนวณสัดส่วนความชลูดมีค่าดังนี้

ท่อนทแยงเดี่ยว $\ell = L'$

ท่อนทแยงคู่ $\ell = 0.7\,L'$

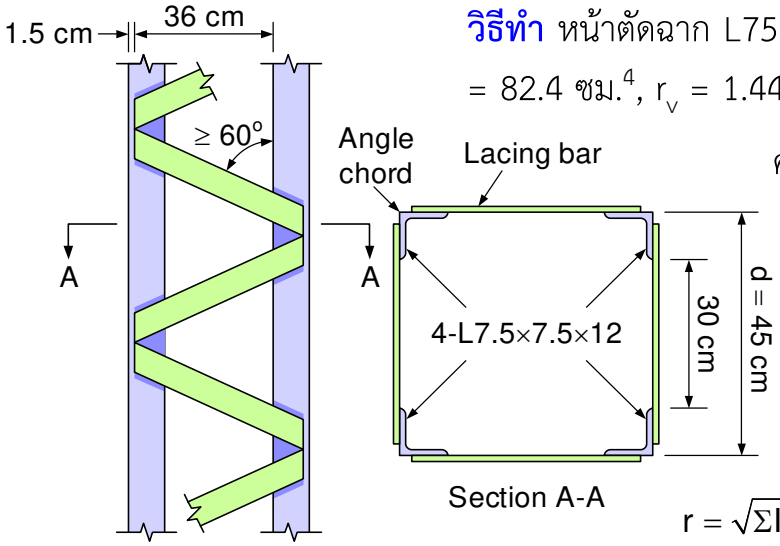
ค่ามุม θ ระหว่างท่อนทแยงและองค์อาคารประกอบไม่ควรน้อยกว่า

ท่อนทแยงเดี่ยว $\theta \geq 60°$

ท่อนทแยงคู่ $\theta \geq 45°$

ถ้าระยะ g > 38 ซม. ควรใช้ท่อนทแยงคู่หรือใช้แต่เหล็กฉากเท่านั้น

ตัวอย่างที่ 7-2 เสาโครงถักดังประกอบด้วยเหล็กฉาก 4-L75×75×12 เป็นเหล็ก A36 เสามีความสูง 8 เมตร ปลายยึดแบบจุดหมุน และใช้ท่อนยึดทแยงเดี่ยว PL25×10 มม. เอียงทำมุม 60° กับแกนเสา จงพิจารณากำลังของเสาถ้าท่อนยึดทแยงมีกำลังเพียงพอ



วิธีทำ หน้าตัดฉาก L75×75×12 ($A = 16.7$ ซม.^{2}, $I_x = I_y = 82.4$ ซม.^{4}, $r_v = 1.44$ ซม., $c_x = c_y = 2.29$ ซม.)

คุณสมบัติของหน้าตัดรวม :

$$\Sigma A = 4A = 4 \times 16.7 = 66.8 \text{ cm}^2$$

$$\Sigma I = 4I + \Sigma A(d/2 - c)^2$$

$$= 4 \times 82.4 + 66.8(22.5 - 2.29)^2$$

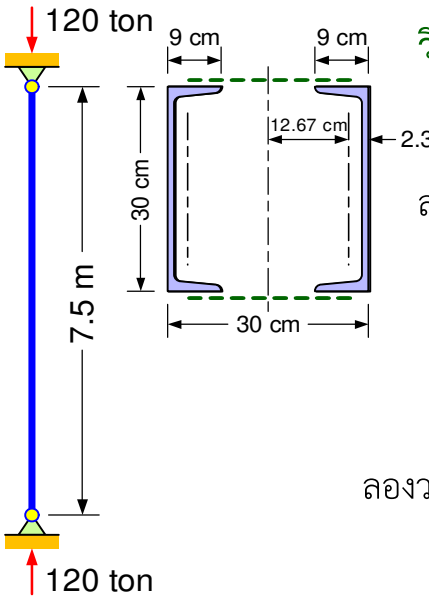
$$= 27{,}614 \text{ cm}^4$$

$$r = \sqrt{\Sigma I / \Sigma A} = \sqrt{27{,}614 / 66.8} = 20.3 \text{ cm}$$

$KL/r = 1.0 \times 800 / 20.3 = 39.4 < 200$ **OK**

จากตาราง ข.1 จะได้ $F_a = 1{,}341$ กก./ซม.^{2} → $P_a = (1.341)(66.8) = 89.6$ ตัน

ตัวอย่างที่ 7-3 จงออกแบบเสาประกอบโดยใช้หน้าตัดรางฐ้าคู่ เพื่อรับฐ้าหนักบรรทุก 120 ตัน เสามีความยาว 7.5 เมตร ทำด้วยเหล็ก A36



วิธีทำ สมมุติหน่วยแรงอัดที่ยอมให้ $F_a = 1{,}200$ กก./ซม.^{2}

$A_{req'd} = 120(1{,}000)/1{,}200 = 100$ ซม.^{2}

ลองหน้าตัด 2-[300×90×43.8 แต่ละหน้าตัดมีคุณสมบัติดังนี้

$A = 55.74$ ซม.^{2} $\quad c_y = 2.33$ ซม.

$I_x = 7{,}440$ ซม.^{4} $\quad r_x = 11.5$ ซม.

$I_y = 373$ ซม.^{4} $\quad r_y = 2.59$ ซม.

ลองวางหน้าตัดห่างกัน 30 ซม. คุณสมบัติหน้าตัดประกอบเป็นดังนี้

$A = 2(55.74) = 111.5$ ซม.^{2}

$I_x = 2(7{,}440) = 14{,}880$ ซม.^{4} ← ควบคุม $\quad r_{min} = r_x$

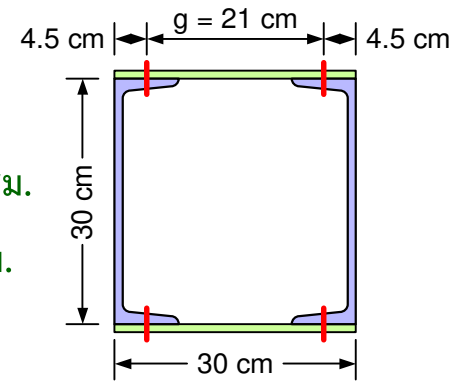
$I_y = 2(373 + 55.74\times12.67^2) = 18{,}642$ ซม.^{4}

อัตราส่วนความชลูด $\quad KL/r = 750/11.5 = 65.2$

จากตารางที่ ข.1 $\quad F_a = 1{,}185$ กก./ซม.^{2}

กำลังรับน้ำหนัก $\quad P_a = 1.185 \times 111.5 = 132$ ตัน > 120 ตัน **OK**

∴ ใช้หน้าตัด 2 - [300 × 90 × 43.8



ออกแบบแผ่นยึดขวาง :

ความยาวแผ่นยึด $\quad L_p \geq [\, g = 21 \text{ cm} \,]$ **ใช้ 25 ซม.**

ความหนาแผ่นยึด $\quad t_p \geq [\, g/50 = 21/50 \,]$ **ใช้ 5 มม.**

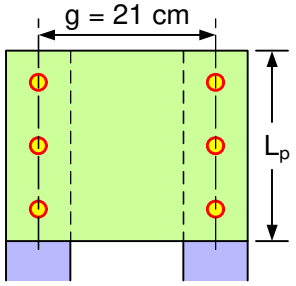
∴ ใช้แผ่นเหล็ก PL – 30 cm × 25 cm × 5 mm

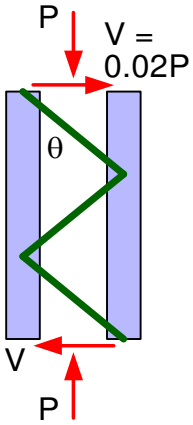
ออกแบบท่อนทแยง :

ระยะห่างแนวสลักเกลียว $\quad g = 21$ ซม. < 38 ซม.

ดังนั้นใช้ท่อนทแยงเดี่ยว $\theta = 60°$

ความยาวท่อนทแยง $\quad \ell = g / \sin 60° = 24.3$ ซม.

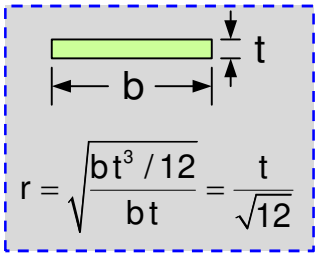




แรงเฉือนตั้งฉาก $V = 0.02(120) = 2.4$ ตัน

แรงเฉือนต่อระนาบ $V/2 = 1.2$ ตัน

แรงอัดในท่อนทแยง $= 1.2/\sin 60^{o} = 1.39$ ตัน



ใช้เหล็กแผ่น $r_{min} = \frac{t}{\sqrt{12}} = 0.289\,t$

สัดส่วนชลูด $\frac{\ell}{r_{min}} = \frac{24.3}{0.289\,t} \le 140 \rightarrow t \ge 0.6$ ซม. **ใช้ 6 มม.**

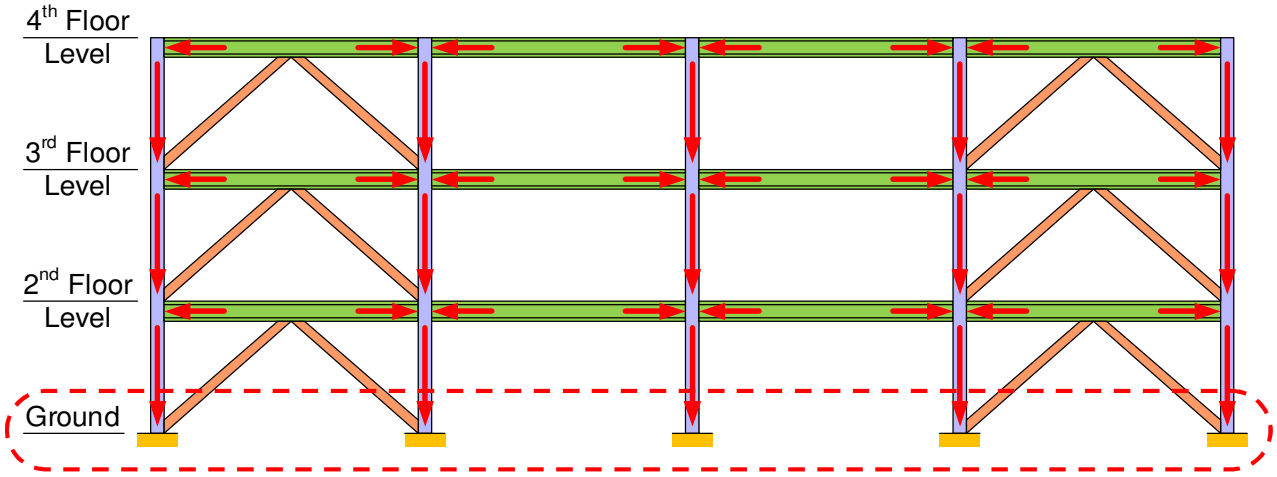
จากตาราง ข.1 $F_a = 551.7$ กก./ซม.^{2}

ต้องการพื้นที่ $A = 1{,}390/551.7 = 2.52$ ซม.^{2}

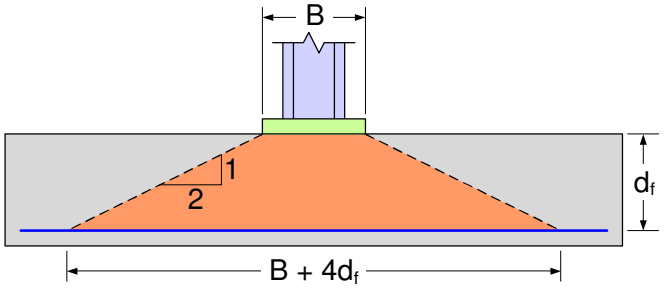
ความกว้าง $b = 2.52/0.6 = 4.20$ ซม. **ใช้ 4.5 ซม.**

∴ **ใช้ท่อนยึดทแยงเดี่ยว** PL - 4.5 cm × 24.3 cm × 6 mm

Column Base Plates



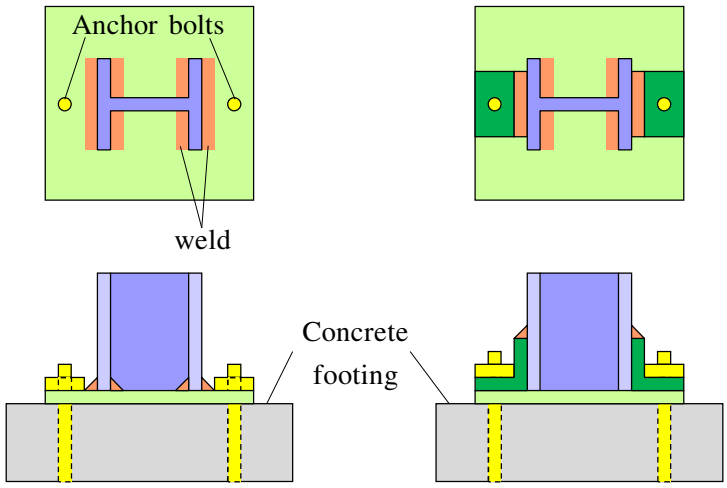
แผ่นรองฐานเสาทำหน้าที่ส่งผ่านน้ำหนักบรรทุกที่สะสมลงมาในเสาลงสู่ตอม่อคอนกรีต

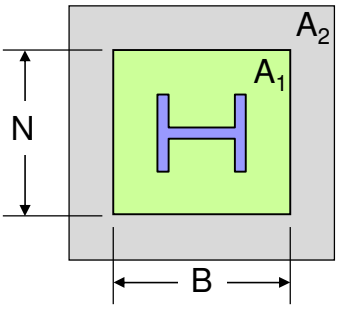


ฐานรองคอนกรีตมีกำลังน้อยกว่าเหล็กมาก ดังนั้นจึงต้องกระจายฝ้าหนักบรรทุกลงฐานรอง โดยสมมุติให้ฝ้าหนักบรรทุกในเสากระจายลงฐานรากตามความลาดเอียง 2 ต่อ 1

Column Base Plates

Transfer bearing to concrete footing





A_1 = พื้นที่ของแผ่นเหล็กรองฐานเสา

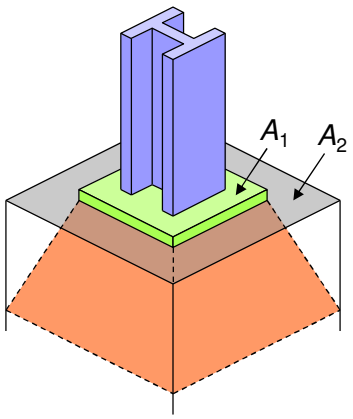
= B x N

A_2 = พื้นที่คอนกรีตรองใต้แผ่นเหล็ก

Allowable Bearing Pressure, F_p

F_p = หน่วยแรงแบกทานที่ยอมให้ของคอนกรีต

f'_c = กำลังอัดประลัยของคอนกรีต

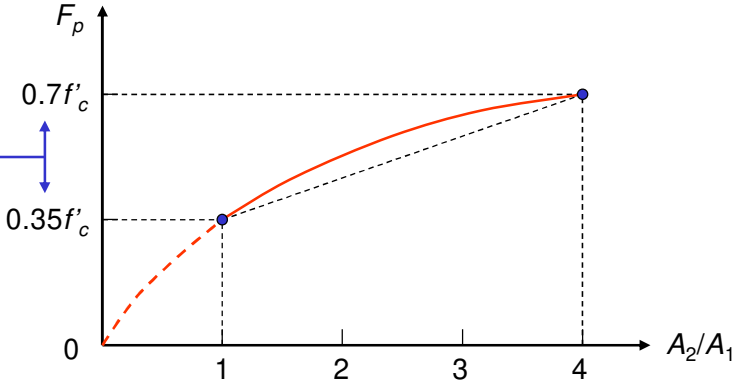


ถ้า $A_1 = A_2$, $F_p = 0.35 f'_c$

ถ้า A_1 น้อยกว่า A_2, $F_p = 0.35 f'_c \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \le 0.7 f'_c$

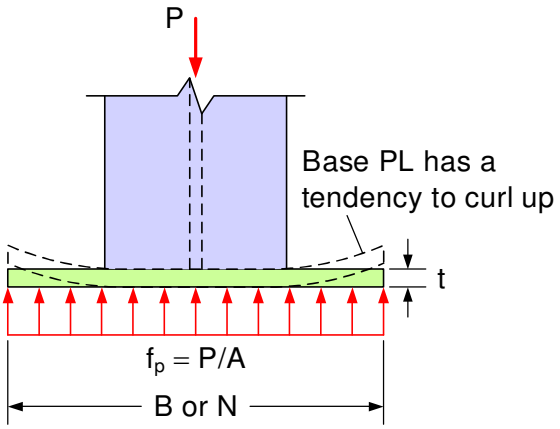
$$\frac{P}{A_1} = 0.35 f'_c \sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$$

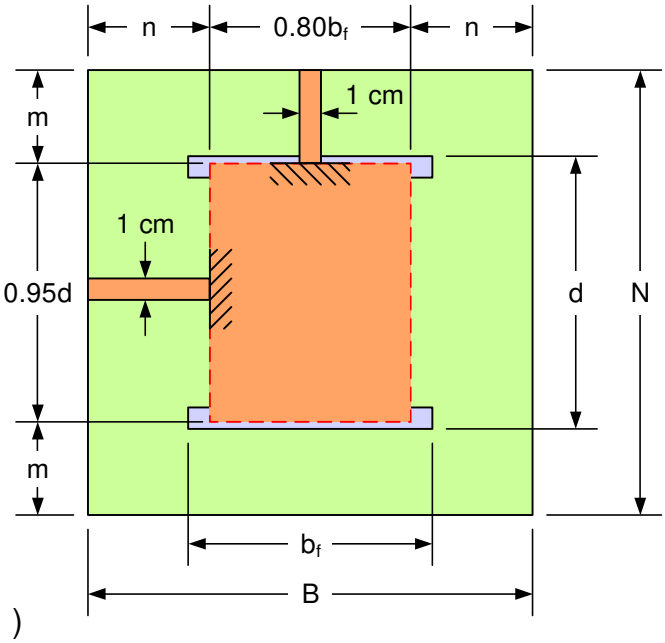
$$A_1 = \frac{1}{A_2}\left(\frac{P}{0.35 f'_c}\right)^2$$



Design of Column Base Plates

Cantilever Method



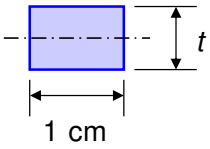


แรงดัน f_p ใต้แผ่นรองฐานเสา = $P / (B \times N)$

พิจารณาเป็นคานยื่นกว้าง 1 ซม.ในแต่ละทิศทาง โดยมีขอบยึดแน่นที่ $0.80b_f$ และ $0.95d$

โมเมนต์ดัดในแต่ละทิศทาง: $M = f_p n \frac{n}{2} = \frac{f_p n^2}{2}$ และ $M = f_p m \frac{m}{2} = \frac{f_p m^2}{2}$

โมดูลัสหน้าตัดของแผ่นรองกว้าง 1 ซม.หนา **t** คือ



$$S = I/c = \frac{1}{12}(1)(t^3)/(t/2) = t^2/6$$

หน่วยแรงดัดมีค่าเท่ากับ **M/S** ต้องมีค่าไม่เกินหน่วยแรงดัดที่ยอมให้ $\mathbf{F_b}$ จะได้ว่า

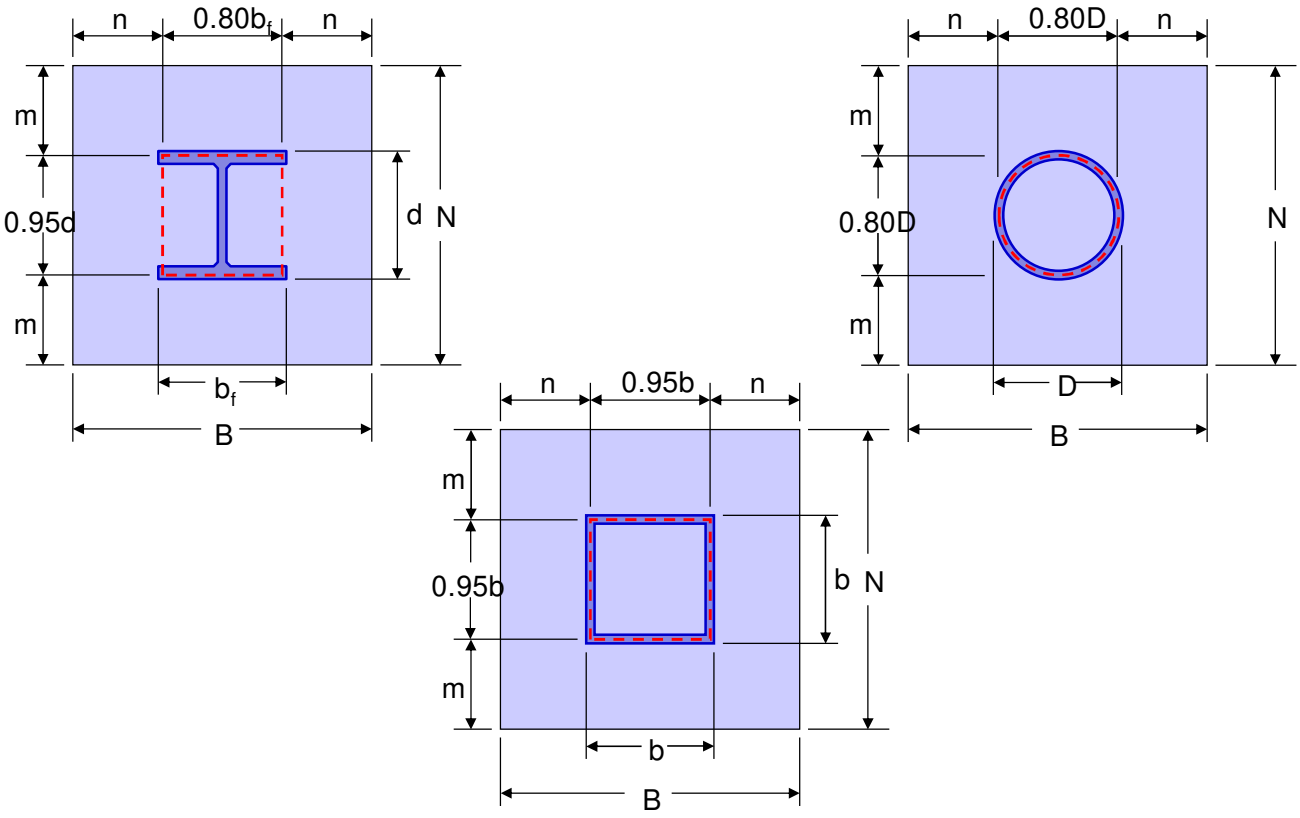
$$F_b = \frac{M}{S} = \frac{f_p\left(m^2/2\right)}{t^2/6} = \frac{3f_p m^2}{t^2} \longrightarrow t = \sqrt{\frac{3f_p m^2}{F_b}}$$

เช่นเดียวกัน ในอีกทิศทาง, $\longrightarrow t = \sqrt{\frac{3f_p n^2}{F_b}}$

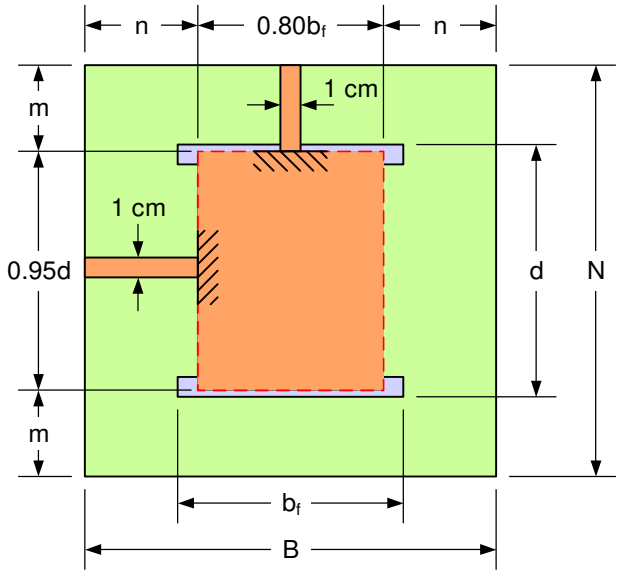
AISC กำหนดหน่วยแรงดัดที่ยอมให้ในแผ่นรอง $\mathbf{F_b} = 0.75\mathbf{F_y}$:

$$t = 2m\sqrt{\frac{f_p}{F_y}} \quad \text{และ} \quad t = 2n\sqrt{\frac{f_p}{F_y}}$$

Critical Bending Dimensions



Minimum Thickness of Column Base Plate



การออกแบบแผ่นเหล็กจะประหยัดที่สุดเมื่อระยะ N และ B ถูกเลือกจนทำให้ m = n

สภาวะเช่นนี้จะเกิดขึ้นเมื่อ

$$N = \sqrt{A_1} + \Delta$$

เมื่อ $\mathbf{A_1}$ = พื้นที่ของแผ่นฐานเสาที่ต้องการ

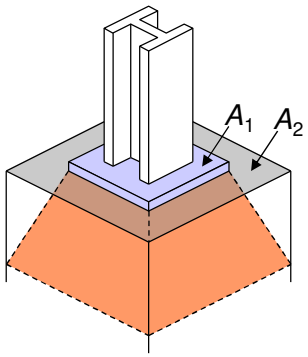
$$\Delta = 0.5(0.95d - 0.80b_f)$$

เมื่อคำนวณความยาว **N** ได้แล้ว ความกว้าง **B** ที่ต้องการจะคำนวณได้จาก $\mathbf{B} = \mathbf{A_1}/\mathbf{N}$

ตัวอย่างที่ 7-4 จงออกแบบแผ่นรองรับใต้เสาทำด้วยเหล็ก A36 สำหรับเสา W300×94.0 (**d** = 30 ซม., $\mathbf{b_f}$ = 30 ซม.) และน้ำหนัก 160 ตัน ฐานรากคอนกรีตที่รองรับมีขนาด 2.5 × 2.5 เมตร กำหนด $f_c' = 210$ กก./ซม.^{2}

วิธีทำ พื้นที่แผ่นรองมีขนาดเล็กกว่าฐานคอนกรีต พื้นที่ $\mathbf{A_1}$ จะใช้ค่าที่มากกว่าของ

$$A_1 = \frac{1}{A_2}\left(\frac{P}{0.35f_c'}\right)^2 = \frac{1}{250^2}\left(\frac{160}{0.35(0.210)}\right)^2 = 75.8 \text{ cm}^2$$



$$A_1 = \frac{P}{0.7f_c'} = \frac{160}{0.7(0.210)} = 1{,}088 \text{ cm}^2$$ ควบคุม

ขนาดของแผ่นรอง:

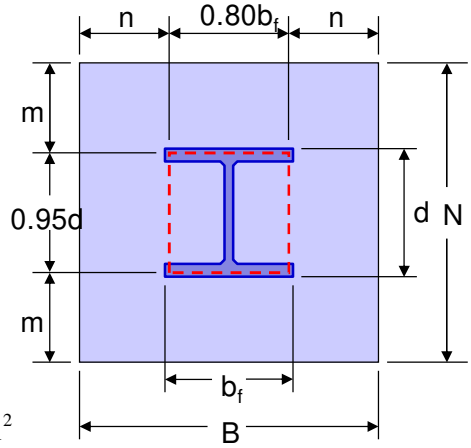
$$\Delta = 0.5(0.95d - 0.80b_f) = 0.5(0.95(30) - 0.80(30)) = 2.25 \text{ cm}$$

$$N = \sqrt{A_1} + \Delta = \sqrt{1088} + 2.25 = 35.2 \text{ cm}$$ (ใช้ 35 ซม.)

$$B = \frac{A_1}{N} = \frac{1088}{35} = 31.1 \text{ cm}$$ (ใช้ 32 ซม.)

แรงดันบนฐานรากคอนกรีต: $f_p = \dfrac{P}{B \times N} = \dfrac{160(1000)}{(32)(35)} = 143 \text{ kg/cm}^2$

คำนวณขนาดของ **m** และ **n** :



$$m = \frac{N - 0.95d}{2} = \frac{35 - 0.95(30)}{2} = 3.25 \text{ cm}$$

$$n = \frac{B - 0.80b_f}{2} = \frac{32 - 0.80(30)}{2} = 4.00 \text{ cm}$$

เนื่องจากแผ่นรองไม่ครอบคลุมคอนกรีตทั้งหมด

$$F_P = 0.35f_c'\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = 0.35(210)\sqrt{\frac{250^2}{(32)(35)}} = 549 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_P = 0.7f_c' = 147 \text{ kg/cm}^2$$ ควบคุม

$\mathbf{f_p} < \mathbf{F_p}$ OK

คำนวณความหนาของแผ่นรองรับ:

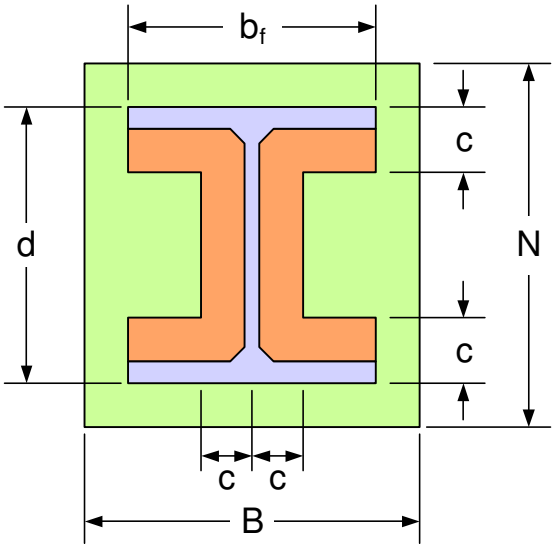
$$t = 2n\sqrt{\frac{f_p}{F_y}} = 2(4.0)\sqrt{\frac{143}{2{,}500}} = 1.9 \text{ cm}$$ (ใช้ 2 ซม.)

ใช้แผ่นเหล็ก PL 2 × 32 × 35 ซม. ■

Design of Column Base Plates

Murray-Stockwell Method

ใช้สำหรับฐานขนาดเล็ก โดยสมมุติให้น้ำหนักบรรทุกกระจายอยู่ในพื้นที่จำกัดรูปตัว H ความหนาแผ่นคำนวณจากการดัดของแถบส่วนยื่นความกว้างหนึ่งหน่วยและความยาว c



ในวิธีนี้หน่วยแรง P/BN จะถูกแทนด้วย P_0/A_H

$$P_0 = \frac{P}{BN} \times b_f d$$

เมื่อ P_0 = น้ำหนักบรรทุกภายในพื้นที่ $b_f d$

= น้ำหนักบรรทุกบนพื้นที่รูปตัว H

A_H = พื้นที่รูปตัว H

ความหนาแผ่นฐานเสาจะมีค่าเท่ากับ

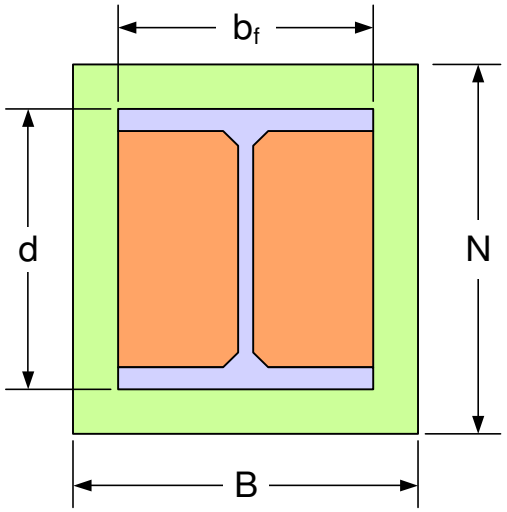
$$t \geq c\sqrt{\frac{2P_0}{0.9F_yA_H}}$$

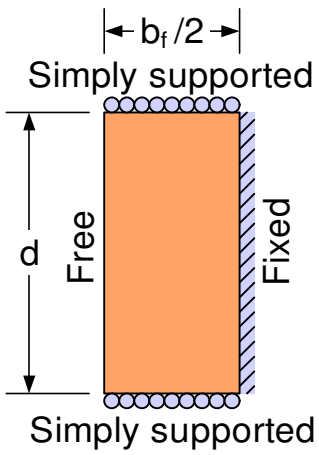
เมื่อ c คือระยะที่ต้องการเพื่อให้หน่วยแรง P_0/A_H เท่ากับหน่วยแรงแบกทานที่ยอมให้

Design of Column Base Plates

Thornton Method

ใช้สำหรับฐานเสารับรับน้ำหนักมาก โดย Thornton (1990) นำเสนอการวิเคราะห์การดัดสองทางใน ส่วนของแผ่นที่อยู่ระหว่างเอวและปีกเสา โดยสมมุติให้ส่วนของแผ่นถูกยึดแน่นที่เอวเสา, รองรับแบบหมุนที่ปีกเสา และขอบอิสระบนด้านที่เหลือ





ความหนาแผ่นฐานเสา

$$t \geq 2n'\sqrt{\frac{P}{F_yBN}}$$

โดยระยะยื่นสมมุติ

$$n' = \frac{1}{4}\sqrt{db_f}$$

Design of Column Base Plates

3-in-1 Method

Thornton (1990) รวมสามวิธีเป็นวิธีเดียวที่ใช้ได้กับทั้งแผ่นฐานเสารับน้ำหนักเบาและหนัก

ความหนาแผ่นฐานเสาจะมีค่าเท่ากับ $t \geq 2\ell\sqrt{\dfrac{P}{F_y BN}}$

โดยระยะ ℓ คือค่าที่มากที่สุดของ m, n หรือ $\lambda n'$ $\longrightarrow$ $\ell = \max(m, n, \lambda n')$

เมื่อ $\lambda = \dfrac{2\sqrt{X}}{1+\sqrt{1-X}} \leq 1$ โดยอาจสมมุติแบบเผื่อให้ λ เท่ากับ 1.0 สำหรับทุกกรณี

$$X = \left[\frac{4db_f}{(d+b_f)^2}\right]\frac{P}{P_a}$$

ตัวอย่างที่ 7-5 จงออกแบบแผ่นรองรับใต้เสาทำด้วยเหล็ก A36 สำหรับเสา W250×72.4 และน้ำหนัก 110 ตัน ฐานรากคอนกรีตที่รองรับมีขนาด 50 × 50 ซม. f'_c = 210 กก./ซม.^{2}

วิธีทำ หน้าตัด W250×72.4 (d = 25 ซม., b_f = 25 ซม.)

A_2 = พื้นที่ฐานราก = 50 × 50 = 2,500 ซม.^{2}

พิจารณาพื้นที่แผ่นฐานเสา A_1 ซึ่งจะมีขนาดเล็กกว่า A_2 โดยใช้ค่าที่มากกว่าของ

$$A_1 = \frac{1}{A_2}\left(\frac{P}{0.35f'_c}\right)^2 = \frac{1}{2{,}500}\left(\frac{110}{0.35(0.210)}\right)^2 = 895.9 \text{ cm}^2 \quad \text{ควบคุม}$$

$$A_1 = \frac{P}{0.7f'_c} = \frac{110}{0.7(0.210)} = 748.3 \text{ cm}^2$$

แผ่นฐานต้องมีขนาดอย่างน้อยเท่ากับเสา $b_f d = (25)(25) = 625 < 895.9$ cm^2 **OK**

จัดขนาดแผ่นฐานให้ m และ n มีค่าประมาณเท่ากัน:

$$\Delta = 0.5(0.95d - 0.80b_f) = 0.5(0.95(25) - 0.80(25)) = 1.875 \text{ cm}$$

$$N = \sqrt{A_1} + \Delta = \sqrt{895.9} + 1.875 = 31.8 \text{ cm} \quad \text{ใช้ 32 ซม.}$$

$$B = \frac{A_1}{N} = \frac{895.9}{32} = 28.0 \text{ cm} \quad \text{ใช้ 28 ซม.}$$

$A_1 = (28)(32) = 896 > 895.5\ cm^2$ ที่ต้องการ **OK**

คำนวณขนาดของ m, n และ n′

$$m = \frac{N - 0.95d}{2} = \frac{32 - 0.95(25)}{2} = 4.125\ cm$$

$$n = \frac{B - 0.80b_f}{2} = \frac{28 - 0.80(25)}{2} = 4.00\ cm$$

$$n' = \frac{\sqrt{db_f}}{4} = \frac{\sqrt{(25)(25)}}{4} = 6.25\ cm$$ ควบคุม $\longrightarrow \ell =$ **6.25** cm

คำนวณความหนาของแผ่นรองรับ:

$$t = 2\ell\sqrt{\frac{P}{F_y BN}} = 2(6.25)\sqrt{\frac{110}{(2.5)(28)(32)}} = 2.77\ cm$$ ใช้ **3 ซม.**

ใช้แผ่นเหล็ก **PL 3 × 28 × 32 ซม.** ■

End of Lecture 07