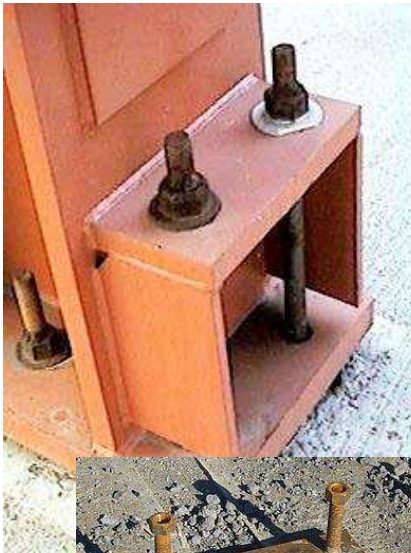
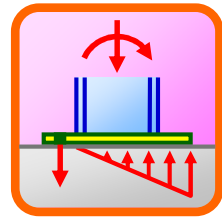
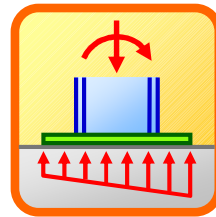
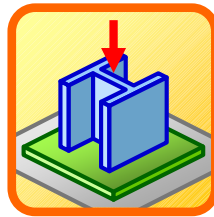


Column Base Plate



- Axial Load
- Small Moment
- Large Moment

Visit www.tumcivil.com/DRMK/ for apps:



โดย ผศ.ดร.มงคล จิรวัชรเดช

SURANAREE

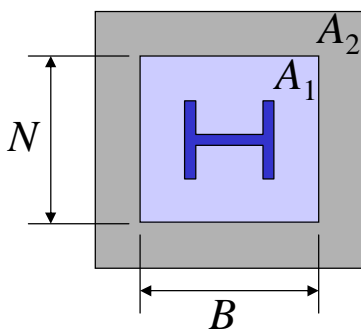
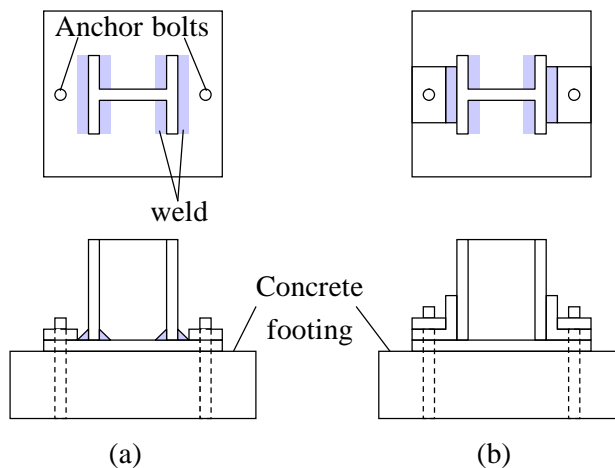
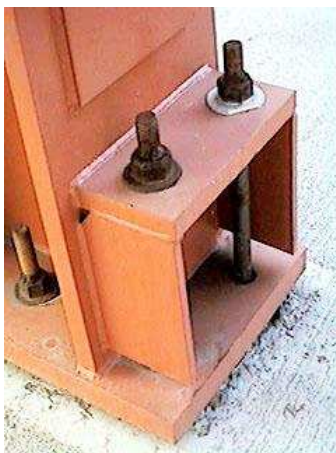
INSTITUTE OF ENGINEERING

UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING

Column Base Plates

Transfer bearing to concrete footing



$$A_1 = \text{พื้นที่ของแผ่นเหล็กรองรับเสา} \\ = B \times N$$

$$A_2 = \text{พื้นที่คอนกรีตรองใต้แผ่นเหล็ก}$$

Allowable Bearing Pressure, F_p

F_p = หน่วยแรงแบกทานที่ยอมให้ของคอนกรีต

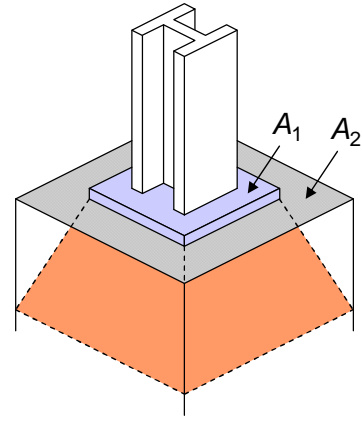
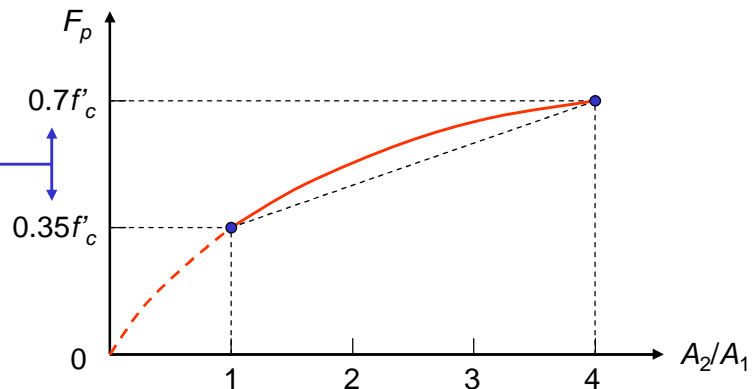
f'_c = กำลังอัดประลัยของคอนกรีต

ถ้า $A_1 = A_2$, $F_p = 0.35 f'_c$

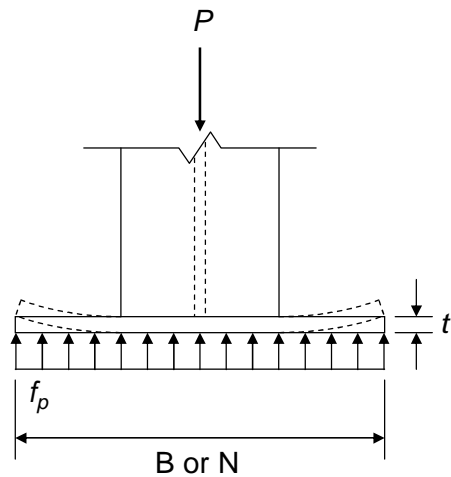
ถ้า A_1 น้อยกว่า A_2 , $F_p = 0.35 f'_c \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 0.7 f'_c$

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

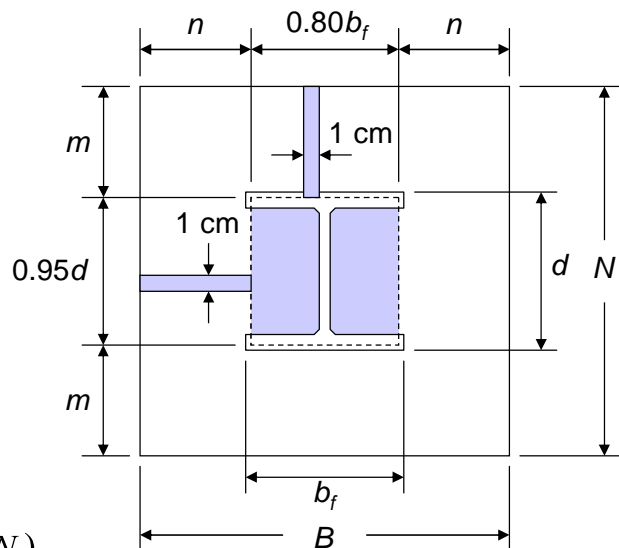
$$A_1 = \frac{1}{A_2} \left(\frac{P}{0.35 f'_c} \right)^2$$



Minimum Thickness of Column Base Plate



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

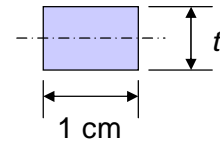


พิจารณาเป็นคานยื่นกว้าง 1 ซม. ในแต่ละทิศทาง โดยมีขอบยึดแน่นที่ $0.80b_f$ และ $0.95d$

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

โมเมนต์หน้าตัดของแผ่นรองกว้าง 1 ซม.หนา t คือ

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



หน่วยแรงคดมีค่าเท่ากับ M/S ต้องมีค่าไม่เกินหน่วยแรงคดที่ยอมให้ F_b จะได้ว่า

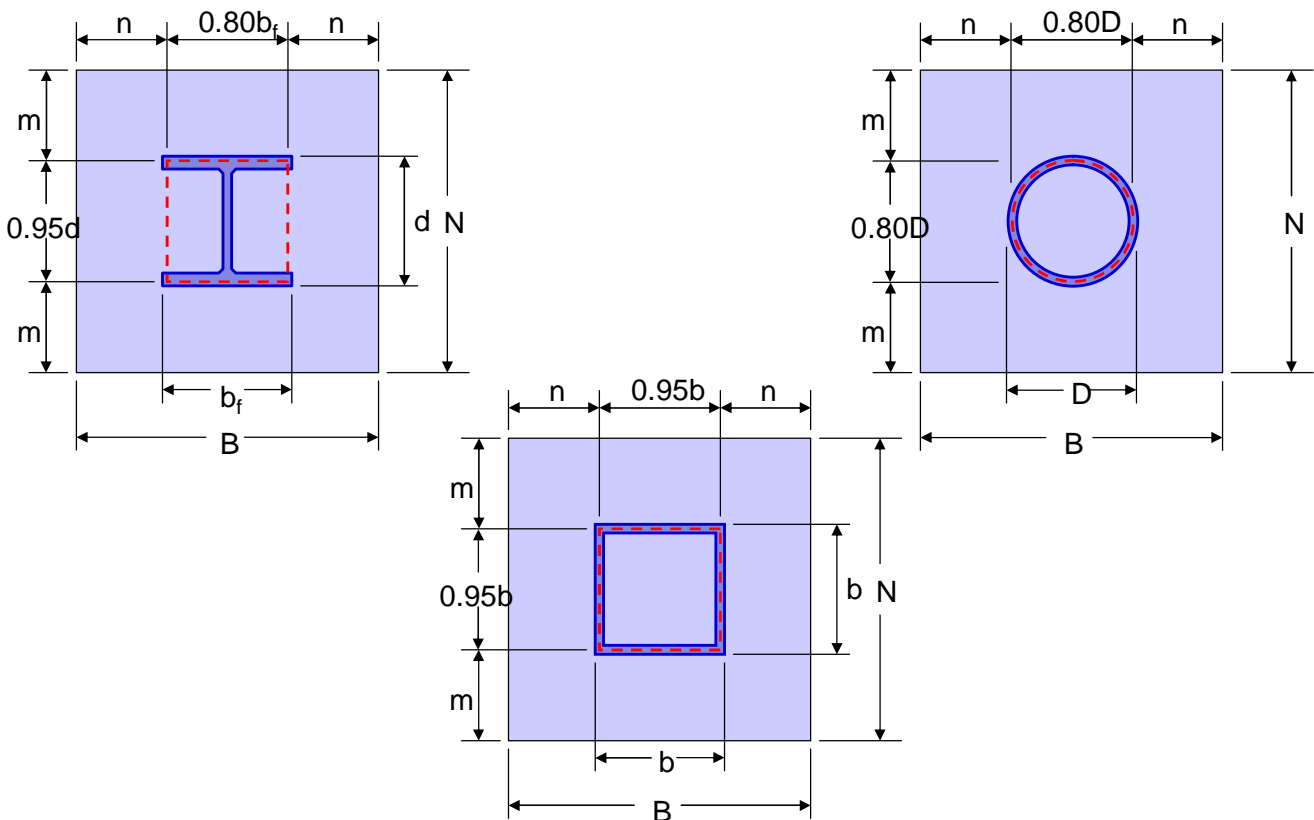
$$F_b = \frac{M}{S} = \frac{f_p(m^2/2)}{t^2/6} = \frac{3f_p m^2}{t^2} \longrightarrow t = \sqrt{\frac{3f_p m^2}{F_b}}$$

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

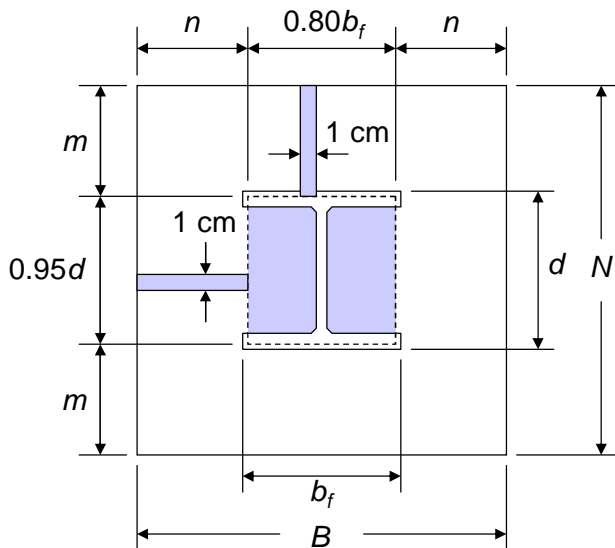
AISC กำหนดหน่วยแรงคดที่ยอมให้ในแผ่นรอง $F_b = 0.75F_y$:

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

Critical Bending Dimensions



Design of Column Base Plates



การออกแบบแผ่นเหล็กจะประหยัดที่สุด
เมื่อระยะ N และ B ถูกเลือกจนทำให้ $m = n$

สถานะเช่นนี้จะเกิดขึ้นเมื่อ

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

เมื่อ A_1 = พื้นที่ของแผ่นฐานเสาที่ต้องการ

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

เมื่อคำนวณความยาว N ได้แล้ว ความกว้าง B ที่ต้องการจะคำนวณได้จาก $B = A_1/N$

ตัวอย่างที่ 6-4 จงออกแบบแผ่นรองรับใต้เสาทำด้วยเหล็ก A36 สำหรับเสา W300×94.0 ($d = 30$ ซม., $b_f = 30$ ซม.) และน้ำหนัก 160 ตัน ฐานรากคอนกรีตที่รองรับมีขนาด 2.5×2.5 เมตร = 210 กก./ซม.²

วิธีทำ พื้นที่แผ่นรองมีขนาดเล็กกว่าฐานคอนกรีต พื้นที่ 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:

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

คำนวณขนาดของ m และ n :

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

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

เนื่องจากแผ่นรองไม้ครอบคลุมคอนกรีตทั้งหมด

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

$$F_p = 0.7 f'_c = 147 \text{ kg/cm}^2$$

ควบคุม

$$f_p < F_p$$

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.



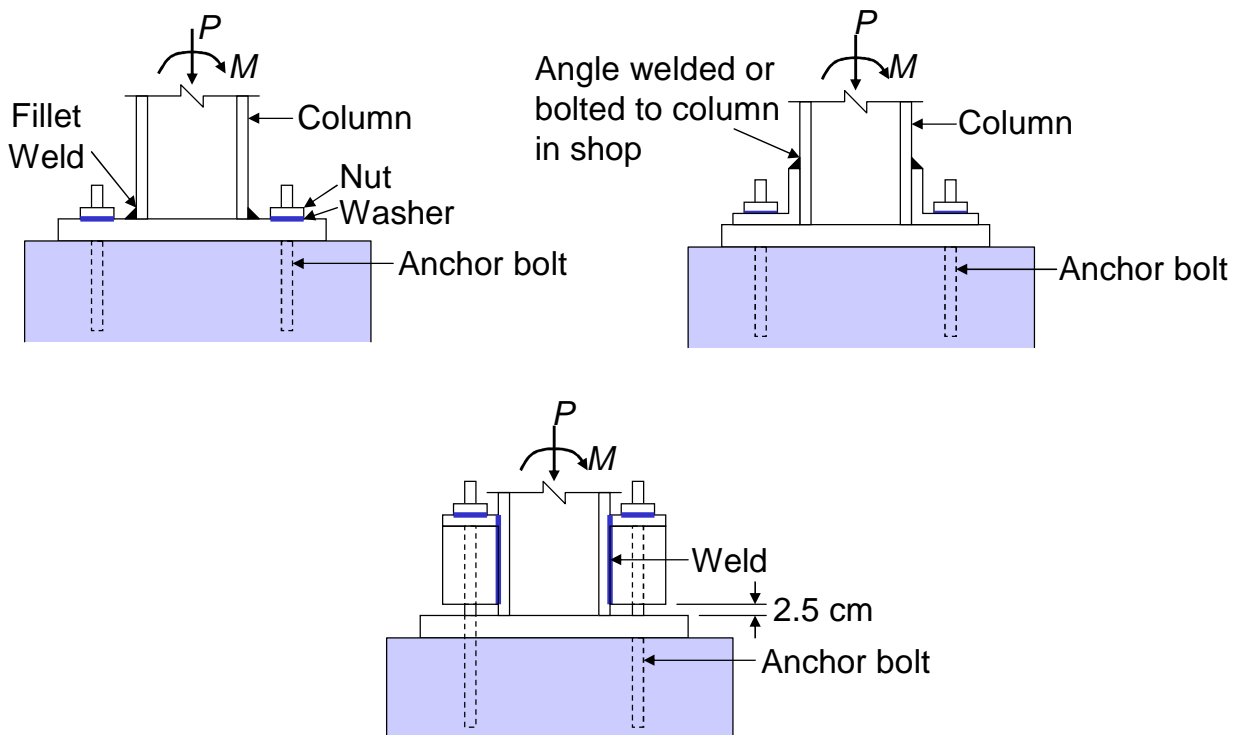
www.tumcivil.com/DRMK/

Base Plate 1 : Axial Load

Moment Resisting Column Base



Moment-Resisting Column Bases



Bearing Pressure

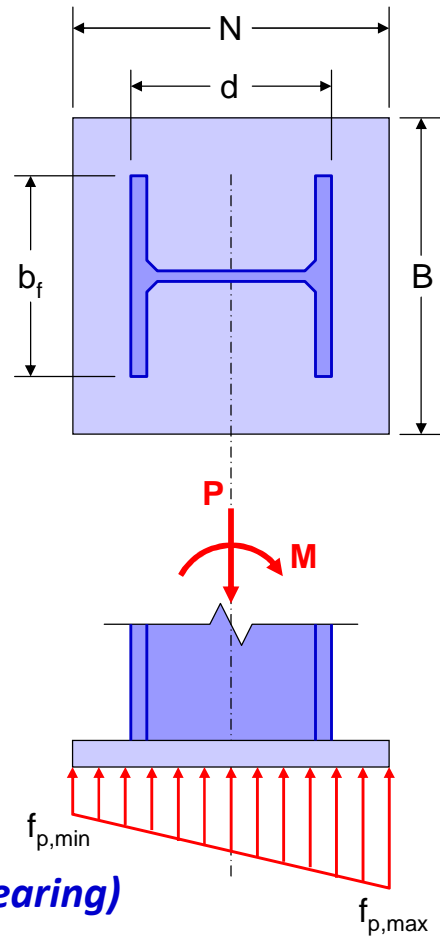
Pressure from axial load: $f_{pa} = P / A$

Pressure from moment: $f_{pb} = M / S$

where $A = B \times N$ and $S = B \times N^2 / 6$

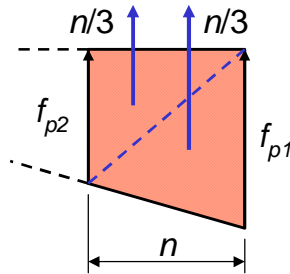
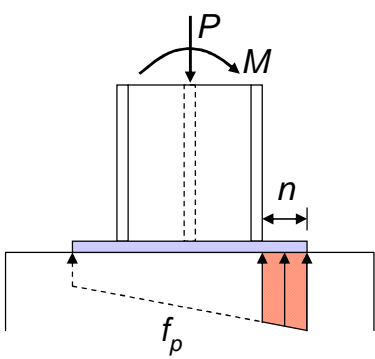
$$f_{p,\min} = \frac{P}{BN} - \frac{6M}{BN^2} \geq 0$$

$$f_{p,\max} = \frac{P}{BN} + \frac{6M}{BN^2} \leq F_p$$



Small Moment without Uplift (Full Plate Bearing)

Base Plate Design



Moments at critical sections:

$$M = \frac{1}{2} f_{p1} n \left(\frac{2n}{3} \right) + \frac{1}{2} f_{p2} n \left(\frac{n}{3} \right)$$

$$= \frac{f_{p1} n^2}{3} + \frac{f_{p2} n^2}{6}$$

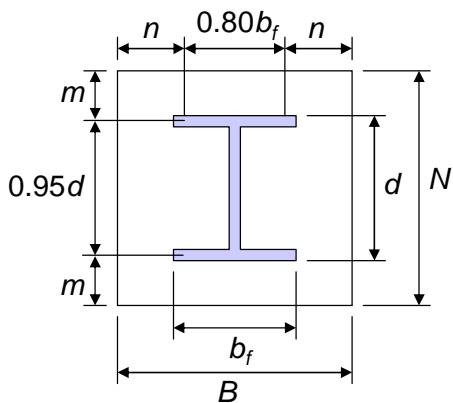
Another direction, $M = \frac{f_{p1} m^2}{3} + \frac{f_{p2} m^2}{6}$

โมเมนต์หน้าตัดของแผ่นรองกว้าง 1 ซม. หนา t คือ

$$S = \frac{I}{C} = \frac{\frac{1}{12}(1)(t^3)}{t/2} = \frac{t^2}{6} \rightarrow F_b = \frac{M}{S} = \frac{6M}{t^2}$$

มาตรฐาน AISC กำหนดให้ $F_b = 0.75F_y$

$$0.75F_y = \frac{6M}{t^2} \rightarrow t = \sqrt{\frac{6M}{F_b}} = \sqrt{\frac{8M}{F_y}}$$



ตัวอย่างที่ 14-6 ออกแบบแผ่นรองใต้เสาต้านทานโมเมนต์เพื่อรองรับเสา W350x159 ซึ่งมีน้ำหนักตามแนวแกน 150 ตัน และโมเมนต์ดัด 15 ตัน-เมตร ใช้เหล็ก A36 และ $F_b = 0.75(2,500) = 1,875$ กก./ชม.² คอนกรีตฐานรากมีค่า = 210 กก./ชม.² และ $F_p = 0.35(210) = 73.5$ กก./ชม.²

วิธีทำ W350x159 ($d = 35.6$ ซม., $t_w = 14$ มม., $b_f = 35.2$ ซม., $t_f = 22$ มม.)

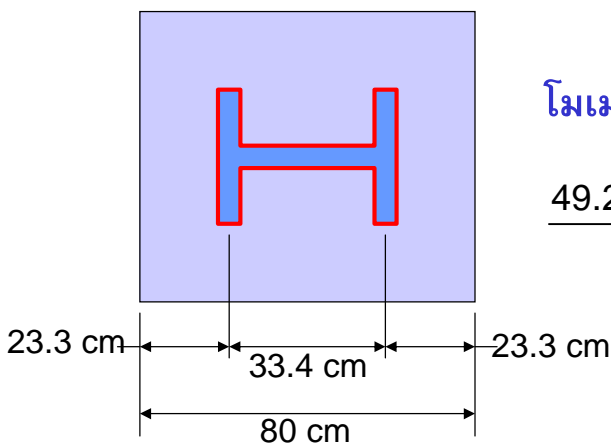
ระยะเยื้องศูนย์กลาง $e = M/P = 15(100)/150 = 10$ ซม.

แรงลัพธ์อยู่ภายในปีกเสา พยายามจัดให้อยู่ในช่วง 1/3 กลางของแผ่นเหล็ก

ลองใช้แผ่นเหล็กขนาด 50 x 80 ซม.(หลังจากการลองหลายครั้ง)

$$f_p = \frac{P}{BN} \pm \frac{6M}{BN^2} = \frac{150 \times 10^3}{50 \times 80} \pm \frac{6 \times 15 \times 10^5}{50 \times 80^2}$$

$$= 37.5 \pm 28.13 = \begin{cases} 65.63 \text{ kg/cm}^2 < F_b = 73.5 \text{ kg/cm}^2 & \text{OK} \\ 9.37 \text{ kg/cm}^2 > 0 & \text{OK} \end{cases}$$



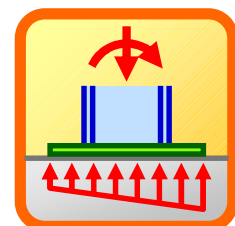
โมเมนต์ดัดในส่วนยื่น:

$$\frac{49.27(23.3)^2}{6} + \frac{65.63(23.3)^2}{3} = 16,237 \text{ kg-cm}$$

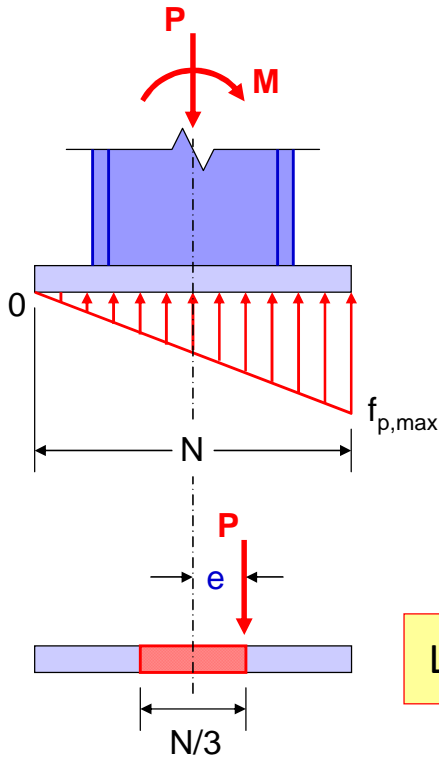
ความหนาของแผ่นเหล็กที่ต้องการ

$$t = \sqrt{\frac{8M}{F_y}} = \sqrt{\frac{8(16,237)}{2,500}} = 7.21 \text{ ซม.}$$

ใช้แผ่นเหล็ก 7.5 x 50 x 80 ซม.



Max Moment without Uplift



$$f_{p,\min} = \frac{P}{BN} - \frac{6M}{BN^2} = 0$$

$$Pe = M = \frac{PN}{6}$$

$$e = \frac{N}{6}$$

Criteria for full plate bearing: $-\frac{N}{6} \leq e \leq \frac{N}{6}$

Load **P** within middle third of plate length **N**

Large Moment with Uplift

Eccentricity limit: $\frac{N}{6} \leq e \leq \frac{N}{2}$

$$[\Sigma F_y = 0] \quad T + P = \frac{F_p N_p B}{2}$$

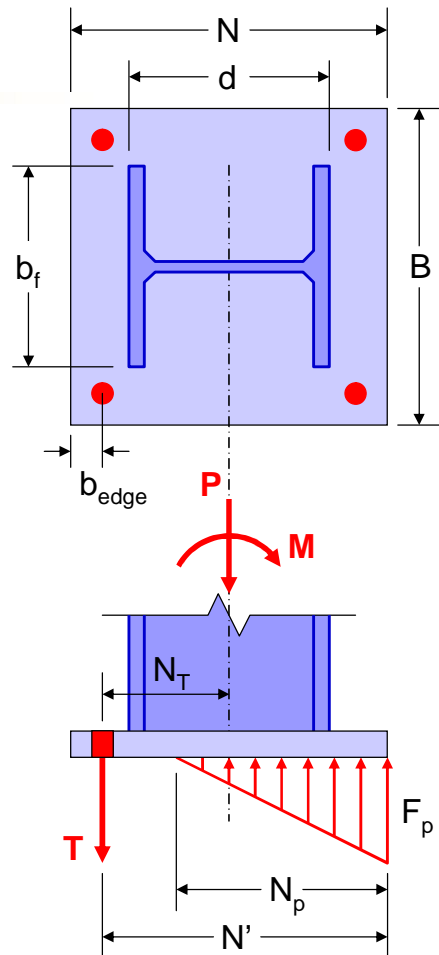
$$[\Sigma M_T = 0] \quad PN_T + M = \frac{F_p N_p B}{2} \left(N' - \frac{N_p}{3} \right)$$

where **T** = Tensile force in anchor rod

N_T = Distance between anchor rod and column center

N_p = Bearing Length ($< N$)

N' = Distance between anchor rod and plate edge



From $[\Sigma M_T = 0] \quad PN_T + M = \frac{F_p N_p B}{2} \left(N' - \frac{N_p}{3} \right)$

Solve quadratic function to determine the bearing length N_p :

$$N_p = \frac{f' \pm \sqrt{f'^2 - 4(F_p B / 6)(PN_T + M)}}{F_p B / 3}$$

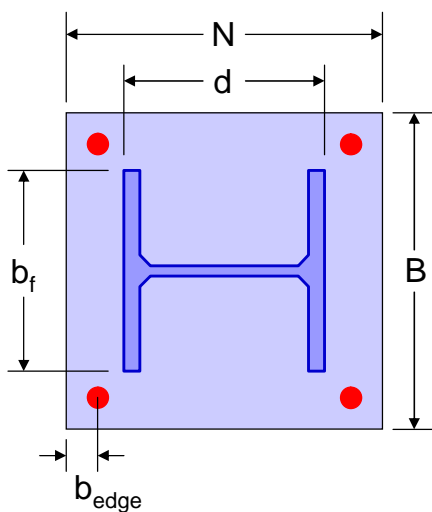
where $f' = F_p B N' / 2$

Tensile force in anchor rod:

$$T = \frac{F_p N_p B}{2} - P$$

ตัวอย่างที่ 14-7 ทำตัวอย่างที่ 14-6 ซ้ำโดยใช้เสา W350x159 ต้นเดิม รับน้ำหนัก $P = 50$ ตัน และโมเมนต์ดัด $M = 10$ ตัน-เมตร ลานคอนกรีตมีขนาดเท่าแผ่นเหล็ก $f'_c = 240$ ksc

วิธีทำ W350x159 ($d = 35.6$ ซม., $t_w = 14$ มม., $b_f = 35.2$ ซม., $t_f = 22$ มม.)



ลองเลือกขนาดแผ่นเหล็กจากขนาดเสาบวกระยะ
ขอบสมอยัด

$$N > d + 2 \times 8 = 35.6 + 16 = 51.6 \text{ cm}$$

$$B > b_f + 2 \times 8 = 35.2 + 16 = 51.2 \text{ cm}$$

ลองแผ่นเหล็ก $N = 52$ cm, $B = 52$ cm

$$\text{ระยะเยื้องศูนย์กลาง } e = M/P = 10 \times 100 / 50 = 20 \text{ cm}$$

$$N/6 = 8.67 \text{ cm} < e = 20 < N/2 = 26 \text{ cm}$$

∴ โมเมนต์มากจนทำให้เกิดแรงดึงในสมอยัด

พิจารณาความยาวแบกทาน:

$$F_p = 0.35 \times 240 = 84 \text{ kg/cm}^2$$

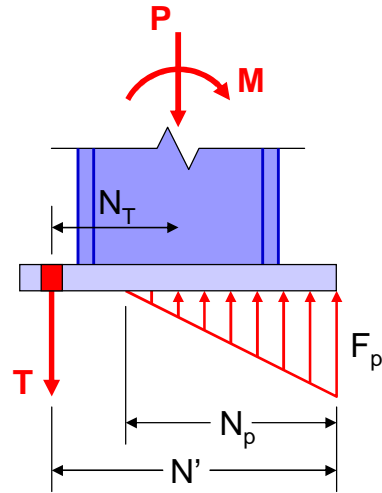
$$f' = F_p B N' / 2$$

$$= 84 \times 52 \times 48 / 2$$

$$= 104832 \text{ kg}$$

$$N_p = \frac{f' \pm \sqrt{f'^2 - 4(F_p B / 6)(P N_T + M)}}{F_p B / 3}$$

$$N_p = 24.0 \text{ cm}$$



พิจารณาแรงดึงในสมอยึด:

$$T = \frac{F_p N_p B}{2} - P$$

$$T = 84 \times 24.0 \times 52 / 2 - 50 \times 10^3$$

$$= 2416 \text{ kg}$$

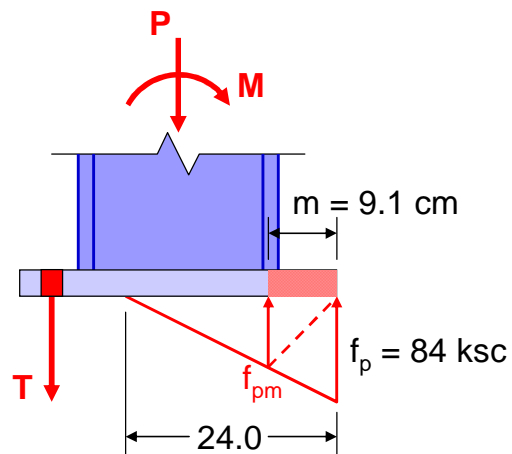
$$T_{\text{rod}} = T / 2 = 1208 \text{ kg}$$

พิจารณาความหนาแผ่นเหล็ก:

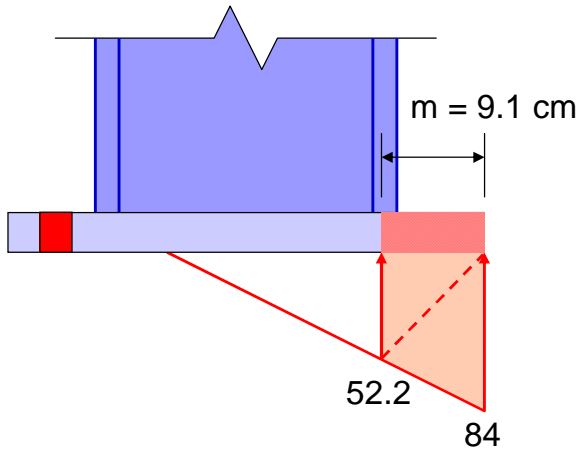
ระยะยื่น $m = (N - 0.95d) / 2$

$$= (52 - 0.95 \times 35.6) / 2$$

$$m = 9.1 \text{ cm}$$



$$f_{pm} = 84 \times (24.0 - 9.1) / 24.0 = 52.2 \text{ ksc}$$



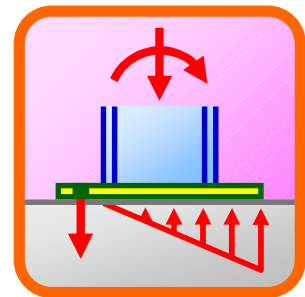
โมเมนต์ดัดในแผ่นเหล็ก:

$$M_{pl} = \frac{52.2 \times 9.1^2}{6} + \frac{84 \times 9.1^2}{3}$$

$$= 3039 \text{ kg-cm}$$

$$t = \sqrt{\frac{8 \times 3039}{2500}} = 3.1 \text{ cm}$$

ใช้แผ่นเหล็ก PL 3.1 x 52 x 52 ซม.



Alternative Shorter Method

วิธีอย่างง่ายในการคำนวณความยาวแบกทานโดยสมมุติให้ศูนย์ถ่วงแรงดันใต้ฐานตรงกับปีกรับแรงอัด

$$[\Sigma F_y = 0] \quad T + P = R = \frac{F_p N_p B}{2}$$

$$[\Sigma M_T = 0] \quad PN_T + M = R \left(N' - \frac{N_p}{3} \right)$$

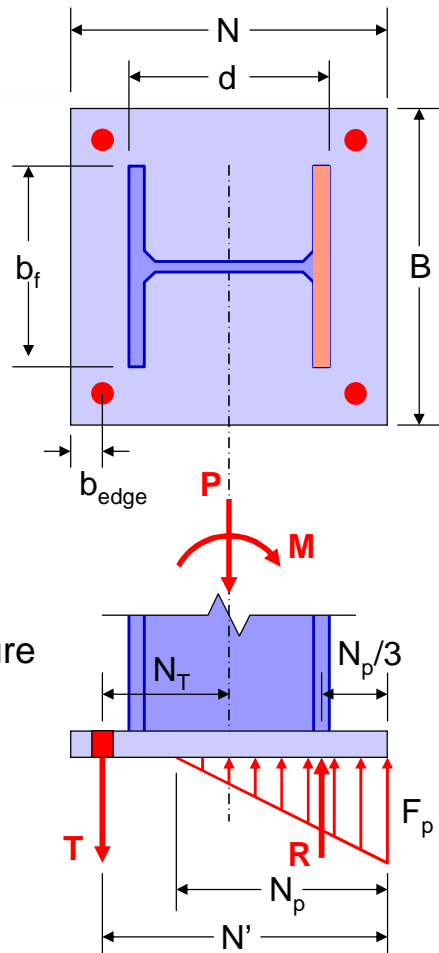
where **T** = Tensile force in anchor rod

R = Resultant force from bearing pressure

N_T = Distance between anchor rod and column center

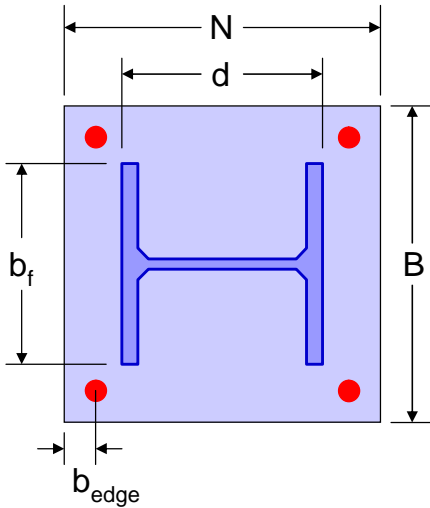
N_p = Bearing Length ($< N$)

N' = Distance between anchor rod and plate edge



ตัวอย่างที่ 14-7 ทำตัวอย่างที่ 14-6 ซ้ำโดยใช้เสา W350x159 ต้นเดิม รับน้ำหนัก $P = 50$ ตัน และโมเมนต์ดัด $M = 10$ ตัน-เมตร ฐานคอนกรีตมีขนาดเท่าแผ่นเหล็ก $f'_c = 240$ ksc

วิธีทำ W350x159 ($d = 35.6$ ซม., $t_w = 14$ มม., $b_f = 35.2$ ซม., $t_f = 22$ มม.)



ลองแผ่นเหล็ก $N = 52$ ซม., $B = 52$ ซม.

$$N/6 = 8.67 \text{ ซม.} < e = 20 < N/2 = 26 \text{ ซม.}$$

$$\begin{aligned} \text{ความยาวแบกทาน } N_p &= 3 (52 - 35.6 + 2.2) / 2 \\ &= 27.9 \text{ ซม.} \end{aligned}$$

พิจารณาแรงดึงในสมอยึด:

$$T = \frac{F_p N_p B}{2} - P$$

$$T = 84 \times 27.9 \times 52 / 2 - 50 \times 10^3 = 10934 \text{ กก}$$

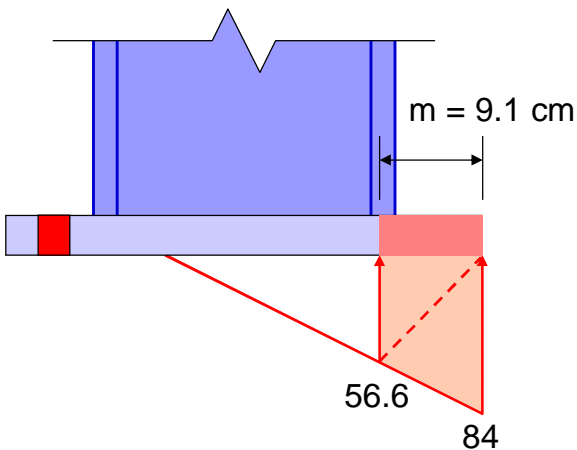
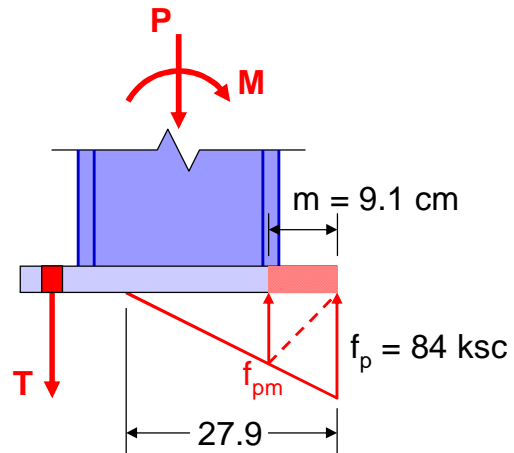
$$T_{\text{rod}} = T/2 = 5467 \text{ กก}$$

พิจารณาความหนาแผ่นเหล็ก:

$$\begin{aligned} \text{ระยะยื่น } m &= (N - 0.95d) / 2 \\ &= (52 - 0.95 \times 35.6) / 2 \end{aligned}$$

$$m = 9.1 \text{ ซม.}$$

$$\begin{aligned} f_{pm} &= 84 (27.9 - 9.1) / 27.9 \\ &= 56.6 \text{ ksc} \end{aligned}$$



โมเมนต์ดัดในแผ่นเหล็ก:

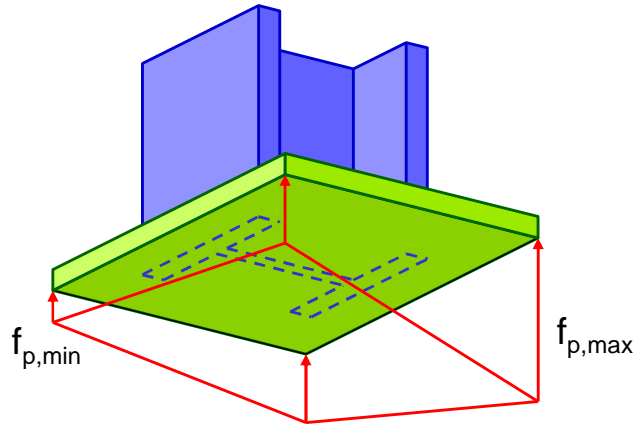
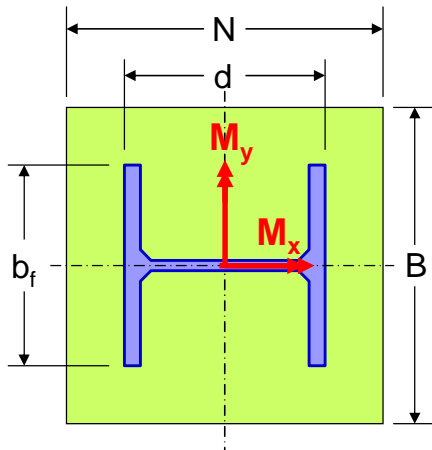
$$\begin{aligned} M_{pl} &= \frac{56.6 \times 9.1^2}{6} + \frac{84 \times 9.1^2}{3} \\ &= 3100 \text{ กก-ซม} \end{aligned}$$

$$t = \sqrt{\frac{8 \times 3100}{2500}} = 3.2 \text{ ซม.}$$

ใช้แผ่นเหล็ก **PL 3.2 x 52 x 52 ซม.**

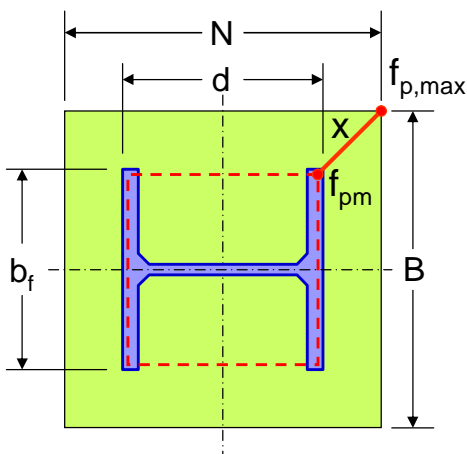
Bi-Axial Bending Base Plate

Small moment: $e < N/6$?



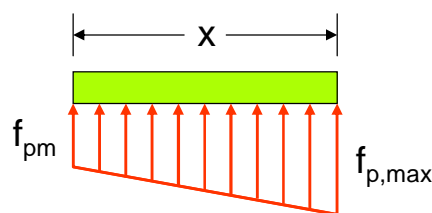
$$f_{p,\min} = \frac{P}{BN} - \frac{6M_y}{BN^2} - \frac{6M_x}{B^2N} \geq 0$$

$$f_{p,\max} = \frac{P}{BN} + \frac{6M_y}{BN^2} + \frac{6M_x}{B^2N} \leq F_p$$



$$I_x = NB^3/12, \quad I_y = BN^3/12$$

$$f_{pm} = \frac{P}{BN} + \frac{M_y(0.95d/2)}{I_y} + \frac{M_x(0.80b_f/2)}{I_x}$$



$$M_{pl} = \frac{f_{pm} x^2}{6} + \frac{f_{p,\max} x^2}{3}$$

$$t = \sqrt{\frac{8M}{F_y}}$$

Bi-Axial Bending Base Plate

Large moment :

