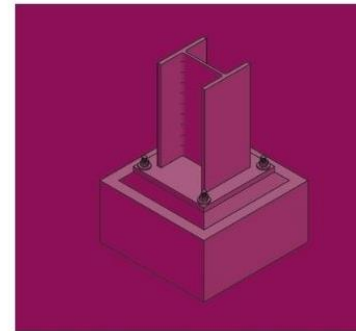


การออกแบบจุดต่อ ที่ฐานเสา

We ❤️ Steel Construction
6th Mini Course
July 16, 2025



Design Guide 1
Base Connection
Design for
Steel Structures
Third Edition



We Love Steel
Construction

#เพื่อให้อุตสาหกรรมโครงสร้างเหล็ก

FREE MINI COURSE
ครั้งที่ 6

**Design
Base plate**

ฟรี มินิคอร์ส

ใครยังไม่ได้สมัคร

สมัครด่วน !

อบรมวัน

พุธที่ **16 กรกฎาคม 2568**

เวลา **10.00-12.00 น.**

ผ่าน

ZOOM ONLINE



คะแนน CPD

หน่วย

2



SCAN ME

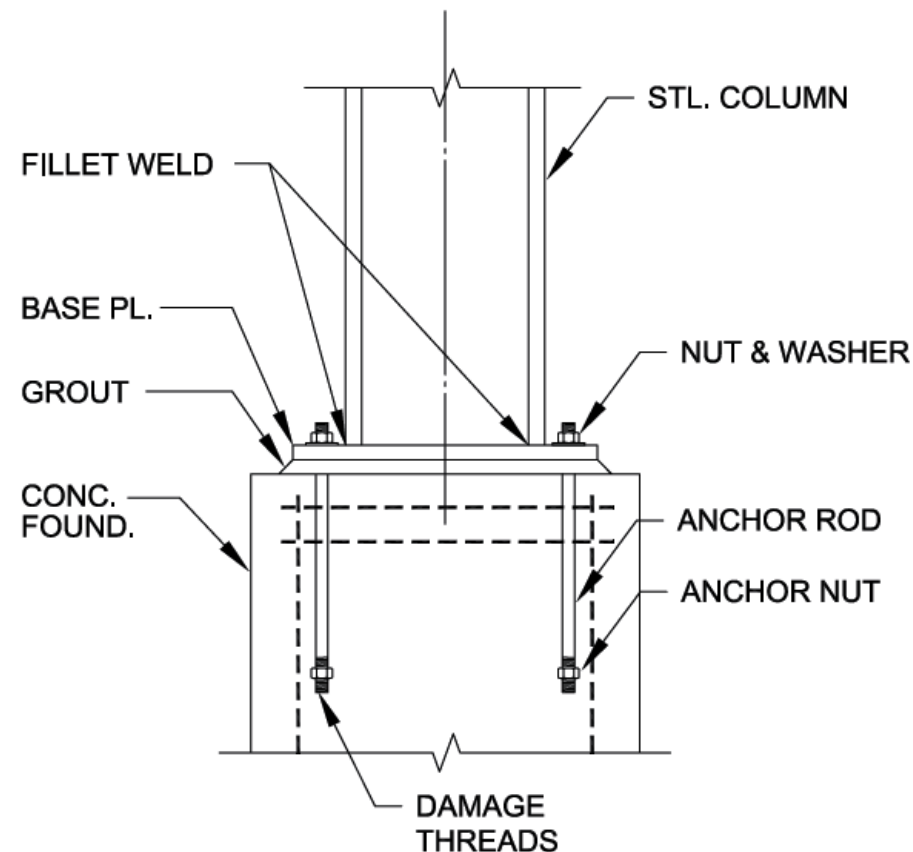
General

#WeLoveSteelConstruction

- แนวทางการออกแบบ หรือ Design guide โดย AISC นี้เป็น edition ที่ 2 ที่พัฒนาจาก 1st edition ปี 2006 โดยทั่วไป **Base plate ใช้เหล็ก standard grade ASTM A36 เทียบเท่า SS400** ยกเว้นจะสามารถหาเกรดอื่นได้ง่ายในท้องตลาด ก็สามารถใช้ได้ ส่วน **anchor rod** สามารถใช้เหล็กเกรดทั่วไป โดยในประเทศไทย ผู้ออกแบบสามารถเลือกได้หลากหลาย ทั้ง SS400 หรืออาจใช้เหล็กเกรดเทียบเท่า SD40 ($F_y = 4,000 \text{ ksc}$) เป็นต้น

ASTM Designations		Tensile Strength, F_u , ksi	Nominal Tensile Stress, $F_{nt} = 0.75F_u$, ksi	Nominal Shear Stress (N-Type), $F_{nv} = 0.450F_u$, ksi	Nominal Shear Stress (X-Type), $F_{nv} = 0.563F_u$, ksi	Maximum Diameter, in.
F1554	Gr. 36 ^[d]	58	43.5	26.1	32.7	4
	Gr. 55 ^[d]	75	56.3	33.8	42.2	4
	Gr. 105	125	93.8	56.3	70.4	3
A449		120	90.0	54.0	67.6	1
		105	78.8	47.3	59.1	1½
		90	67.5	40.5	50.7	3
A36/A36M		58	43.5	26.1	32.7	15
A354 Gr. BD		150	113	67.5	84.5	4

^[a] Nominal stress on unthreaded body area of threaded part (gross area)
^[b] Threads excluded from shear plane
^[c] Threads included in shear plane
^[d] Preferred material specification



Ref: AISC Design Guide 1, "Base Plate and Anchor Rod Design," 3rd edition

General

#WeLoveSteelConstruction

- ขนาด diameter ของ anchor rod ต้องสัมพันธ์กับ ขนาดของรูเจาะใน base plate โดยเพื่อให้สามารถติดตั้งได้โดยง่าย ควรเตรียม **รูเจาะขนาดใหญ่กว่ามาตรฐาน** หรือ **oversized hole** (ใหญ่กว่าขนาด diameter ของ anchor ประมาณ 5–6 mm) และควรเตรียม **แหวนรอง (washer)** ให้มีขนาดและความหนาที่เหมาะสมกับขนาดของรูเจาะ และทำการ**ขันแน่น (ขัน torque) ที่หน้างาน**

Table 2.3. Recommended Sizes for Anchor Rod Holes in Base Plates

Anchor Rod Diameter, in.	Hole Diameter, in.	Min. Washer Dimension, in.	Min. Washer Thickness, in.
$\frac{3}{4}$	$1\frac{5}{16}$	2	$\frac{1}{4}$
$\frac{7}{8}$	$1\frac{9}{16}$	$2\frac{1}{2}$	$\frac{5}{16}$
1	$1\frac{13}{16}$	3	$\frac{3}{8}$
$1\frac{1}{4}$	$2\frac{1}{16}$	3	$\frac{1}{2}$
$1\frac{1}{2}$	$2\frac{5}{16}$	$3\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
$1\frac{3}{4}$	$2\frac{3}{4}$	4	$\frac{5}{8}$
2	$3\frac{1}{4}$	5	$\frac{3}{4}$
$2\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{4}$	$5\frac{1}{2}$	$\frac{7}{8}$
Notes: 1. Circular or square washers meeting the size shown are acceptable. 2. Adequate clearance must be provided for the washer size selected. 3. See discussion below regarding the use of alternate $1\frac{1}{16}$ -in. hole size for $\frac{3}{4}$ -in.-diameter anchor rods, with plates less than $1\frac{1}{4}$ in. thick.			



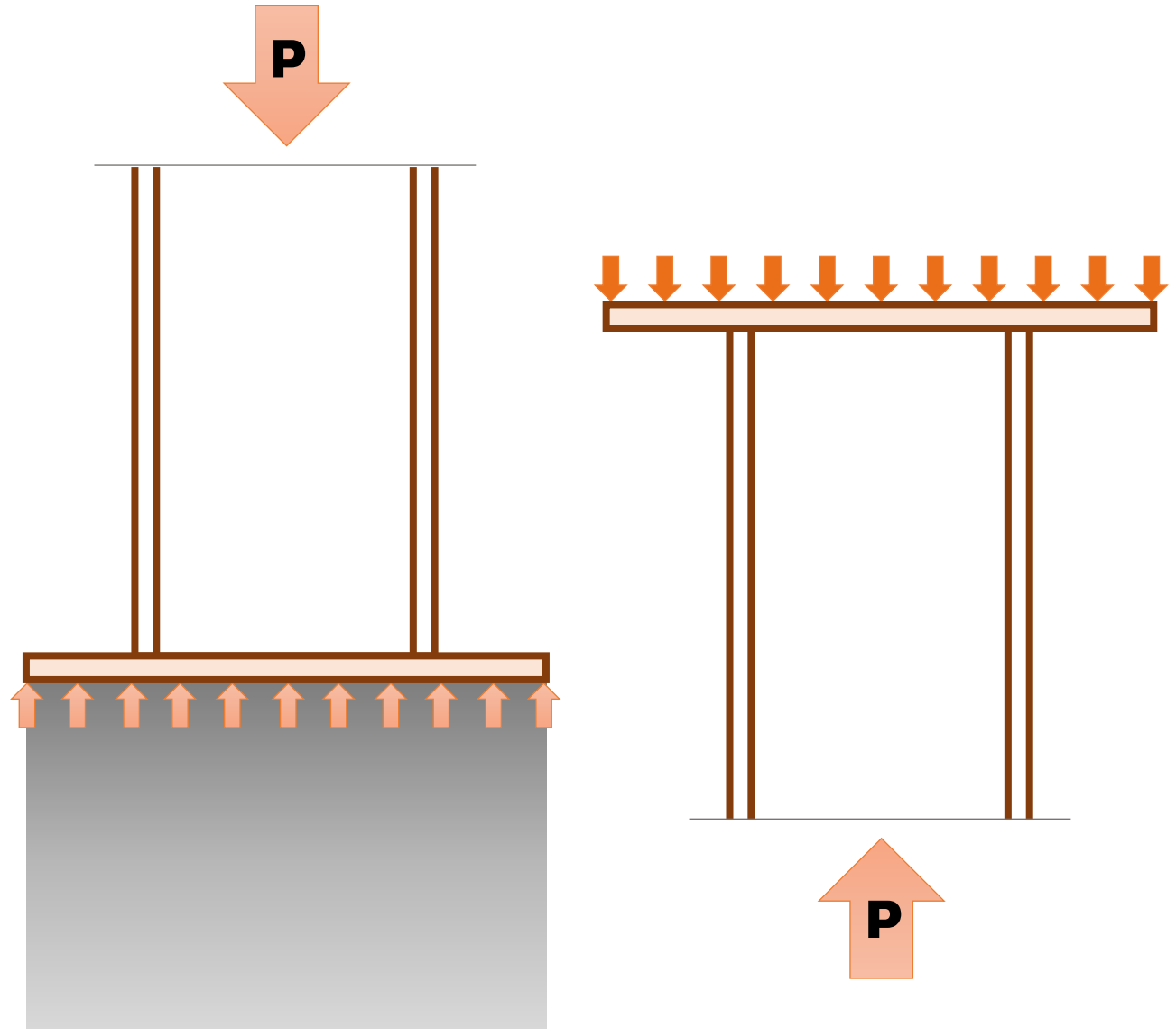
Ref: AISC Design Guide 1, "Base Plate and Anchor Rod Design," 2nd edition

Ref: www.shutterstock.com

Mechanism - 1

#WeLoveSteelConstruction

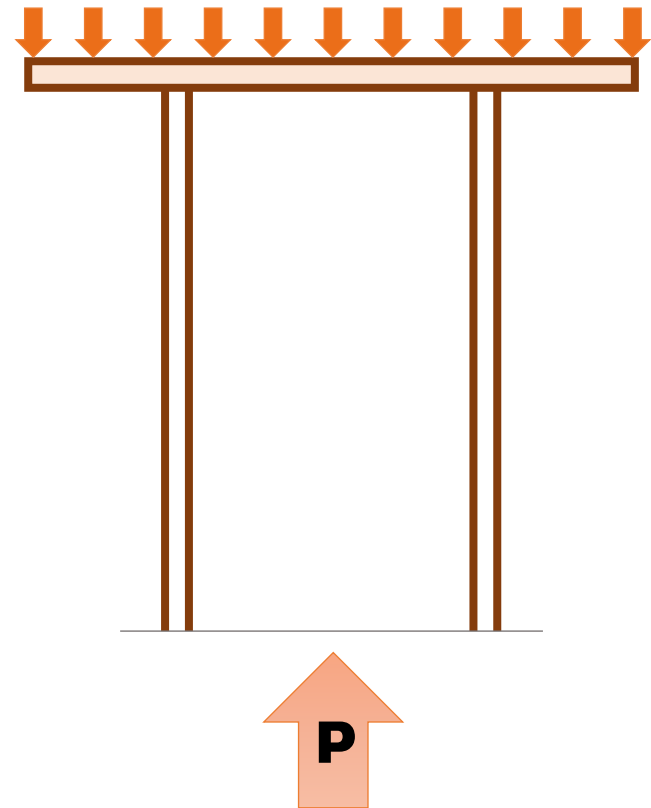
- เหล็ก SS400 $F_u = 4,000$ ksc ถ้าไม่มี base plate มารองรับ โดยวางเหล็กบนตอม่อคอนกรีตโดยตรง $f'_c = 400$ ksc คอนกรีตก็ย่อมจะเกิดการวิบัติ
- การเพิ่ม contact area ด้วยการติดตั้ง base plate เป็นการ **ลดค่าความเค้นอัด** (stress = P/A) ที่เกิดกับคอนกรีตตอม่อ
- ที่ contact area ระหว่าง base plate กับตอม่อคอนกรีต จะเกิด uniform contact pressure ขึ้น
- หากพลิกเสาทีติดตั้ง base plate 180° ก็จะมีลักษณะเหมือน เสาทีติด cap plate ที่มี uniform contact pressure กระทำ



Mechanism - 2

#WeLoveSteelConstruction

- การขยายขนาดต่อม่อ จะช่วยลดความเค้นอัดที่เกิดขึ้นกับต่อม่อ เพราะสามารถกระจายแรงได้ดีขึ้น จากพื้นที่รับแรงที่มีขนาดใหญ่ขึ้น
- การพิจารณา เป็นการ “เพิ่มกำลังรับแรงอัดให้กับต่อม่อคอนกรีตที่มีขนาดใหญ่กว่าขนาด base plate” แต่ได้สูงสุดไม่เกิน 2 เท่า ของกำลังอัดคอนกรีตที่ contact surface
- สำหรับ base plate การพิจารณา จะเสมือนว่า เกิด uniform pressure มากระทำที่ contact surface ดังนั้น base plate จึงพิจารณาลายกับเป็นคานยื่น ที่รับ uniform load การตรวจสอบ base plate จึงต้องตรวจสอบว่า moment จาก uniform load นี้ไม่เกินกว่ากำลังรับ moment (M_p) หรือไม่



Concrete footing check

#WeLoveSteelConstruction

- ขั้นตอนแรกในการออกแบบ base plate คือ การสมมติ ขนาดกว้าง x ยาว ของ base plate และขนาดกว้าง x ยาว ของหน้าตัด footing ซึ่งอาจเป็นตอม่อ (pier) ที่ต่อขึ้นมาจากฐานราก footing
- หลักในการพิจารณาคือ เสารับแรงอัด ถ่ายแรงอัดสู่ base plate จากนั้น base plate กระจายแรงอัดลง pier หรือ footing
- การกระจายแรงอัดจาก base plate ลง pier หรือ footing จะสมมติให้กระจายลงเป็นมุม 45 องศา แต่จะมี **พื้นที่ประสิทธิภาพ** ที่ pier หรือ footing รับแรงอัดที่แผ่กระจายลงมาจาก base plate **ไม่เกินระยะ 2 เท่าของความกว้างและความยาวของ base plate**
- กำลังที่คอนกรีตรับได้ คือ $0.85 f_c'$ โดยสำหรับการเพื่อความเสถียรด้วย factor of safety ตามวิธี ASD ใช้ $FS = 2.31$ (ตาม AISC) ในขณะที่ resistance factor ตามวิธี LRFD ใช้ค่า **0.65** (ตาม ACI 318-02)

There is a limit to the beneficial effects of confinement, which is reflected by the limit on A_2 (to a maximum of four times A_1) or by the inequality limit. Thus, for a column base plate bearing on a footing far from edges or openings, $\sqrt{A_2/A_1} = 2$.

AISC Specification Section J8 provides the nominal bearing strength, P_p , as follows:

On the full area of a concrete support:

$$P_p = 0.85 f_c' A_1 \quad (\text{Spec. Eq. J8-1})$$

On less than the full area of a concrete support:

$$P_p = 0.85 f_c' A_1 \sqrt{A_2/A_1} \leq 1.7 f_c' A_1 \quad (\text{Spec. Eq. J8-2})$$

These equations are multiplied by the resistance factor, ϕ_c , for LRFD or divided by the safety factor, Ω_c , for ASD. Section J8 stipulates the ϕ_c and Ω_c factors for bearing on concrete as follows:

$$\phi_c = 0.65 \text{ (LR FD)}$$

$$\Omega_c = 2.31 \text{ (ASD)}$$

ACI 318, Section 21.2.1, also stipulates a resistance factor of $\phi = 0.65$ for bearing on concrete.

The nominal bearing strength can be converted to a nominal pressure format by dividing out the area term such that:

On the full area of a concrete support:

$$f_{p(max)} = 0.85 f_c' \quad (4-1)$$

Ref: AISC Design Guide 1, "Base Plate and Anchor Rod Design," 3rd edition

Base plate yielding check

#WeLoveSteelConstruction

- เมื่อเกิดการกระจายแรงอัดจาก base plate ลง pier หรือ footing จะเกิด แรงแผ่กระจาย (distributed load) กระทำด้านใต้ base plate (กรณี no moment)
- แรงแผ่กระจายนี้ จะกระทำกับ base plate (ล่างขึ้นบน) โดยเฉพาะกับส่วนที่ base plate ยื่นออกจากขอบเสา ซึ่งมีลักษณะที่เหมือนกับ **"คานยื่น" cantilevered beam ที่รับ distributed load** โดยคานยื่นมีความยาวประมาณเท่ากับระยะจากขอบเสาถึงปลาย base plate
- แต่ในทางการคำนวณ ระยะความยาวนี้ ต้องพิจารณา ทั้ง 2 ด้าน คือทางด้านกว้าง และด้านยาว ตลอดจนต้องพิจารณา yield line (ที่มาได้จากการวิเคราะห์เชิงลึก โดยใช้ energy method) เพื่อตรวจสอบว่า ด้านใดมีระยะยื่นที่มากที่สุด ด้านนั้นจะเกิดผล (เกิด bending อันสะท้อน normal stress กับ base plate) ที่มากที่สุด
- เมื่อได้ความยาวที่ control พฤติกรรม yielding ก็นำไปคำนวณหาความหนา (หรือตรวจสอบความหนา) base plate ต่อไป [ϕ (LRFD) = 0.9, Ω (ASD) = 1.67]

The required strength of the base plate can be determined as

$$M_{pl} = f_{pu} \left(\frac{l^2}{2} \right) \text{ (LRFD)}$$

$$M_{pl} = f_{pa} \left(\frac{l^2}{2} \right) \text{ (ASD)}$$

Where the critical base plate cantilever dimension, l , is the larger of m , n , and $\lambda n'$,

$$m = \frac{N - 0.95d}{2} \quad \lambda = \frac{2\sqrt{X}}{1 + \sqrt{1 - X}} \leq 1$$

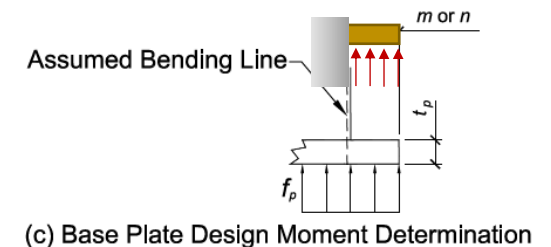
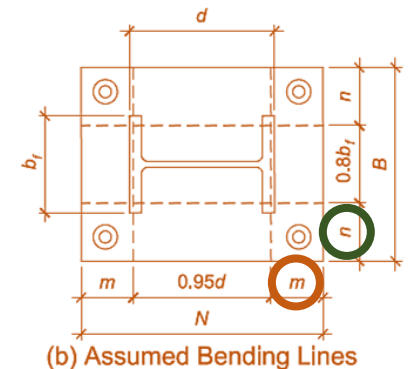
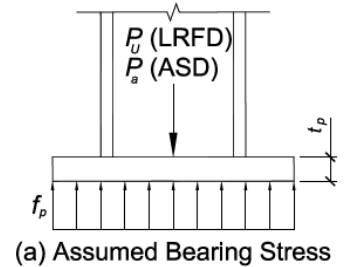
$$n = \frac{B - 0.8b_f}{2} \quad X = \left\{ \frac{4db_f}{(d + b_f)^2} \right\} \frac{P_u}{\phi_c P_p} \text{ (LRFD)}$$

$$\lambda n' = \lambda \frac{\sqrt{db_f}}{4} \quad X = \left\{ \frac{4db_f}{(d + b_f)^2} \right\} \frac{\Omega_c P_a}{P_p} \text{ (ASD)}$$

For the yielding limit state, the required minimum thickness of the base plate can be calculated as follows (Thornton, 1990) (AISC, 2005):

$$t_{min} = l \sqrt{\frac{2P_u}{\phi F_y B N}} \text{ (LRFD)}$$

$$t_{min} = l \sqrt{\frac{2\Omega P_a}{F_y B N}} \text{ (ASD)}$$



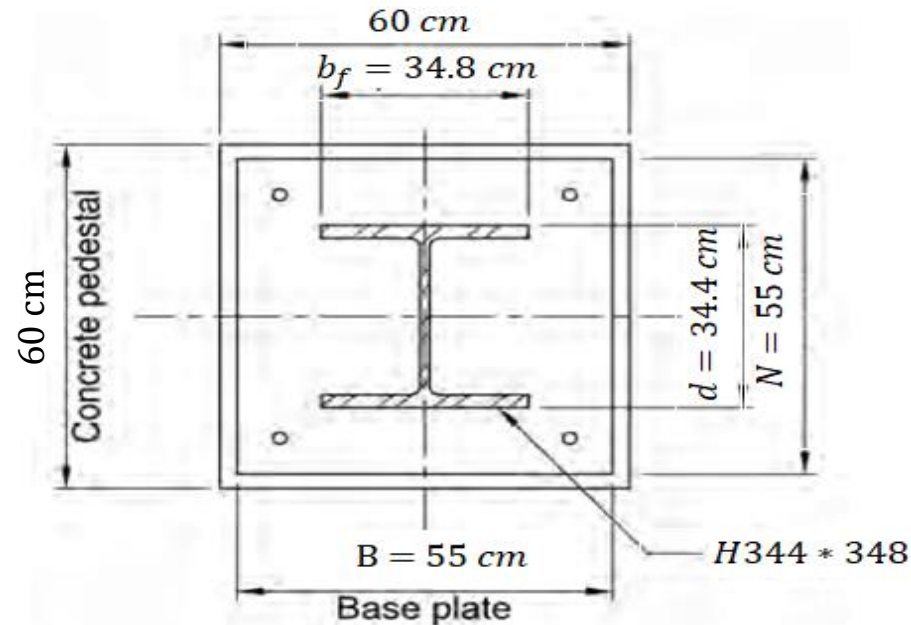
Design Example: Column Base Plate

#WeLoveSteelConstruction

จากรูป แสดงรายละเอียดที่ฐานเสา ติดตั้งอยู่บนตอม่อคอนกรีต ที่มีกำลังรับแรงอัด 210 ksc และมีการติดตั้ง non-shrink grout เข้าไปด้านใต้แผ่นรองฐานเสา (base plate) โดยมีกำลังรับแรงอัด 280 ksc จงตรวจสอบว่า base plate เกรด SS400 จะสามารถรับแรงอัดได้หรือไม่

$$P_{DL} = 60 \text{ Tons}$$

$$P_{LL} = 165 \text{ Tons}$$



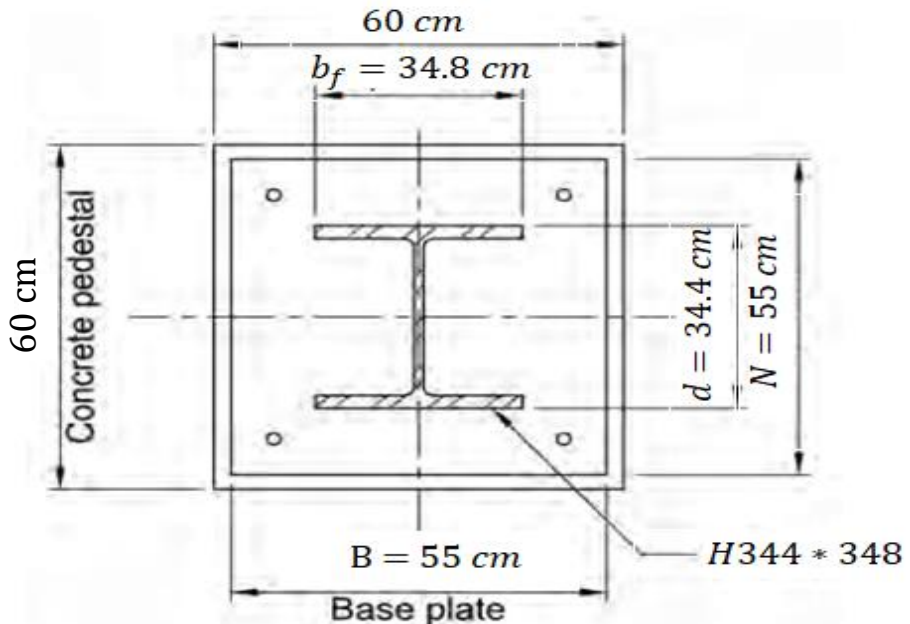
Design Example: Column Base Plate

#WeLoveSteelConstruction

จากรูป แสดงรายละเอียดที่ฐานเสา ติดตั้งอยู่บนตอม่อคอนกรีต ที่มีกำลังรับแรงอัด 210 ksc และมีการติดตั้ง non-shrink grout เข้าไปด้านใต้แผ่นรองฐานเสา (base plate) โดยมีกำลังรับแรงอัด 280 ksc จงตรวจสอบว่า base plate เกรด SS400 จะสามารถรับแรงอัดได้หรือไม่

$$P_{DL} = 60 \text{ Tons}$$

$$P_{LL} = 165 \text{ Tons}$$



Step 1: คำนวณ Required axial compressive strength (P_{req})

LRFD	ASD
$P_{u,req} = 1.2P_{DL} + 1.6P_{LL}$ $= 1.2(60) + 1.6(165)$ $= 336 \text{ Tons}$ $P_{u,req} = 336 \times 10^3 \text{ Kg.}$	$P_{a,req} = P_{DL} + P_{LL}$ $= 60 + 165$ $= 225 \text{ Tons}$ $P_{a,req} = 225 \times 10^3 \text{ Kg.}$

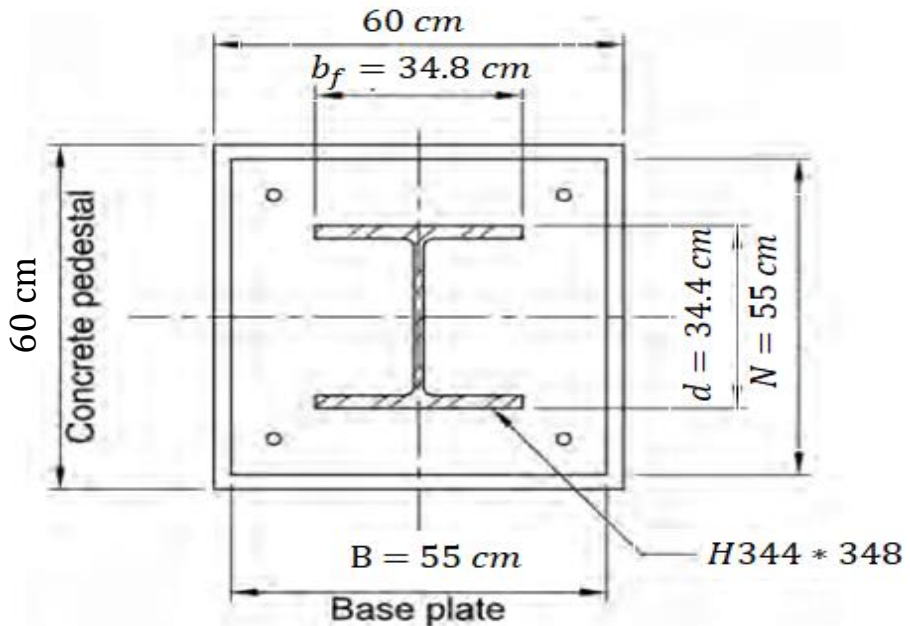
Design Example: Column Base Plate

#WeLoveSteelConstruction

จากรูป แสดงรายละเอียดที่ฐานเสา ติดตั้งอยู่บนตอม่อคอนกรีต ที่มีกำลังรับแรงอัด 210 ksc และมีการติดตั้ง non-shrink grout เข้าไปด้านใต้แผ่นรองฐานเสา (base plate) โดยมีกำลังรับแรงอัด 280 ksc จงตรวจสอบว่า base plate เกรด SS400 จะสามารถรับแรงอัดได้หรือไม่

$$P_{DL} = 60 \text{ Tons}$$

$$P_{LL} = 165 \text{ Tons}$$



Step 2: ตรวจสอบขนาดของพื้นที่ตอม่อ ($A_{2 \text{ actual}}$) ว่ามีค่ามากกว่า required-concrete pedestal area ($A_{2 \text{ required}}$) หรือไม่

LRFD	ASD
$A_{2(req)} = \frac{P_u}{\phi_c 0.85 f'_c}$ เมื่อ $P_u = 336 \times 10^3 \text{ Kg.}$ $f'_c = 210 \text{ ksc}$ $\phi_c = 0.65$ $A_{2(req)} = \frac{336 \times 10^3}{0.65 \times 0.85 \times 210}$ $= 2,896 \text{ cm}^2$	$A_{2(req)} = \frac{\Omega_c P_a}{0.85 f'_c}$ เมื่อ $P_a = 225 \times 10^3 \text{ Kg.}$ $f'_c = 210 \text{ ksc}$ $\Omega_c = 2.31$ $A_{2(req)} = \frac{2.31 \times 225 \times 10^3}{0.85 \times 210}$ $= 2,912 \text{ cm}^2$
สมมติ พื้นที่ตอม่อ = พื้นที่ Base plate *สมมติให้ $A_2 = A_1$ (conservative)	$A_{2(actual)} = A_2 = 3,600 \text{ cm}^2$ $\therefore A_{2(actual)} > A_{2(req)}$
	OK

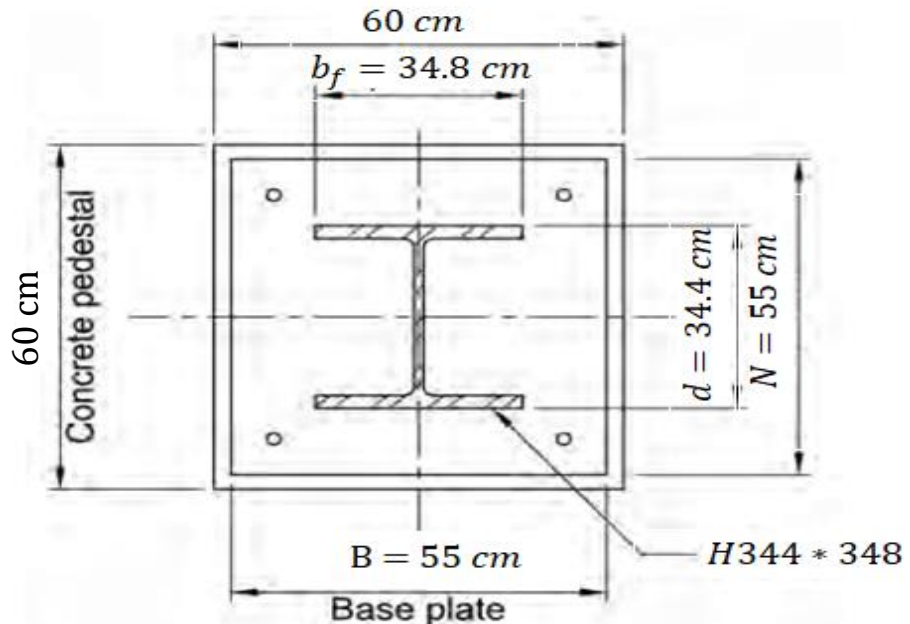
Design Example: Column Base Plate

#WeLoveSteelConstruction

จากรูป แสดงรายละเอียดที่ฐานเสา ติดตั้งอยู่บนตอม่อคอนกรีต ที่มีกำลังรับแรงอัด 210 ksc และมีการติดตั้ง non-shrink grout เข้าไปด้านใต้แผ่นรองฐานเสา (base plate) โดยมีกำลังรับแรงอัด 280 ksc จงตรวจสอบว่า base plate เกรด SS400 จะสามารถรับแรงอัดได้หรือไม่

$$P_{DL} = 60 \text{ Tons}$$

$$P_{LL} = 165 \text{ Tons}$$



Step 3: ตรวจสอบเส้นรอบรูปพื้นที่ Base plate (A_1) [$N = 55$, $B = 55$]

LRFD	ASD
$N \geq d + 2(7.2)$	$N \geq 34.4 + 2(7.2)$
$55 \geq 48.8 \text{ cm}^2$ OK	OK
$B \geq b_f + 2(7.2)$	$B \geq 34.8 + 2(7.2)$
$55 \geq 49.2 \text{ cm}^2$ OK	OK

เว้นระยะเผื่อ Bolt ทั้งสองฝั่ง

ระยะห่างระหว่าง anchor rod ถึงขอบแผ่น หรือขอบเสา ประมาณ 1.5 เท่า เส้นผ่าศูนย์กลาง anchor rod สมมติ ใช้ขนาด M24 = 24 mm ดังนั้น $1.5 \times (24) \times 2 = 72$ ดังนั้น หากเป็น 2 ด้าน จะได้ขนาดที่เหมาะสมดังข้างบน

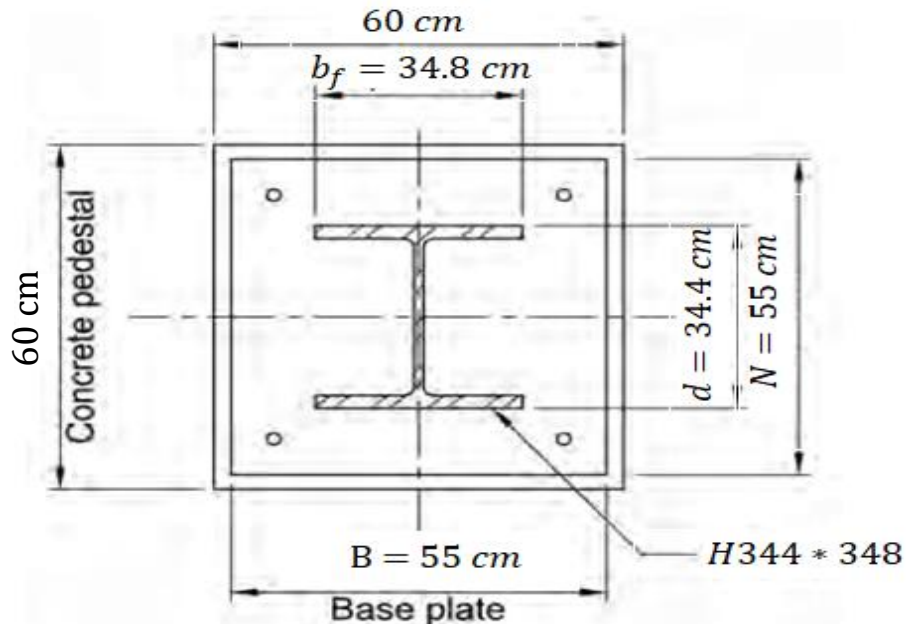
Design Example: Column Base Plate

#WeLoveSteelConstruction

จากรูป แสดงรายละเอียดที่ฐานเสา ติดตั้งอยู่บนตอม่อคอนกรีต ที่มีกำลังรับแรงอัด 210 ksc และมีการติดตั้ง non-shrink grout เข้าไปด้านใต้แผ่นรองฐานเสา (base plate) โดยมีกำลังรับแรงอัด 280 ksc จงตรวจสอบว่า base plate เกรด SS400 จะสามารถรับแรงอัดได้หรือไม่

$$P_{DL} = 60 \text{ Tons}$$

$$P_{LL} = 165 \text{ Tons}$$



Step 4: ตรวจสอบการรับแรงกดของพื้นที่ตอม่อ

LRFD	ASD
------	-----

$$\phi_c P_p = \phi_c 0.85 f'_c A_1 \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq \phi_c 1.7 f'_c A_1$$

$$\frac{P_p}{\Omega_c} = \frac{0.85 f'_c A_1}{\Omega_c} \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq \frac{1.7 f'_c A_1}{\Omega_c}$$

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$$

* เป็น Factor ที่คูณเพื่อปรับกำลังรับแรงของตอม่อ

$$\text{Ex. } A_2 = 4A_1 \rightarrow \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = 2$$

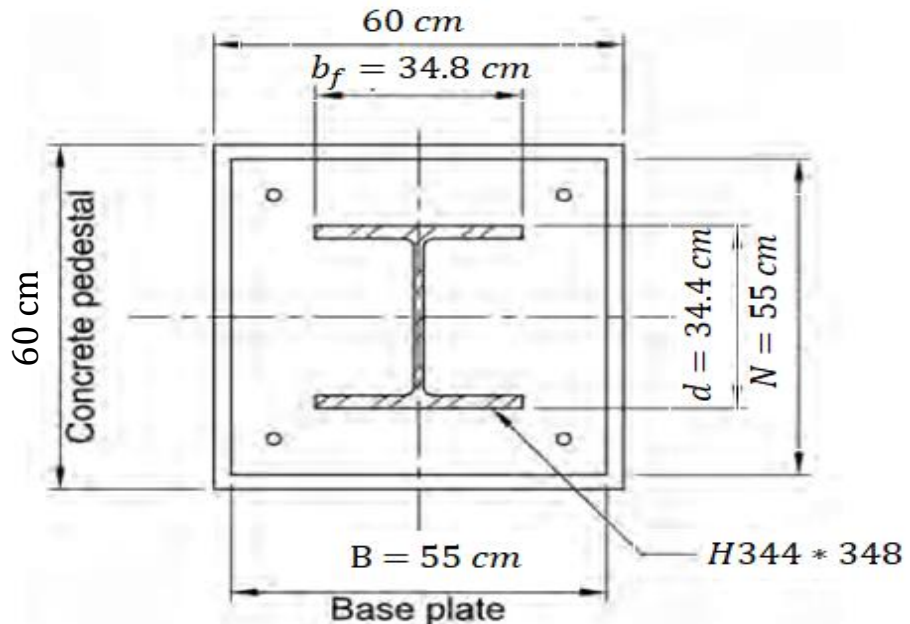
Design Example: Column Base Plate

#WeLoveSteelConstruction

จากรูป แสดงรายละเอียดที่ฐานเสา ติดตั้งอยู่บนตอม่อคอนกรีต ที่มีกำลังรับแรงอัด 210 ksc และมีการติดตั้ง non-shrink grout เข้าไปด้านใต้แผ่นรองฐานเสา (base plate) โดยมีกำลังรับแรงอัด 280 ksc จงตรวจสอบว่า base plate เกรด SS400 จะสามารถรับแรงอัดได้หรือไม่

$$P_{DL} = 60 \text{ Tons}$$

$$P_{LL} = 165 \text{ Tons}$$



Step 4: ตรวจสอบการรับแรงกดของพื้นที่ตอม่อ

LRFD

$$\phi_c P_p = \phi_c 0.85 f'_c A_1 \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq \phi_c 1.7 f'_c A_1$$

$$\phi_c P_p = 0.65(0.85)(210)(3025) \sqrt{\frac{3,600}{3,025}} \leq 0.65(1.7)(210)(3,025)$$

$$\phi_c P_p = 383 \text{ Tons} \leq 702 \text{ Tons}$$

$$P_u = 336 \text{ Tons}$$

$$\therefore \phi_c P_p > P_u$$

OK

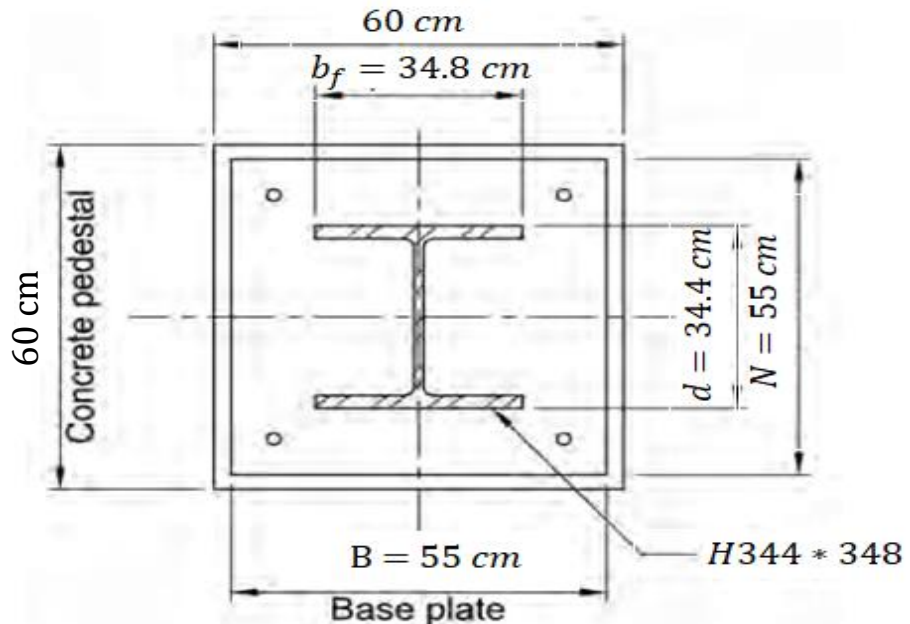
Design Example: Column Base Plate

#WeLoveSteelConstruction

จากรูป แสดงรายละเอียดที่ฐานเสา ติดตั้งอยู่บนตอม่อคอนกรีต ที่มีกำลังรับแรงอัด 210 ksc และมีการติดตั้ง non-shrink grout เข้าไปด้านใต้แผ่นรองฐานเสา (base plate) โดยมีกำลังรับแรงอัด 280 ksc จงตรวจสอบว่า base plate เกรด SS400 จะสามารถรับแรงอัดได้หรือไม่

$$P_{DL} = 60 \text{ Tons}$$

$$P_{LL} = 165 \text{ Tons}$$



Step 4: ตรวจสอบการรับแรงกดของพื้นที่ตอม่อ

ASD

$$\frac{P_p}{\Omega_c} = \frac{0.85 f'_c A_1}{\Omega_c} \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq \frac{1.7 f'_c A_1}{\Omega_c}$$

$$\frac{P_p}{\Omega_c} = \frac{(0.85)(210)(3025)}{2.31} \sqrt{\frac{3,600}{3,025}} \leq \frac{(1.7)(210)(3,025)}{2.31}$$

$$\frac{P_p}{\Omega_c} = 254 \text{ Tons} \leq 468 \text{ Tons}$$

$$P_a = 225 \text{ Tons}$$

$$\therefore \frac{P_p}{\Omega_c} > P_a$$

OK

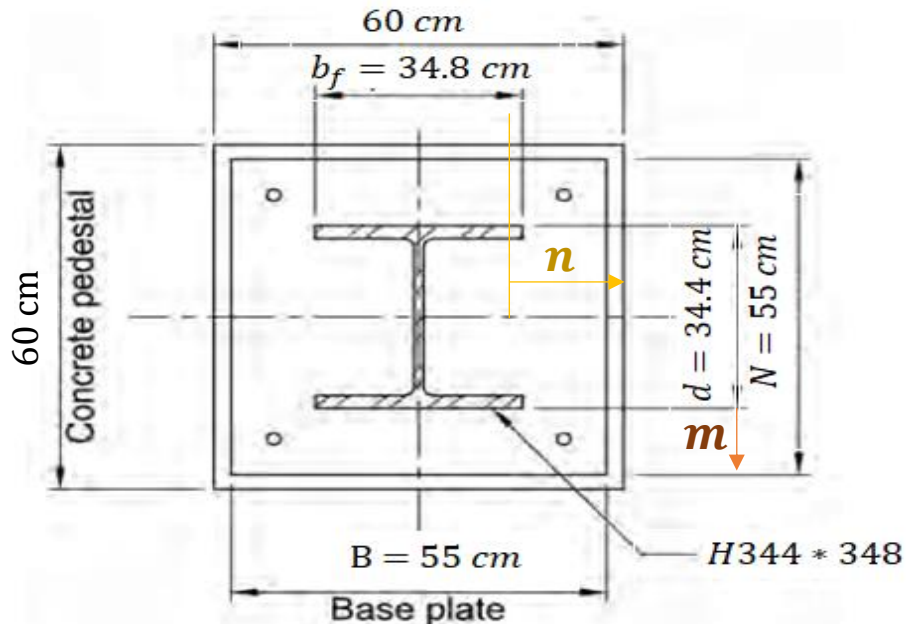
Design Example: Column Base Plate

#WeLoveSteelConstruction

จากรูป แสดงรายละเอียดที่ฐานเสา ติดตั้งอยู่บนตอม่อคอนกรีต ที่มีกำลังรับแรงอัด 210 ksc และมีการติดตั้ง non-shrink grout เข้าไปด้านใต้แผ่นรองฐานเสา (base plate) โดยมีกำลังรับแรงอัด 280 ksc จงตรวจสอบว่า base plate เกรด SS400 จะสามารถรับแรงอัดได้หรือไม่

$$P_{DL} = 60 \text{ Tons}$$

$$P_{LL} = 165 \text{ Tons}$$



Step 5: หา Required base plate thickness (t_{min})

LRFD	ASD
$t_{min} = l \sqrt{\frac{2f_{pu}}{0.90F_y}} \quad \dots \quad f_{pu} = \frac{P_u}{NB}$	$t_{min} = l \sqrt{\frac{1.67(2f_{pa})}{F_y}} \quad \dots \quad f_{pa} = \frac{P_a}{NB}$
$l = \max(m, n, \lambda n')$	
$\lambda = \frac{2\sqrt{X}}{1 + \sqrt{1 - X}} \leq 1$	
$X = \left[\frac{4db_f}{(d + b_f)^2} \right] \frac{P_u}{\phi_c P_p}$	$X = \left[\frac{4db_f}{(d + b_f)^2} \right] \frac{\Omega_c P_a}{P_p}$

Yield-line theory

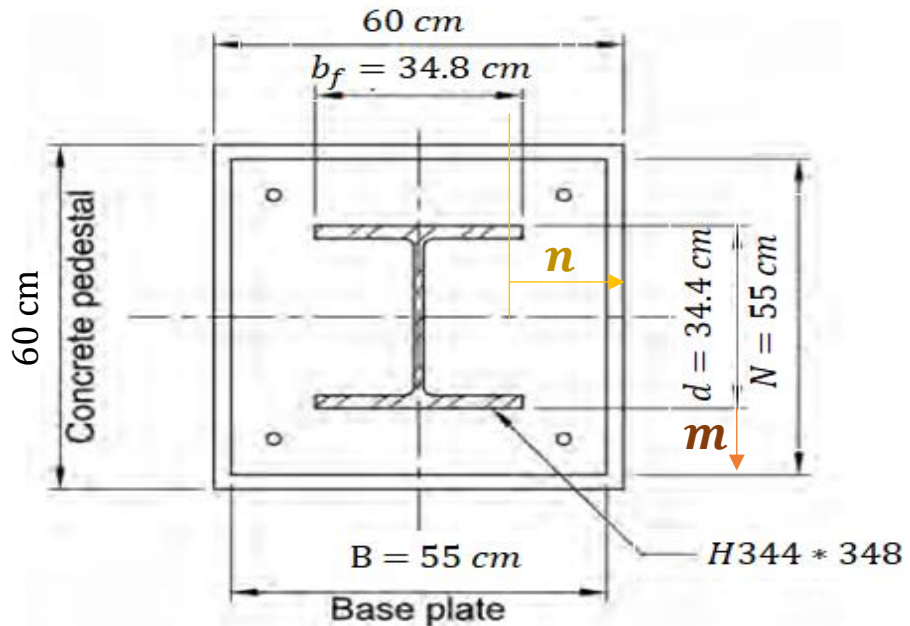
Design Example: Column Base Plate

#WeLoveSteelConstruction

จากรูป แสดงรายละเอียดที่ฐานเสา ติดตั้งอยู่บนตอม่อคอนกรีต ที่มีกำลังรับแรงอัด 210 ksc และมีการติดตั้ง non-shrink grout เข้าไปด้านใต้แผ่นรองฐานเสา (base plate) โดยมีกำลังรับแรงอัด 280 ksc จงตรวจสอบว่า base plate เกรด SS400 จะสามารถรับแรงอัดได้หรือไม่

$$P_{DL} = 60 \text{ Tons}$$

$$P_{LL} = 165 \text{ Tons}$$

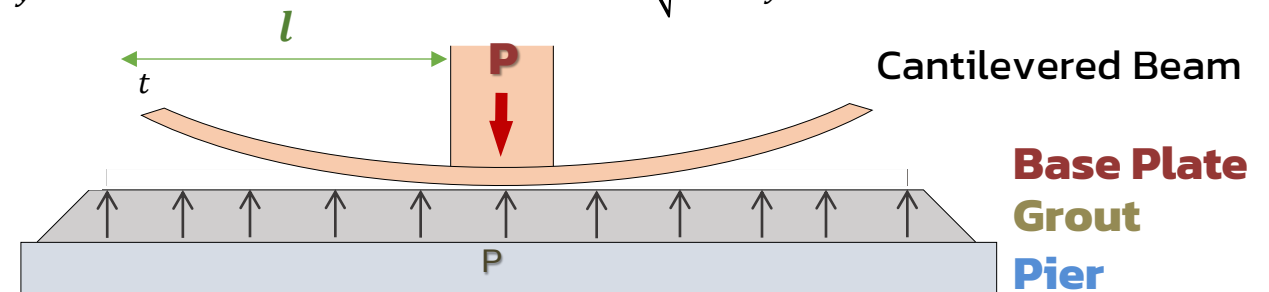


Step 5: หา Required base plate thickness (t_{min})

LRFD	ASD
------	-----

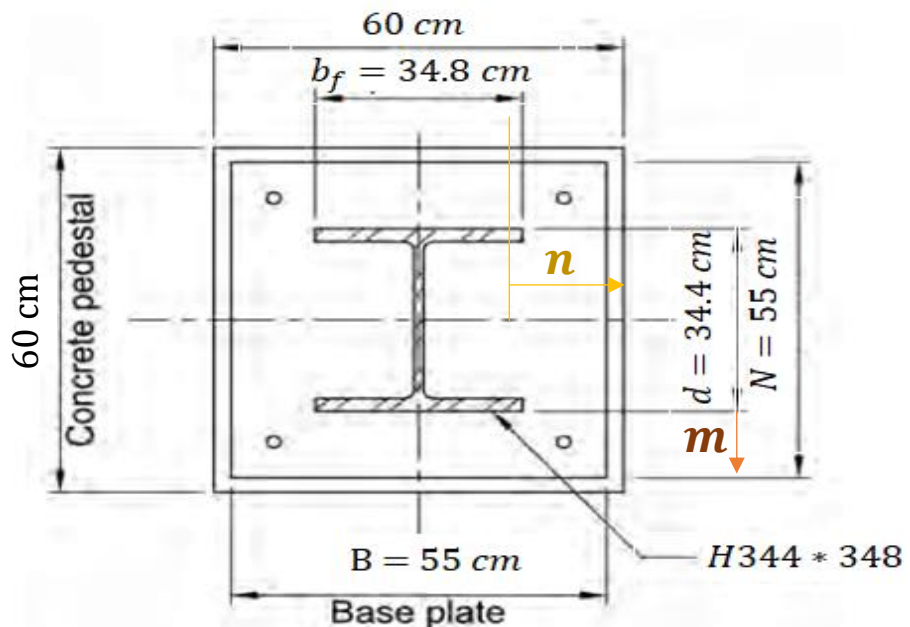
$$t_{min} = l \sqrt{\frac{2f_{pu}}{0.90F_y}}$$

$$t_{min} = l \sqrt{\frac{1.67(2f_{pa})}{F_y}}$$



#WeLoveSteelConstruction

จากรูป แสดงรายละเอียดที่ฐานเสา ติดตั้งอยู่บนตอม่อคอนกรีต ที่มีกำลังรับแรงอัด 210 ksc และมีการติดตั้ง non-shrink grout เข้าไปด้านใต้แผ่นรองฐานเสา (base plate) โดยมีกำลังรับแรงอัด 280 ksc จงตรวจสอบว่า base plate เกรด SS400 จะสามารถรับแรงอัดได้หรือไม่

$$P_{LL} = 165 \text{ Tons}$$


Step 5: Required base plate thickness (t_{min})

The flowchart illustrates the design process for shear capacity, branching into LRFD (Left) and ASD (Right) methods.

LRFD Path:

- Starts with the formula: $t_{min} = l \sqrt{\frac{2f_{pu}}{0.90F_y}}$
- Followed by: $f_{pu} = \frac{P_u}{NB}$
- Then: $l = \max(m, n, \lambda n')$
- Then: $\lambda = \frac{2\sqrt{X}}{1 + \sqrt{1 - X}} \leq 1$
- Then: $X = \left[\frac{4db_f}{(d + b_f)^2} \right] \frac{P_u}{\phi_c P_p}$

ASD Path:

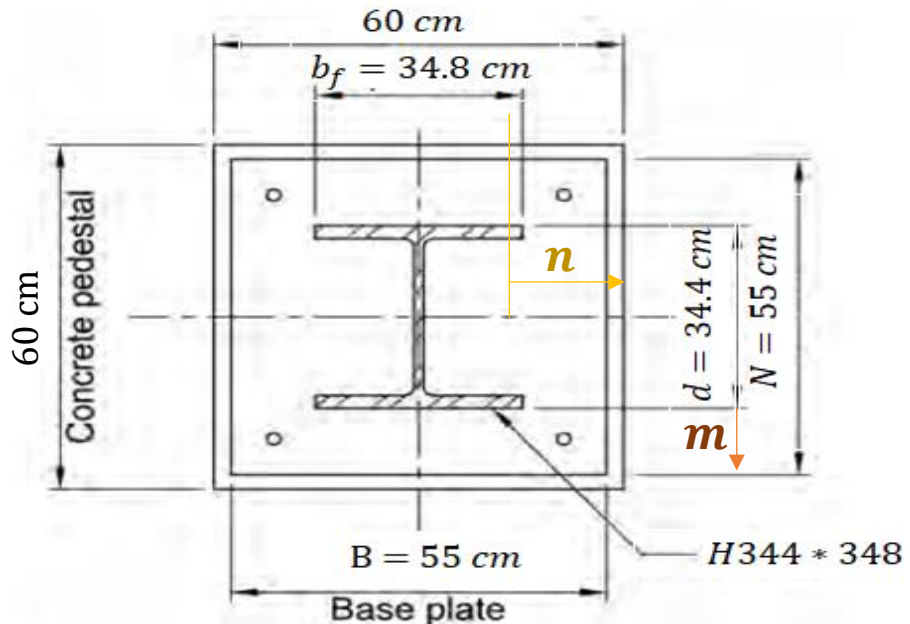
- Starts with the formula: $t_{min} = l \sqrt{\frac{1.67(2f_{pa})}{F_y}}$
- Followed by: $f_{pa} = \frac{P_a}{NB}$
- Then: $l = \max(m, n, \lambda n')$
- Then: $\lambda = \frac{2\sqrt{X}}{1 + \sqrt{1 - X}} \leq 1$
- Then: $X = \left[\frac{4db_f}{(d + b_f)^2} \right] \frac{\Omega_c P_a}{P_p}$

The flowchart uses dashed lines to connect the formulas and solid lines to separate the LRFD and ASD paths. The central formula for λ is shared between both methods.

Design Example: Column Base Plate

#WeLoveSteelConstruction

จากรูป แสดงรายละเอียดที่ฐานเสา ติดตั้งอยู่บนตอม่อคอนกรีต ที่มีกำลังรับแรงอัด 210 ksc และมีการติดตั้ง non-shrink grout เข้าไปด้านใต้แผ่นรองฐานเสา (base plate) โดยมีกำลังรับแรงอัด 280 ksc จงตรวจสอบว่า base plate เกรด SS400 จะสามารถรับแรงอัดได้หรือไม่

$$P_{DL} = 60 \text{ Tons}$$
$$P_{LL} = 165 \text{ Tons}$$


Step 5: Required base plate thickness (t_{min})

LRFD	ASD
$f_{pu} = \frac{P_u}{NB}$	$f_{pa} = \frac{P_a}{NB}$
$= \frac{336 \times 10^3}{55 \times 55}$	$= \frac{225 \times 10^3}{55 \times 55}$
$= 111.1 \text{ ksc}$	$= 74.4 \text{ ksc}$

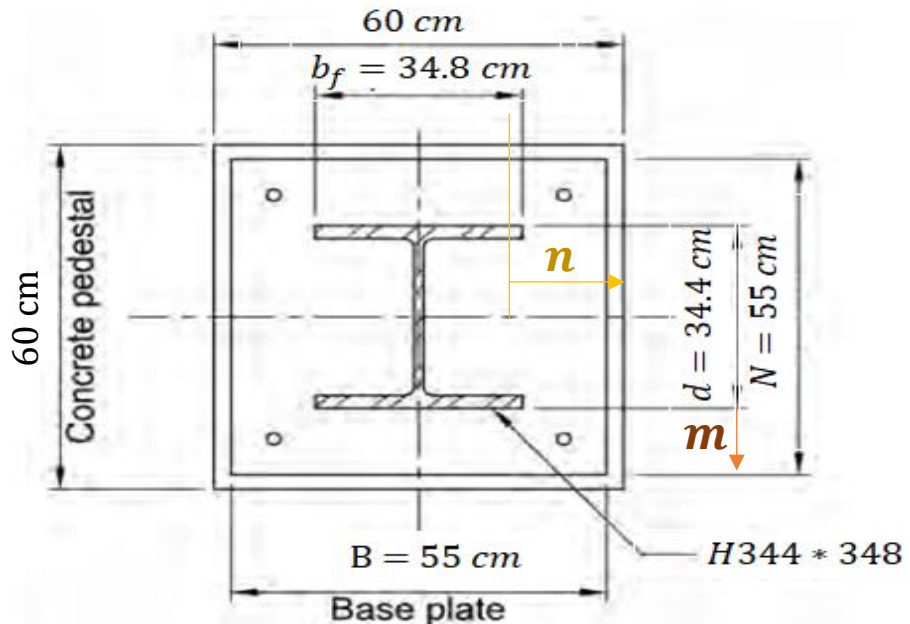
Design Example: Column Base Plate

#WeLoveSteelConstruction

จากรูป แสดงรายละเอียดที่ฐานเสา ติดตั้งอยู่บนตอม่อคอนกรีต ที่มีกำลังรับแรงอัด 210 ksc และมีการติดตั้ง non-shrink grout เข้าไปด้านใต้แผ่นรองฐานเสา (base plate) โดยมีกำลังรับแรงอัด 280 ksc จงตรวจสอบว่า base plate เกรด SS400 จะสามารถรับแรงอัดได้หรือไม่

$$P_{DL} = 60 \text{ Tons}$$

$$P_{LL} = 165 \text{ Tons}$$



Step 5: หา Required base plate thickness (t_{min})

หา dimension ที่ทำให้ cantilevered length มากสุด เพราะจะเกิด moment มากสุด

LRFD	ASD
$l = \max(m, n, \lambda n')$	
$m = \frac{N - 0.95d}{2}$ 95% ของ d $= \left(\frac{55 - 0.95(34.4)}{2} \right)$ $= 11.16 \text{ cm}$	$n = \frac{B - 0.8b_f}{2}$ $= \left(\frac{55 - 0.8(34.8)}{2} \right)$ $= 13.58 \text{ cm}$
	$n' = \frac{\sqrt{db_f}}{4}$ $= \left(\frac{\sqrt{(34.4)(34.8)}}{4} \right)$ $= 8.65 \text{ cm}$
$X = \left[\frac{4db_f}{(d + b_f)^2} \right] \frac{P_u}{\phi_c P_p}$ $= \left[\frac{4(34.4)(34.8)}{(34.4 + 34.8)^2} \right] \left(\frac{336}{383} \right)$ $= 0.877$	$X = \left[\frac{4db_f}{(d + b_f)^2} \right] \frac{\Omega_c P_a}{P_p}$ $= \left[\frac{4(34.4)(34.8)}{(34.4 + 34.8)^2} \right] \left(\frac{225}{235} \right)$ $= 0.957$
$\lambda = \frac{2\sqrt{X}}{1 + \sqrt{1 - X}} \leq 1 \rightarrow \lambda = 1.39 > 1$	
$\lambda n' = 1(8.65) = 8.65$	

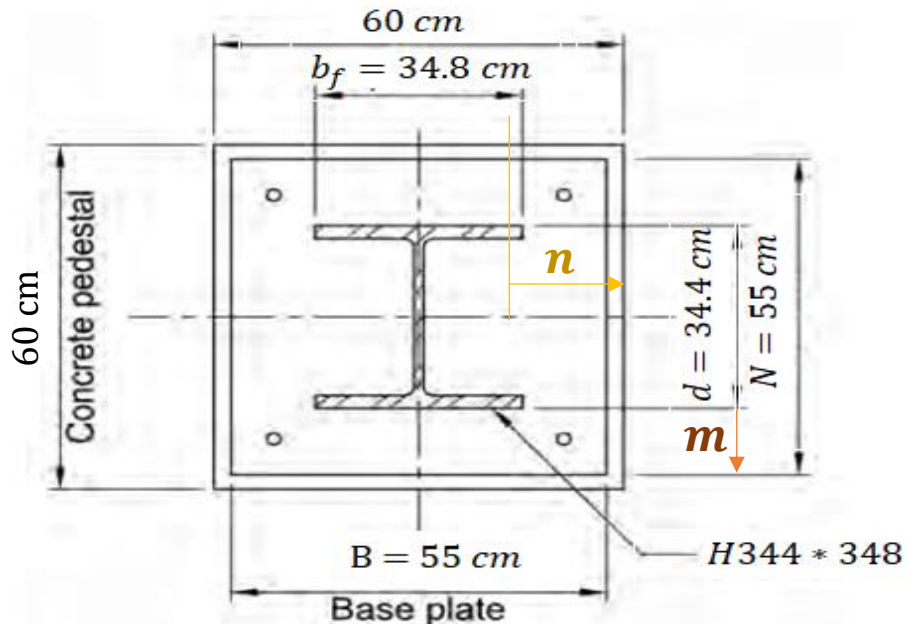
Design Example: Column Base Plate

#WeLoveSteelConstruction

จากรูป แสดงรายละเอียดที่ฐานเสา ติดตั้งอยู่บนตอม่อคอนกรีต ที่มีกำลังรับแรงอัด 210 ksc และมีการติดตั้ง non-shrink grout เข้าไปด้านใต้แผ่นรองฐานเสา (base plate) โดยมีกำลังรับแรงอัด 280 ksc จงตรวจสอบว่า base plate เกรด SS400 จะสามารถรับแรงอัดได้หรือไม่

$$P_{DL} = 60 \text{ Tons}$$

$$P_{LL} = 165 \text{ Tons}$$



Step 5: หา Required base plate thickness (t_{min})

เกิด moment มากสุด ก็จะต้องใช้ base plate หนามากกว่าด้านอื่นที่พิจารณา

LRFD	ASD
$l = \max(m, n, \lambda n')$	

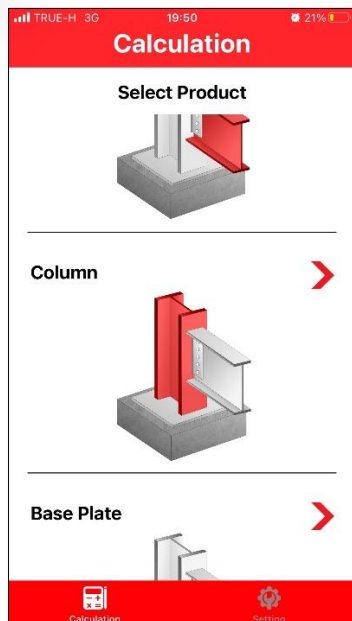
$$l = \max(11.16, 13.58, 8.65)$$

$$\begin{aligned} t_{min} &= l \sqrt{\frac{2f_{pu}}{0.90F_y}} \quad \text{--- 111.1 ksc} \\ &= (13.58) \sqrt{\frac{2(111.1)}{0.90(2400)}} \\ &= 4.36 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{min} &= l \sqrt{\frac{1.67(2f_{pu})}{F_y}} \quad \text{--- 74.4 ksc} \\ &= (13.58) \sqrt{\frac{1.67(2 \times 74.4)}{2400}} \\ &= 4.37 \text{ cm} \end{aligned}$$

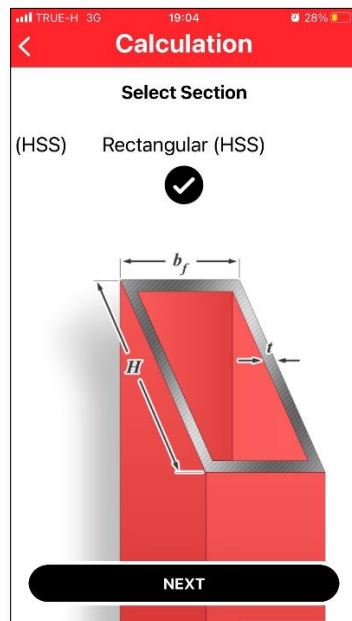


Design Charts and Tools



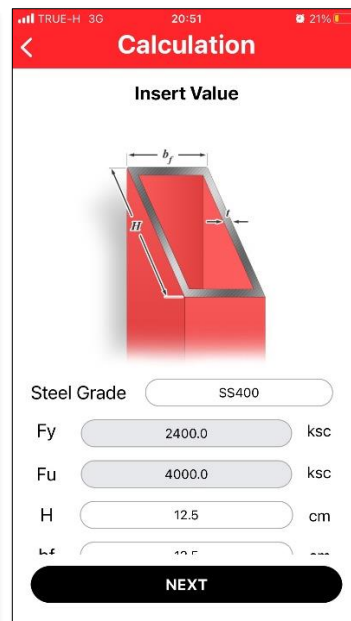
เลือกประเภทของ member ที่ต้องการคำนวณ

1



เลือกประเภทของหน้าตัด

2

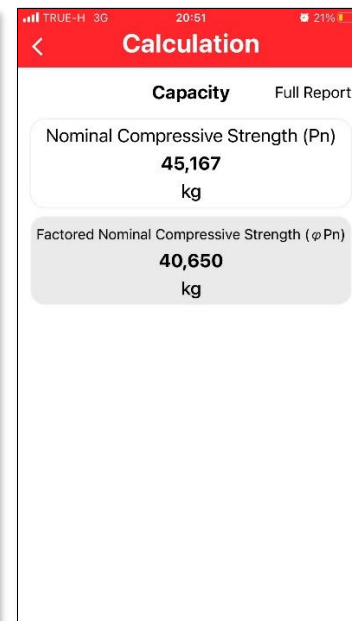


ใส่ค่า เกรดเหล็กและขนาดของหน้าตัด

3

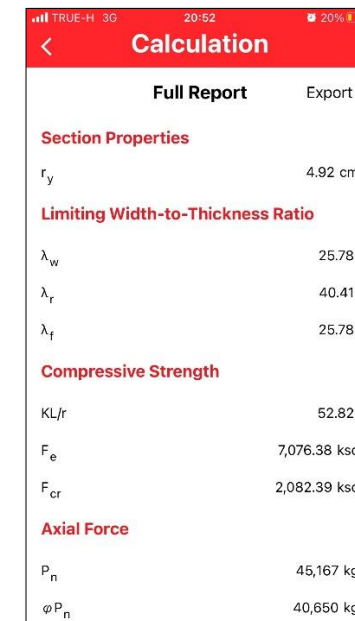


รอประมวลผล



ได้กำลังของ member

4



**สำหรับท่านที่ชำระ
เงินจะสามารถกด Full
Report เพื่อดู/บันทึก
ค่าที่ได้จากการคำนวณ
ทั้งหมด



Adobe Acrobat
Document

Full Report



Adobe Acrobat
Document

Manual

Design Example: Column Base Plate



#WeLoveSteelConstruction

จากรูป แสดงรายละเอียดที่ฐานเสา ติดตั้งอยู่บนตอม่อคอนกรีต ที่มีกำลังรับแรงอัด 210 ksc และมีการติดตั้ง non-shrink grout เข้าไปด้านใต้แผ่นรองฐานเสา (base plate) โดยมีกำลังรับแรงอัด 280 ksc จงตรวจสอบว่า base plate เกรด SS400 จะสามารถรับแรงอัดได้หรือไม่

Nominal Strength of Steel Base Plate			
Project name :	Base plate design	Location :	Pier 600 x 600
Project No. :	H 348 x 344	Date :	Jun 1, 2023
Design by :	We love steel construction	Client :	DL 60T + LL 165T

Material Properties	
Steel Properties	
Steel Grade	SS400
F_y	2,400 ksc
F_u	4,000 ksc
E	2,000,000 ksc
Concrete Properties	
f'_c	280 ksc

Sectional Dimension	
Base Plate Dimension	
B	55 cm
N	55 cm
t_p	4.5 cm
Concrete Dimension	
W_{conc}	60 cm
H_{conc}	60 cm

Sectional Dimension	
Column Dimension	
Depth	34.4 cm
b_f	34.8 cm
Section Properties	
A_1	$B \times N$
A_1	3,025 cm
A_2	$H_{conc} \times W_{conc}$
A_2	3,600 cm
Nominal Compressive Strength	
Nominal Bearing Strength of Supporting Concrete	
P_p	$0.85f'_c A_1 \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 1.7F_y A_1$
P_p	785,400 kg
Factored Nominal Bearing Strength of Supporting Concrete	
ϕP_p	510,510 kg
Allowable Bearing Strength of Supporting Concrete	
$\frac{P_p}{\Omega}$	340,000 kg
Critical Base Plate Cantilever Dimension	
m	$\frac{N - 0.95 \text{Depth}}{2}$
m	11 cm

Nominal Compressive Strength	
Critical Base Plate Cantilever Dimension	
n	$\frac{B - 0.8b_f}{2}$
n	14 cm
λ	1
n'	$\frac{\sqrt{\text{Depth} \times b_f}}{4}$
n'	9 cm
l	$\max(m, n, \lambda n')$
l	14 cm
Nominal Compressive Strength (Flexural buckling)	
P_n	$\frac{F_y B N t_p^2}{2l^3}$
P_n	398,595 kg
Factored Nominal Compressive Strength	
ϕP_n	358,736 kg
Allowable Compressive Strength	
$\frac{P_n}{\Omega}$	238,680 kg

$$DL + LL = 215T < \frac{P_n}{\Omega} = 238.7T \quad \text{OK}$$



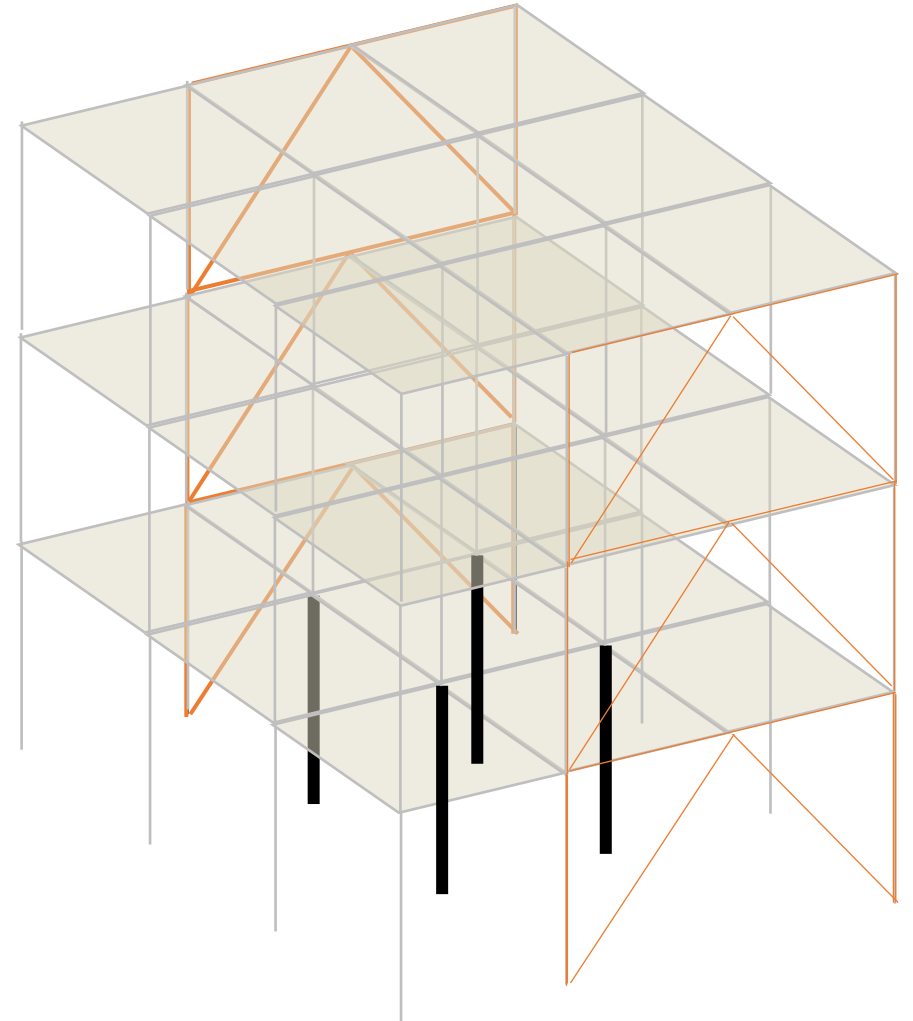
**การคำนวณขนาด
เสาต่อเหล็ก และ
base plate
สำหรับอาคาร**

#WeLoveSteelConstruction

สมมติฐานการคำนวณ

#WeLoveSteelConstruction

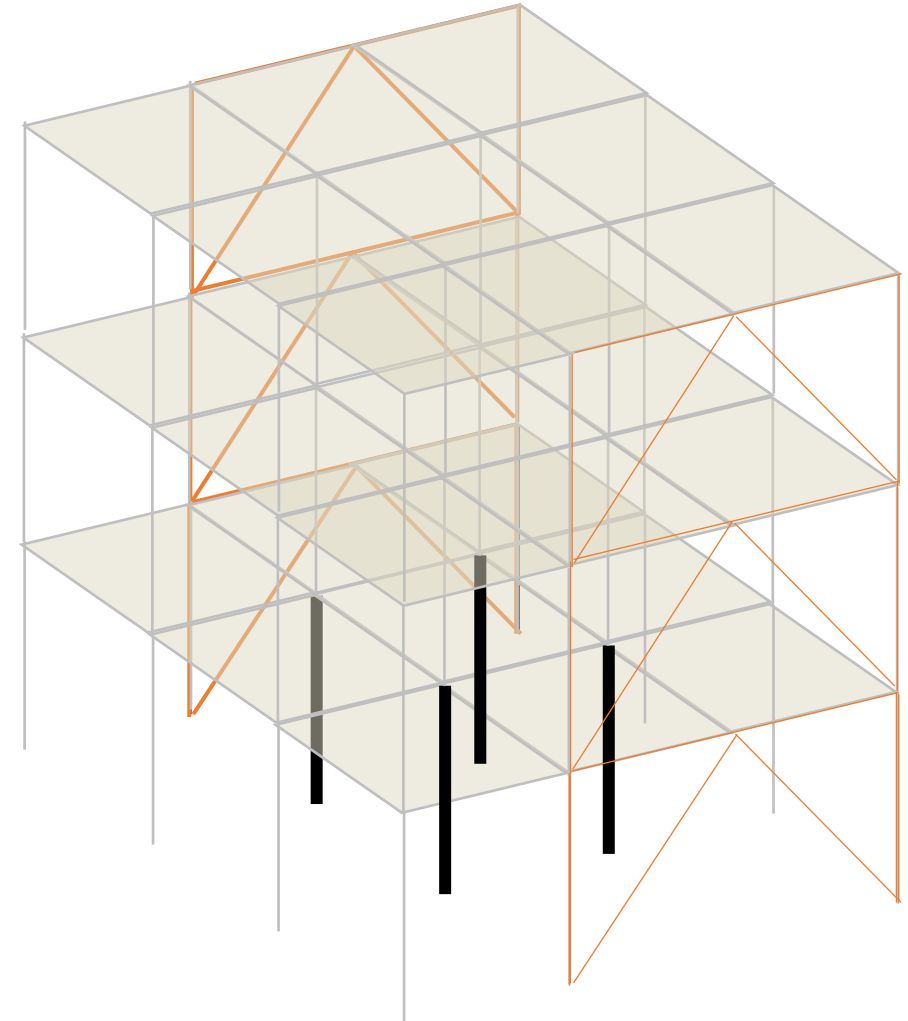
- พิจารณาเฉพาะ **interior column**
- ไม่พิจารณา **lateral load** กับ column (lateral load เข้า lateral system)
- พิจารณาเฉพาะ เสาชั้นล่าง สูง 4 เมตร ไม่ มี bracing ใดๆ (สมมติ $K = 1$)
- Span ระยะห่างระหว่างเสา 6 เมตร
- อาคาร 3 ชั้น (รวมถึงชั้นหลังคา)
LL = 300 kg/m², DL = 500 kg/m²
- ทังเสาเหล็กและ base plate ใช้ **HY370** ($F_y = 3,700 \text{ ksc}$)



คำนวณหาแรงอัดในเสา (รับพื้นที่ชั้น 2)

#WeLoveSteelConstruction

- **Span 6 m & LL 300, DL 500 kg/m²**
- น้ำหนักต่อชั้น
 - $DL = 500 \text{ kg/m}^2 * (6*6 \text{ m}^2) / 1000 = 18.0 \text{ T}$
 - $LL = 300 \text{ kg/m}^2 * (6*6 \text{ m}^2) / 1000 = 10.8 \text{ T}$
- **Service load level (3 ชั้น)**
 - $DL = 18.0*3 = 54 \text{ T}, LL = 10.8*3 = 32.4 \text{ T}$
 - $TL = 86.4 \text{ T}$
- **Ultimate (Factored) load (3 ชั้น)**
 - $1.2DL = (1.2) 54 = 65 \text{ T}, 1.6LL = (1.6) 32.4 = 52 \text{ T}$
 - **$P_u = 1.2DL + 1.6LL = 117 \text{ T}$**



คำนวณกำลังรับแรงอัดเสา (รับพื้นชั้น 2)

#WeLoveSteelConstruction

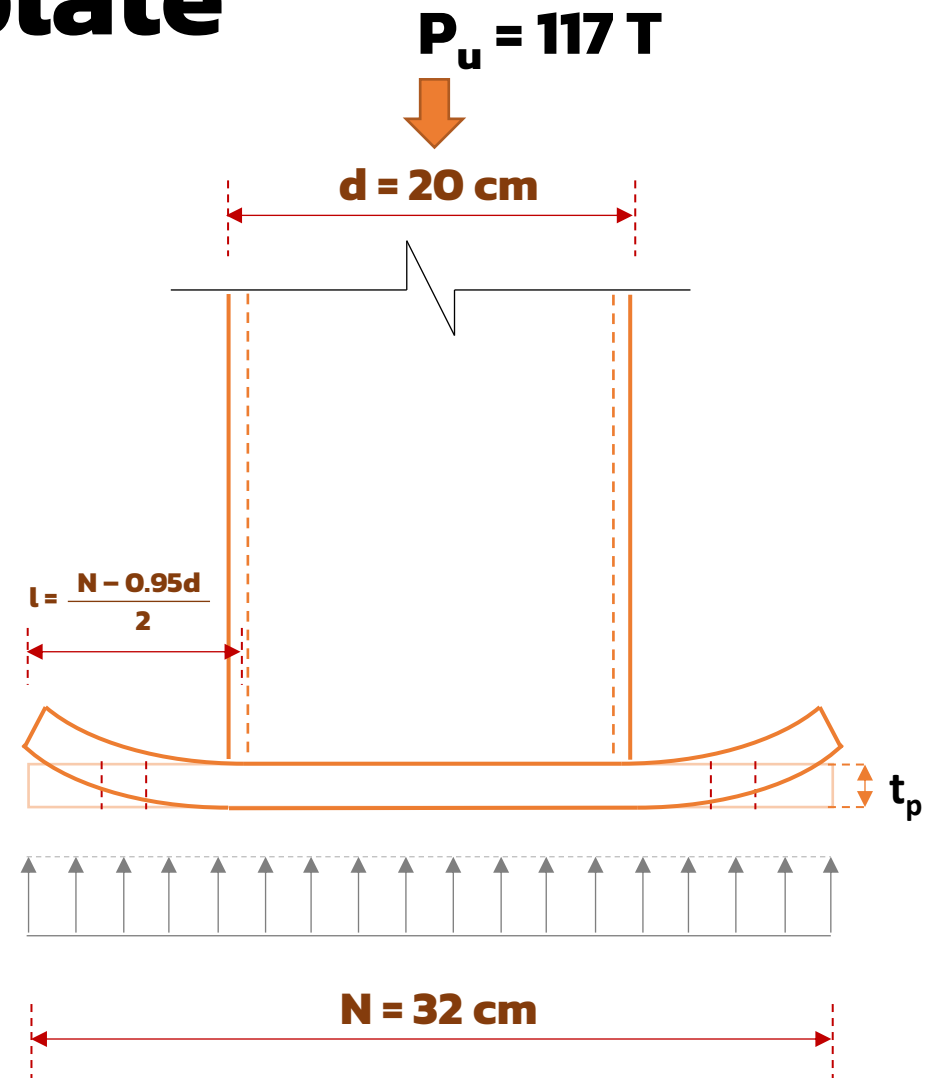
- สมมติเสา HSS (Hollow Steel Section ท่อ)
อ้างอิง มอก. 107 ตาม JIS G 3466
- Try: **HSS 200x200x6**, $r = 7.88 \text{ cm}$, $A = 45.63 \text{ cm}^2$
- $KL/r = (1) 400/7.88 = 50.76$
 $4.71\sqrt{E/F_y} = 109.5 > KL/r \dots$ inelastic buckling
- $F_e = \pi^2 E / (KL/r)^2 = 7,661 \text{ ksc}$
- $F_{cr} = 0.658^{(F_y/F_e)} * F_y = 3,023 \text{ ksc}$
- $P_{cr} = F_{cr} * A = 137,929 \text{ ksc} = 138 \text{ T}$
- $\phi P_{cr} = 0.9(138) = 124 \text{ T} > P_u = 117 \text{ T}$

ผนังท่อ t			
mm	kg/m	cm ²	
9.00	24.10	30.67	
12.00	30.20	38.53	
3.20	12.00	15.33	
4.50	16.60	21.17	
5.00	18.30	23.36	
6.00	21.70	27.63	
9.00	31.10	39.67	
12.00	39.70	50.53	
4.50	20.10	25.67	
5.00	22.30	28.36	
6.00	26.40	33.63	
9.00	38.20	48.67	
4.50	23.70	30.17	
5.00	26.20	33.36	
6.00	31.10	39.63	
4.50	27.20	34.67	
6.00	35.8	45.63	
8.00	46.9	59.79	
9.00	52.3	66.67	
12.00	67.9	86.53	
5.00	38.0	48.36	
6.00	45.2	57.63	
8.00	59.5	75.79	
9.00	66.5	84.67	
12.00	86.8	110.5	
4.50	41.3	52.67	
6.00	54.7	69.63	
9.00	80.6	102.7	
12.00	106	134.5	

คำนวณกำลังรับแรง base plate

#WeLoveSteelConstruction

- สมมติต่อม่อรับ base plate มีขนาดใหญ่ กำลังรับแรงสูงมาก (ไม่ตรวจสอบ)
- ขนาดเสา **HSS 200x200x6**
- Try: **Base plate 32 cm x 32 cm**
- $l = (32 - 0.95 \cdot 20) / 2 = 6.5 \text{ cm}$
- $t_p = l \cdot \sqrt{[2P_u / (\phi F_y B N)]}$
 $= (6.5) \sqrt{[2(117) / (0.9 \cdot 3.7 \cdot 32 \cdot 32)]}$
 $= 1.7 \text{ cm} \dots \text{เลือกใช้ } 1.8 \text{ cm}$
- ใช้ **Base plate HY370** ขนาด **32x32x1.8 cm**



Project name :	base plate	Location :
Project No. :		Date :
Design by :		Client :

Steel Grade	=	HY370
F_y	=	3,700
F_u	=	4,600
E	=	2,000,000

$$f_c = 300 \text{ ksc}$$

B	=	32	cm
N	=	32	cm
t _p	=	1.8	cm

$$\begin{aligned} W_{\text{conc}} &= 50 \text{ cm} \\ H_{\text{conc}} &= 50 \text{ cm} \end{aligned}$$

Depth	=	20	cm
b_1	=	20	cm

A_1	=	$B \times N$	
A_1	=	1,024	cm
A_2	=	$H_{conc} \times W_{conc}$	
A_2	=	2,500	cm

$$P_p = 0.85 f_c A_1 \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 1.7 f_c A_1$$

$$P_p = 408,000 \text{ kg}$$
$$\phi_p^p = 265,200 \quad \text{kg}$$
$$\frac{P_p}{\Omega} = 176,623 \quad \text{kg}$$
$$m = \frac{N - 0.95\text{Depth}}{2}$$

$$m = 7 \quad \text{cm}$$

n	=	$\frac{B - 0.6b_l}{2}$	
n	=	7	cm
λ	=	1	
l	=	$\max(m, n, \lambda n')$	
l	=	7	cm

$$P_n = \frac{F_y B N t_p^2}{2l^2}$$

$$P_n = 145,275 \text{ kg}$$
$$\Phi_{\text{p}} = 130,747 \quad \text{kg}$$
$$\frac{P_n}{\Omega} = 86,991 \quad \text{kg}$$


Concrete anchorage for tension - 1

#WeLoveSteelConstruction

- เมื่อเกิด moment ที่ base plate จนถึงระดับหนึ่ง จะส่งผลทำให้ anchor rod ต้องรับแรงดึง ซึ่งต้องตรวจสอบกำลังต้านทานการถอนของคอนกรีต (**Concrete Pullout Strength**) ซึ่งพิจารณา bearing area ของ anchor rod head (อาจใช้แผ่นเหล็กมาช่วยเพิ่ม bearing area) **“ยิ่ง bearing area anchor ขนาดใหญ่มาก กำลังต้านทานการถอนของคอนกรีตยิ่งมาก”**
- นอกจากนี้ ยังต้องพิจารณากำลังต้านทานการแตกของคอนกรีต (**Concrete Breakout Strength**) ด้วยรูปแบบการวิบัติแบบโคน ที่เรียกว่า Concrete Capacity Design (CCD) ทั้งนี้ CCD กำหนดกรอบในการพิจารณา anchor rod ที่เส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 2" (50 mm) และระยะฝังของ anchor rod ไม่เกิน 25" (63 cm)
- CCD เป็นการพิจารณารูปแบบการวิบัติที่ คอนกรีตถูกทำให้แตกออกมาเป็นโคน (cone failure) โดยเพื่อให้การพิจารณาไม่ซับซ้อน ลักษณะโคนจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ทำมุม 34 องศา (1:1.5) สะท้อนว่า **“ยิ่งระยะฝัง anchor ลึกมาก กำลังต้านทานการแตกของคอนกรีตยิ่งมาก”**

Concrete Pullout Strength

ACI concrete pullout strength is based on the ACI Appendix D provisions (Section D5.3):

$$\phi N_p = \phi \psi_4 A_{brg} 8 f'_c$$

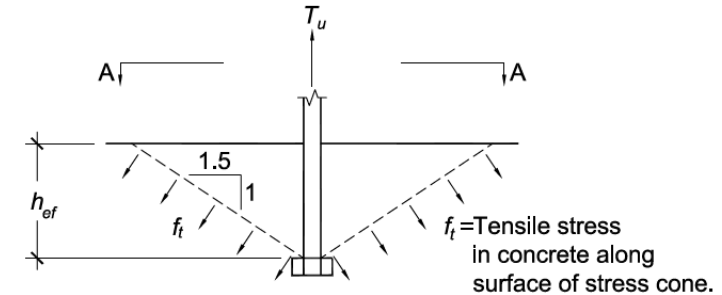
where

N_p = the nominal pullout strength

$$\phi = 0.7$$

$\psi_4 = 1.4$ if the anchor is located in a region of a concrete member where analysis indicates no cracking ($f_t - f_c$) at service levels, otherwise $\psi_4 = 1.0$

A_{brg} = the bearing area of the anchor rod head or nut, and f'_c is the concrete strength



Concrete Capacity Design (CCD)

Per ACI 318-02, Appendix D, the concrete breakout strength for a group of anchors is

$$\phi N_{cbg} = \phi \psi_3 24 \sqrt{f'_c} h_{ef}^{1.5} \frac{A_N}{A_{No}} \text{ for } h_{ef} < 11 \text{ in.}$$

and

$$\phi N_{cbg} = \phi \psi_3 16 \sqrt{f'_c} h_{ef}^{5/3} \frac{A_N}{A_{No}} \text{ for } h_{ef} \geq 11 \text{ in.}$$

where

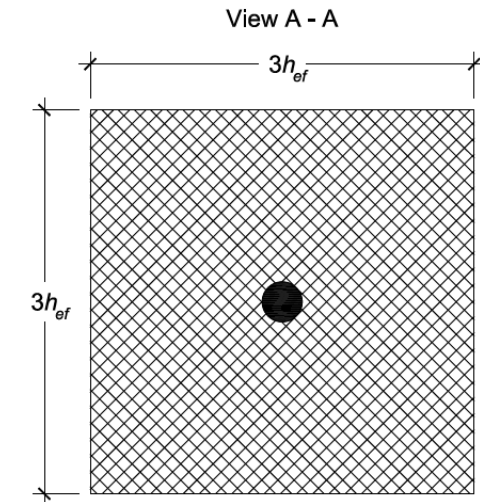
$$\phi = 0.70$$

$\psi_3 = 1.25$ considering the concrete to be uncracked at service loads, otherwise = 1.0

h_{ef} = depth of embedment, in.

A_N = concrete breakout cone area for group

A_{No} = concrete breakout cone area for single anchor



Concrete anchorage for tension – 2

#WeLoveSteelConstruction

- กำลังต้านทานการถอนของคอนกรีต (**Concrete Pullout Strength**) มักจะไม่เป็น limit state ที่ control พฤติกรรมเท่าไรนัก โดย A_{brg} เป็นพื้นที่ของ anchor head หักออกจากพื้นที่ anchor rod ซึ่งเป็น bearing area ที่ต้านทานการถอนออก โดยการพิจารณาจะจำแนกส่วนที่ยึดกับ concrete ออกเป็น การยึดเข้ากับส่วนของคอนกรีตที่มีแนวโน้มจะแตกที่ระดับ service level กับกรณีที่คอนกรีตไม่มีแนวโน้มจะแตก
- กำลังต้านทานการแตกของคอนกรีต (**Concrete Breakout Strength**) ด้วยรูปแบบการวิบัติแบบโคน ที่เรียกว่า Concrete Capacity Design (CCD) เป็นสมการ empirical โดยการพิจารณาด้วยสมการที่แสดงนี้จะต้องสอดคล้องกับหน่วย psi สำหรับ f_c' และ inches สำหรับ h_{ef} (ระยะฝัง = depth of embedment)
- CCD ไม่ขึ้นกับ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของ anchor rod แต่ขึ้นกับระยะฝัง และการจัดวางตำแหน่งของ anchor rod เป็นสำคัญ

4.4 Example: Concrete Embedment Strength

Calculate the tensile design strength of the concrete for a single smooth ¾-in.-diameter headed anchor rod with an embedment length of 6 in. The ACI concrete breakout design strength (using equation for $h_{ef} \leq 11$ in.) for uncracked 4,000 = psi concrete is

$$\phi N_{cbg} = \phi \psi_3 24 \sqrt{f_c'} h_{ef}^{1.5} \frac{A_N}{A_{No}}$$

Assuming uncracked concrete, $\psi_3 = 1.25$. For a single rod, $A_N = A_{No}$.

$$\begin{aligned} \phi N_{cbg} &= 0.7(1.25) 24 \sqrt{4,000} (6)^{1.5} \\ &= 19,500 \text{ lb or } 19.5 \text{ kips} \end{aligned}$$

Note that the break out strength is theoretically independent of the size of the anchor rod. This embedment at only 6 in. is enough to make the design tensile strength of a Grade 36 anchor rod up to ¾-in.-diameter govern the design.

As discussed in Section 3.2.2, the ACI pullout strength equations do not typically control provided that the anchor rod yield strength does not exceed 36 ksi. In this case, the pullout strength shown in Table 3.2 may be multiplied by 1.4 to obtain the pullout strength, as the concrete is uncracked. The resulting pullout strength is

$$\phi N_p = 1.4 \times 15.2 = 21.3 > 19.5$$

No equivalent ASD solution to this check exists in ACI 318-02.

Concrete Pullout Strength

ACI concrete pullout strength is based on the ACI Appendix D provisions (Section D5.3):

$$\phi N_p = \phi \psi_4 A_{brg} 8 f_c'$$

where

N_p = the nominal pullout strength

$$\phi = 0.7$$

$\psi_4 = 1.4$ if the anchor is located in a region of a concrete member where analysis indicates no cracking ($f_t - f_c$) at service levels, otherwise $\psi_4 = 1.0$

A_{brg} = the bearing area of the anchor rod head or nut, and f_c' is the concrete strength

Concrete Capacity Design (CCD)

Per ACI 318-02, Appendix D, the concrete breakout strength for a group of anchors is

$$\phi N_{cbg} = \phi \psi_3 24 \sqrt{f_c'} h_{ef}^{1.5} \frac{A_N}{A_{No}} \text{ for } h_{ef} < 11 \text{ in.}$$

and

$$\phi N_{cbg} = \phi \psi_3 16 \sqrt{f_c'} h_{ef}^{5/3} \frac{A_N}{A_{No}} \text{ for } h_{ef} \geq 11 \text{ in.}$$

where

$$\phi = 0.70$$

$\psi_3 = 1.25$ considering the concrete to be uncracked at service loads, otherwise = 1.0

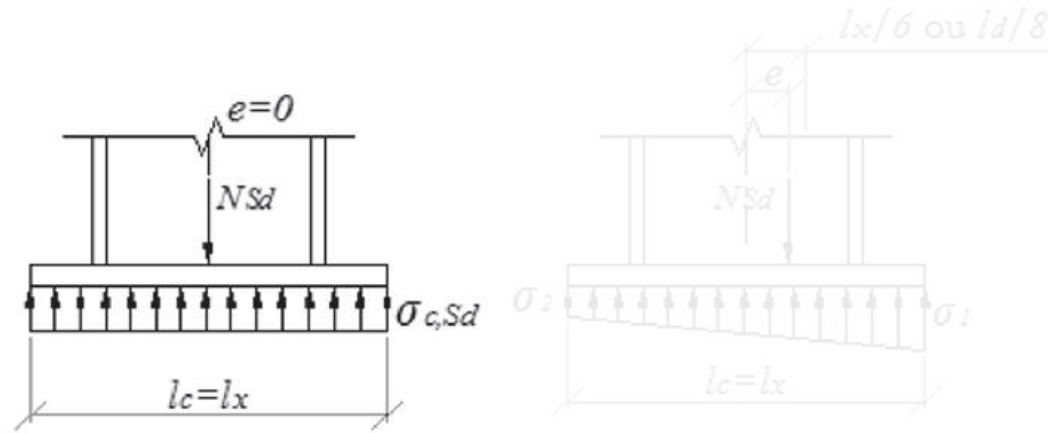
h_{ef} = depth of embedment, in.

A_N = concrete breakout cone area for group

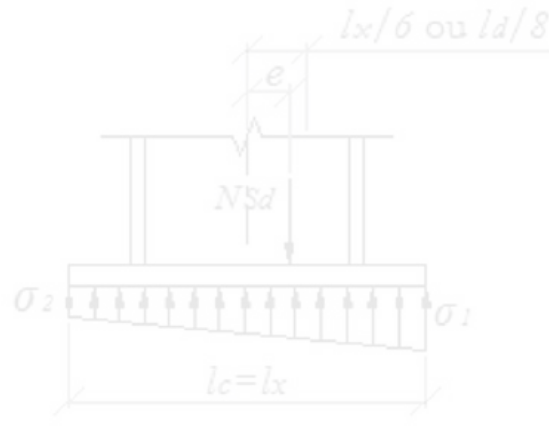
A_{No} = concrete breakout cone area for single anchor

Visualization is the KEY

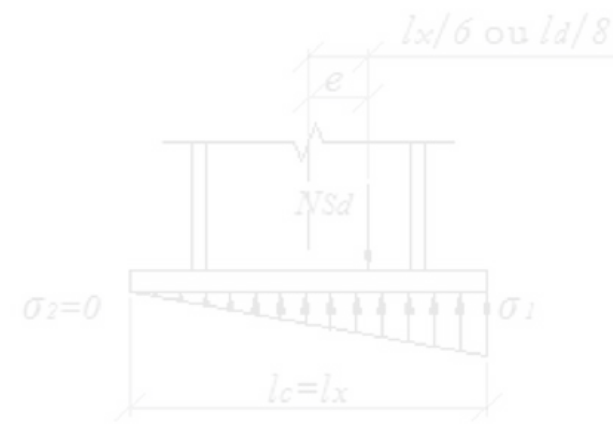
#WeLoveSteelConstruction



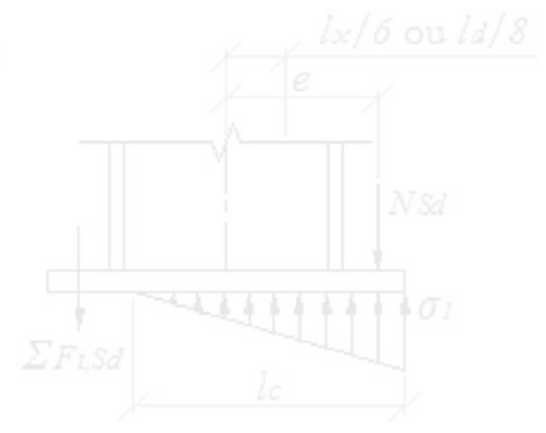
(a) Plate subject to compression



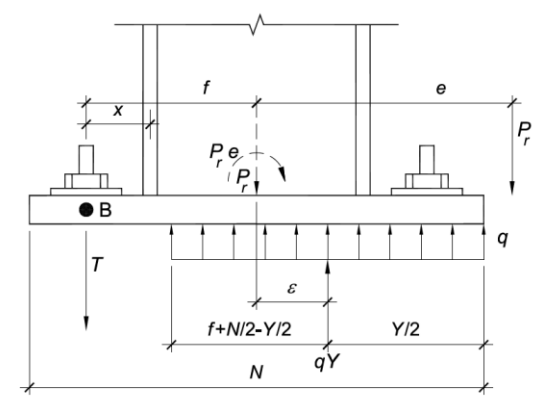
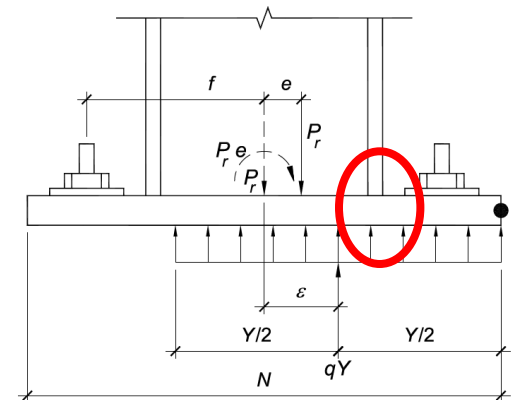
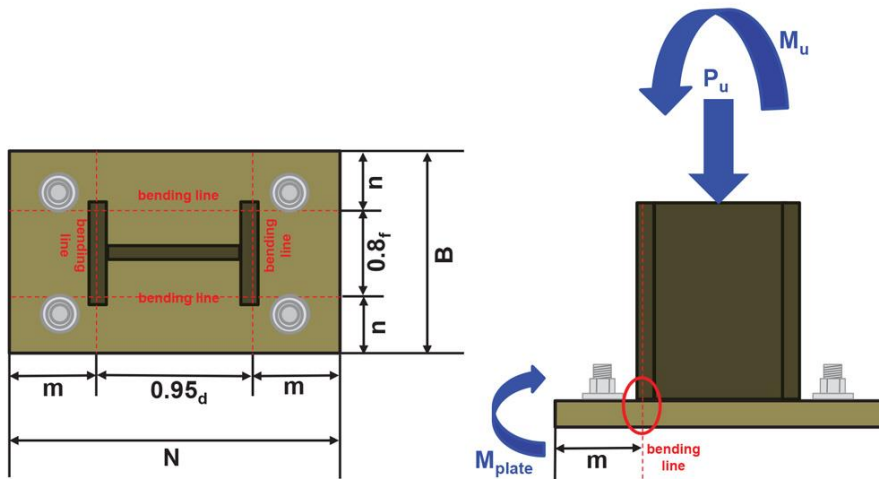
(b) Plate subject to compression with small moment

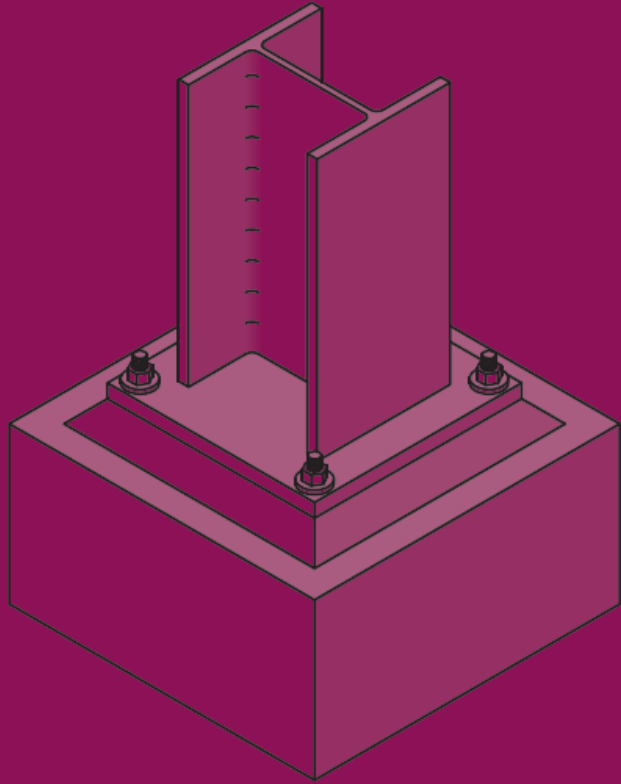


(c) Plate subject to compression with the limit moment



(d) Plate subject to compression with large moment





Base Plate Design as per The Latest AISC Design Guide

#WeLoveSteelConstruction

Design Guide 1

Base Connection Design for Steel Structures

Third Edition



Smarter.
Stronger.
Steel.

Table of Content

#WeLoveSteelConstruction

Table of Contents

CHAPTER 1 INTRODUCTION	1
1.1 GENERAL	1
1.2 HISTORY AND ADVANCEMENTS	2
1.2.1 Previous Editions of Design Guide 1 and Research Synthesis	2
1.2.2 Relevant Developments since the Publication of Design Guide 1, 2nd Ed.	4
1.3 SCOPE, UPDATES, AND PREVIEW	5
CHAPTER 2 MATERIALS—SPECIFICATIONS, SELECTION, AND OTHER CONSIDERATIONS	7
2.1 BASE PLATE AND ANCHOR ROD MATERIAL SPECIFICATIONS	7
2.2 BASE PLATE MATERIAL SELECTION	7
2.3 ANCHOR ROD SELECTION (MATERIAL, TYPE, AND WELDABILITY)	7
2.4 WELD MATERIALS	9
2.5 GROUT MATERIALS	9
2.6 CONCRETE MATERIALS	10
CHAPTER 3 BASE SELECTION, DESIGN, AND SIMULATION	11
3.1 OVERVIEW AND ORGANIZATION	11
3.2 BASE CONNECTION CONFIGURATIONS	11
3.2.1 Base Connections for Columns without Braces	11
3.2.2 Base Connections for Columns with Braces	14
3.3 INTERACTION OF BASE CONNECTIONS WITH FRAMES	15
3.3.1 General Observations about Base Connection Load-Deformation Response	16
3.3.2 Modeling Base Connections for Strong-Base Design	16
3.3.3 Modeling Base Connections for Weak-Base Design	17
CHAPTER 4 DESIGN OF EXPOSED COLUMN BASE CONNECTIONS	19
4.1 OVERVIEW AND ORGANIZATION	19
4.2 OVERALL DESIGN PROCESS AND FLOW	19
4.3 LOAD COMBINATIONS	20
4.3.1 Design for Axial Compression	20

4.3.2 Design for Axial Tension	26
4.3.3 Design for Shear	33
4.3.4 Design for Combined Axial Tension and Shear	37
4.3.5 Design for Combined Axial Compression and Shear	37
4.3.6 Design for Bending	38
4.3.7 Design for Combined Axial Compression and Bending	39
4.3.8 Design for Combined Axial Tension and Bending	46
4.3.9 Design for Combined Axial Compression, Bending, and Shear	47
4.3.10 Design for Combined Axial Tension, Bending, and Shear	48
4.3.11 Design for Combined Axial Compression and Biaxial Bending	48
4.4 ANCHORAGE DESIGN FOR CONCRETE LIMIT STATES	49
4.4.1 Approaches for Using Reinforcement to Strengthen Concrete Limit States	49
4.4.2 Use of Strut-and-Tie Methodologies in Anchorage Design	53
4.5 EXPOSED BASE PLATE CONNECTIONS—FABRICATION AND INSTALLATION	53
4.5.1 Base Plate Fabrication and Finishing	53
4.5.2 Base Plate Welding	54
4.5.3 Anchor Rod Holes and Washers	55
4.5.4 Anchor Rod Placement and Tolerances	57
4.5.5 Column Erection Procedures	58
4.5.6 Grouting Requirements	59
4.6 EXPOSED COLUMN BASE CONNECTIONS—REPAIR AND FIELD FIXES	60
4.6.1 Anchor Rods in the Wrong Position	60
4.6.2 Anchor Rods Bent or Not Vertical	60
4.6.3 Anchor Rod Projection Too Long or Too Short	60
4.6.4 Anchor Rod Pattern Rotated 90°	64
4.7 DESIGN EXAMPLES	64
Example 4.7-1—Base Connection for Concentric Axial Compression Load (No Concrete Confinement)	64
Example 4.7-2—Base Connection for Concentric Axial Compression Load (Using Concrete Confinement)	67
Example 4.7-3—Base Connection for Concentric Axial Tension Load	70

Example 4.7-4—Base Connection for Concentric Shear Load (Limited by Edge Distance)	76
Example 4.7-5—Base Connection for Concentric Shear Load (Shear Lug Design)	80
Example 4.7-6—Base Connection for Anchor Rods Resisting Combined Tension and Shear	91
Example 4.7-7—Base Connection at Brace Producing Combined Tension and Shear	96
Example 4.7-8—Base Connection at Brace Producing Combined Compression and Shear	104
Example 4.7-9—Base Connection for Bending	109
Example 4.7-10—Base Connection for Bending without Anchor Rod Tension (Low Moment)	115
Example 4.7-11—Base Connection for Bending with Anchor Rod Tension (Large Moment)	118
Example 4.7-12—Base Connection for Bending with Anchor Rod Tension (Large Moment)	125
Example 4.7-13—Base Connection for Bending with Anchor Rod Tension (Low Moment)	127
Example 4.7-14—Base Connection for Biaxial Bending with Axial Compression	130
Example 4.7-15—Anchor Reinforcement Design	134

CHAPTER 5 DESIGN OF EMBEDDED BASE CONNECTIONS	141
5.1 CONTEXT FOR USE OF EMBEDDED BASE CONNECTIONS	141
5.2 CONNECTION CONFIGURATIONS AND LOAD RESISTANCE MECHANISMS	141
5.2.1 Type I Connections	143
5.2.2 Type II Connections	145
5.3 DESIGN METHOD FOR COMBINED BENDING, SHEAR, AND AXIAL FORCE	147
Example 5.3-1—Embedded Base Connection for Bending, Shear, and Axial Compression	148
5.4 FABRICATION AND INSTALLATION	150

CHAPTER 6 DESIGN OF COLUMN BASE CONNECTIONS FOR SEISMIC LOADING	151
6.1 OVERVIEW AND ORGANIZATION	151
6.2 SEISMIC PERFORMANCE REQUIREMENTS FOR COLUMN BASES	151
6.3 INFLUENCE OF GRADE BEAMS AND OTHER FOOTING EFFECTS	154
6.4 DESIGN METHOD FOR SEISMIC DESIGN OF COLUMN BASE CONNECTIONS IN MOMENT FRAMES	154
6.4.1 Strong-Base Design for Seismic Conditions	154
6.4.2 Weak-Base Design for Seismic Conditions	155
Example 6.4-1—Weak-Base Design of a Base Plate Connection with Ductile Anchor Rods	156
6.5 SEISMIC DESIGN OF BRACED FRAME BASE PLATE CONNECTIONS	161

APPENDIX A SPECIAL CONSIDERATIONS FOR DOUBLE-NUT JOINTS, PRETENSION JOINTS, AND SPECIAL STRUCTURES

A.1 DESIGN REQUIREMENTS	163
A.1.1 Compression Limit State for Anchor Rods	163
A.1.2 Tensile Fatigue Limit State for Anchor Rods	163
A.2 INSTALLATION REQUIREMENTS FOR PRETENSIONED JOINTS	167
A.2.1 Double-Nut Joints	167
A.2.2 Pretensioned Joints	170
A.3 INSPECTION AND MAINTENANCE AFTER INSTALLATION	170

APPENDIX B ALTERNATE METHODS FOR DESIGN

B.1 CONTEXT AND MOTIVATION	173
B.2 TRIANGULAR PRESSURE DISTRIBUTION	173
B.2.1 Introduction	173
B.2.2 Determining Required Base Plate Thickness from Required Strength	174
B.2.3 Determination of Required Stress and Effects of Eccentricity	174
B.2.4 Design Procedure	175

Example B.2-1—Base Connection for Bending without Anchor Rod Tension (Low Moment), Triangular Pressure Distribution	179
Example B.2-2—Base Connection for Bending with Anchor Rod Tension (Large Moment), Triangular Pressure Distribution	182
B.3 DESIGN OF BASE PLATES UNDER AXIAL COMPRESSION CONSIDERING FLEXIBILITY	186
Example B.3-1—Base Connection for Concentric Axial Compression Load (with Concrete Confinement)	187
B.4 DESIGN OF BASE PLATE BEARING INTERFACE UNDER TWO-WAY BENDING	188
APPENDIX C GUIDANCE FOR SIMULATING COLUMN BASE CONNECTIONS IN STRUCTURAL ANALYSIS	189
C.1 INTRODUCTION	189
C.2 ROTATIONAL STIFFNESS MODELS	189
C.2.1 Estimation of Rotational Stiffness for Exposed Column Base Connections	190
C.2.2 Estimation of Rotational Stiffness for Shallowly Embedded or Blockout Base Connections	192
C.2.3 Estimation of Rotational Stiffness for Embedded Base Connections	193

C.3 COMMENTARY REGARDING HYSTERETIC PROPERTIES OF BASE CONNECTIONS	193
C.3.1 Physics of Connection Response	194
C.3.2 Simulating Base Connection Hysteretic Response	196

APPENDIX D GUIDANCE FOR THE USE OF FINITE ELEMENT ANALYSIS FOR BASE PLATE ANALYSIS AND DESIGN, FOCUSED ON EXPOSED COLUMN BASE CONNECTION DETAILS

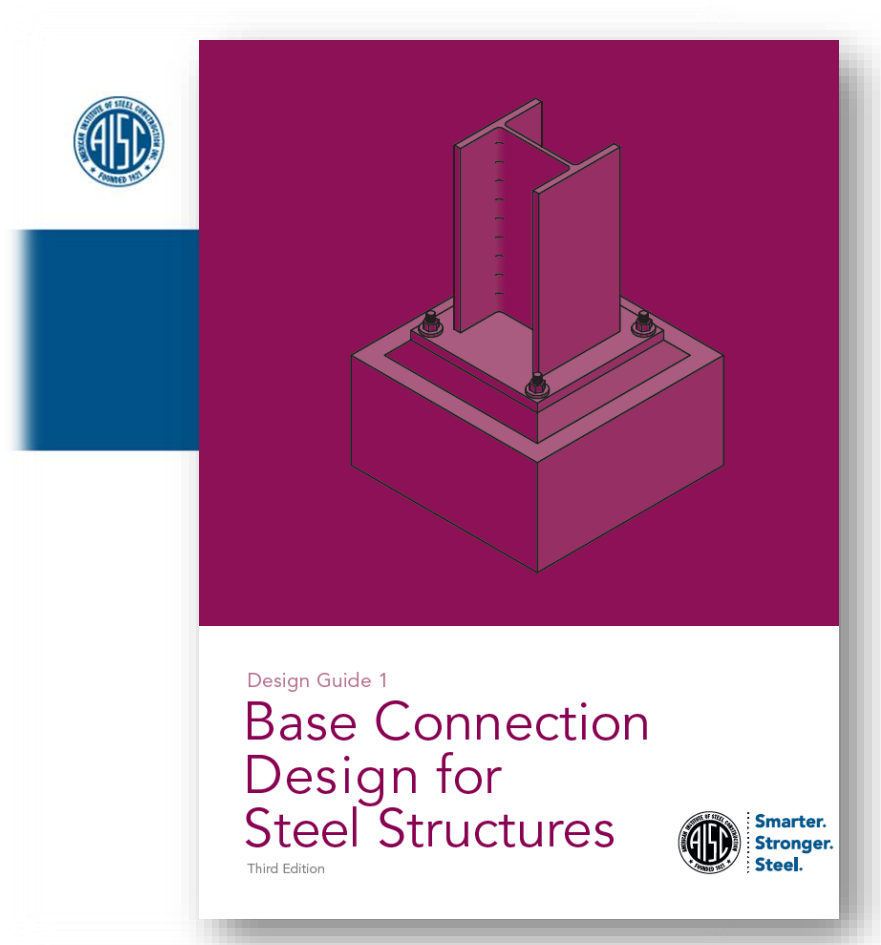
D.1 CONTEXT AND MOTIVATION	197
D.2 PROBLEM SCOPE AND STATEMENT	197
D.3 MODEL CONSTRUCTS	197
D.4 GEOMETRY, BOUNDARY CONDITIONS, AND CONTACT/INTERACTIONS	198
D.4.1 Representation of Geometry Components	198
D.4.2 Application of Boundary Conditions and Loads	199
D.4.3 Interactions between Various Components	200
D.5 FINITE ELEMENT TYPES AND MATERIAL PROPERTIES	200
D.6 VERIFICATION OF RESULTS	201
D.7 INTERPRETATION OF RESULTS	202

REFERENCES

203

Key Updates

#WeLoveSteelConstruction

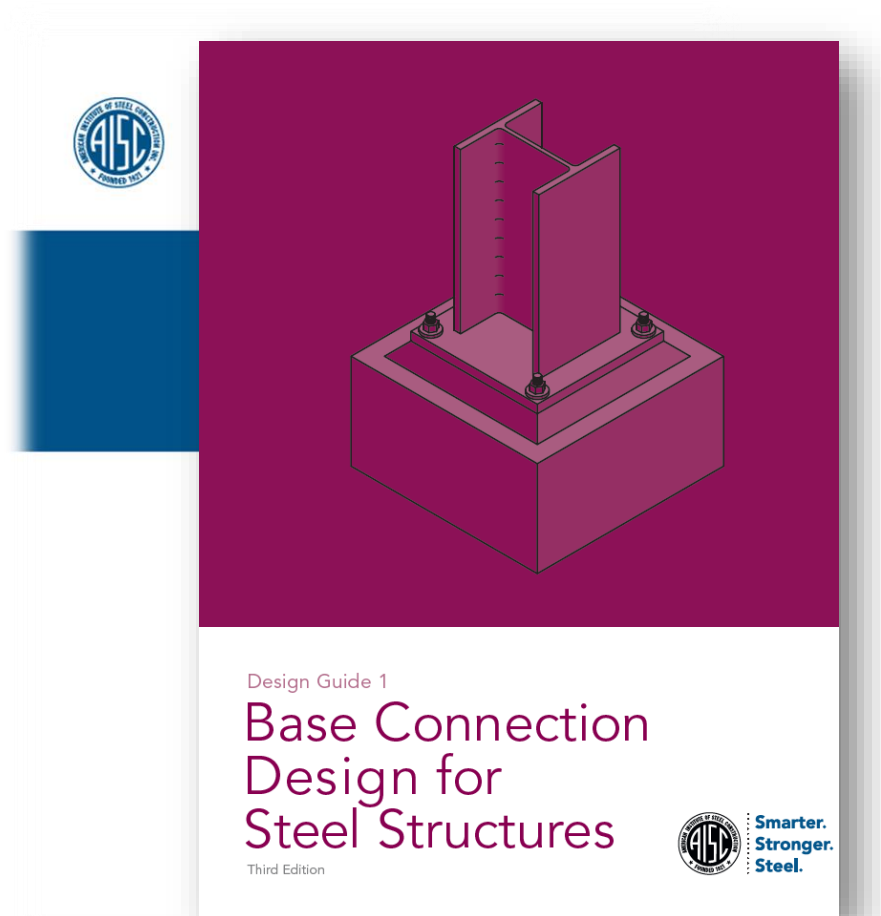


The title of the Design Guide has been changed to “**Base Connection Design for Steel Structures**” to reflect the expanded scope of the new edition.

เปลี่ยนชื่อจาก Base Plate and Anchor Rod Design ไปเป็น **Base Connection Design for Steel Structures** ให้สะท้อนเนื้อหาที่ขยายขอบเขตเพิ่มเติมยิ่งขึ้น

Key Updates

#WeLoveSteelConstruction

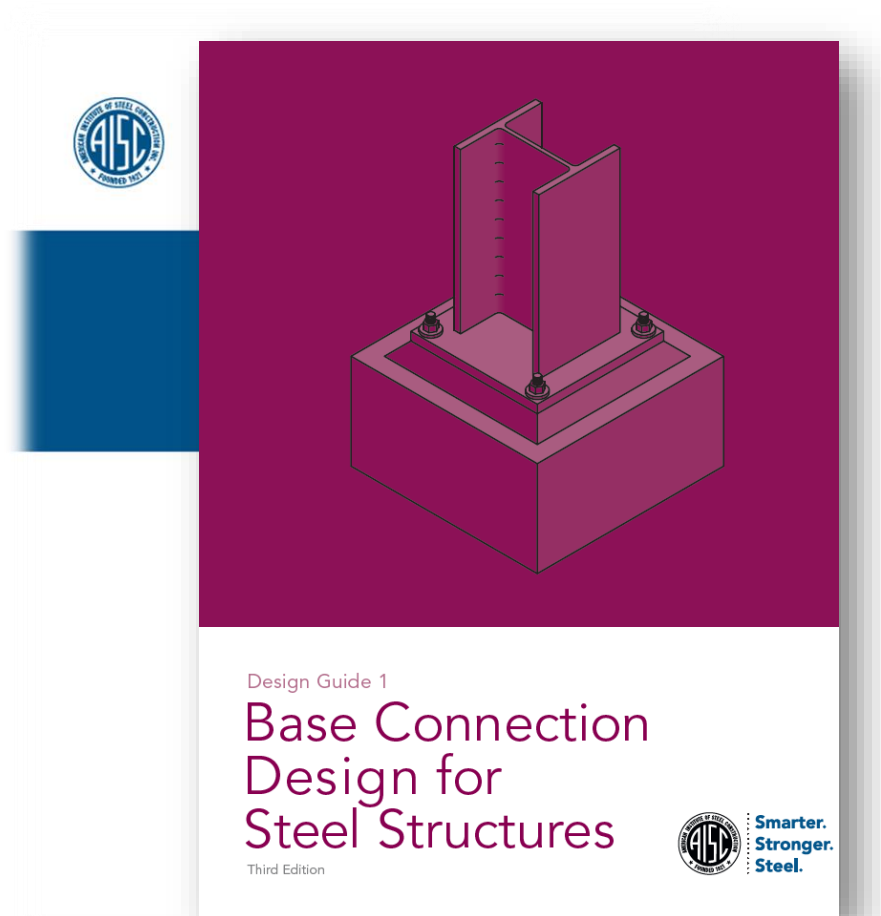


A new chapter (**Chapter 3: Base Selection, Design and Simulation**) is included to establish the relationship between the structure and base connection to provide context for connection selection, design, and simulation.

เพิ่มเติมหัวข้อใหม่อีก 1 บท (**บทที่ 3 การเลือกระบบฐาน การออกแบบ และแบบจำลอง**) เพื่อให้เกิดความเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่าง โครงสร้างและระบบฐานรองรับ อันเกี่ยวข้องกับ การเลือกระบบจุดต่อ การออกแบบ และการทำแบบจำลอง

Key Updates

#WeLoveSteelConstruction



Chapter 4: Design of Exposed Column Base Connections in this edition (which addresses column base plate connection design) is now particularized to column base plate connections with some modifications; broadly, this was the topic of Chapter 3 of the second edition. A new section is introduced to address base plate connections subjected to biaxial bending and axial compression.

บทที่ 4: การออกแบบจุดต่อฐานเสา (เกี่ยวกับการออกแบบแผ่นฐาน ซึ่งเดิมที่เป็นบทที่ 3 ของ 2nd Edition) ได้รับการปรับปรุง ให้ครอบคลุมแผ่นฐานที่ต้องรับโมเมนต์ดัด 2 แกน ไปพร้อมกับแรงอัด (biaxial bending and axial compression)

Chapter 4 – Design for Tension

#WeLoveSteelConstruction

Concrete Pullout Strength

ACI concrete pullout strength is based on ACI 318, Section 17.6.3.

For cast-in headed anchor rods

$$\phi N_{pn} = \phi \psi_{c,P} (8 A_{brg} f'_c)$$

where

A_{brg} = net bearing area of the anchor rod head or nut, in.²

f'_c = specified compressive strength of concrete, psi

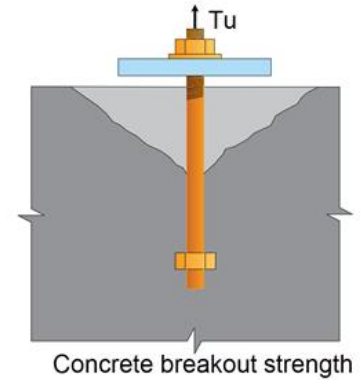
ϕ = 0.70 per ACI 318, Table 17.5.3(c)

$\psi_{c,P}$ = 1.4 if the anchor is located in a region of a concrete member where analysis indicates no cracking at service levels, otherwise $\psi_{c,P}$ = 1.0.

Table 4-2. Anchor Rod Concrete Pullout Strength (LRFD Only)					
Rod Diameter, in.	Rod Area, A_{br} , in. ²	Heavy Hex Nut Bearing Area, A_{brg} , in. ²	Design Concrete Pullout Strength, ϕN_{pn} , kips		
			$f'_c = 3,000$ psi	$f'_c = 4,000$ psi	$f'_c = 5,000$ psi
9/16	0.307	0.671	11.3	15.0	18.8
3/4	0.442	0.911	15.3	20.4	25.5
7/8	0.601	1.19	20.0	26.7	33.3
1	0.785	1.50	25.2	33.6	42.0
1 1/8	0.994	1.85	31.1	41.4	51.8
1 1/4	1.23	2.24	37.6	50.2	62.7
1 1/2	1.77	3.12	52.4	69.9	87.4
1 3/4	2.41	4.14	69.6	92.7	116
2	3.14	5.32	89.4	119	149
2 1/4	3.98	6.63	111	149	186
2 1/2	4.91	8.10	136	181	227
2 3/4	5.94	9.70	163	217	272
3	7.07	11.5	193	258	322
3 1/4	8.30	13.4	225	300	375
3 1/2	9.62	15.4	259	345	431
3 3/4	11.0	17.6	296	394	493
4	12.6	19.9	334	446	557
Note: Bold values above the heavy line indicate the available pullout capacity exceeds the available steel strength of the anchor rod in tension for ASTM F1554 Gr. 36.					

Chapter 4 – Design for Tension

#WeLoveSteelConstruction



Concrete Breakout Strength

The concrete breakout strength is determined based on the CCD method. In the CCD method, the concrete cone is considered to be formed at an angle of approximately 35° (1 to 1.5 slope). For simplification, the cone is considered to be square rather than round in plan. The concrete breakout stress (f_t in Figure 4-2) in the CCD method decreases with an increase in size of the breakout surface. Consequently, the increase in strength of the breakout in the CCD method is proportional to the embedment depth to the power of 1.5 (or to the power of $5/3$ for deeper embedments). When the concrete breakout cone is influenced by an edge (see Figure 4-3), the breakout area is reduced. According to ACI 318, Section 17.3, the CCD method is valid for anchors with diameters not exceeding 4 in. and specified concrete strength used for design not exceeding 10,000 psi. Anchors must also satisfy the edge distances, spacings, and thickness indicated in Section 17.9 unless supplementary reinforcement is provided to control splitting failure.

ACI 318, Section 17.6.2, specifies that the nominal concrete breakout strength for a group of cast-in anchors is:

$$N_{cbg} = \frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} \psi_{ec,N} \psi_{ed,N} \psi_{c,N} \psi_{cp,N} N_b \quad (\text{ACI 318, Eq. 17.6.2.1b})$$

Chapter 4 – Design for Tension

#WeLoveSteelConstruction

Concrete Breakout Strength

where

A_{Nc} = projected concrete failure area of a group of anchors, in.²

A_{Nco} = projected concrete failure area of a single anchor if not limited by edge distance or spacing

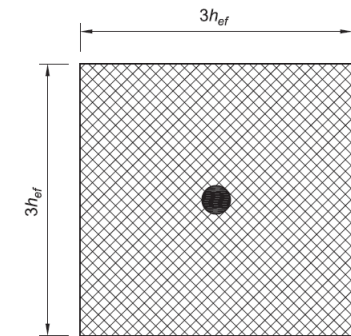
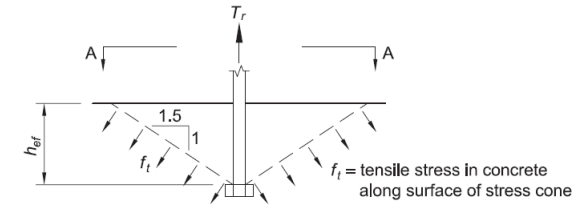
N_b = basic concrete breakout strength in tension of a single anchor in cracked concrete, lbf

$\psi_{c,N}$ = breakout cracking factor based on the influence of cracks in concrete

$\psi_{cp,N}$ = breakout splitting factor to account for splitting tensile stresses

$\psi_{ec,N}$ = breakout factor to account for eccentric tension loading

$\psi_{ed,N}$ = breakout edge effect factor based on proximity to edges of concrete



View A-A

Fig. 4-2. Full breakout cone in tension per ACI 318.

$$N_{cbg} = \frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} \psi_{ec,N} \psi_{ed,N} \psi_{c,N} \psi_{cp,N} N_b \quad (\text{ACI 318, Eq. 17.6.2.1b})$$

The basic concrete breakout strength of a single anchor in cracked concrete, N_b , is given in ACI 318, Section 17.6.2.2, as:

$$N_b = k_c \lambda_a \sqrt{f'_c} h_{ef}^{1.5} \quad (\text{ACI 318, Eq. 17.6.2.2.1})$$

Chapter 4 – Design for Tension

#WeLoveSteelConstruction

Concrete Breakout Strength

$$N_b(lbs) = 16\lambda_a\sqrt{f'_c(psi)}h_{ef}^{\frac{5}{3}}(in)$$

$$N_b(lbs) = 16\lambda_a\sqrt{f'_c(ksc) * \frac{1,000}{70} * \left(\frac{h_{ef}(cm)}{2.54}\right)^{5/3}}$$
$$= 12.78\lambda_a\sqrt{f'_c(ksc)} * [h_{ef}(cm)]^{5/3}$$

$$N_b(kg) = \left(\frac{12.78}{2.2}\right)\lambda_a\sqrt{f'_c(ksc)} * [h_{ef}(cm)]^{5/3} = 5.81\lambda_a\sqrt{f'_c(ksc)} * [h_{ef}(cm)]^{5/3}$$

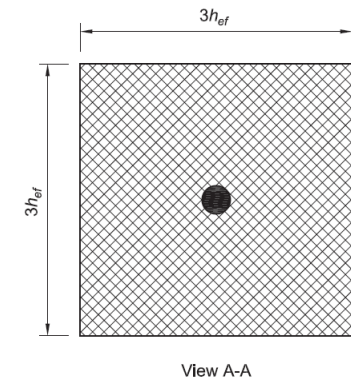
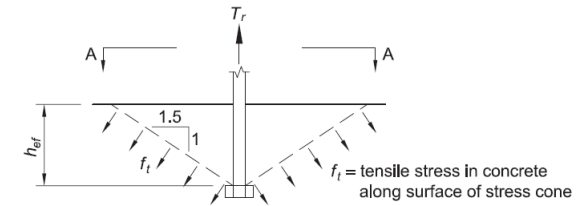


Fig. 4-2. Full breakout cone in tension per ACI 318.

(ACI 318, Eq. 17.6.2.1b)

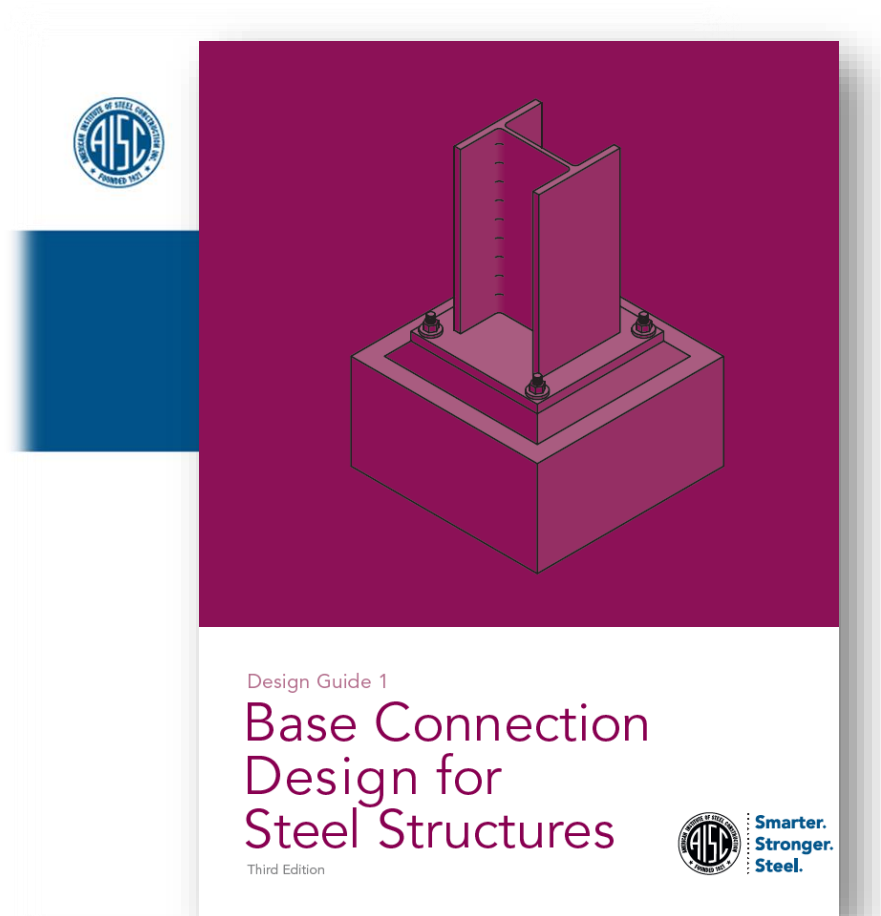
When the anchor is a cast-in headed stud or cast-in headed bolt and the effective embedment of the anchor is between 11 in. and 25 in., inclusive, the value of N_b may be increased up to 14% by utilizing ACI 318, Section 17.6.2.2.3, as:

$$N_b = 16\lambda_a\sqrt{f'_c}h_{ef}^{5/3}$$

(ACI 318, Eq. 17.6.2.2.3)

Key Updates

#WeLoveSteelConstruction

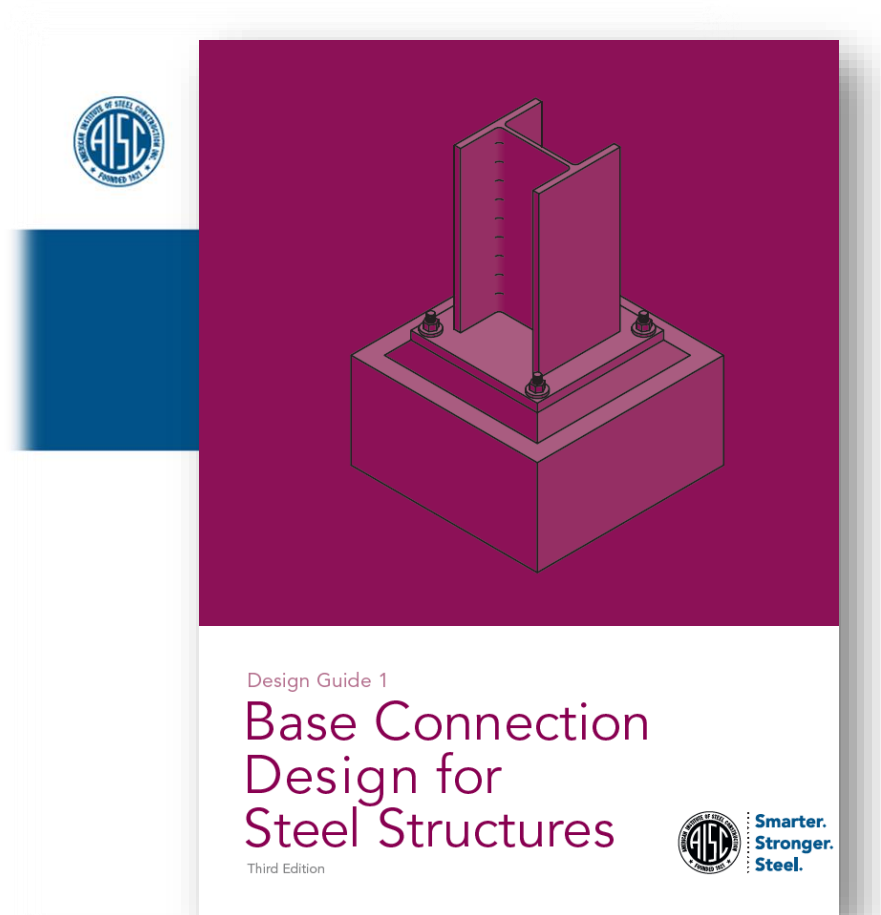


A new chapter on embedded base connections is included (**Chapter 5: Design of Embedded Base Connection**), reflecting findings from multiple research studies summarized in Section 1.2.

เพิ่มเติมหัวข้อใหม่ เรื่องจุดต่อแผ่นฐานที่ฝังในคอนกรีต (**บทที่ 5: การออกแบบจุดต่อฐานที่ฝังในคอนกรีต**) โดยอาศัยผลการศึกษาจากงานวิจัยดังที่ระบุในหัวข้อ 1.2

Key Updates

#WeLoveSteelConstruction



A new chapter (**Chapter 6: Design of Column Base Connections for Seismic Loading**) has been added focusing on seismic design.

เพิ่มเติมหัวข้อใหม่ (**บทที่ 6: การออกแบบจุดต่อฐานเสาสำหรับโครง
ต้านแรงแผ่นดินไหว**) เพื่อเน้นการออกแบบจุดต่อรองรับแรงจาก
แผ่นดินไหว

Key Updates

#WeLoveSteelConstruction

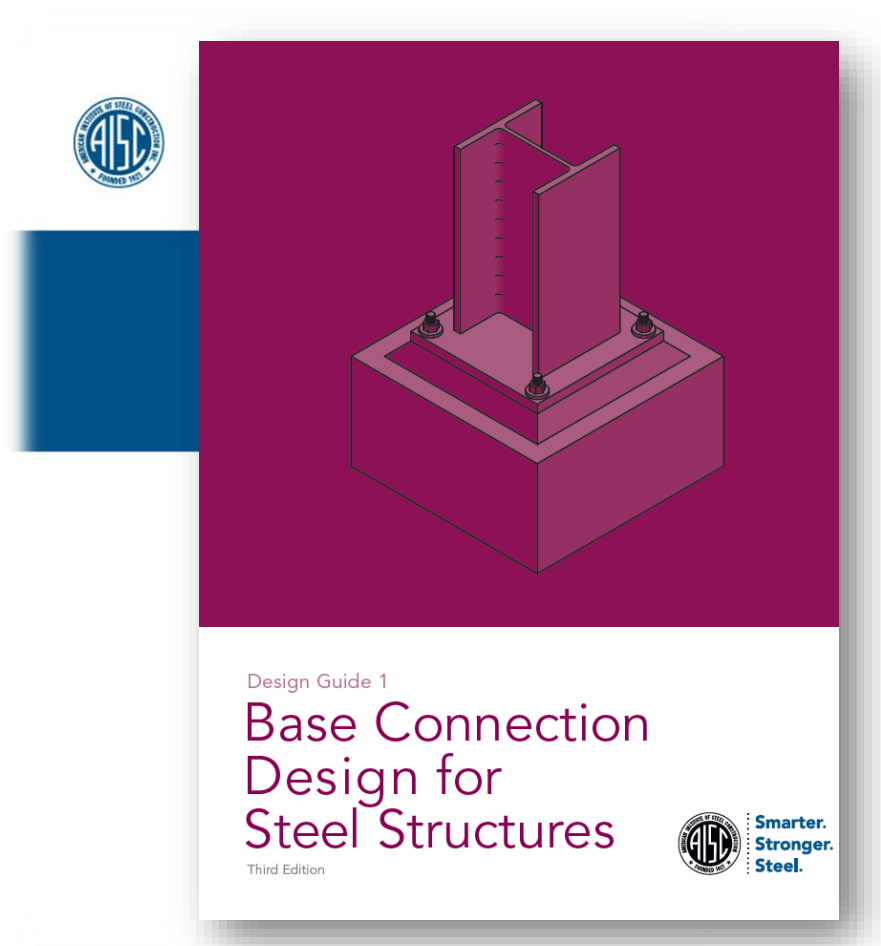


Two new appendices (**Appendices C: Guidance for Simulating Column Base Connections in Structural Analysis and D: Guidance For The Use of Finite Element Analysis for Base Plate Analysis and Design, Focused on Exposed Column Base Connection Details**) have been added to provide methods for the representation of column base connections in frame analysis and design and guidance regarding their simulation through finite element analysis.

เพิ่มเติมภาคผนวก 2 ภาค (**ภาคผนวก C และ D**) เพื่อแสดงการวิเคราะห์และออกแบบจุดต่อฐานเสาในโครงอาคาร ตลอดจนแนวทางในการทำแบบจำลองวิเคราะห์โครงสร้าง

Key Updates

#WeLoveSteelConstruction



Sections pertaining to **fabrication and erection** have been added to **Chapters 4 and 5** for exposed and embedded base connections, respectively.

ส่วนที่เกี่ยวข้องกับ **การแปรรูปและการติดตั้ง** ได้มีการขยายความเพิ่มเติมใน **บทที่ 4** (กรณีไม่ฝังในคอนกรีต) และ **บทที่ 5** (กรณีฝังในคอนกรีต)

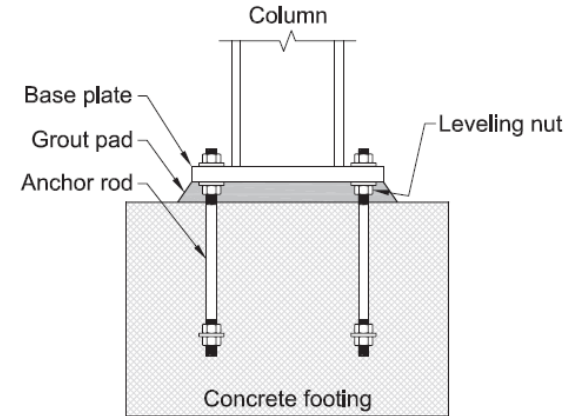
Type of Base Connections

#WeLoveSteelConstruction

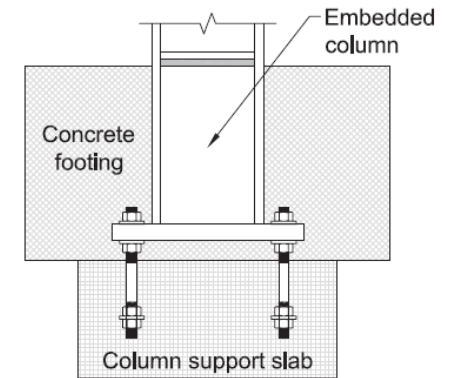
- การจำแนกรูปแบบจุดต่อที่ฐาน แบ่งเป็น
 - จุดต่อ base plate รับเสาที่ไม่ฝังในคอนกรีต
 - จุดต่อ base plate รับเสาที่ฝังในคอนกรีต
 - จุดต่อ base plate รับเสาที่ไม่ฝังในคอนกรีตที่มีการติดตั้งเหล็กแผ่นยึด bracing

Table 2-1. Recommended Base Plate Materials	
Thickness, t_p	Plate Availability
$t_p \leq 4$ in.	ASTM A36/A36M ASTM A572/A572M Gr. 42 or 50 ^[a] ASTM A588/A588M Gr. 50
4 in. < $t_p \leq 5$ in.	ASTM A36/A36M ^[a] ASTM A572/A572M Gr. 42 ASTM A588/A588M Gr. 46
5 in. < $t_p \leq 6$ in.	ASTM A36/A36M ^[a] ASTM A572/A572M Gr. 42 ASTM A588/A588M Gr. 42
6 in. < $t_p \leq 8$ in.	ASTM A36/A36M ^[a] ASTM A588/A588M Gr. 42
$t_p > 8$ in.	ASTM A36/A36M ^[a]

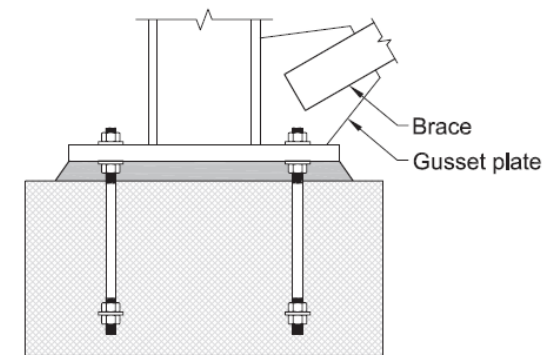
^[a] Preferred material specification



(a) Exposed base plate connection with column only



(b) Embedded base connection



(c) Exposed base plate connection with gusset plate and brace

Grade of Base Plates

#WeLoveSteelConstruction

Table 2-1. Recommended Base Plate Materials	
Thickness, t_p	Plate Availability
$t_p \leq 4$ in.	ASTM A36/A36M ASTM A572/A572M Gr. 42 or 50 ^[a] ASTM A588/A588M Gr. 50 SS400 Equivalent SM520 Equivalent
4 in. < $t_p \leq 5$ in.	ASTM A36/A36M ^[a] ASTM A572/A572M Gr. 42 ASTM A588/A588M Gr. 46
5 in. < $t_p \leq 6$ in.	ASTM A36/A36M ^[a] ASTM A572/A572M Gr. 42 ASTM A588/A588M Gr. 42
6 in. < $t_p \leq 8$ in.	ASTM A36/A36M ^[a] ASTM A588/A588M Gr. 42
$t_p > 8$ in.	ASTM A36/A36M ^[a]
^[a] Preferred material specification	

#WeLoveSteelConstruction

ASTM Designations		Tensile Strength, F_u , ksi	Nominal Tensile Stress, ^[a] $F_{nt} = 0.75F_u$, ksi	Nominal Shear Stress (N-Type), ^{[a], [c]} $F_{nv} = 0.450F_u$, ksi	Nominal Shear Stress (X-Type), ^{[a], [b]} $F_{nv} = 0.563F_u$, ksi	Maximum Diameter, in.
F1554	Gr. 36 ^[d]	58	43.5	26.1	32.7	4
	Gr. 55 ^[d]	75	56.3	33.8	42.2	4
	Gr. 105	125	93.8	56.3	70.4	3
A449		120	90.0	54.0	67.6	1
		105	78.8	47.3	59.1	1½
		90	67.5	40.5	50.7	3
SS400 Equivalent	A36/A36M	58	43.5	26.1	32.7	15
A354 Gr. BD		150	113	67.5	84.5	4

^[a] Nominal stress on unthreaded body area of threaded part (gross area)
^[b] Threads excluded from shear plane
^[c] Threads included in shear plane
^[d] Preferred material specification

ASTM Designations		Tensile Strength, F_u , ksi	Nominal Tensile Stress, ^[a] $F_{nt} = 0.75F_u$, ksi	Nominal Shear Stress (N-Type), ^{[a], [c]} $F_{nv} = 0.450F_u$, ksi	Nominal Shear Stress (X-Type), ^{[a], [b]} $F_{nv} = 0.563F_u$, ksi	Maximum Diameter, in.
F1554	Gr. 36 ^[d]	58	43.5	26.1	32.7	4
	Gr. 55 ^[d]	75	56.3	33.8	42.2	4
	Gr. 105	125	93.8	56.3	70.4	3
A449		120	90.0	54.0	67.6	1
		105	78.8	47.3	59.1	1½
		90	67.5	40.5	50.7	3
SS400 Equivalent	A36/A36M	58	43.5	26.1	32.7	15
A354 Gr. BD		150	113	67.5	84.5	4

[a] Nominal stress on unthreaded body area of threaded part (gross area)

^[b] Threads excluded from shear plane

[c] Threads included in shear plane

[d] Preferred material specification

Pattern and Behavior

#WeLoveSteelConstruction

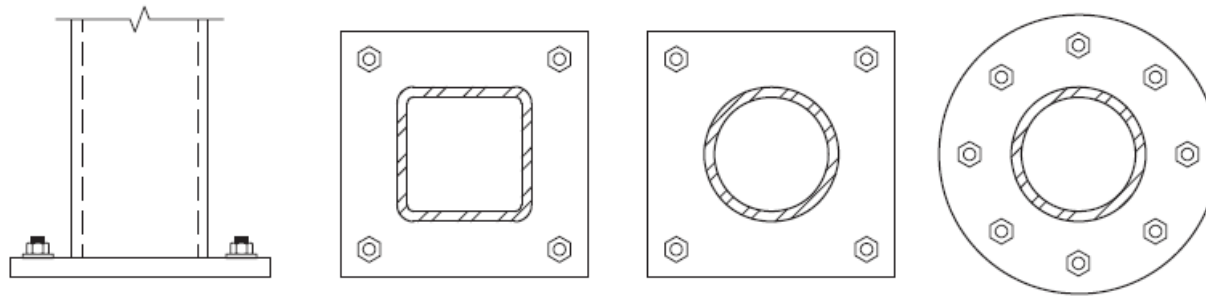


Fig. 3-1. Common base plate details based on type of column attached.

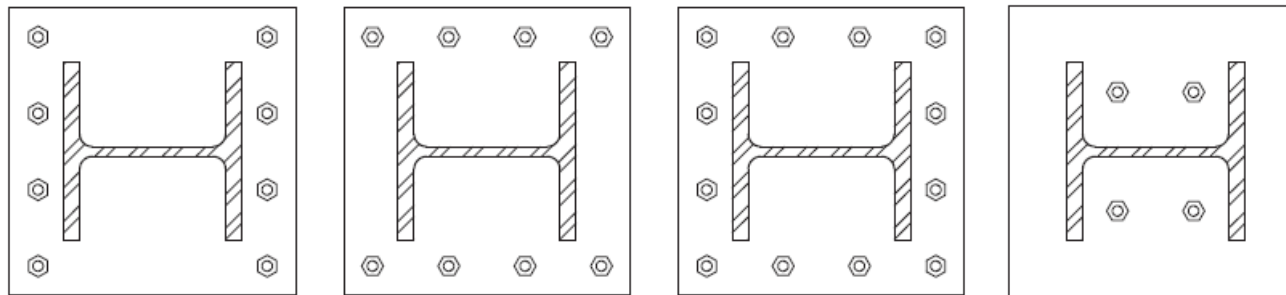


Fig. 3-2. Common anchor rod patterns.

2.5 GROUT MATERIALS

Grout serves as the connection between the steel base plate and the concrete foundation to transfer compression and shear through friction. Grout also serves to assist with maintaining the levelness of column base plates and plumbness of columns during erection. Accordingly, it is important that the grout be properly designed, and placed in a proper and timely manner.

Grout should have a design compressive strength at least twice the strength of the foundation concrete if concrete confinement is used in calculating the available concrete bearing stress. This will ensure that the grout is not the limiting factor when the maximum available bearing strength of the concrete foundation is desired. The design thickness of the grout space will depend on how fluid the grout is and how

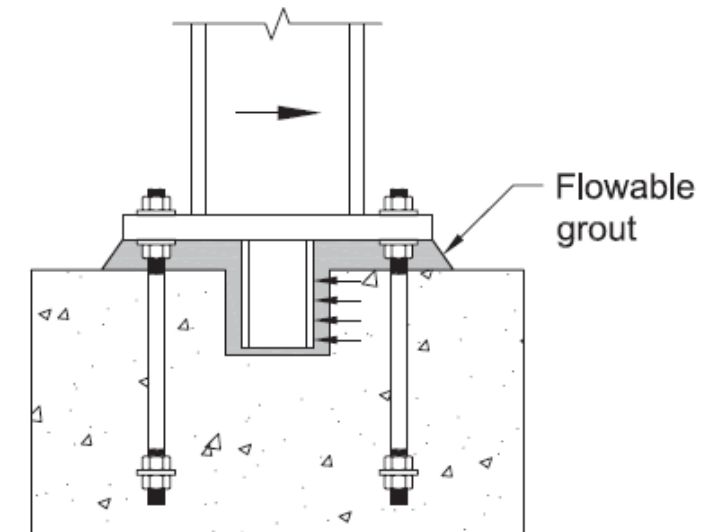


Fig. 3-3. Shear lug to resist large shear forces.

Embedded Base Connection

#WeLoveSteelConstruction

- จุดต่อ base plate รับเสาที่ฝังในคอนกรีต มักออกแบบเพื่อเพิ่มกำลังรับแรงอัดให้กับ concrete ที่ฐาน แต่ในบางครั้ง อาจเป็น “เหตุบังเอิญ” จากการติดตั้งเสา บนตอม่อที่ระบบพื้นเป็นแบบ slab on grade

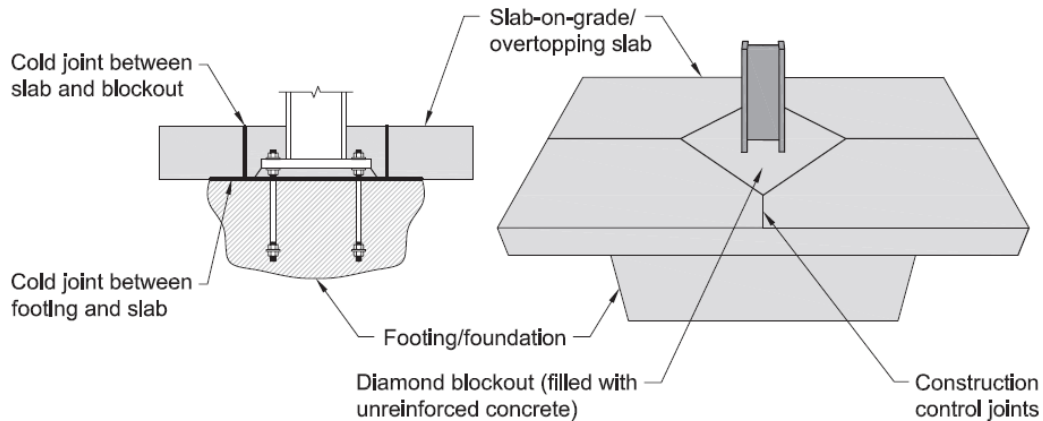


Fig. 3-5. Blockout connections resulting in shallow embedment of base plate connections.

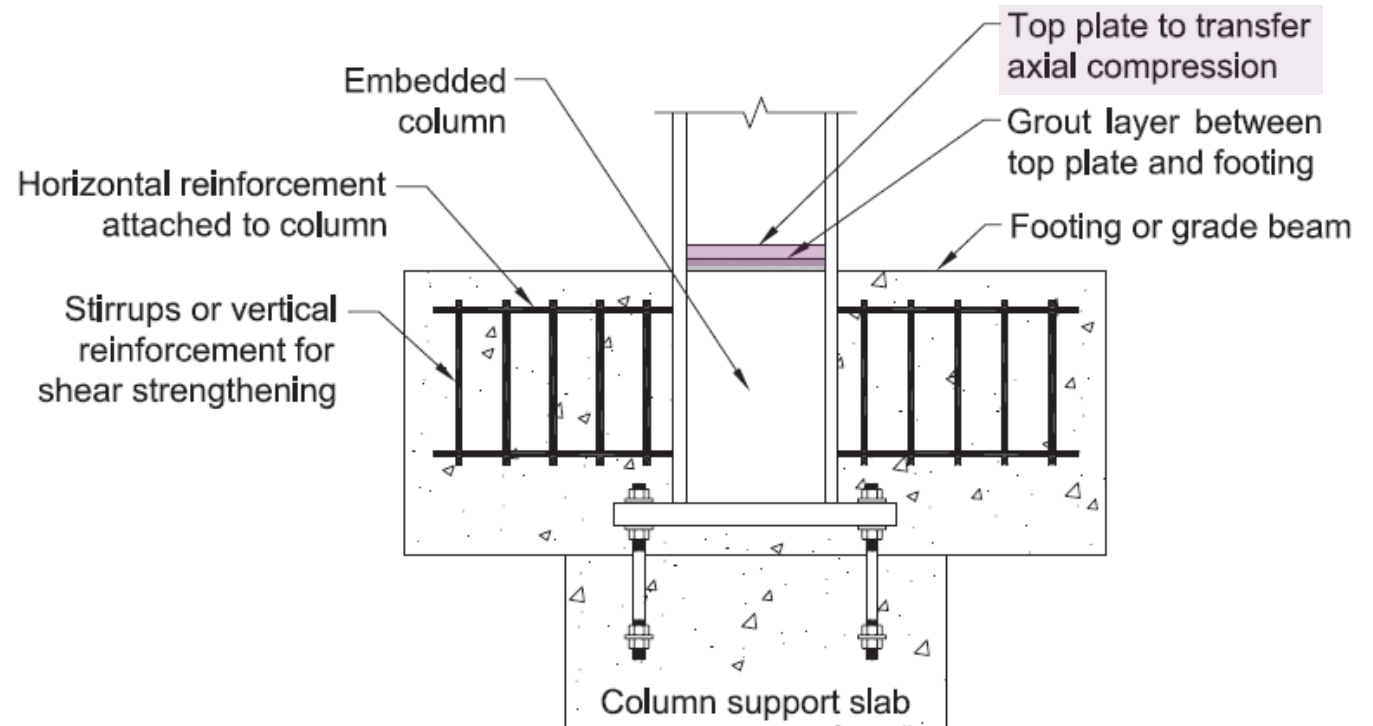


Fig. 3-4. Embedded base connection showing details.

#WeLoveSteelConstruction

- $$A_{se,N} = \frac{\pi}{4} \left(d_a - \frac{0.9743}{n} \right)^2$$

n = number of threads per in.

Rod Diameter, in.	Threads per inch (UNC)	Nominal Rod Area, A_b , in. ²	Tensile Stress Area, $A_{se,N}$, in. ²	Available Tensile Strength, kips					
				ϕR_n ($\phi = 0.75$)			R_n/Ω ($\Omega = 0.75$)		
				LRFD			ASD		
				Grade 36	Grade 55	Grade 105	Grade 36	Grade 55	Grade 105
5/8	11	0.307	0.226	9.83	12.7	21.2	6.55	8.48	14.1
3/4	10	0.442	0.334	14.5	18.8	31.3	9.69	12.5	20.9
7/8	9	0.601	0.462	20.1	26.0	43.3	13.4	17.3	28.9
1	8	0.785	0.606	26.4	34.1	56.8	17.6	22.7	37.9
1 1/8	7	0.994	0.763	33.2	42.9	71.5	22.1	28.6	47.7
1 1/4	7	1.23	0.969	42.2	54.5	90.8	28.1	36.3	60.6
1 1/2	6	1.77	1.41	61.3	79.3	132	40.9	52.9	88.1
1 3/4	5	2.41	1.90	82.7	107	178	55.1	71.3	119
2	4 1/2	3.14	2.50	109	141	234	72.5	93.8	156
2 1/4	4 1/2	3.98	3.25	141	183	305	94.3	122	203
2 1/2	4	4.91	4.00	174	225	375	116	150	250
2 3/4	4	5.94	4.93	214	277	462	143	185	308
3	4	7.07	5.97	260	336	560	173	224	373
3 1/4	4	8.30	7.10	309	399	—	206	266	—
3 1/2	4	9.62	8.33	362	469	—	242	312	—
3 3/4	4	11.0	9.66	420	543	—	280	362	—
4	4	12.6	11.1	483	624	—	322	416	—

— Grade not available in the given diameter.

Base Plate with NO Moment

#WeLoveSteelConstruction

- เมื่อเสาถ่ายแรงลงสู่ตอม่อคอนกรีตผ่าน base plate หน้าที่ยของ base plate คือการกระจายแรงอัด ที่กระทำผ่านหน้าตัดเสากระจาย “เต็มพื้นที่หน้าตัด base plate” เพื่อให้ความเค้นอัดที่กระทำระหว่าง base plate กับ concrete ลดน้อยลง
- Base plate จะรับ reverse pressure จากคอนกรีตตอม่อ (ตามกฎของนิวตัน แรงกระทำ = แรงปฏิกิริยา กระจายผ่าน area)
- บริเวณขอบเสาไปจนกระทั่งขอบ base plate จะมีลักษณะเสมือน cantilevered beam ที่รับ uniform load จึงจำเป็นต้องพิจารณา flexural capacity ของ base plate (yield failure mode)

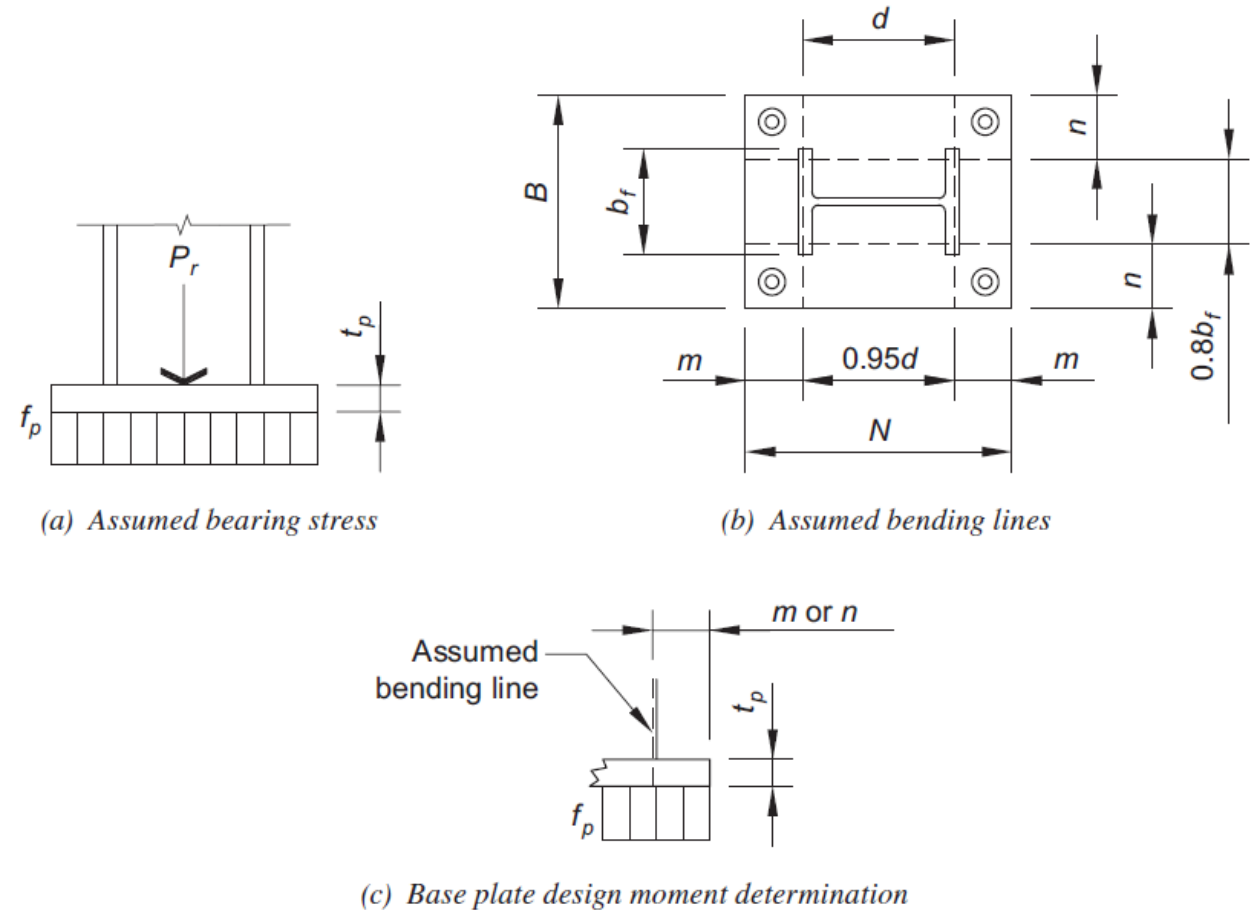


Fig. 4-1. Design of base plate with axial compressive load.

Base Plate with Low Moment

#WeLoveSteelConstruction

- เมื่อเสาถ่ายแรงลงสู่ตอม่อ คอนกรีตผ่าน base plate หน้าของ base plate คือการกระจายแรงอัด ที่กระทำผ่านหน้าตัดเสา กระจาย “เต็มพื้นที่หน้าตัด base plate” เพื่อให้ความเค้นอัดที่กระทำระหว่าง base plate กับ concrete ลดน้อยลง
- การที่ column base ถ่ายโมเมนต์ จะส่งผล “เสมือน” แรงอัดกระทำเยื้องศูนย์กลาง ($e = \text{eccentricity}$) ส่งผลให้การกระจายแรงอัดใต้ base plate ไม่ uniform
- ในทางการคำนวณ Design Guide ตั้งแต่ฉบับที่ 2 กำหนดให้เป็นการกระจายแบบ uniform แต่มีพื้นที่การกระจายไม่เต็มหน้าตัด เหลือระยะการกระจาย Y

Concrete Bearing Stress (for low moment case)

The concrete bearing stress is assumed to be uniformly distributed over the area $Y \times B$. Equation 4-35, for the case of $e = \epsilon$ provides an expression for the length of bearing area, Y :

$$\frac{N}{2} - \frac{Y}{2} = e \quad (4-41)$$

Therefore:

$$Y = N - 2e \quad (4-42)$$

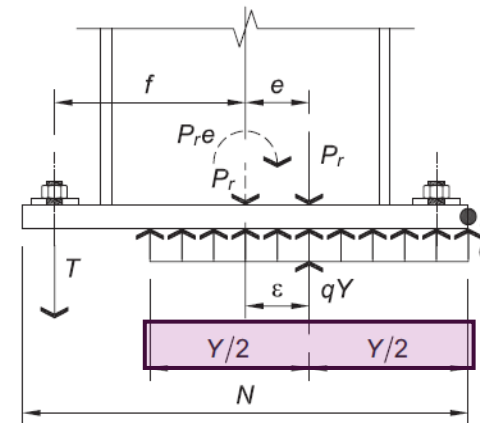


Fig. 4-7. Base plate with low moment.

Base Plate with Large Moment

#WeLoveSteelConstruction

- เมื่อเสาถ่ายแรง axial load ลงสู่ตอม่อ คอนกรีตผ่าน base plate ที่มาพร้อมกับ bending moment จะส่งผลให้ แนวแรง axial load ไม่ผ่านศูนย์กลางของเสา ส่งผลให้ assumed-uniform reverse pressure มีพื้นที่การกระจายลดลง ขอบเขตที่กระจาย = ระยะ Y
- หากระยะ Y ลดลงมาก (ตาม eccentricity ที่เพิ่มขึ้น) ก็จะทำให้ concrete footing เกิดการวิบัติได้ง่าย (จาก pressure ที่สูงขึ้น ด้วย area ที่กระจายแรงลดลง)
- การพิจารณาจึงเริ่มจากการหา critical eccentricity ที่ไม่ส่งผลให้ concrete footing วิบัติ (pressure เกินค่า q_{max})

Design of Column Base Plates with Large Moments

When the magnitude of the bending moment is large relative to the column axial load, anchor rods are required to connect the base plate to the concrete foundation so that the base does not tip nor fail the concrete in bearing at the compressed edge. This is a common situation for rigid frames designed to resist lateral earthquake or wind loads and is schematically presented in Figure 4-8.

As discussed in the previous section, large moment conditions exist when:

$$e > e_{crit} > \frac{N}{2} - \frac{P_r}{2q_{max}} \quad (4-53)$$

Concrete Bearing and Anchor Rod Forces (for large moment case)

The bearing pressure, q , is equal to the maximum value, q_{max} , for eccentricities greater than e_{crit} . In order to calculate the total concrete bearing force and the anchor rod forces, consider the force diagram shown in Figure 4-8.

Vertical force equilibrium requires that:

$$\sum F_{vertical} = 0 \quad (4-54)$$

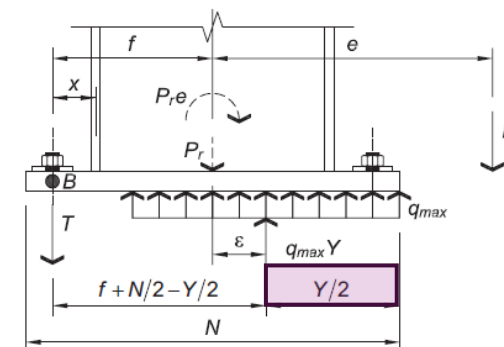


Fig. 4-8. Base plate with large moment.

Considerations

#WeLoveSteelConstruction

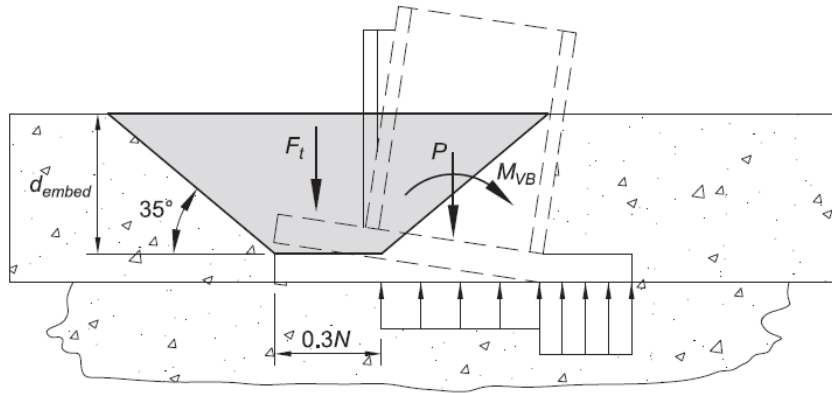


Fig. 5-6. Concrete breakout force above the tension side of the connection in the absence of horizontal reinforcement.

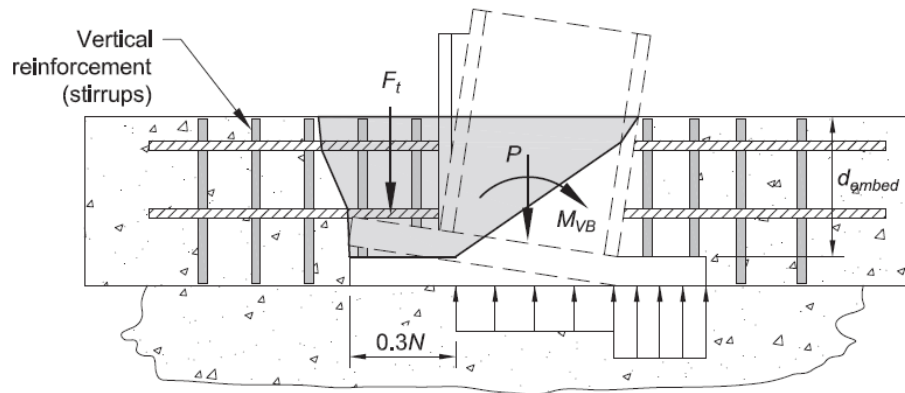


Fig. 5-7. Breakout force of concrete above the tension side of the connection.

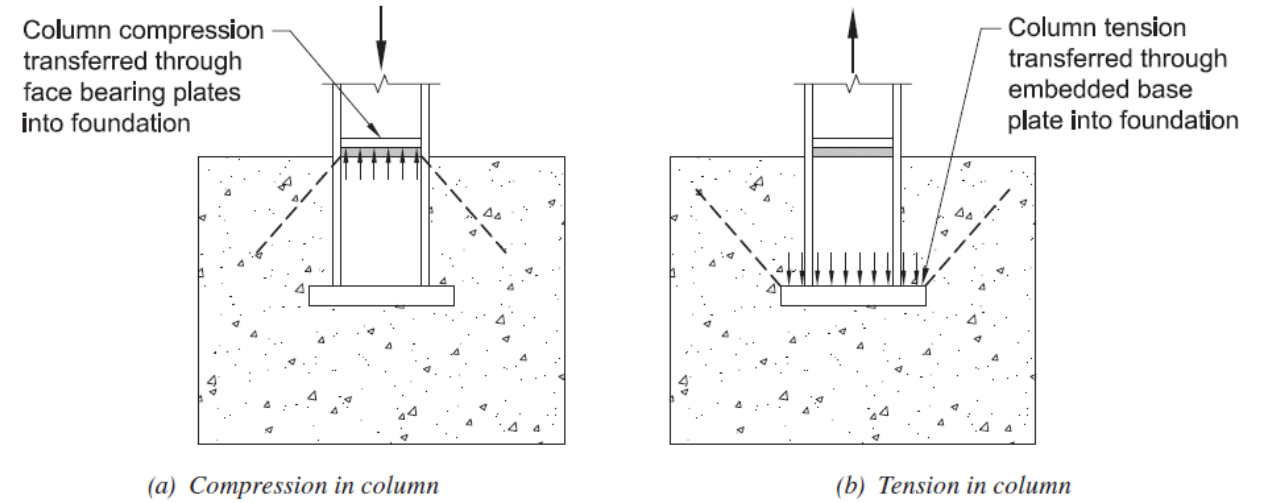


Fig. 5-4. Column axial force transfer in Type I connections.

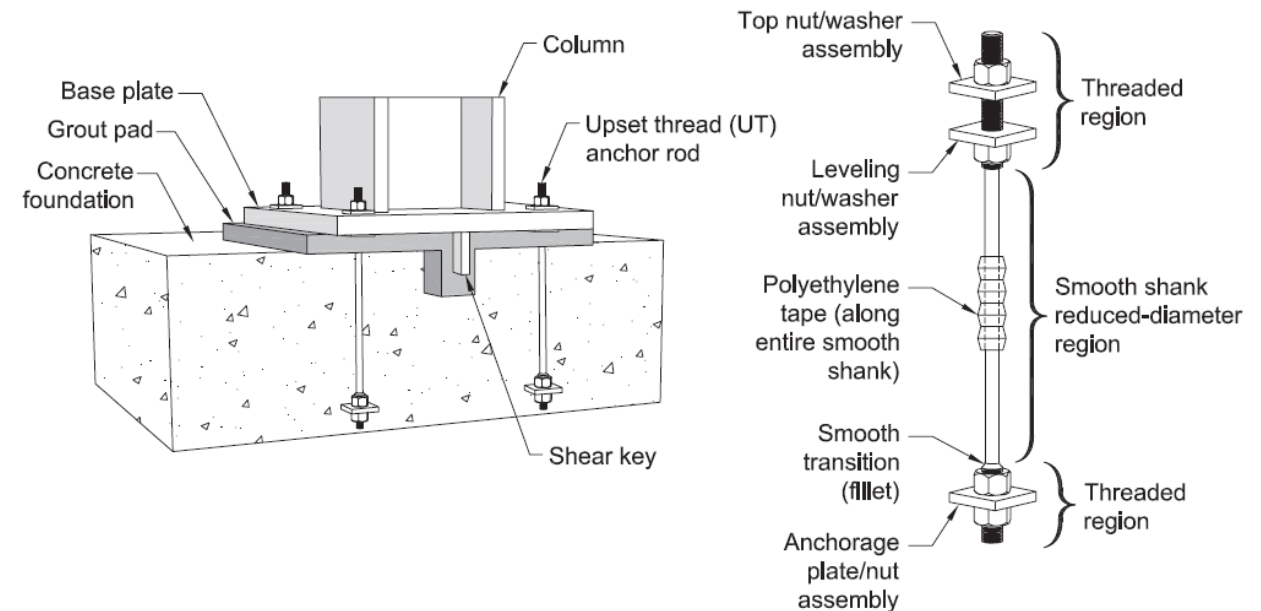


Fig. 6-1. Upset thread detail for weak-base seismic design.



วิศวกรรมสาร

www.eit.or.th E-mail : eit@eit.or.th Thailand Engineering Journal

ภูมิปัญญาวิศวกรไทย ร่วมใจเพื่อสังคม ปีที่ 75 ฉบับที่ 3 กรกฎาคม - กันยายน 2565



อธิบายกลไกการเกิดเหตุการณ์ความคอบกรตีอัดแรงหน้าคด

รูปตัวโอบนส-พานกลับรถ ถนนพระรามที่ 2

หลักกิโลเมตรที่ 34 พลิกหล่นใส่รถที่สัญจรด้านล่าง

บทเรียนกรณีไฟไหม้ MOUNTAIN B



เทคโนโลยี

และการทดสอบ
ภายในประเทศ

การประยุกต์ใช้งานต่อหลักเพื่อเป็นเสา
อาคารร่วมกับพื้นคอนกรีต

ใช้ฐาน

กับงานวิศวกรรม



ตอนที่ ๙ โบราณกับการเรียนรู้ สำเร็จ และล้มเหลว

เสาคอนกรีตและเสาเหล็กประมาณการ โดยสมมติความยาวของเสา 3 เมตร ได้ดังตาราง

เสาคอนกรีตเสริมเหล็กสี่เหลี่ยมจัตุรัส			เสาท่อเหล็กสี่เหลี่ยมจัตุรัส			
ขนาด (cm)	ราคาต่อเส้น (บาท)	พื้นที่เสา (ตรม.)	ขนาด (cm)	ความหนา (mm)	ราคาต่อเส้น (บาท)	พื้นที่เสา (ตรม.)
30	1,620	0.09	15	6	4,883	0.02
35	2,205	0.12	20	6	6,579	0.04
40	2,880	0.16	25	6	8,275	0.06
45	3,645	0.20	30	6	9,970	0.09

รูปที่ 4 ตารางแสดงขนาดเสาท่อเหล็กที่เลือกจากเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

แต่หากพิจารณาพื้นที่เสาที่ลดลงส่งผลต่อ net floor area ที่เพิ่มขึ้น โดยหากเราขยายพื้นที่อยู่ที่ 100,000 บาทต่อตารางเมตร การลดลงของพื้นที่เสาจะช่วยให้ต้นทุนสามารถทำกำไรได้เพิ่มขึ้นดังตาราง

เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก			เสาท่อเหล็ก		เสาท่อเหล็กขายที่	เสาท่อเหล็ก
ขนาด (cm)	ราคา (฿)	พื้นที่เสา (sqm)	ขนาด (cm)	ราคา (฿)	พื้นที่เสา (sqm)	พื้นที่เสา (sqm)
30	1,620	0.09	15	4,883	0.02	3.263
35	2,205	0.12	20	6,579	0.04	4.374
40	2,880	0.16	25	8,275	0.06	5.395
45	3,645	0.20	30	9,970	0.09	6.325

รูปที่ 5 ตารางแสดงความคุ้มค่าของการใช้เสาท่อเหล็กทดแทนเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก จากพื้นที่ใช้สอยที่เพิ่มมากขึ้น

ดังนั้นหากผู้ประกอบการพิจารณาถึงปัจจัยที่หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นคุณภาพของงานก่อสร้างที่ดีด้วยมีการควบคุมการผลิตมาจากโรงงาน หรือก่อสร้างที่สามารถดำเนินการได้ง่ายและรวดเร็ว ไม่ต้องติดตั้งไม้แบบ ติดตั้งเหล็กเสริม เทคอนกรีต รื้อคอนกรีตบ่มตัว หรือความสวยงามความโล่งโปร่งของตัวอาคารและความยืดหยุ่นในการตกแต่งภายใน ไปจนกระทั่งผลกำไรที่ได้รับที่เพิ่มขึ้น ทั้งหมดนี้เป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้ PostConnex น่าจะเกิดประโยชน์

ต่อนักลงทุน ผู้พัฒนาอสังหาริมทรัพย์ตลอดจนเจ้าของอาคารที่ต้องการคุณค่าที่มากกว่าระบบงานก่อสร้างที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

ประวัติผู้เขียนบทความ

นายวิฑูรย์ สุภัสสร

การศึกษา

- วศบ. สาขาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- วศม. Lehigh USA
- บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตำแหน่งปัจจุบัน

- Head of steel construction technology and market development, บมจ. สหวิริยาสตีลอินดัสตรี
- กรรมการอำนวยการ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (พ.ศ. 2563-2565)
- อนุกรรมการสาขาโครงสร้างเหล็ก วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย
- กรรมการเหล็กเพื่อการก่อสร้าง (ConStructCo) สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย (SEAISI)



วิศวกรรมสาร

www.eit.or.th E-mail : eit@eit.or.th Thailand Engineering Journal

ภูมิปัญญาวิศวกรไทย ร่วมใจเพื่อสังคม ปีที่ 77 ฉบับที่ 4 ตุลาคม - ธันวาคม 2567

✖ การคำนวณการแตกร้าวคอนกรีตเสริมเหล็ก ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

✖ ความปลอดภัย ในงานกู้ภัยด้วยรถเครน: ขั้นตอนและข้อควรระวัง และประสบการณ์ จากเหตุรถเครนล้ม ถนนพระราม 2

- ✖ การใช้เสาถักเหล็กกับงานก่อสร้างอาคารหลายชั้น
- ✖ กัญชามีประโยชน์กับงานบริการสังคม
- ✖ บริหารงานก่อสร้าง สวัสดิ์ปิใหม่ พ.ศ. ๒๕๖๘
- ✖ คลินิกช่าง ถมดินแล้วสร้างบ้านเลย
ระวังเสาเข็มลึบเกินไป

ยอ .. ยอ .. ยอ .. (ชื่อประเภท)

การวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ

ขนาดของ HSS column มีขนาดไม่ใหญ่มากนัก อย่างไรก็ตามการที่จุดต่อระหว่างข้อต่อข้อต่อเป็นปัญหาอุปสรรคและมีความเสี่ยงต่อการต่อโครงสร้างเหล็กให้รวดเร็วต้องใช้สลักเกลียวและแป้นเกลียว (bolt and nut) แต่การติดตั้ง bolt & nut ไม่สามารถทำได้กับ HSS ด้วยเหตุผลด้าน "ลักษณะทางกายภาพ" ที่การเข้าของ bolt & nut ไม่สามารถทำได้กับ HSS ด้วยเหตุนี้จึงเห็นว่าการใช้เหล็กแผ่นหรือเหล็กเส้น (plate) ในการเชื่อมต่อระหว่างข้อต่อของ HSS column นั้นมีความเหมาะสมกว่าการเชื่อมต่อด้วย bolt & nut

หากเราสามารถแก้ปัญหาการเชื่อมต่อ และการรับแรงที่ข้อต่อของ HSS column ได้ การใช้เหล็กแผ่นหรือเหล็กเส้น (plate) ในการเชื่อมต่อระหว่างข้อต่อของ HSS column นั้นมีความเหมาะสมกว่าการเชื่อมต่อด้วย bolt & nut

ช่วย ลดขนาดของ HSS column ได้บ้างหรือไม่? ช่วย ลดขนาดของ HSS column ได้บ้างหรือไม่? ช่วย ลดขนาดของ HSS column ได้บ้างหรือไม่?

POSTCONNEX นี้ ได้พัฒนาจากหลักการของการถ่ายแรงจากเสาเหล็กลงสู่เสาตอม่อคอนกรีต ที่ต้องการรองรับด้วย แผ่นฐาน (base plate) ซึ่งทำหน้าที่กระจายความเค้นอัดที่ส่งผ่านจากเสาเหล็ก (กำลังอัดของเสาเหล็กเกินกว่า 4,000 ksc) ไปสู่คอนกรีตตอม่อ (กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตอัด 400 ksc) ด้วยการขยายพื้นที่รับและถ่ายแรงอัดให้มากขึ้นโดยใช้ base plate ซึ่งออกแบบมาเป็นรูปตัว T ออกแบบให้ขนาด base plate ให้ใหญ่เพียงพอไม่เกิดการวิบัติที่คอนกรีตตอม่อ แต่ไม่ใหญ่จนเกินไป อันส่งผลให้เกิด base plate bending failure หลักการดังกล่าวนี้ หากพิจารณา "กลับหัวกลับหาง" จาก แผ่นฐาน (base plate) กลายเป็น แผ่นปิดหัวเสา (cap plate) ซึ่งทำหน้าที่ (1) รับแรงที่ถ่ายจากแผ่นพื้นคอนกรีต และ (2) อำนวยความสะดวก หรือ splice เสาคอนกรีตเข้ากับเสาหัวเสา ด้วยการใส่ bolt & nut

ด้วย load path การถ่ายแรงที่ค่อนข้างซับซ้อน และยังไม่มีผลการศึกษารายงานในและต่างประเทศปรากฏให้เห็นในเชิงประจักษ์ การจะนำ POSTCONNEX ไปใช้ในทางปฏิบัติได้อย่างปลอดภัย จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการ และนำผลการทดสอบไปดำเนินการศึกษาวิจัยที่แบบจำลองประกอบการศึกษาเพิ่มเติม โดยได้ดำเนินการทดสอบช่วงปลายปี พ.ศ. 2564 ที่สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย ด้วยการสนับสนุนจาก โครงการวิจัย ภายใต้การนำของ ศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ วัฒนศิริกุล (Post-tensioned slab) โดยมีการต่อระหว่างเสาหัวเสาและเสาตอม่อ ซึ่งเป็นจุดต่อตาม (splice connection) จะถูกเชื่อมอยู่ในพื้นคอนกรีตให้มีความแข็งแรงจากพื้นคอนกรีตที่เสร็จสิ้น อันส่งผลทำให้จุดต่อตามนี้ไม่เกิดรอยร้าว



การวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ

ที่ได้ดำเนินการศึกษาการทำแบบจำลอง ได้ถูกนำเสนอในงาน SSI Steel Construction Forum 2024 ในวันที่ 19 ตุลาคม พ.ศ. 2567

บทความนี้จะเป็นการนำเสนอสรุปของการศึกษา จากการพัฒนาแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ Finite Element Modeling (FEM) นำมาตรวจสอบผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ เพื่อเป็นแนวทางสำหรับวิศวกรที่สนใจงานพัฒนาวิศวกรรมต่อไป

▶ ภาพรวมการทดสอบและผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

การทดสอบด้วยเสาเหล็กที่มีการประกอบเหล็กปิดหัวเสา (cap plate) ที่รองรับพื้นคอนกรีตไร้คานในห้องปฏิบัติการ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2564 และปี พ.ศ. 2566 นั้น มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษากำลังรับแรงเฉือนของพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก เมื่อไม่มีการเสริมกำลังรับแรงเฉือน (ไม่ว่าจะเสริมด้วย shear headed stud หรือ XSHEAR) และนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบไปใช้เปรียบเทียบกับแบบจำลอง finite element model เพื่อให้เกิดความเข้าใจในเชิงพฤติกรรม และปรับปรุงแบบจำลองให้สะท้อนพฤติกรรมที่ได้จากการทดสอบจริง สำหรับนำไปพัฒนาต่อออกแบบการเชื่อมต่อที่ปลอดภัยที่ดี (good detailing) ที่สามารถยอมรับให้ระบบมีเสถียรภาพ (performance) สูงที่สุดต่อไป



รูปที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของ POSTCONNEX

ในช่วงกลางปี พ.ศ. 2565 คณะนักวิจัยได้ออกแบบนวัตกรรมอีกหนึ่งนวัตกรรม จากเหล็กแผ่นลาย (checkered plate) แผ่นใหญ่ นำมาดัดเป็นแถบแล้วพันขึ้นรูปเพื่อใช้เสริมกำลังรับแรงเฉือนของแผ่นพื้นไร้คานที่มีความแข็งแรงต่อการรับน้ำหนักจากการกดทับ (punching shear) ที่เรียกว่าเป็นภาษาทั่วไปว่า เหล็กแถบรับแรงเฉือน หรือ shear band โดยนำมาทดสอบร่วมกับ POSTCONNEX ผลการทดสอบและการวิเคราะห์เบื้องต้น ได้มีการนำเสนอช่วงราวกลางปี พ.ศ. 2566 โดยตัวแทนของคณะนักวิจัย นายเมธี สุวรรณานันท์ ในการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 28 ที่จังหวัดภูเก็ต และในทางคู่ขนาน คณะนักวิจัยก็ได้ดำเนินการทำปฐมนิเทศวรรณกรรม (literature review) ควบคู่ไปกับการวิเคราะห์แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Analysis, FEA) เชิงลึก ด้วยซอฟต์แวร์ ABAQUS ร่วมกับบริษัทที่ปรึกษา บจก. สินธรา (Synterra)





วิศวกรรมสาร

www.eit.or.th E-mail : eit@eit.or.th Thailand Engineering Journal

ภูมิปัญญาวิศวกรไทย ร่วมใจเพื่อสังคม ปีที่ 77 ฉบับที่ 4 ตุลาคม - ธันวาคม 2567

✖ การดำเนินการขุดลอกและถมดินในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

บทความ "การยกวัสดุในงานกักเก็บด้วยรถเครน: ขั้นตอนและข้อควรระวัง และประสบการณ์จากเหตุรถเครนล้ม ถนนพระราม 2"

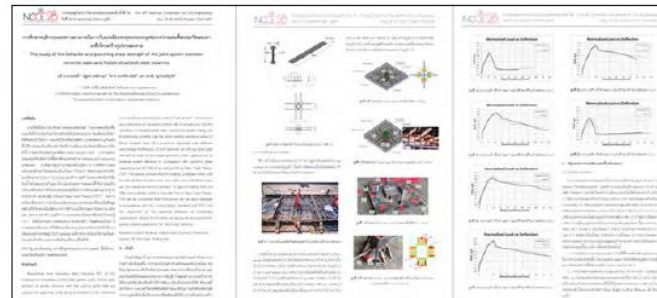
- ✖ การใช้สากอ้อยเหล็กกับงานก่อสร้างอาคารหลายชั้น
- ✖ กัญชามีดี งานบริการสังคม
- ✖ บริหารงานก่อสร้าง สวิสดีปีใหม่ พ.ศ. ๒๕๖๘
- ✖ คลินิกช่าง ถมดินแล้วสร้างบ้านเลย ระวังเสาเข็มล้มกันไป

ยอ .. ยอ .. ยอ .. (ชื่อประเทศ)

วิศวกรรมโยธา

การใช้สากอ้อยเหล็กกับงานก่อสร้างอาคารหลายชั้น

ในปี พ.ศ. 2564 ได้มีการจัดทำตัวอย่างทดสอบจำนวน 6 รูปแบบ จำนวนทั้งสิ้น 12 ตัวอย่าง ทำการศึกษาการมีและ 2 ตัวอย่าง โดยยึดรูปแบบการทดสอบดังปรากฏใน ผลการศึกษาหัวข้อ "การศึกษาพฤติกรรมและความสามารถในการรับแรงเฉือนของ"



รูปที่ 2 บทควมวิชาการ ที่ได้ตีพิมพ์ในการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 28 ปี พ.ศ. 2566

รูปแบบ 1 ไม่มีการเสริมเหล็กกับรับแรงเฉือน

(ต้องการดูการรับกำลังสูงสุดขณะไม่มี shear headed stud)

รูปแบบ 2 มีการเสริมเหล็กกับรับแรงเฉือน

(ต้องการเปรียบเทียบกำลังการรับแรงการรับและไม่มี shear headed stud ต่างกันอย่างไร)

รูปแบบ 3 เปลี่ยนแปลงความหนาของแผ่นเหล็กเสริมกำลังรูปทรงสามเหลี่ยม (ในแนวตั้ง)

(ต้องการทราบแผ่นเหล็กเสริมกำลังรูปทรงสามเหลี่ยม (ในแนวตั้ง) มีผลต่อการรับน้ำหนักหรือไม่)

รูปแบบ 4 เปลี่ยนแปลงความหนาของแผ่นเหล็กเป็นรับสถิกเลีย (ในแนวระนาบ)

(ต้องการทราบแผ่นเหล็กเป็นรับสถิกเลีย (ในแนวระนาบ) มีผลต่อการรับน้ำหนักหรือไม่)

รูปแบบ 5-1 เปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสถิกเลีย, 5-2 ไม่มีการใส่สถิกเลีย

(ต้องการเปรียบเทียบขนาดของสถิกเลีย มีผลต่อการรับน้ำหนักหรือไม่)

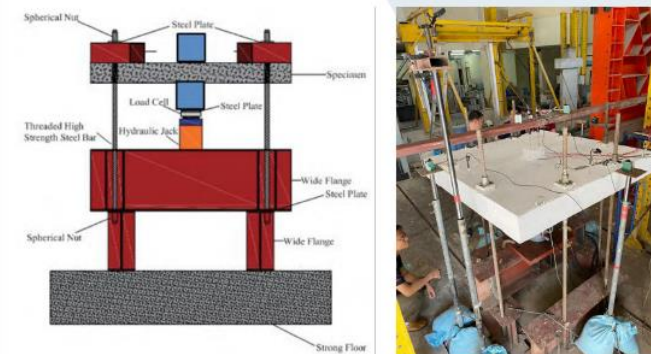
รูปแบบ 6 เปลี่ยนแปลงกำลังขีดครากของเหล็กแผ่นปิดหัวเสา

(ต้องการเปรียบเทียบกำลังขีดคราก (Fy) ของเหล็กแผ่นปิดหัวเสาเมื่อการรับน้ำหนักหรือไม่)

โดยรูปแบบที่ 1 และ 6 ไม่มีการเสริมกำลัง shear headed stud และ รูปแบบ 2-5 มีการเสริมกำลัง shear headed stud



การใช้สากอ้อยเหล็กกับงานก่อสร้างอาคารหลายชั้น



รูปที่ 3 รูปแบบการทดสอบในห้องปฏิบัติการที่สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT)

ผลการทดสอบได้แสดงให้เห็นว่าปริมาณการมากกว่าค่าคำนวณตามทฤษฎีรอยแตกวิกฤตจากแรงเฉือน หรือ Critical Shear Crack Theory (CSCT) และรูปแบบการรับน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นด้วยแรงเฉือน (shear headed stud) มีส่วนสำคัญที่ทำให้ระบบ มีความเหนียวมากยิ่งขึ้น สามารถรับกำลังได้มากขึ้นและยัง ไม่เกิดการรับน้ำหนักจนพังทลายภายหลังจากที่ระบบได้รับแรงสูงสุด และการปรับขนาดลวดเสริมต่าง ๆ ของ POSTCONEX อาทิ เช่น 1) แผ่นเหล็กเสริมกำลังรูปทรงสามเหลี่ยม (ในแนวตั้ง) 2) แผ่นเหล็กเป็นรับสถิกเลีย (ในแนวระนาบ) 3) ขนาดของสถิกเลีย 4) กำลังขีดคราก

(Fy) ของแผ่นเหล็กปิดหัวเสา ของส่วนประกอบเหล่านี้ไม่ส่งผลต่อภาพรวมของความสามารถในการรับน้ำหนักเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างทดสอบในรูปแบบที่ 2 ตามที่ได้ปรากฏจากการทดสอบข้างต้น ต่อมาในปี พ.ศ. 2566 คณะผู้วิจัยได้เพิ่มตัวอย่างทดสอบ โดยดำเนินการทดสอบร่วมกับเหล็กแผ่นหลายชั้นขึ้นรูปเพื่อรับแรงเฉือน (shear band) หรือ XSHEAR เพิ่มเดิม ร่วมกับระบบเสาเพื่อเหล็ก รับพื้นไร้คานที่มีการจัดเตรียมเงื่อนไขขอบเขต (boundary condition) เช่นเดียวกับการทดสอบในปี พ.ศ. 2564 เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ในการเสริมกำลังรับแรงเฉือนของเหล็กับพื้นคอนกรีตไร้คาน



รูปที่ 4 เหล็กแผ่นภายในพื้นรับรูปรับแรงเฉือน



วิศวกรรมสาร

www.eit.or.th E-mail : eit@eit.or.th Thailand Engineering Journal

ภูมิปัญญาวิศวกรไทย ร่วมใจเพื่อสังคม ปีที่ 77 ฉบับที่ 4 ตุลาคม - ธันวาคม 2567

✕ การดำเนินการขุดลอกและฝังท่อ
ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

บทความ **“การยกวัสดุ
ในงานกู้ภัยด้วยรถเครน:
ขั้นตอนและข้อควรระวัง และประสบการณ์
จากเหตุการณ์กลุ่ม ถนนพระราม 2”**

- ✕ การใช้เสาเข็มกับงานก่อสร้างอาคารหลายชั้น
- ✕ กัญชากับงานบริการสังคม
- ✕ บริหารงานก่อสร้าง สวัสดิ์ปิใหม่ พ.ศ. ๒๕๖๘
- ✕ คลินิกช่าง ถมดินแล้วสร้างบ้านเลย
ระวังเสาเข็มลึบเกินไป

ยอ .. ยอ .. ยอ .. (ชื่อประเทศ)

วิศวกรรมศาสตร์

การก่อสร้างอาคารและงานก่อสร้างอาคารหลายชั้น



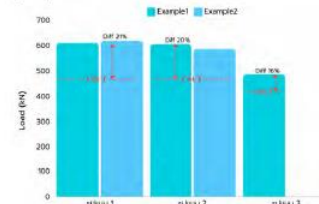
รูปที่ 5 การเปรียบเทียบการทดสอบ POSTCONCREX ร่วมกับ XSHEAR ในห้องปฏิบัติการ

การดำเนินการทดสอบในปี พ.ศ. 2566 นั้น ได้ดำเนินการจำนวนทั้งสิ้น 5 ตัวอย่าง แบ่งเป็น 3 รูปแบบ อันประกอบด้วย

1. รูปแบบที่ 1 จำนวน 2 ตัวอย่าง เป็นรูปแบบที่มีเหล็กเสริมแรงเดียว ความกว้าง 50 mm
2. รูปแบบที่ 2 จำนวน 2 ตัวอย่าง เป็นรูปแบบที่มีเหล็กเสริมแรงเดียว ความกว้าง 25 mm (ที่มีน้ำหนักเหล็กน้อยกว่ากับรูปแบบที่ 1 แต่มีความกว้างน้อยกว่า)
3. รูปแบบที่ 3 จำนวน 1 ตัวอย่าง เป็นรูปแบบที่ไม่มีเหล็กเสริมแรง และไม่มีอุปกรณ์ยึดติดหัวเสา

ซึ่งก่อนการทดสอบทางทีมงานได้จัดทำการประมาณการกำลังสูงสุดของแต่ละรูปแบบที่จะรับได้ตามมาตรฐาน ACI318 -19 (CSCT)

จากผลการทดสอบการรับกำลังสูงสุด พบว่า 1) การใช้ XSHEAR สามารถใช้เสริมแรงเพื่อป้องกันการเกิดแรงเฉือนได้ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความต้านทาน ACI 318-19 มีความต้านทานที่มากกว่าประมาณการไว้ 16-21% 2) ตัวอย่างทดสอบรูปแบบที่ 3 การไม่มีอุปกรณ์ยึดติดหัวเสา และ XSHEAR ทำให้การต้านทานแรงเฉือนลดลง ส่งผลให้มีการรับน้ำหนักที่ลดลงตามผลการทดสอบ 3) การรับแรงเฉือนของ XSHEAR แถบกว้าง 50 mm มีกำลังรับแรงใกล้เคียงกับ XSHEAR แถบกว้าง 25 mm เนื่องจากพื้นที่หน้าตัดของเหล็กคายออกที่เสริมรับแรงเฉือนหรือ punching shear มีพื้นที่หน้าตัดการรับแรงเท่ากัน



รูปที่ 6 ผลการทดสอบรับกำลังสูงสุดการรับแรงเฉือน (punching shear)



รูปที่ 7 ลักษณะการรับน้ำหนักของตัวอย่างทดสอบ สะท้อนการรับน้ำหนักในรูปแบบการเฉือน

การกำหนดค่าและข้อจำกัด

การวิเคราะห์แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Analysis, FEA) เป็นการจำลองพฤติกรรมของระบบโครงสร้างที่กำหนดเงื่อนไขขอบเขต (boundary condition) ของระบบโครงสร้าง จุดยึด ขอบค้ำ ความหนา ลักษณะของแรงกระทำ และข้อจำกัดป้อนข้อมูลวัสดุ โดยเฉพาะค่าความต้านทาน (Fy) ค่ารับแรงดึง (Fu) หรือ ค่ารับแรงอัด (Fc) เท่านั้น แต่ข้อมูลวัสดุจำเป็นต่อความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะการเสียรูป (stress-strain relationship) เพิ่มเติมเข้ามาด้วย

สำหรับวัสดุเหนียว เช่น เหล็กแผ่น เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต เหล็กเส้นสาย เป็นต้น การทดสอบหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดไม่ได้เป็นอุปสรรค เนื่องจากสมบัติของวัสดุดังกล่าวนี้ สามารถทดสอบในห้องปฏิบัติการทดสอบของโรงงานผลิตเหล็กแบบทุกแห่ง แต่สำหรับคอนกรีตจะมีความยุ่งยากและซับซ้อน ด้วยเหตุนี้ค่ารับแรงอัดของคอนกรีตมาจากการกำหนดค่าส่วนผสมของ ปูนซีเมนต์ น้ำ และมวลรวม ซึ่งเป็นข้อมูลทางเทคนิคของผู้จัดจำหน่ายคอนกรีตแต่ละราย คอนกรีตผสมเสร็จที่ใช้กับการทดสอบตัวอย่างระบบนี้ ด้วยเหตุนี้คอนกรีตจะเพิ่มค่ารับแรงอัดตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ซึ่งด้วยข้อจำกัดดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงต้องพยายามหาข้อมูลเชิงพฤติกรรมแบบจำลองคอนกรีต (concrete model) ที่สะท้อนความสัมพันธ์ระหว่าง stress กับ strain ที่เหมาะสมที่ได้รับการตีพิมพ์งานวิจัยในอดีต

แบบจำลองคอนกรีตที่เหมาะสมนี้ จะอำนวยความสะดวกในการสร้างชุดข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างแรงอัด (ในรูปของ compressive stress) และการเสียรูปจากแรงอัด (ในรูปของ compressive strain) ตลอดจนแรงดึงและการเสียรูปจากแรงดึง (tensile stress - strain) จาก “ข้อมูลเดียว” ที่มักจะมี คือ ค่ารับแรงสูงสุด (compressive strength, f_c) ที่ 28 วัน ที่ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการทดสอบ เพื่อนำไปใช้ประมาณการตัวแปรต่าง ๆ สำหรับคุณสมบัติคอนกรีตเพื่อป้อน “ชุดข้อมูล” compressive stress-strain & tensile stress-strain ในแบบจำลองคอมพิวเตอร์โปรแกรม Finite Element โดยแบบจำลองคอนกรีตที่นำมาใช้คือ “A Material Model for Flexural Crack Simulation in Reinforced Concrete Elements using ABAQUS (Wahlaathantri, 2011)”



วิศวกรรมสาร

www.eit.or.th E-mail : eit@eit.or.th Thailand Engineering Journal

ภูมิปัญญาวิศวกรไทย ร่วมใจเพื่อสังคม ปีที่ 77 ฉบับที่ 4 ตุลาคม - ธันวาคม 2567

✕ การดำเนินการเวนคืนลพิษต่ำ
ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

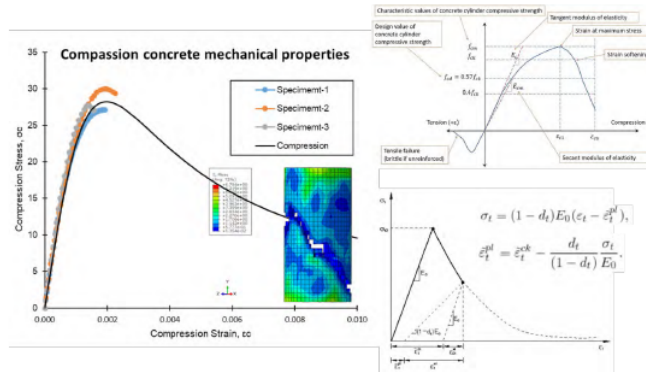
ความ **“การยกวัสดุ
ในงานทุ๊ตด้วยรถเครน:
ขั้นตอนและข้อควรระวัง และประสบการณ์
จากเหตุรถคนล้ม ถนนพระราม 2”**

- ✕ การใช้เสาถักเหล็กกับงานก่อสร้างอาคารหลายชั้น
- ✕ กัญชูปิด งานบริการสังคม
- ✕ บริหารงานก่อสร้าง สวัสดิ์ปิใหม่ พ.ศ. ๒๕๖๘
- ✕ คลินิกช่าง ถมดินแล้วสร้างบ้านเลข
ระวังเสาเข็มลึกลงไป

ยอ .. ยอ .. ยอ .. (ชื่อประเภท)

วิศวกรรมโยธา ✕

การวิเคราะห์ความเสถียรของอาคารหลายชั้น



รูปที่ 8 ตัวอย่างข้อมูลสมบัติคอนกรีตที่ป้อนเป็นโมเดลในซอฟต์แวร์ ABAQUS

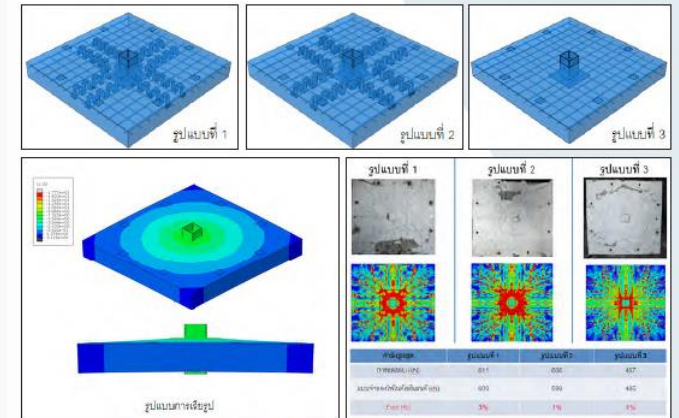
ผลการวิเคราะห์ผ่านแบบจำลอง

จากการศึกษาการดำเนินการจัดวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Analysis, FEA) มีค่าตัวแปรโมเดลหลายค่าที่มีความจำเป็นสำหรับข้อมูลเบื้องต้น เพื่อใช้ในการคำนวณพฤติกรรมของการเสียรูปของการทดสอบ วัสดุหลักที่อยู่ในแบบจำลองมีวัสดุอยู่ 2 ประเภท คือ 1) เหล็ก ได้มีการกำหนดสมบัติของเหล็กต่าง ๆ ที่ใช้แบบจำลองเป็นแบบ elasto-plastic material หรือค่า stress-strain curve ที่ได้จากการทดสอบดึงในห้องปฏิบัติการ 2) คอนกรีต มีกำหนดสมบัติเป็นแบบ plastic-damage model หรือ Concrete Damage Plasticity, (CDP) ข้อมูลส่วนนี้จะได้จากผลการทดสอบการแตกพังทลายของคอนกรีตที่หล่อเป็นทรงกระบอก (concrete cylinder) โดยการทดสอบวัสดุจะต้องกระทำ ณ วันที่ทดสอบระบบทั้งระบบ เพื่อให้ได้ค่ารับแรงอัดคอนกรีตที่ได้จากการทดสอบ สะท้อนผลที่สอดคล้องกับการทดสอบตัวอย่าง เพื่อให้การรับแบบจำลองมีความใกล้เคียงกับพฤติกรรมจริงมากที่สุด แต่อย่างไรก็ตาม เหตุที่คณะผู้วิจัยมีข้อมูลการทดสอบเฉพาะในส่วนการรับแรงอัดของคอนกรีตเท่านั้น ไม่สามารถบ่งชี้ที่ข้อมูลสมบัติเชิงพฤติกรรมคอนกรีตในส่วนด้านการแรงดึง ซึ่งมีแนวโน้มว่าไม่มากนักก็ตาม แต่ก็ส่งผลต่อความแม่นยำของแบบจำลอง ด้วยเหตุดังกล่าวคณะผู้วิจัยได้ประมาณการพฤติกรรมคอนกรีตในส่วน

ด้านทานแรงดึง ตามเอกสารอ้างอิง CEB-FIB เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องต่อการนำไปใช้ในการคำนวณแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ การจำลองรูปแบบการทดสอบของระบบทั้งระบบ มีจำนวนทั้งสิ้น 3 รูปแบบ ตามรูปแบบการทดสอบจริงที่ได้มาเสนอในข้างต้น โดยคณะผู้วิจัยสามารถวิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบได้ดังนี้

- 1) รูปแบบจำลองที่ได้จัดทำขึ้นนั้นสามารถจำลองพฤติกรรมการรับแรงสูงสุดได้ โดยมีความผิดพลาดน้อยกว่า 5%
- 2) การรับน้ำหนักสูงสุดที่ได้จากแบบจำลอง รูปแบบที่ 1 (เสริมด้วยเหล็กแบบรับแรงดึงที่มีความกว้างของแถบ 50 mm) มีค่ามากกว่า รูปแบบที่ 2 (เสริมด้วยเหล็กแบบรับแรงดึงที่มีความกว้างของแถบ 25 mm) แต่เพิ่มจำนวนให้มากขึ้น โดยปริมาณสุทธิเท่ากับ การทดสอบรูปแบบที่ 1) เล็กน้อยสะท้อนผลการทดสอบจริงในห้องปฏิบัติการ

การวิเคราะห์ความเสถียรของอาคารหลายชั้น



รูปที่ 9 ผลวิเคราะห์ความเสถียรของอาคารหลายชั้นในโปรแกรม ABAQUS เพื่อเปรียบเทียบผลทดสอบตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ

ด้วยผลการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองด้วยซอฟต์แวร์ ABAQUS ที่คลาดเคลื่อนจากการทดสอบจริงในห้องปฏิบัติการเพียงเล็กน้อย อันส่งผลให้คณะผู้วิจัยเกิดความเชื่อมั่นในความแม่นยำของแบบจำลองคณะผู้วิจัยยังได้นำแบบจำลองที่ได้นี้ไปขยายผล โดยพิจารณาเงื่อนไขอื่น ๆ ที่แตกต่างกันออกไป ดังรูปที่ 10 เช่น ตรวจสอบพฤติกรรมกรณีเหล็กแผ่นปิดหัวเสาอยู่ด้านใดด้านหนึ่งของเสา (ไม่ได้อัดในพื้นคอนกรีต Case A) กรณีจุดต่อเสริมความแข็งแรงรูปแบบเสริมความแข็งแรงขนาดใหญ่กว่าขนาดเล็กแบบปิดหัวเสา (Case B) หรือ กรณีแผ่นปิดหัวเสาปิดหัวเสาให้เกิดความแข็งแรง (Case C) หรือกรณีหัวเสา (corbel) รองรับ

เหล็กแผ่นปิดหัวเสาได้เพิ่มเติม (Case D) ผลการวิเคราะห์แสดงกำลังรับแรงสูงสุดที่ไม่ได้แตกต่างกัน หากแต่กรณีที่มีรูปร่างของรับได้เหล็กแผ่นปิดหัวเสา จะช่วยให้การเสียรูปลดน้อยลง ณ ระดับของแรงเท่า ๆ กัน





วิศวกรรมสาร

www.eit.or.th E-mail : eit@eit.or.th Thailand Engineering Journal

ภูมิปัญญาวิศวกรไทย ร่วมใจเพื่อสังคม ปีที่ 77 ฉบับที่ 4 ตุลาคม - ธันวาคม 2567

✖ การดำเนินการขุดลอกคลอง ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

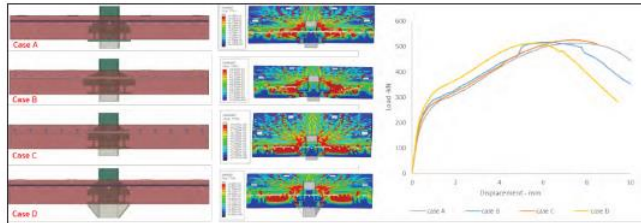
✖ ความปลอดภัย ในงานกู้ภัยด้วยรถเครน: ขั้นตอนและข้อควรระวัง และประสบการณ์ จากเหตุรถเครนล้ม ถนนพระราม 2

- ✖ การใช้สากเหล็กกับงานก่อสร้างอาคารหลายชั้น
- ✖ กัญชากัญชง งานบริการสังคม
- ✖ บริหารงานก่อสร้าง สวิสดีบีใหม่ พ.ศ. ๒๕๖๘
- ✖ คลินิกช่าง ถมดินแล้วสร้างบ้านเลย
ระวังเสาเข็มลึบเกินไป

ยอ .. ยอ .. ยอ .. (ข้อประเภท)



การวิเคราะห์ความเค้นและความเครียด

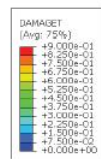


รูปที่ 10 การวิเคราะห์ความเค้นแบบจำลอง ABAQUS ที่พบว่ามีค่าความเค้นสูง ในกรณีที่เป็นการรับน้ำหนักการกระทำที่กระทำต่อแบบจำลอง

✖ ขนสรุ

จากการทำการทดสอบ POSTCONNEX และ XSHEAR ในห้องปฏิบัติการ เพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับน้ำหนักสูงสุดที่ได้ พิจารณาให้เห็นว่า XSHEAR เหล็กเสริมที่ติดตั้งสามารถช่วยป้องกันการเสียหายแรงเฉือน หรือ punching shear ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถทำนายพฤติกรรมการรับน้ำหนักของคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยซอฟต์แวร์ ABAQUS ได้ใกล้เคียงกับการทดสอบตัวอย่างจริง ในห้องปฏิบัติการได้อย่างแม่นยำ โดยมีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า

5% ระบบการก่อสร้างอาคารโดยใช้เสาเข็มเหล็กที่ต่อด้วยรูปแบบเฉพาะ ที่เรียกว่า POSTCONNEX และการเสริมกำลังด้วยเหล็กเสริมแบบพิเศษเพื่อรับแรงเฉือน ซึ่งเรียกว่า XSHEAR จึงน่าจะเป็นรูปแบบที่สามารถนำไปใช้ในงานก่อสร้างจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ปอดคีย์ สะท้อนผลการคำนวณเชิงพฤติกรรมตามทฤษฎี Critical Shear Crack Theory (CSCT)



รูปที่ 11 การกระจายความเค้น Tension damage (DAMAGE) บนแบบจำลองของซอฟต์แวร์ ABAQUS

ท้ายที่สุดนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ท่านอาจารย์ ดร.เอกชัย อยู่ประเสริฐชัย จากภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีเป็นอย่างสูงที่ได้ให้ความช่วยเหลือกับคณะ

ผู้วิจัย ให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่มีประโยชน์อันส่งผลให้งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี

การวิเคราะห์ความเค้นและความเครียด

ประวัติผู้เขียนบทความ



ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

การศึกษา

- พ.ศ. 2546- 2550 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (เครื่องกล) มหาวิทยาลัยศิลปากร
- พ.ศ. 2553 - 2556 วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (เครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ความรู้ความเชี่ยวชาญ

- การออกแบบและทดสอบระบบจุดต่อในงานก่อสร้าง
- วิจัยและพัฒนาวัสดุเสริมเหล็กในแกนของเสา
- การออกแบบและพัฒนาระบบความปลอดภัยของโครงสร้าง
- การวิเคราะห์ความเสียหายด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Failure Analysis)

ตำแหน่งปัจจุบัน

- ผู้จัดการสำนักพัฒนาเทคโนโลยีและการตลาดผลิตภัณฑ์งานก่อสร้างด้วยเหล็ก บริษัทพลวิชัยอินดิค จำกัด (มหาชน)



ดร.วิชัย ว่องวาที

การศึกษา

- พ.ศ. 2559 - 2559 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (เครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- พ.ศ. 2559 - 2565 วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (เครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ความรู้ความเชี่ยวชาญ

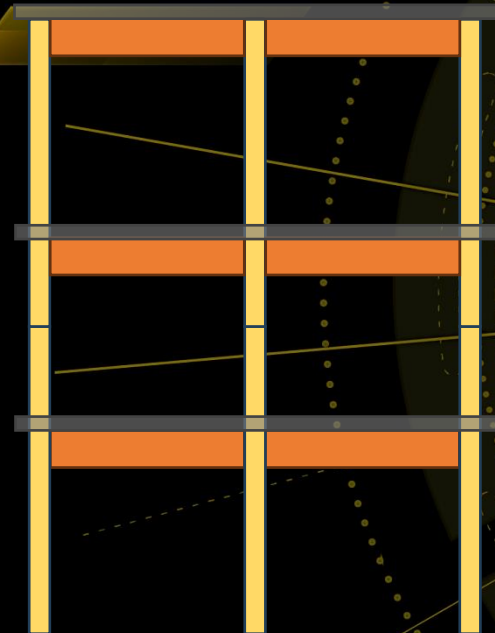
- การออกแบบวัสดุคอนกรีตและจุดต่อ
- การวิเคราะห์พฤติกรรมและความเสียหาย
- การวิเคราะห์กลศาสตร์การแตกหัก (Fracture mechanics)
- การออกแบบและวิเคราะห์ความเสียหายด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
- การประเมินความเสียหายของโครงสร้าง

ตำแหน่งปัจจุบัน

- อาจารย์ผู้สอนภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและการบิน-อวกาศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- ที่ปรึกษารับจ้าง สินธร จำกัด

1

Reinforced or Post-Tensioned Concrete Flat Slab

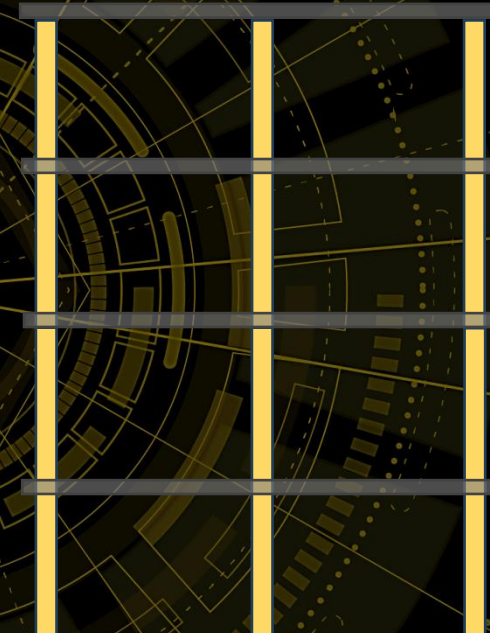


Column + Beam + Slab

Higher Floor-to-Floor Height
Less Floors

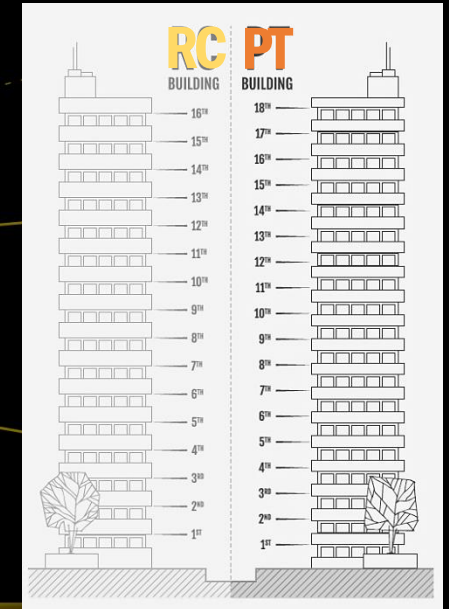
Other concerns

Material cost
Labor cost
Familiarity in
Design & Construction
Fire rating
Availability
Confidence



Column + Flat RC or PT Slab

Lower Floor-to-Floor Height
More Floors



Ref: www.gel.co.th

1

Reinforced or Post-Tensioned Concrete Flat Slab



Concrete Flat Slab

Ref: www.dlubal.com



Post-Tensioned Concrete Flat Slab

Ref: www.gel.co.th

Reinforced Concrete

Ref: www.constructionweek

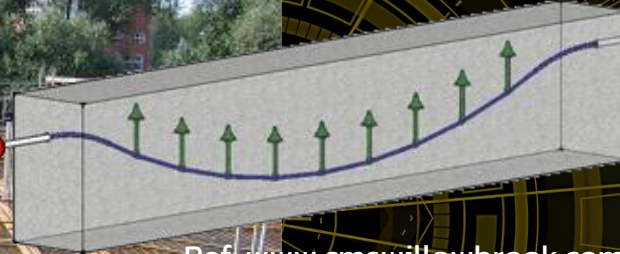


1

Reinforced or Post-Tensioned Concrete Flat Slab



Ref: www.klineengineered.com



Ref: www.cmswillowbrook.com

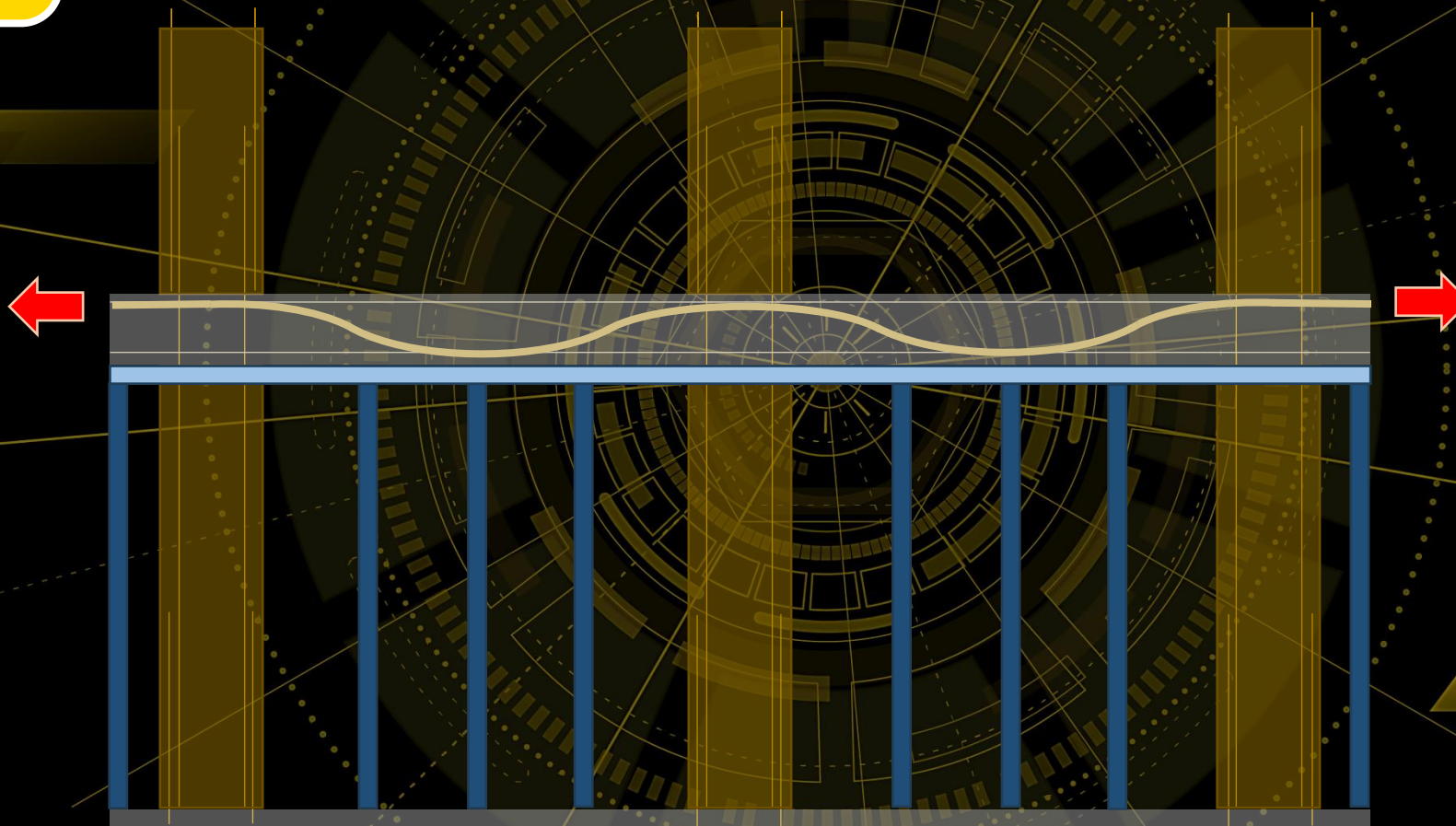
Post-Tensioned Concrete Flat Slab

Ref: www.gel.co.th



2

Design of Flat Slab Concrete for Punching Shear

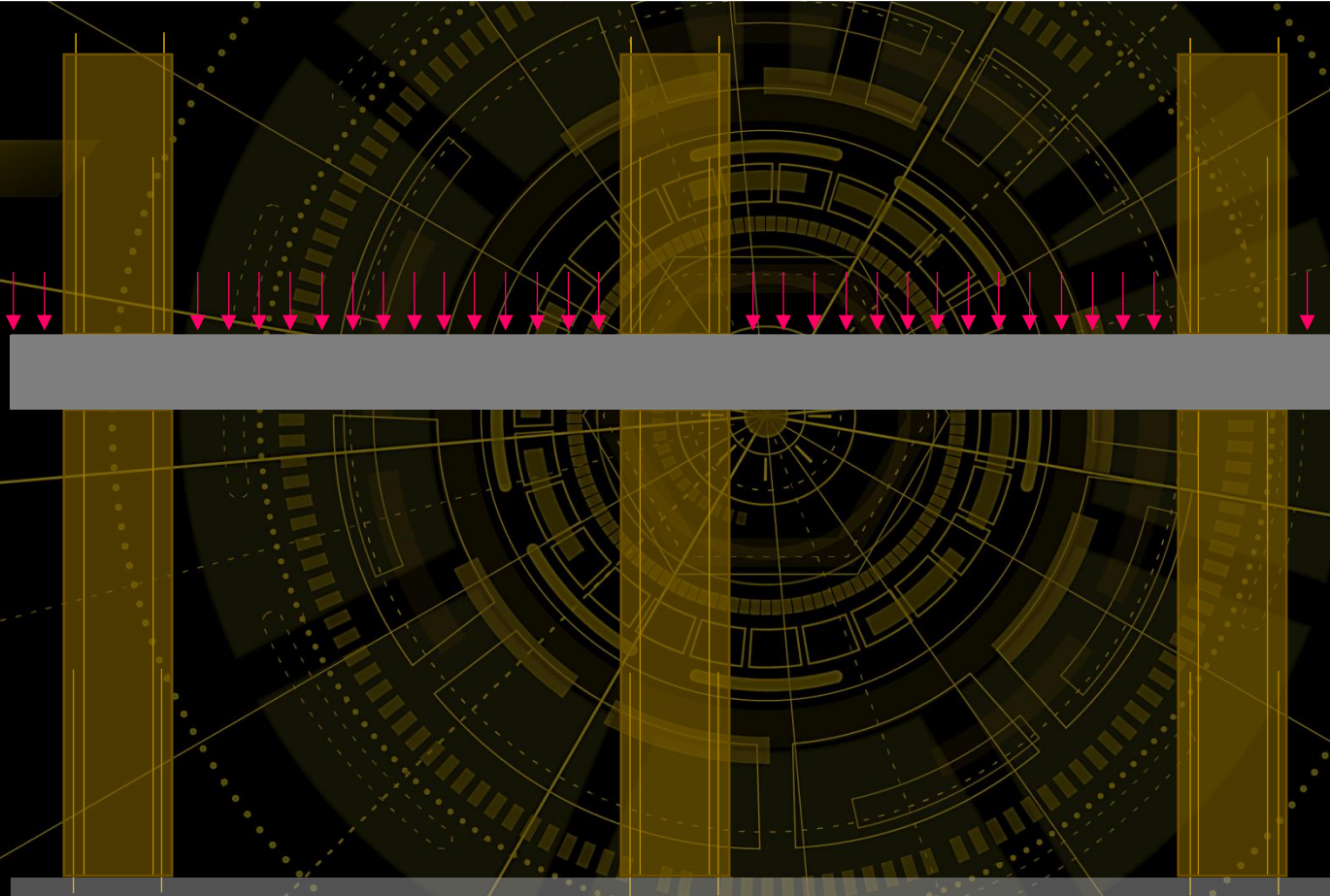


PT Flat Slab with RC
Column Construction
Typical Sequence



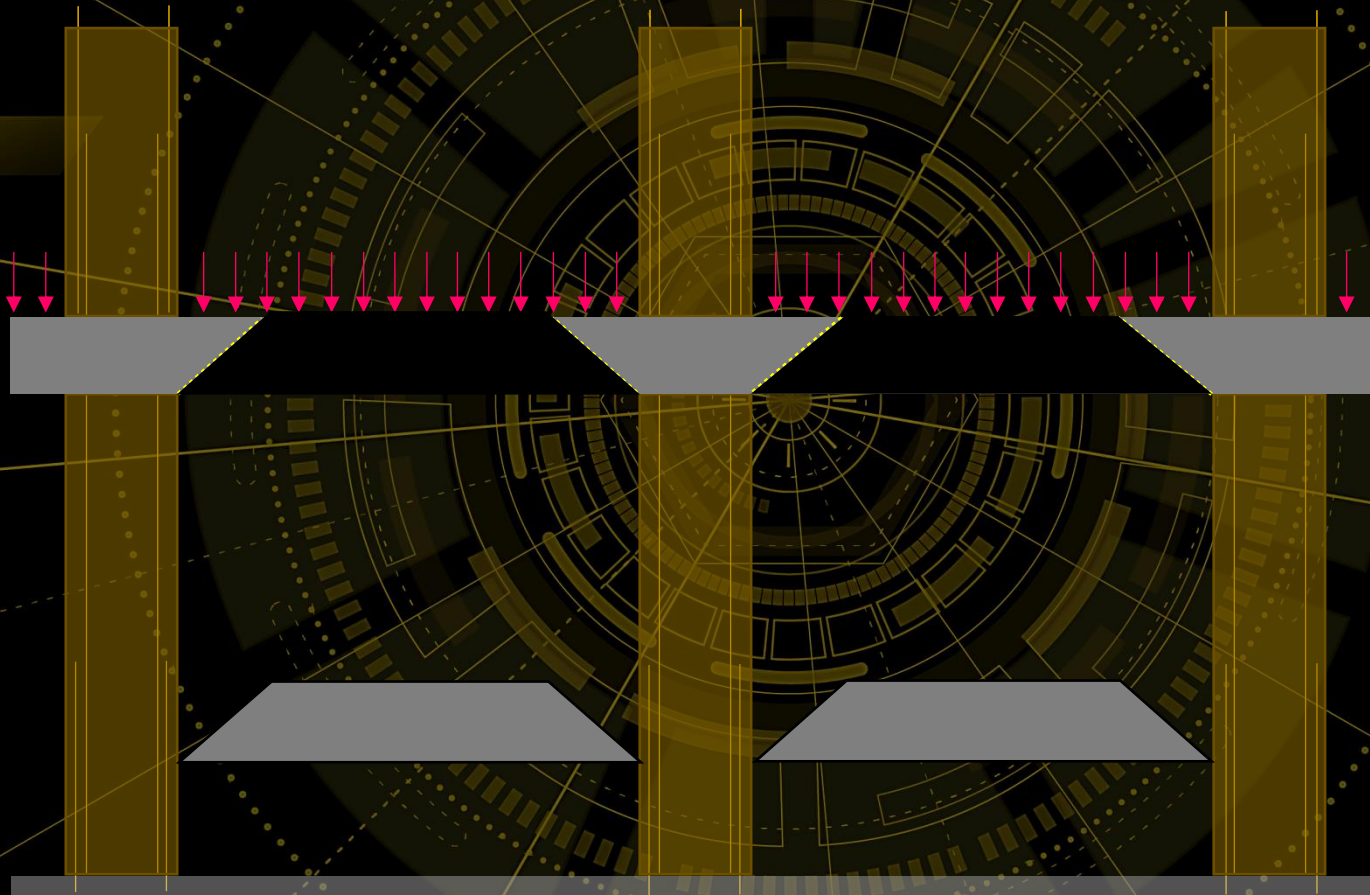
2

Design of Flat Slab Concrete for Punching Shear



2

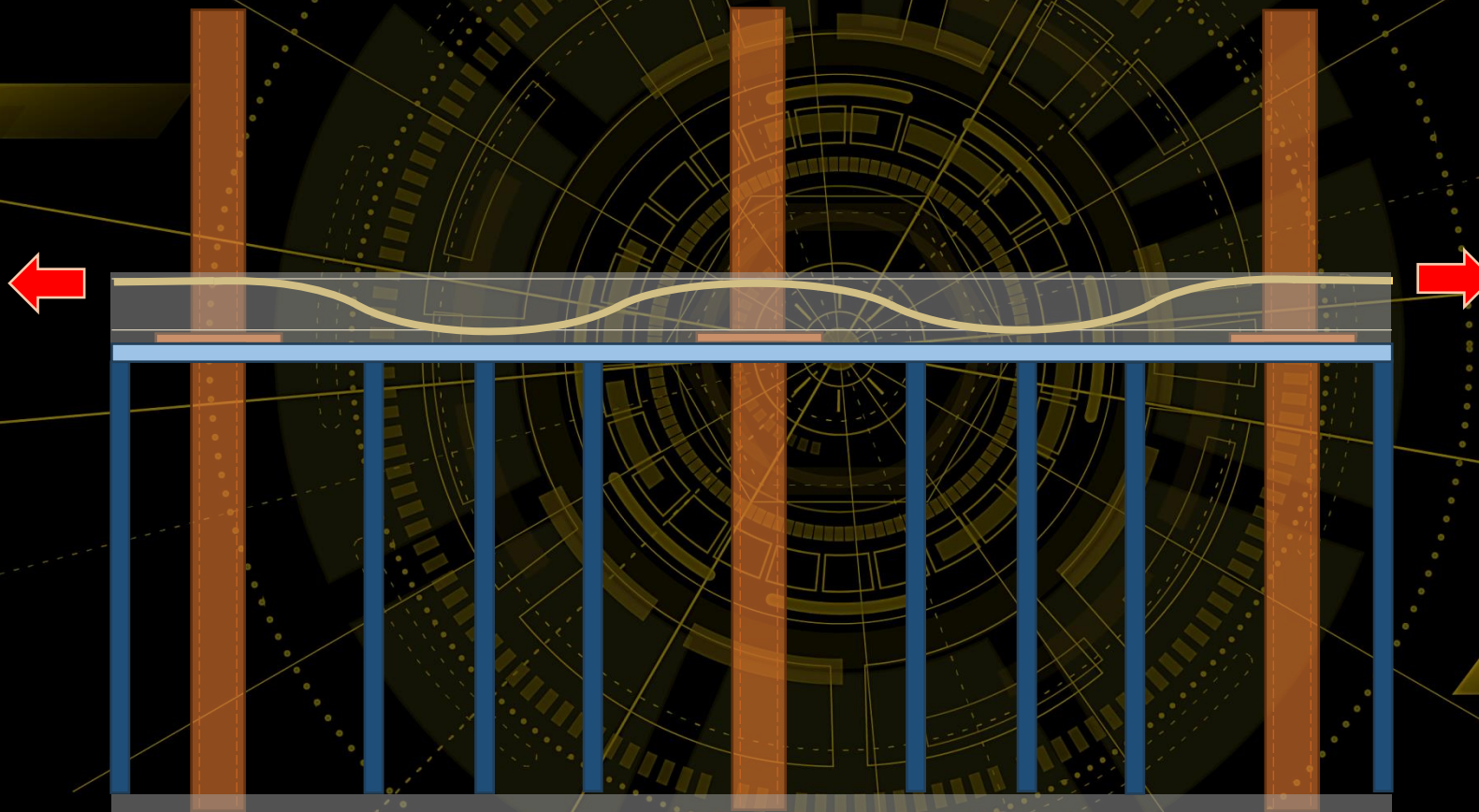
Design of Flat Slab Concrete for Punching Shear



Punching Shear

3

Hollow Steel Section (HSS) Column Design



PT Flat Slab with HSS
Column Construction
Typical Sequence

3

Hollow Steel Section (HSS) Column Design



RC Column + Flat RC or PT Slab

Lower Floor-to-Floor Height

Less Space



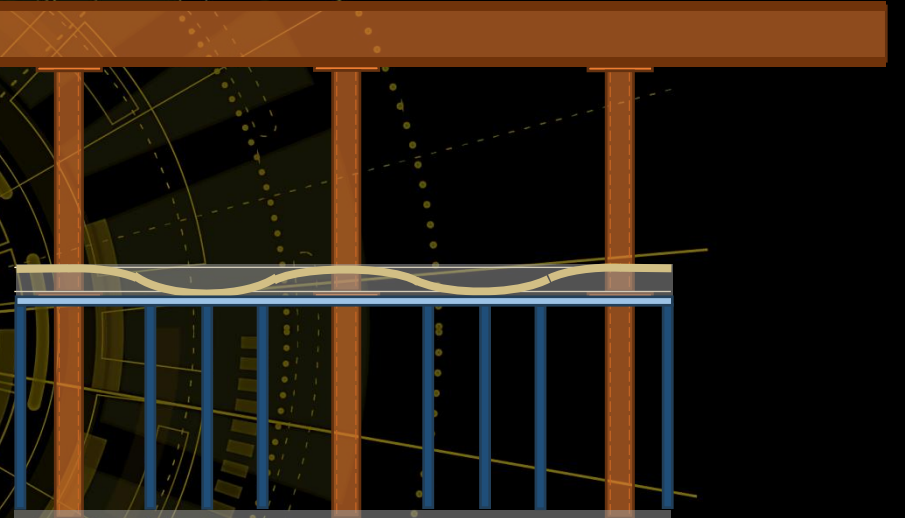
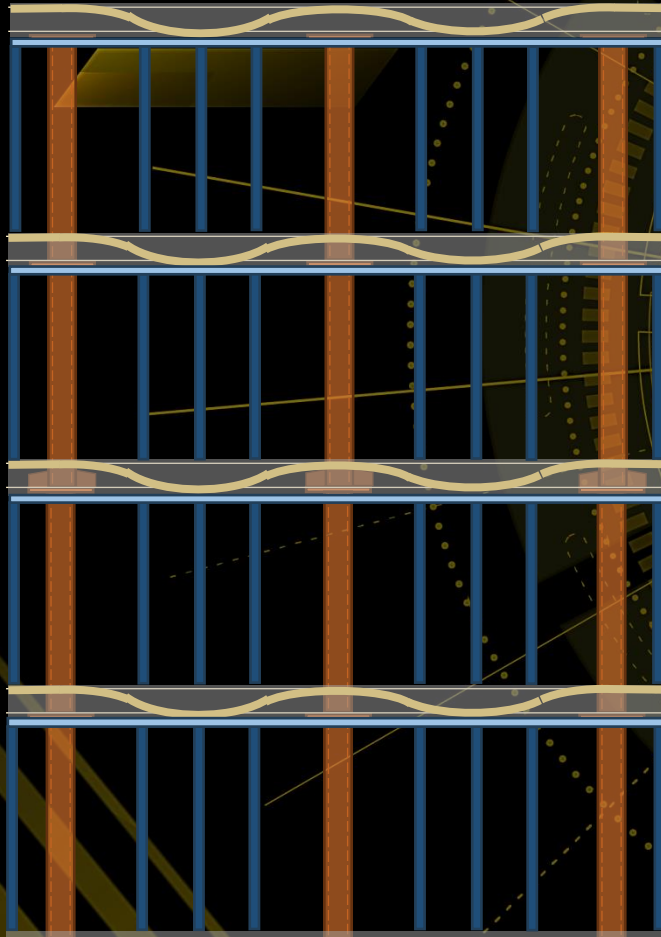
Steel Column + Flat RC or PT Slab

Lower Floor-to-Floor Height

More Space

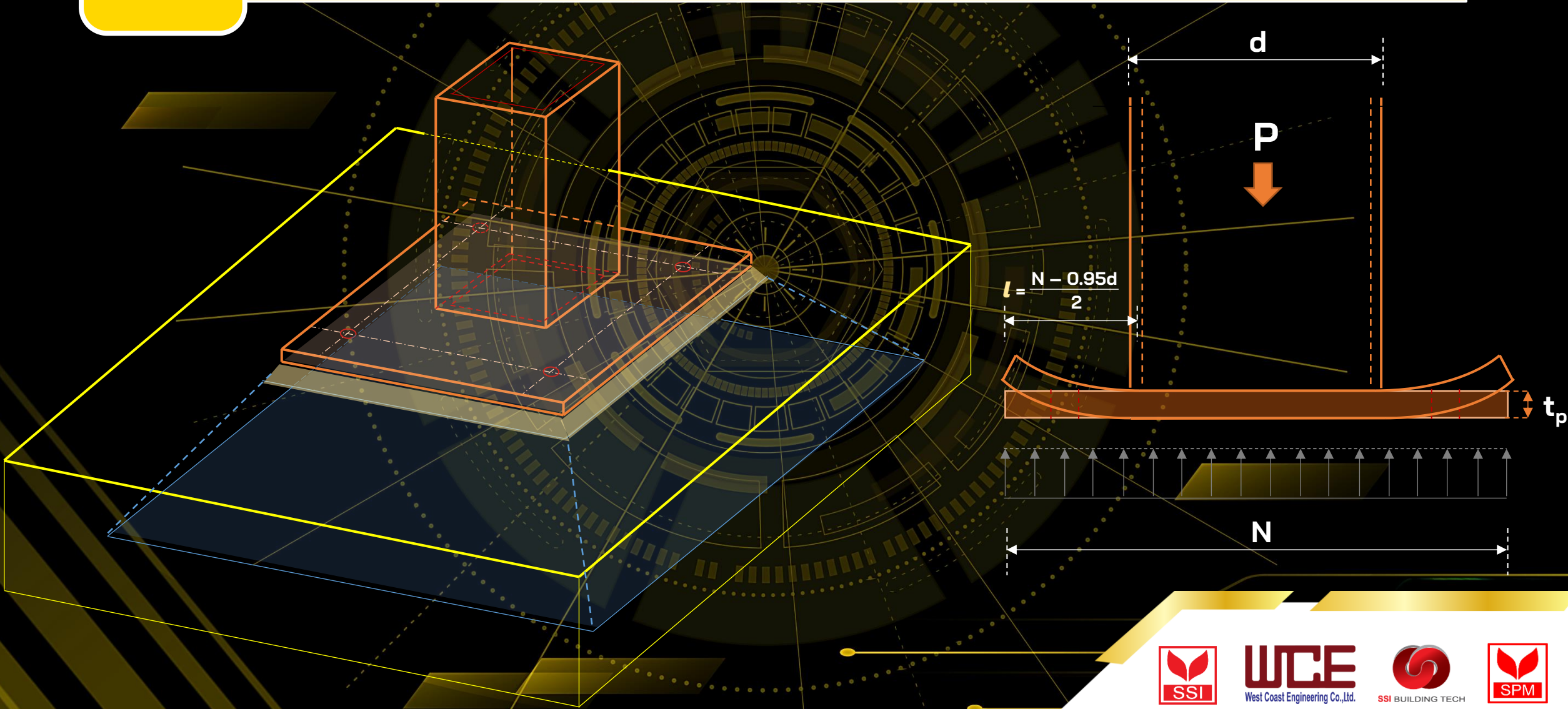
3

Hollow Steel Section (HSS) Column Design



4

Design of Flat Slab Concrete for Punching Shear



4

Design of Flat Slab Concrete for Punching Shear

Limit State 1

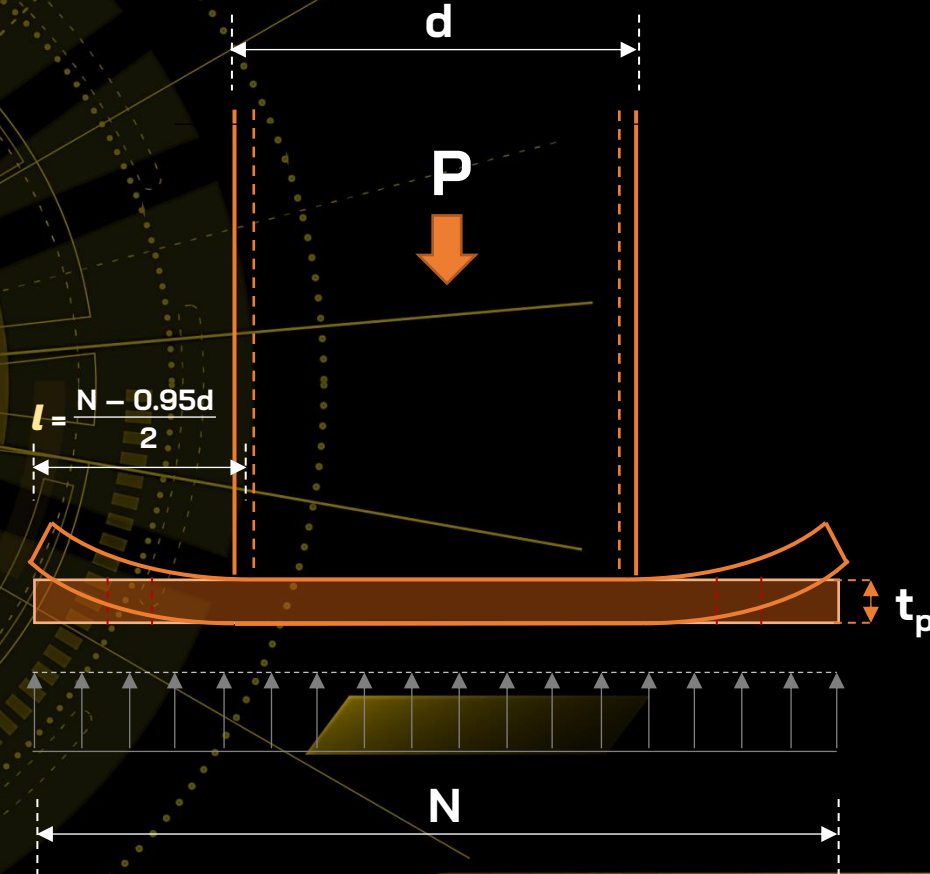
Concrete Bearing ($A_1 = N * B$)

- $R_n = (0.85f'_c) * \sqrt{(A_2/A_1)} * A_1 \leq (\phi = 0.65) * (1.7f'_c) * A_1$
- $\phi = 0.65$ LRFD Base plate is to distribute column load to be uniform pressure. **The larger the base plate size, the smaller the uniform pressure.**
- $\Omega = 2.50$ ASD

Limit State 2

Base Plate Yielding (Bending or Flexure)

- $t_p = l * \sqrt{[2P_u / (\phi F_y B N)]}$ LRFD
 - $t_p = l * \sqrt{[2\Omega P_a / (F_y B N)]}$ ASD
 - **For H Column:** $l = \min [\{ (N-0.95d)/2, (B - 0.80b_f)/2, l/4 \sqrt{(db_f/4)} \}]$
 - **For HSS Column:** $l = \min [(N-0.95d)/2, (B - 0.95b_f)/2]$
 - $R_n = t_p^2 / 2l^2 * F_y B N$
- Base plate must be strong enough to carry the uniform pressure. **The larger the base plate cantilevered length, l , the larger the bending moment. The thicker and higher F_y the base plate is, the stronger the base plate will be.**



Design of Flat Slab Concrete for Punching Shear

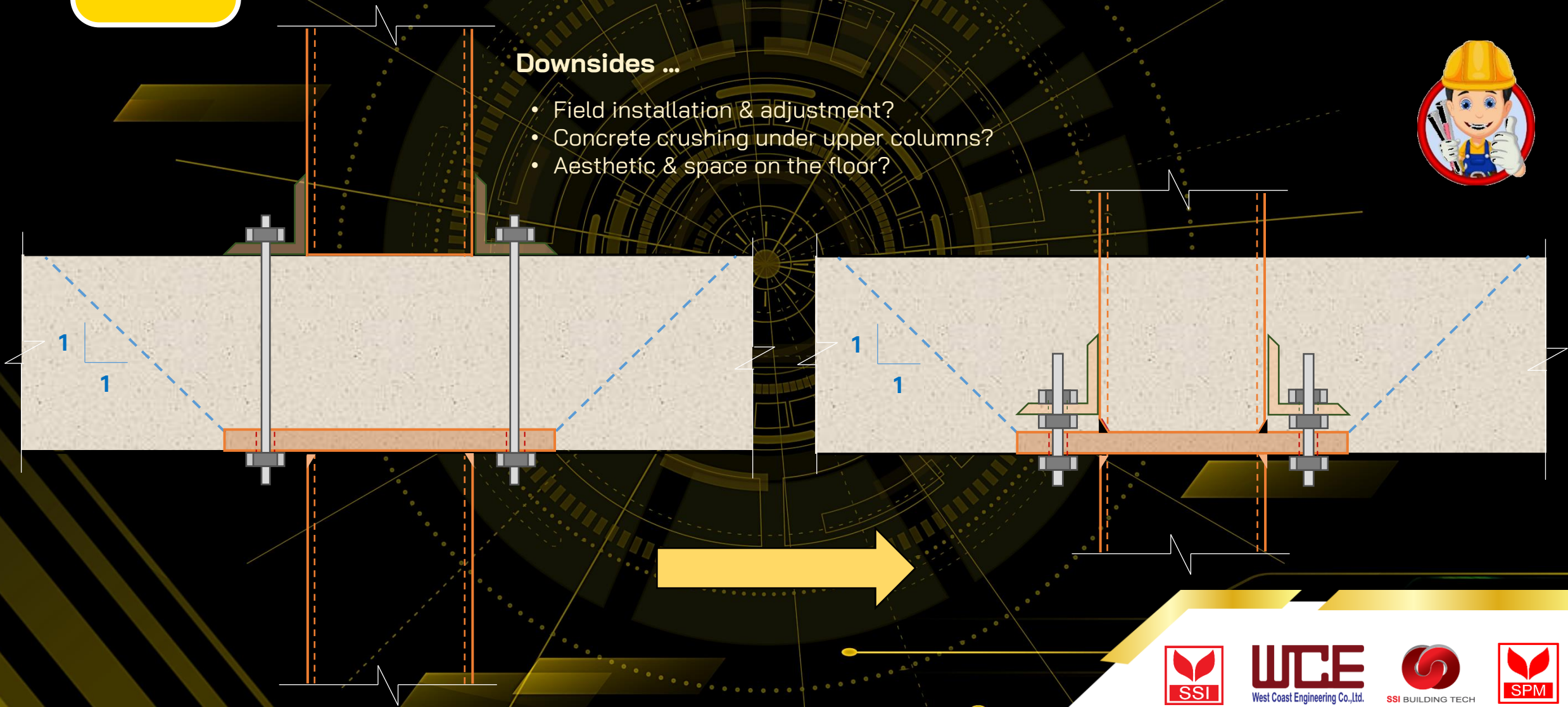


4

Design of Flat Slab Concrete for Punching Shear

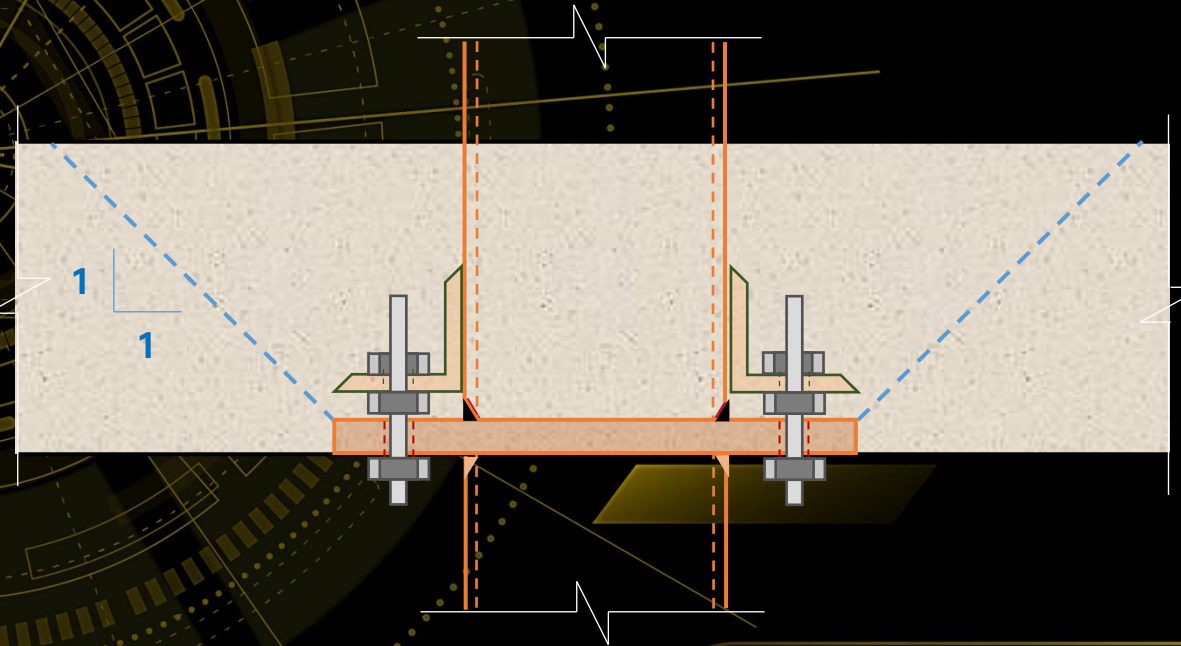
Downsides ...

- Field installation & adjustment?
- Concrete crushing under upper columns?
- Aesthetic & space on the floor?



4

Design of Flat Slab Concrete for Punching Shear



5

Proprietary Products: POSTCONNEX

Laboratory Testing

1.

Cap Plate Size
320 x 320 mm

Cap Plate Grade
HY370

Without shear
headed studs

2.

Cap Plate Size
320 x 320 mm

Cap Plate Grade
SS400

Without shear
headed studs

3.

Cap Plate Size
320 x 320 mm

Cap Plate Grade
HY370

With shear
headed studs

POSTCONNEX



5

Proprietary Products: POSTCONNEX

Laboratory Testing

1.

Cap Plate Size
320 x 320 mm

Cap Plate Grade
HY370

Without shear
headed studs

2.

Cap Plate Size
320 x 320 mm

Cap Plate Grade
SS400

Without shear
headed studs

3.

Cap Plate Size
320 x 320 mm

Cap Plate Grade
HY370

With shear
headed studs



5

Proprietary Products: POSTCONNEX

Laboratory Testing



1.

Cap Plate Size
320 x 320 mm

Cap Plate Grade
HY370

Without shear
headed studs



2.

Cap Plate Size
320 x 320 mm

Cap Plate Grade
SS400

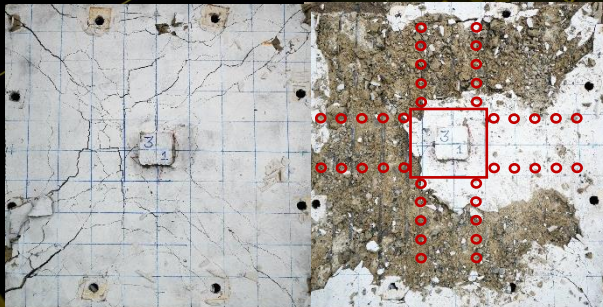
Without shear
headed studs

3.

Cap Plate Size
320 x 320 mm

Cap Plate Grade
HY370

With shear
headed studs



Laboratory Testing

1.

Cap Plate Size
320 x 320 mmCap Plate Grade
HY370Without shear
headed studs

2.

Cap Plate Size
320 x 320 mmCap Plate Grade
SS400Without shear
headed studs

3.

Cap Plate Size
320 x 320 mmCap Plate Grade
HY370With shear
headed studs

6

Summary – 1

- **POSTCONNEX** is structurally applicable and financially feasible allowing more spacious interior spaces for multistory buildings.

RC Column (4 m long)				POSTCONNEX (HY370 – 4 m long)						Space Gain	Salable Rate	Salable Gain	Net Profit
B (mm)	D (mm)	A _c (m ²)	Cost (B)	B (mm)	D (mm)	t (mm)	A _s (m ²)	Cost (B)	P _a (Ton)	(m ²)	(B/m ²)	(B/column)	(B/column)
300	300	0.090	2,520	175	175	6	0.0041	8,915	69	0.0594	120,000	7,125	730
350	350	0.123	3,430	200	200	6	0.0047	10,234	84	0.0825	120,000	9,900	3,096
400	400	0.160	4,480	250	250	6	0.0059	12,871	105	0.0975	120,000	11,700	3,309
450	450	0.203	5,670	300	300	6	0.0071	15,509	113	0.1125	120,000	13,500	3,661
500	500	0.250	7,000	300	300	9	0.0105	23,026	212	0.1600	120,000	19,200	3,174
550	550	0.303	8,470	300	300	12	0.0138	30,385	280	0.2125	120,000	25,500	3,585

Assume: Concrete structure cost of 7,000 baht /m³ and Steel structure cost of 70 baht/kg (2,000 USD/Ton)

6

Summary – 2

- **POSTCONNEX** is structurally applicable and financially feasible allowing more spacious interior spaces for multistory buildings.

Assume: HSS 250x250x6 replacing 400x400 RC columns

- **20 Columns per floor**, net gain = 66,000 baht
- **7 floors**, net gain = 462,000 baht (13,000 USD)
- More columns and more floors, more gain

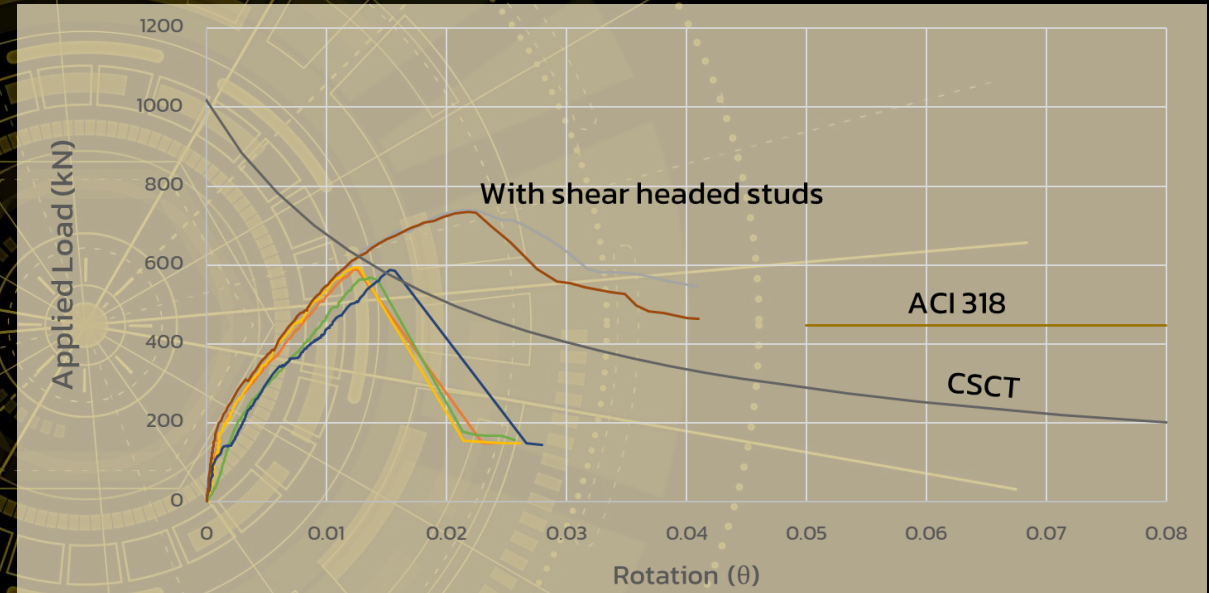
POSTCONNEX (HY370 – 4 m long)				Net Profit
B (mm)	t (mm)	Cost (B)	P _a (Ton)	(B/column)
250	6	12,871	105	3,309

Assume: Concrete structure cost of 7,000 baht /m³ and Steel structure cost of 70 baht/kg (2,000 USD/Ton)

Very Conservative



- **POSTCONNEX** connections exhibited comparable punching shear strength & failure mode as per **Critical Shear Crack Theory (CSCT)** as compared to conventional RC flat slab & RC column connections.



The mechanical model of the **Critical Shear Crack Theory (CSCT)** has been used in the past to investigate a number of shear-related problems, such as punching of slab-column connections with and without transverse reinforcement.

Ref: Muttoni et. al.

6

Summary - 4

- **POSTCONNEX** can be filled with concrete to form composite action called **CFT column**, which makes the column **stronger and more durable** against collision, corrosion and fire.



**Ref: Gakuen Spiral Towers:
Nagoya, Japan**

<https://mymodernmet.com/modern-architecture/>

Ref:

<https://infrastructure.eng.unimelb.edu.au/scs/research/concrete-filled-steel-tubular-cfst-columns>

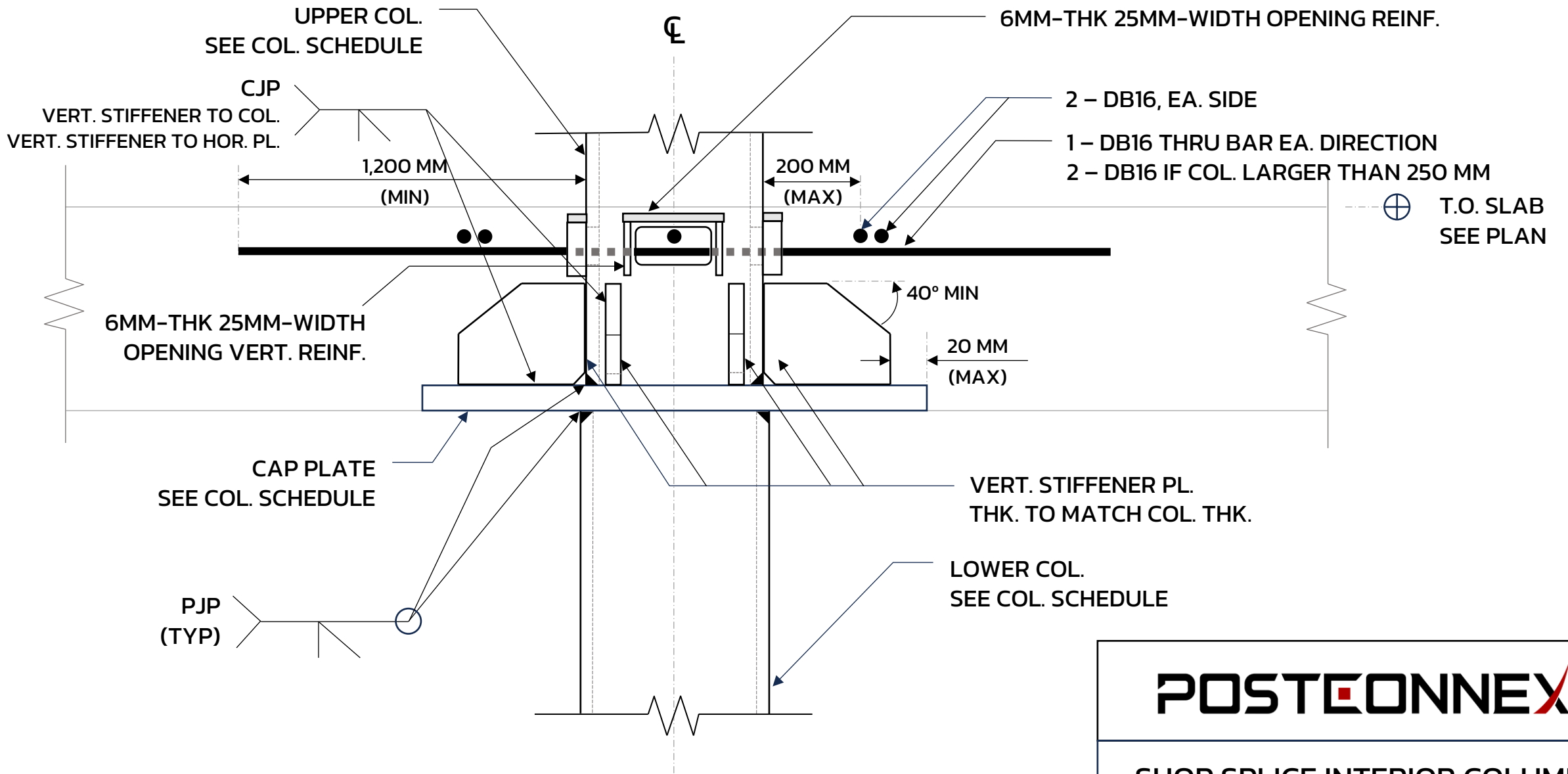
- Besides, shorter construction time, less labor, higher quality control, and higher return on asset, **POSTCONNEX** is made from 100% recyclable GREEN materials “steel,” which helps reduce Green House Gas (GHG) emission, resulting in green construction, green buildings and green society.





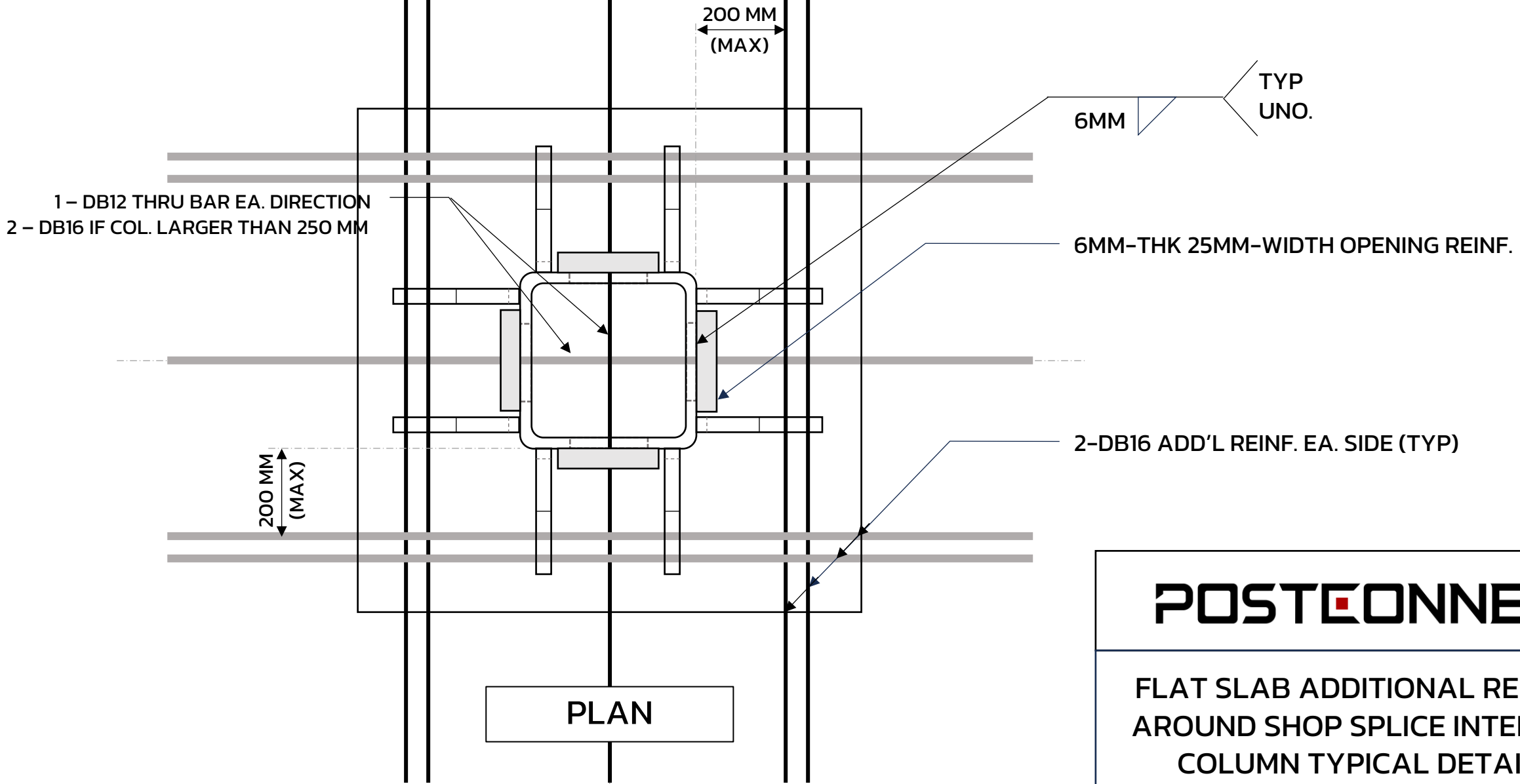
APPROVE BY		
 Christopher J. McManus	 Jennifer L. Project Manager	 Chris





ELEVATION

SHOP SPLICE INTERIOR COLUMN
SUPPORTING FLAT SLAB
TYPICAL DETAIL



POSTCONNEX

FLAT SLAB ADDITIONAL REBAR
AROUND SHOP SPLICE INTERIOR
COLUMN TYPICAL DETAIL

UPPER COL. SEE COL. SCHEDULE

VERT. STIFFENER TO COL.
VERT. STIFFENER TO HOR. PL.



6MM-THK 25MM-WIDTH OPENING REINF.

200 MM
(MAX)

2 – DB16, EA. SIDE

1 – DB16 THRU BAR EA. DIRECTION

2 – DB16 IF COL. LARGER THAN 250 MM

40° MIN



T.O. SLAB
SEE PLAN

10 MM
(MIN)

20 MM
(MAX)

TYP
U.N.O.

6MM

M24 CLASS 10.9
BOLT (TYP) U.N.O.

CAP PLATE
SEE COL. SCHEDULE

VERT. STIFFENER PL.
THK. TO MATCH COL. THK.

PJP
(TYP)

LOWER COL.
SEE COL. SCHEDULE

ELEVATION

POSTCONNEX

FIELD SPLICE INTERIOR COLUMN
SUPPORTING FLAT SLAB
TYPICAL DETAIL

CJP
VERT. STIFFENER TO COL.
VERT. STIFFENER TO HOR. PL.

200 MM
(MAX)

6MM
TYP
UNO.

1 – DB16 THRU BAR EA. DIRECTION
2 – DB16 IF COL. LARGER THAN 250 MM

6MM-THK 25MM-WIDTH OPENING REINF.

20 MM
(MAX)

200 MM
(MAX)

2-DB16 ADD'L REINF. EA. SIDE (TYP)

M24 CLASS 10.9
BOLT (TYP) U.N.O.

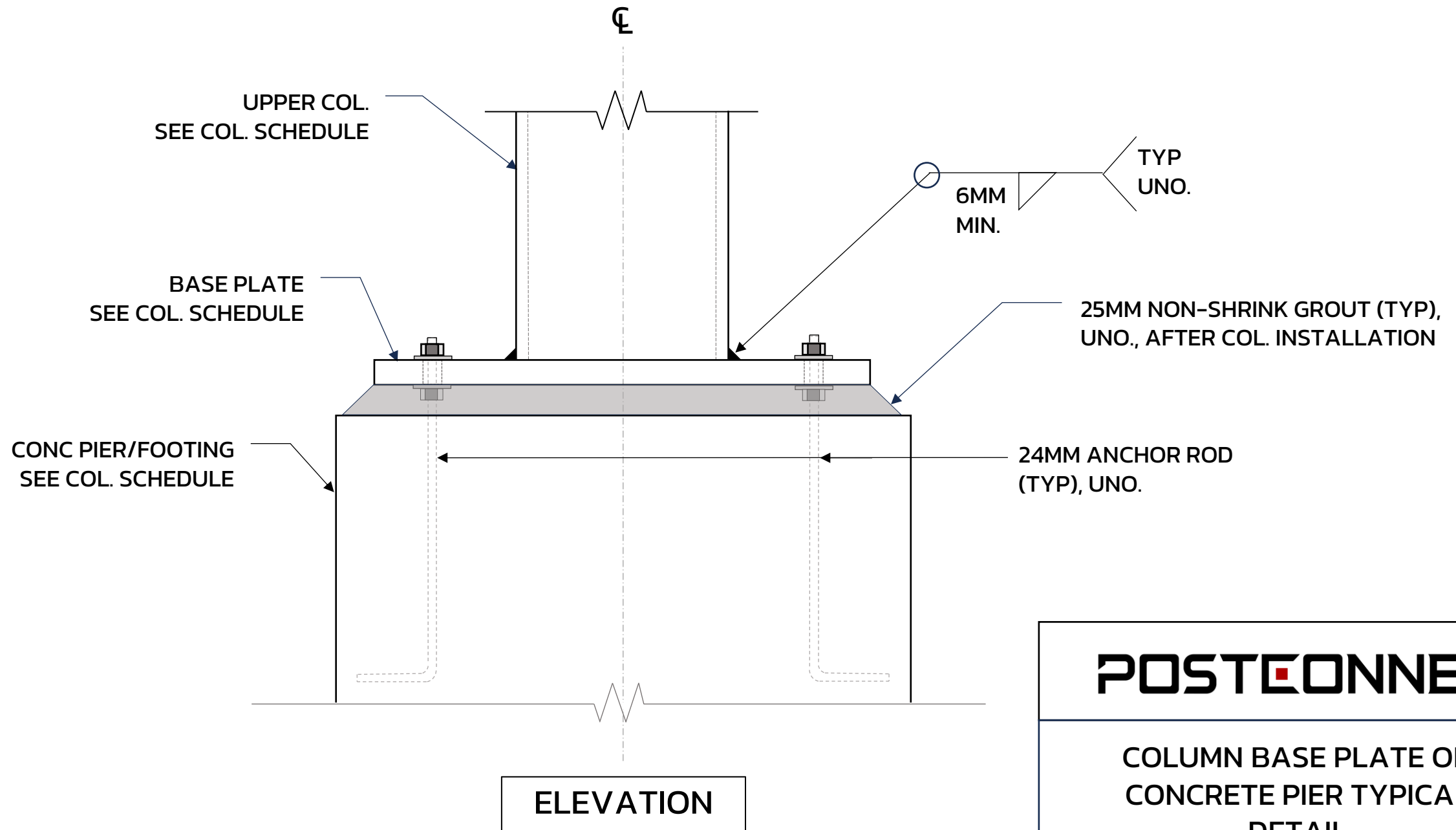
PLAN

POSTCONNEX

FIELD SPLICE INTERIOR COLUMN
SUPPORTING FLAT SLAB
TYPICAL DETAIL



DEAD-END INTERIOR COLUMN SUPPORTING FLAT SLAB TYPICAL DETAIL



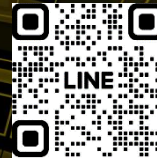
POSTCONNEX

COLUMN BASE PLATE ON
CONCRETE PIER TYPICAL
DETAIL

Be friend with us via ...



LINE ID **WeLoveSteelConstruction**: @O60tlizi



<https://www.facebook.com/WeLoveSteelConstruction>



<https://www.youtube.com/c/WeLoveSteelConstruction>



<https://construction-forum.ssi-steel.com/>



iOS: <https://apps.apple.com/th/app/ssi-steel-design/id1474838160>

Android:

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ssibdt.ssisteeldesign&hl=en&gl=US>

