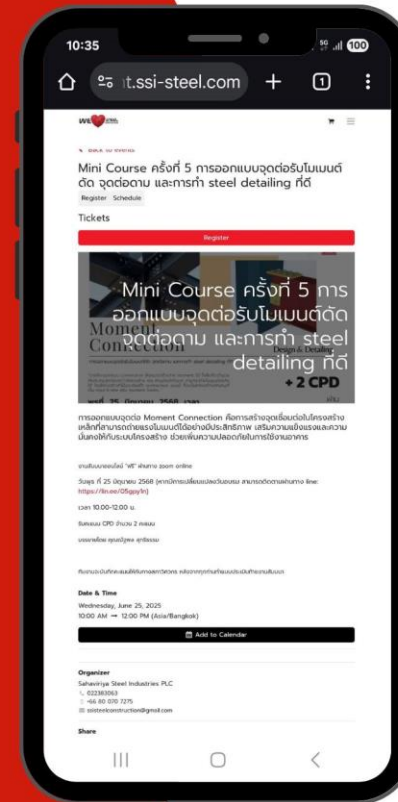


Shear Connection Design and Detailing

We  Steel Construction
5th Mini Course
July 25, 2025



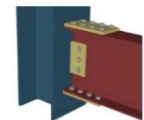
We Love Steel
Construction
#เพื่อให้ความรู้ด้านโครงสร้างเหล็ก



Moment Connection

ฟรี มีบัตรฟรี ใครยังไม่ได้สมัคร
สมัครด่วน !

อบรมวัน
พุธที่ **25 มิถุนายน 2568**
เวลา **10.00-12.00 น.**



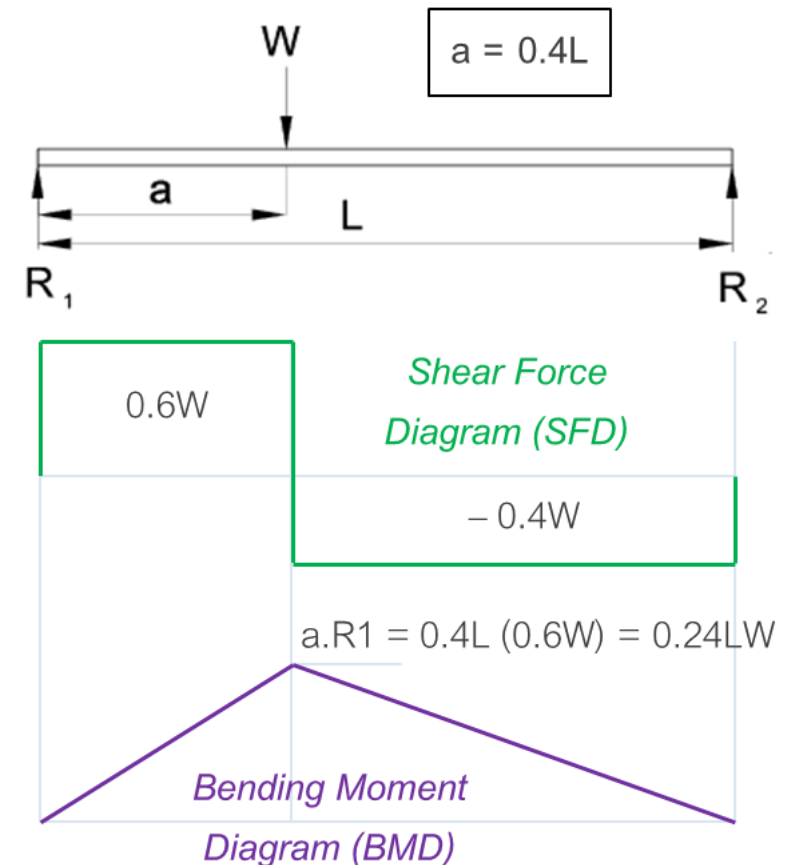
ผ่าน 
**ZOOM
ONLINE**



แรงภายนอก vs. แรงภายในคาน

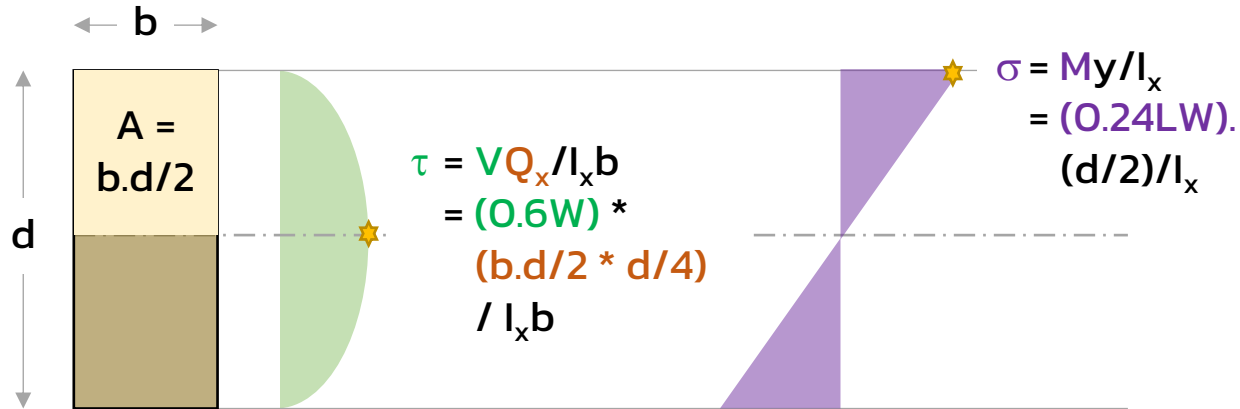
#WeLoveSteelConstruction

- แรงภายนอก ของคานประเภท gravity beam
 - Dead Load (DL): น้ำหนักโครงสร้าง ผนังภายนอก
 - Live Load (LL): น้ำหนักจากคน เฟอร์นิเจอร์
- แรงภายในคาน
 - แสดงในรูปของ “แรง” ได้แก่
 - Shear (SFD)
 - Moment (BMD)
 - แสดงในรูปของ “หน่วยแรง” ได้แก่
 - Shear stress (τ)
 - Normal stress (σ)



แรงภายนอก vs. แรงภายในคาน

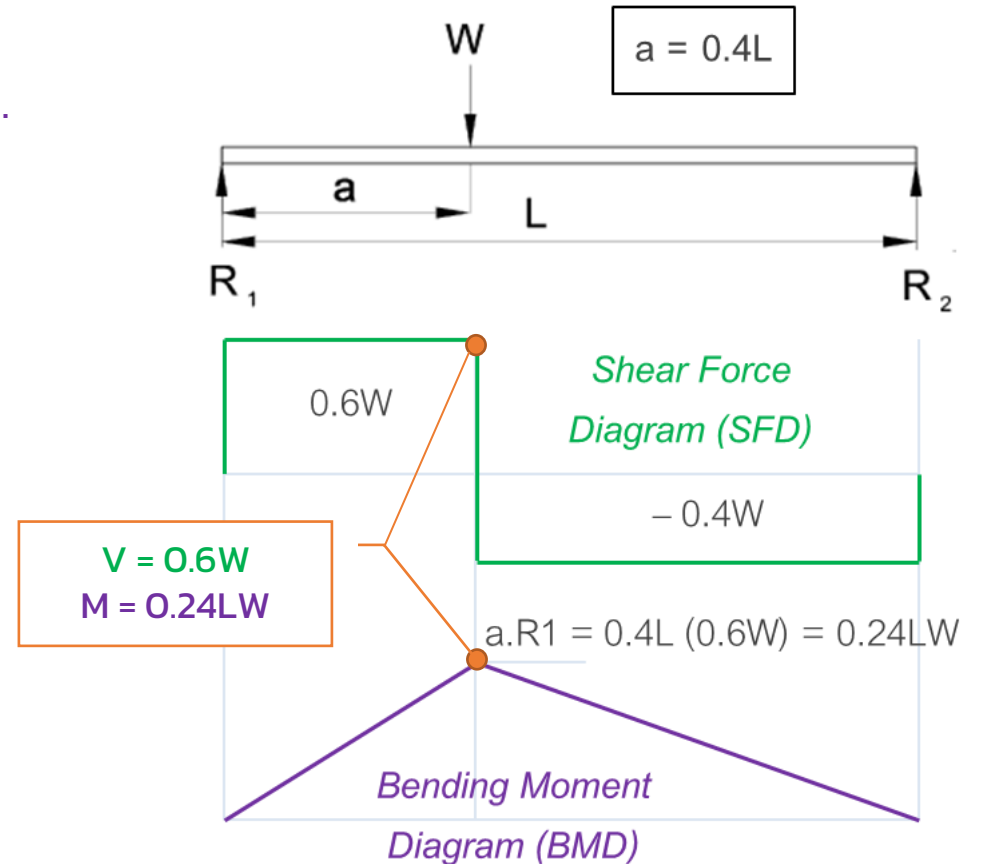
#WeLoveSteelConstruction



- แรงภายในคาน

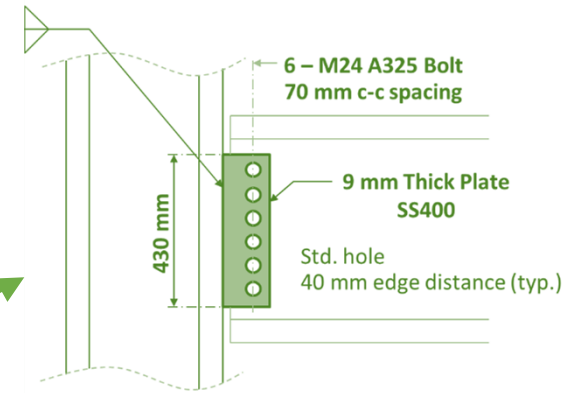
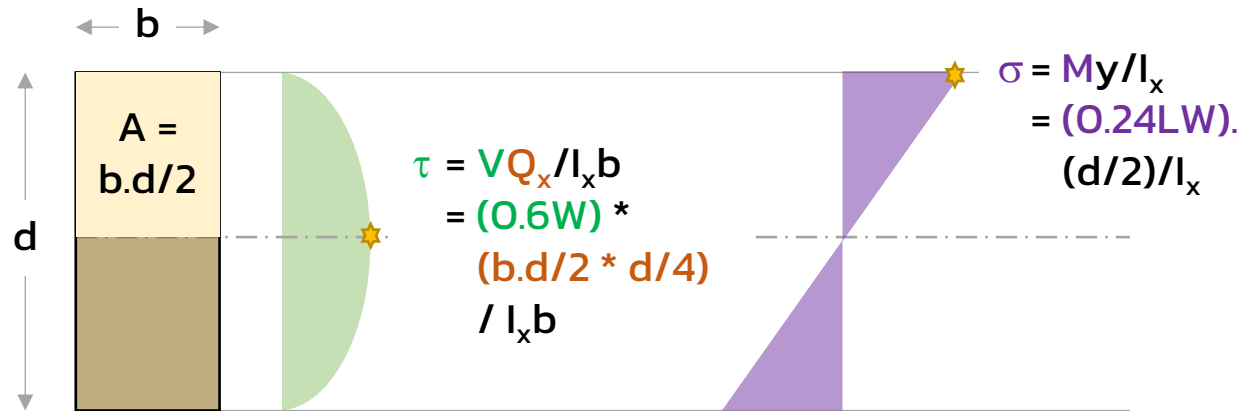
- แสดงในรูปของ “หน่วยแรง” ได้แก่

- Shear stress (τ)
 - Normal stress (σ)



แรงภายนอก vs. แรงภายในคาน

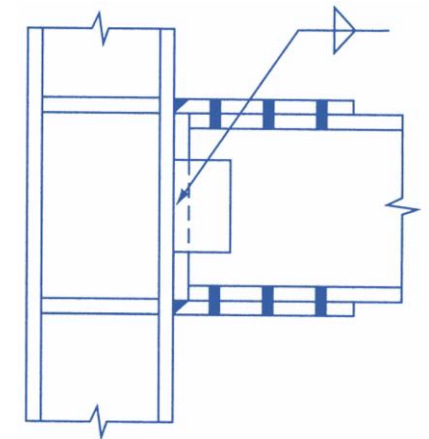
#WeLoveSteelConstruction

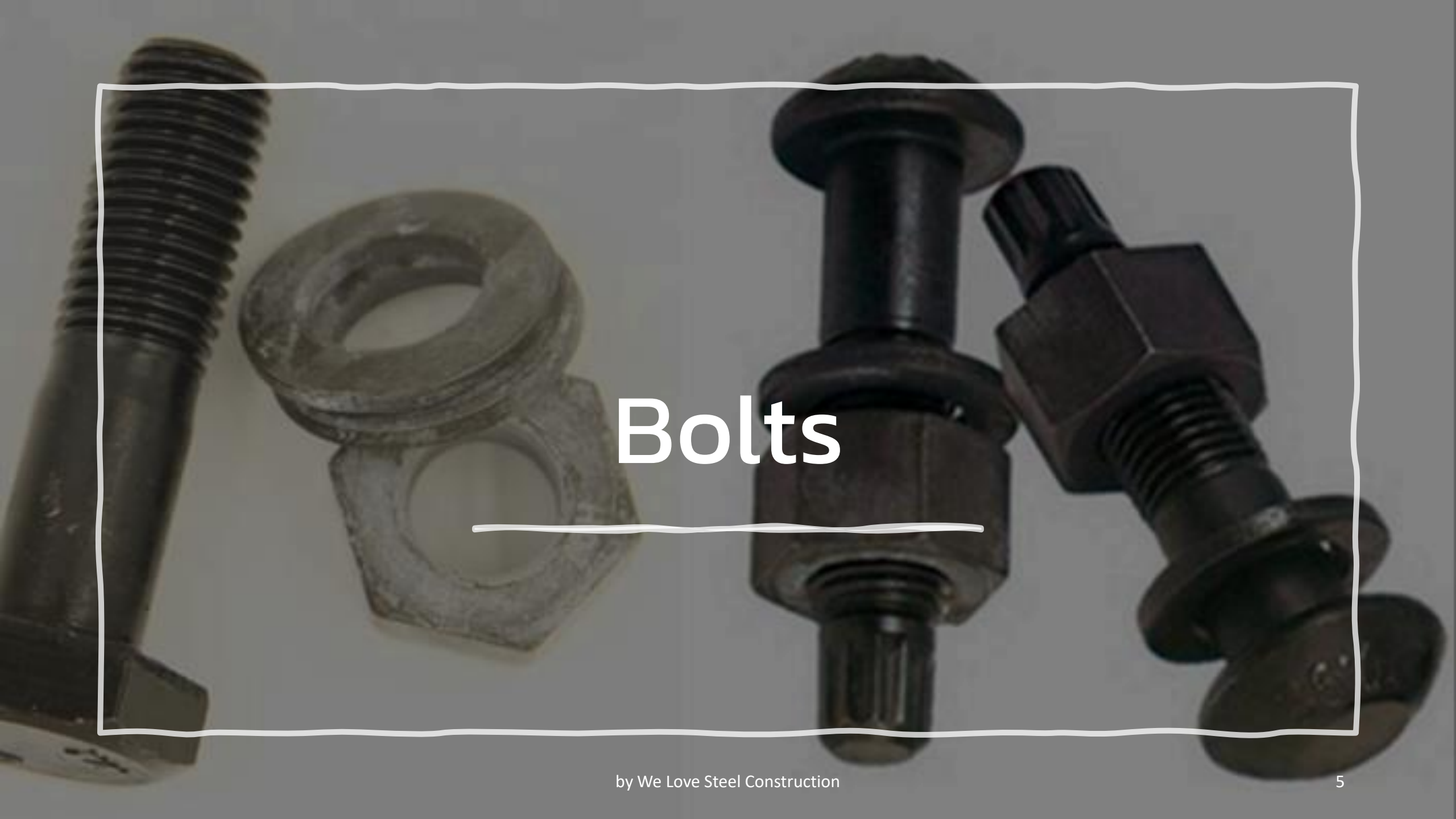


• แรงภายในคาน

• แสดงในรูปของ “หน่วยแรง” ได้แก่

- Shear stress (τ) ถ่ายผ่าน web
- Normal stress (σ) ถ่ายผ่าน flange





Bolts

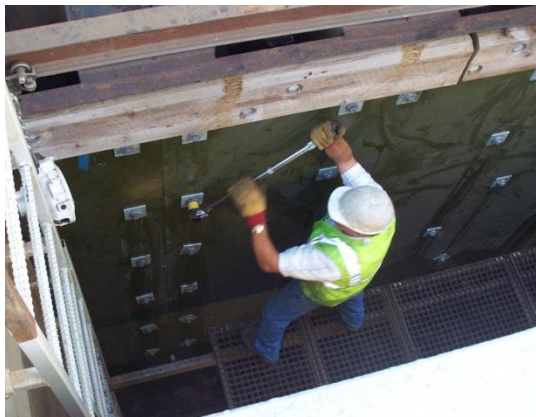
by We Love Steel Construction

Structural Bolts

#WeLoveSteelConstruction

สลักเกลียวแบบขันแน่นพอดี (Snug-Tightened Bolt)

การขันแน่นพอดี ได้นิยามไว้ใน บทที่ 1 วสท. 011038 ว่าเป็น “การขันสลักเกลียวโดยความแน่นที่ได้จากการกระแทก เล็กน้อยจากประแจแบบกระแทก Impact Wrench หรือขัน ด้วยแรงเต็มที่ของผู้เตรียมชิ้นงานด้วยประแจแบบธรรมดา”



จำแนกตามการขันแน่น

N or X

Snug-tightened bolt

- ขันแน่นพอดี “ตึงมือ” ด้วยประแจธรรมดา
- กำลัง ขันกับว่าเป็น X หรือ N-Type

TC

Pretensioned bolt

- ขันแน่นแบบใส่แรงดึงก่อน
- กำลังเท่า Snug-tightened bolt

SC

Slip-critical bolt

- เลื่อนวิฤต
- ต้องขันแน่นดังเช่น TC bolt แต่ต้องทำ surface treatment
- ใช้ limit state ที่ “การ slip” หรือ วิบัติเมื่อเลื่อน หรือ ขยับ

Structural Bolts

#WeLoveSteelConstruction

สลักเกลียวแบบใส่แรงดังก่อน (Pretention Bolt)

ใช้ในกรณีต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กรณีที่ต้องการให้ข้อต่อเกิดความแน่น แต่ทั้งนี้หากเกิดการเลื่อนไถลก็ไม่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการรับน้ำหนักของข้อต่อ

สลักเกลียวแบบเลื่อนวิกฤต (Slip Critical Bolt)

ใช้กับข้อต่อที่หากเกิดการเลื่อนไถลจะเกิดความเสียหายต่อความสามารถในการรับแรงของข้อต่อ

ทั้ง **TC** และ **SC Bolt** ล้วนเป็นรูปแบบที่ต้องขัน **Bolt** ให้แน่น แต่ข้อแตกต่างในแง่ของการติดตั้ง คือ **การเตรียมผิวสัมผัส** บริเวณ Bolt ที่เรียกว่า **Faying Surface** ให้มีความฝืด อันส่งผลต่อการถ่ายแรงเฉือนผ่านระนาบที่มีความฝืดนี้

จำแนกตามการขันแน่น

N or X

Snug-tightened bolt

- ขันแน่นพอดี “ตึงมือ” ด้วยประแจธรรมดา
- กำลัง ขันกับว่าเป็น X หรือ N-Type

TC

Pretensioned bolt

- ขันแน่นแบบใส่แรงดังก่อน
- กำลังเท่า Snug-tightened bolt

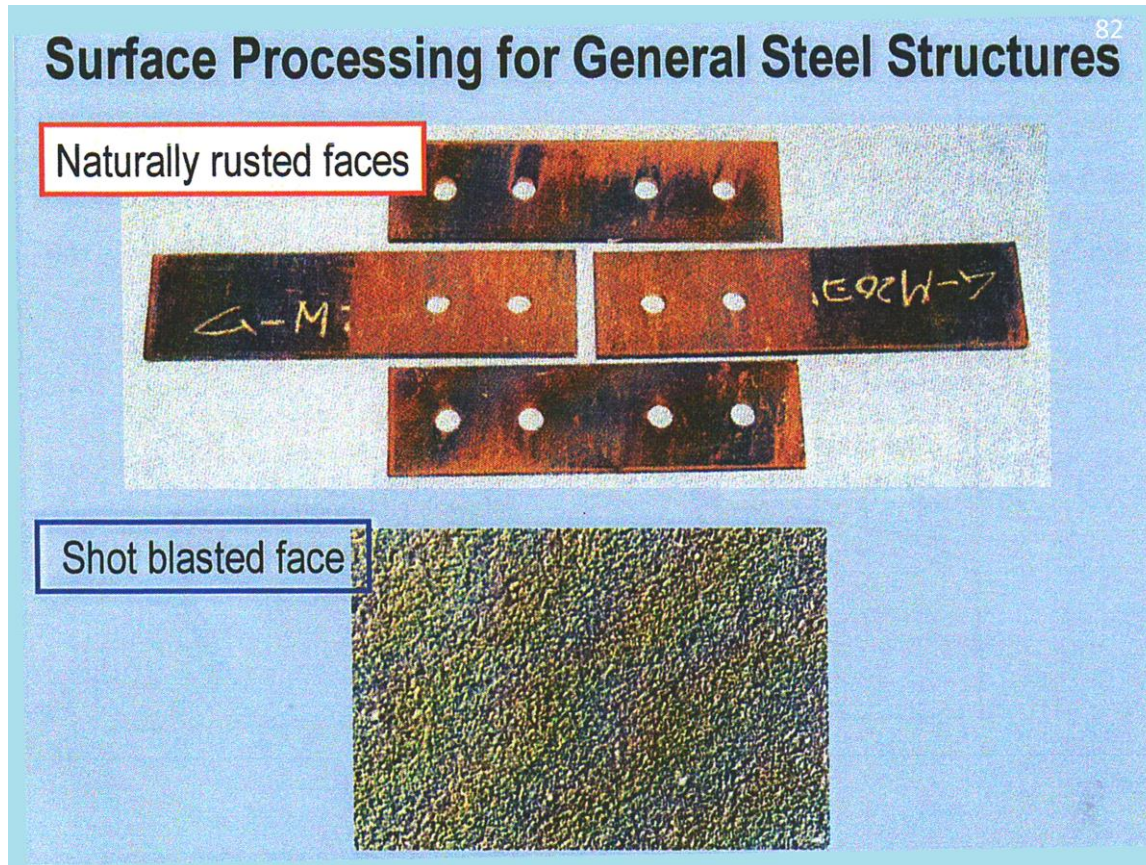
SC

Slip-critical bolt

- เลื่อนวิกฤต
- ต้องขันแน่นดังเช่น TC bolt แต่ต้องทำ surface treatment
- ใช้ limit state ที่ “การ slip” หรือ วิบัติเมื่อเลื่อน หรือ ขยับ

Structural Bolts

#WeLoveSteelConstruction



จำแนกตามการขันแน่น

N or X

Snug-tightened bolt

- ขันแน่นพอดี “ตึงมือ” ด้วยประแจธรรมดา
- กำลัง ขันกับว่าเป็น X หรือ N-Type

TC

Pretensioned bolt

- ขันแน่นแบบใส่แรงดึงก่อน
- กำลังเท่า Snug-tightened bolt

SC

Slip-critical bolt

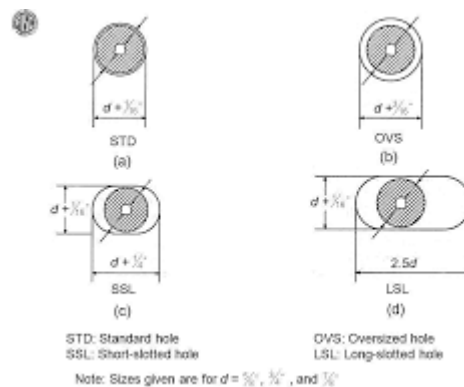
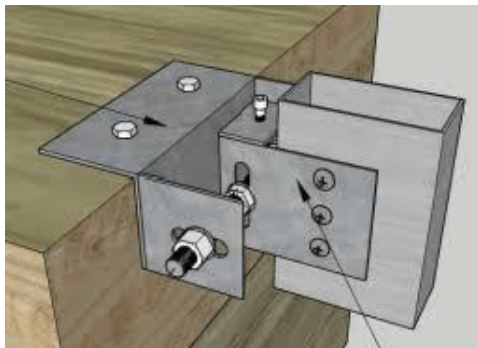
- เลื่อนวิกฤต
- ต้องขันแน่นดังเช่น TC bolt แต่ต้องทำ surface treatment
- ใช้ limit state ที่ “การ slip” หรือ วิบัติเมื่อเลื่อน หรือ ขยับ

Structural Bolts

#WeLoveSteelConstruction

สลักเกลียวแบบเลื่อนวิกฤต (Slip Critical Bolt)

ใช้กับข้อต่อที่หากเกิดการเลื่อนไถลจะเกิดความเสียหายต่อความสามารถในการรับแรงของข้อต่อ รวมไปถึงข้อต่อสลักเกลียวที่มีการใช้รูเจาะใหญ่กว่ามาตรฐาน (Oversized Hole) เช่น Base plate ต่อเข้ากับฐานรากด้วยสลักสมอ และข้อต่อสลักเกลียวที่มีรูเจาะแบบร่อง (Slotted Hole) ยกเว้นในกรณีที่ ทิศทางของแรงที่กระทำตั้งฉากกับทิศทางตามยาวของร่องรูเจาะ



จำแนกตามการขันแน่น

N or X Snug-tightened bolt

- ขันแน่นพอดี "ตึงมือ" ด้วยประแจธรรมดา
- กำลัง ขันกับว่าเป็น X หรือ N-Type

TC Pretensioned bolt

- ขันแน่นแบบใส่แรงดึงก่อน
- กำลังเท่า Snug-tightened bolt

SC Slip-critical bolt

- เลื่อนวิกฤต
- ต้องขันแน่นดังเช่น TC bolt แต่ต้องทำ surface treatment
- ใช้ limit state ที่ "การ slip" หรือ วิบัติเมื่อเลื่อน หรือ ขยับ

Thailand Standard & Reference for Bolt

#WeLoveSteelConstruction

Applied Load Condition			Nominal Strength per Unit Area, F_n , ksi	
			ASTM A325 or F1852	ASTM A490 or F2280
Tension ^a	Static 75% $F_{u,bolt}$		90 $F_u = 120$	113 $F_u = 150$
	Fatigue		See Section 5.5	
Shear ^{a,b}	Threads included in shear plane	$L_s \leq 38$ in.	54 = 68*0.8	68 = 84*0.8
		$L_s > 38$ in.	45 = 56*0.8	56 = 70*0.8
	Threads excluded from shear plane	$L_s \leq 38$ in.	68 = 120*0.62*0.9	84 = 150*0.62*0.9
		$L_s > 38$ in.	56 = 120*0.62*0.75	70 = 150*0.62*0.75
^a Except as required in Section 5.2.				
^b Reduction for values for $L_s > 38$ in. applies only when the joint is end loaded, such as splice plates on a beam or column flange.				

Specification for Structural Joints Using High-Strength Bolts

August 1, 2014
(includes April 2015 Errata)

Supersedes the December 31, 2009 *Specification for Structural Joints Using High-Strength Bolts*.

Prepared by RCSC Committee A.1—Specifications and approved by the Research Council on Structural Connections.

boltcouncil
RESEARCH COUNCIL ON STRUCTURAL CONNECTIONS
RCSC

www.boltcouncil.org
RESEARCH COUNCIL ON STRUCTURAL CONNECTIONS
c/o AISC, One East Wacker Drive, Suite 700, Chicago, Illinois 60601

ASTM vs. ISO Bolt

#WeLoveSteelConstruction

Bolt Specification	Fu (ksc)	Fy (ksc)	Proof strength ~ 90% Fy (ksc)	Note
ASTM A307	4,200	–	–	
ISO 5.5	5,000	2,500	2,250	Fy/Fu = 0.5
ASTM A325	8,400	6,400	5,760	Equivalent to F1852
ISO 8.8	8,000	6,400	5,760	Fy/Fu = 0.8
ASTM A490	10,500	9,100	8,190	Equivalent to F2280
ISO 10.9	10,000	9,000	8,100	Fy/Fu = 0.9

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงอาจแตกต่างจากข้อมูลที่ปรากฏในแหล่งอ้างอิงอื่นๆ จากเหตุผลด้านการประมาณการ แปลงหน่วย ปิดเศษ แต่ก็ไม่ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ASTM Pretensioned Bolt per AISC 360

#WeLoveSteelConstruction

TABLE J3.1M
Minimum Bolt Pretension, kN^[a]

Bolt Size, mm	Group A (e.g., A325M Bolts)	Group B (e.g., A490M Bolts)
M16	91	114
M20	142	179
M22	176	221
M24	205	257
M27	267	334
M30	326	408
M36	475	595

^[a] Equal to 0.70 times the minimum tensile strength of bolts, rounded off to nearest kN, as specified in ASTM F3125/F3125M for Grade A325M and Grade A490M bolts with UNC threads.



เมื่อไหร่ ???

สามารถขัน bolt แค่นี้ให้
แน่นพอดี

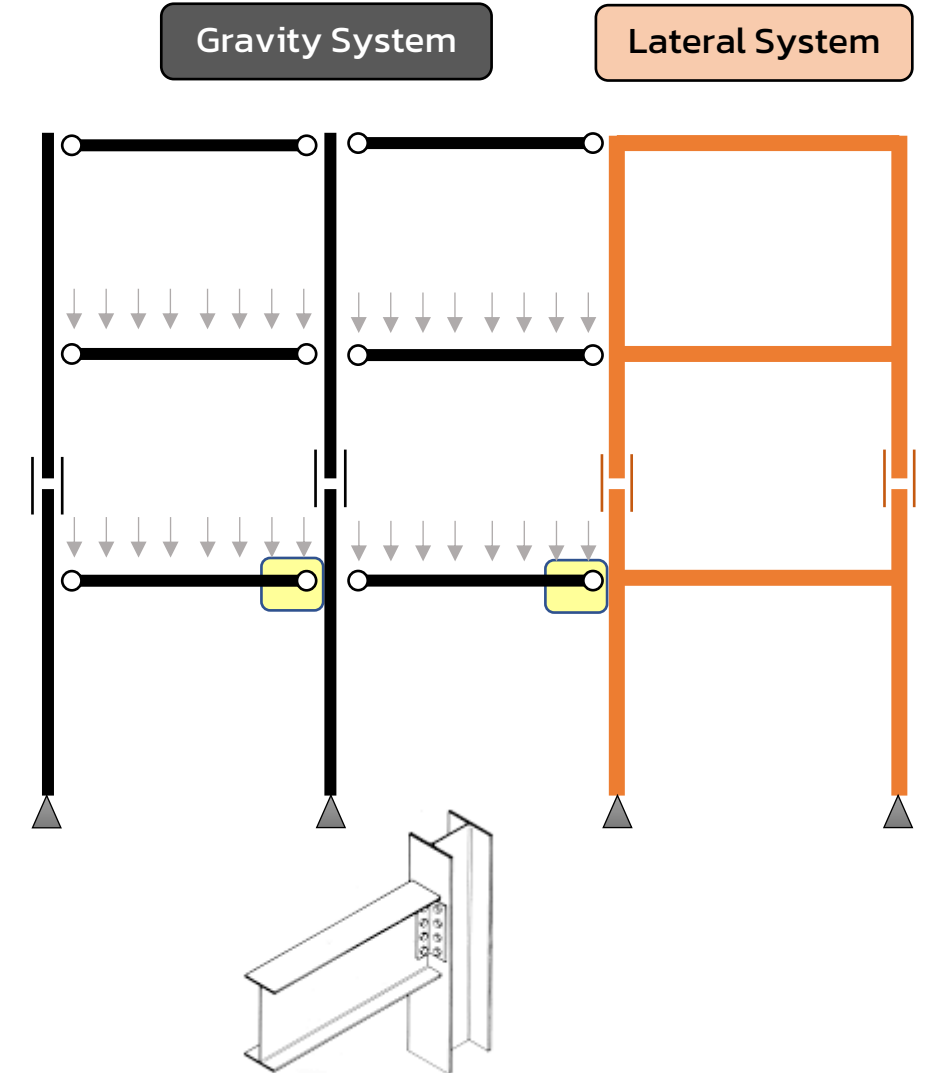
และเมื่อไหร่ต้องขัน
bolt ให้ได้ torque

#WeLoveSteelConstruction

Snug-tightened (ST) Bolt

#WeLoveSteelConstruction

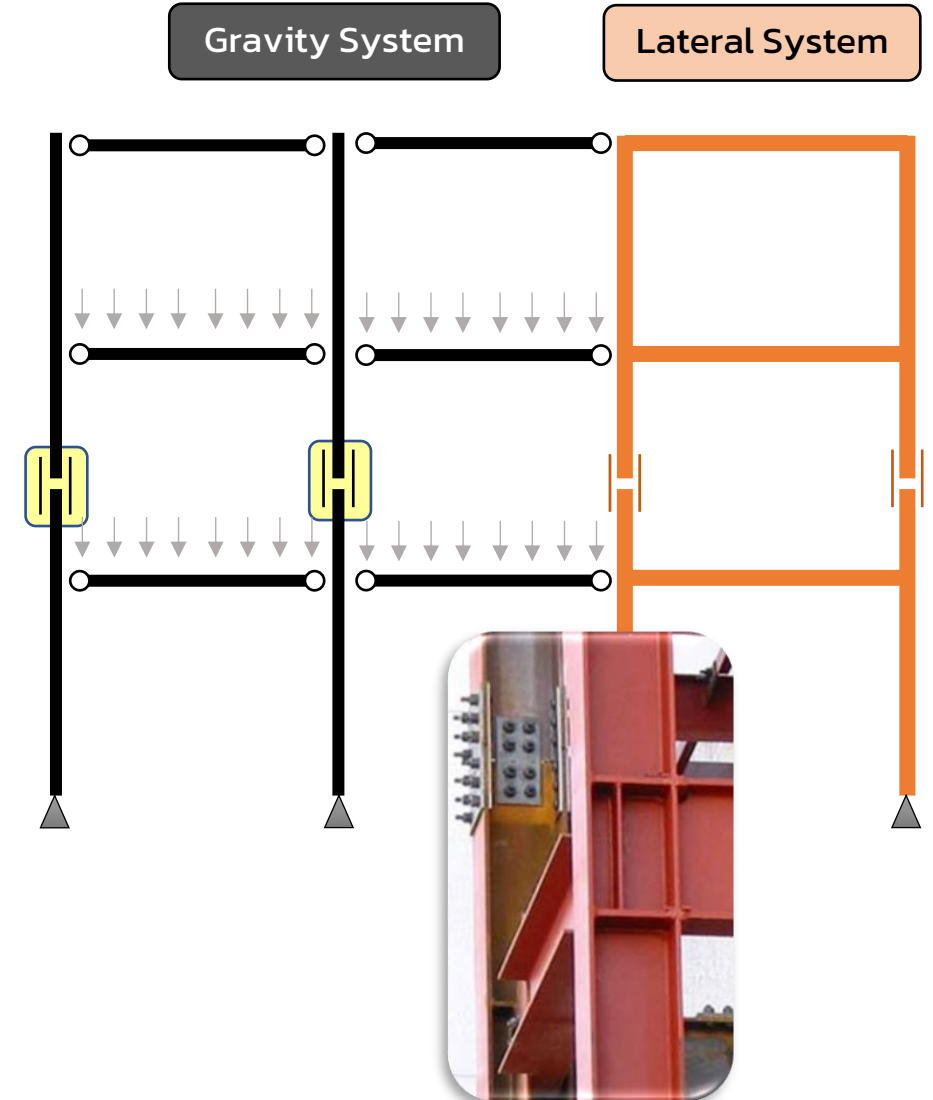
- Snug-tightened Bolt สลักเกลียวแบบขันแน่นพอดี คือ สลักเกลียวที่ขันให้แน่นพอตึงมือ โดยใช้ประแจขันแบบธรรมดาโดยคนงาน (ไม่ต้องโหนแรง) หรืออาจใช้ ประแจแบบกระแทก (impact wrench)
- ใช้กับรอยต่อที่สลักเกลียวรับแรงเฉือนเป็นหลัก หรือรับแรงเฉือนและแรงดึง ที่ไม่มีการเปลี่ยนทิศทางของแรงกระทำ (static) เช่น รอยต่อคานเหล็กแบบรับแรงโน้มถ่วง (gravity load) ของบ้านพักอาศัยทั่วไป ซึ่งแรงไม่มีการเปลี่ยนทิศทาง เป็นต้น



Pretensioned (PT) Bolt

#WeLoveSteelConstruction

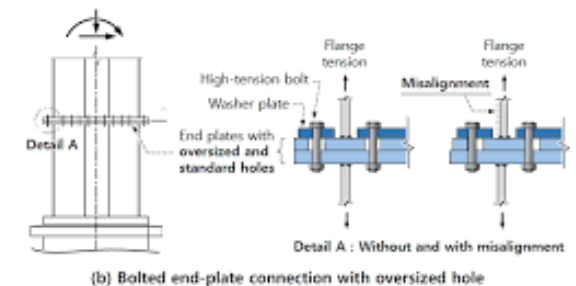
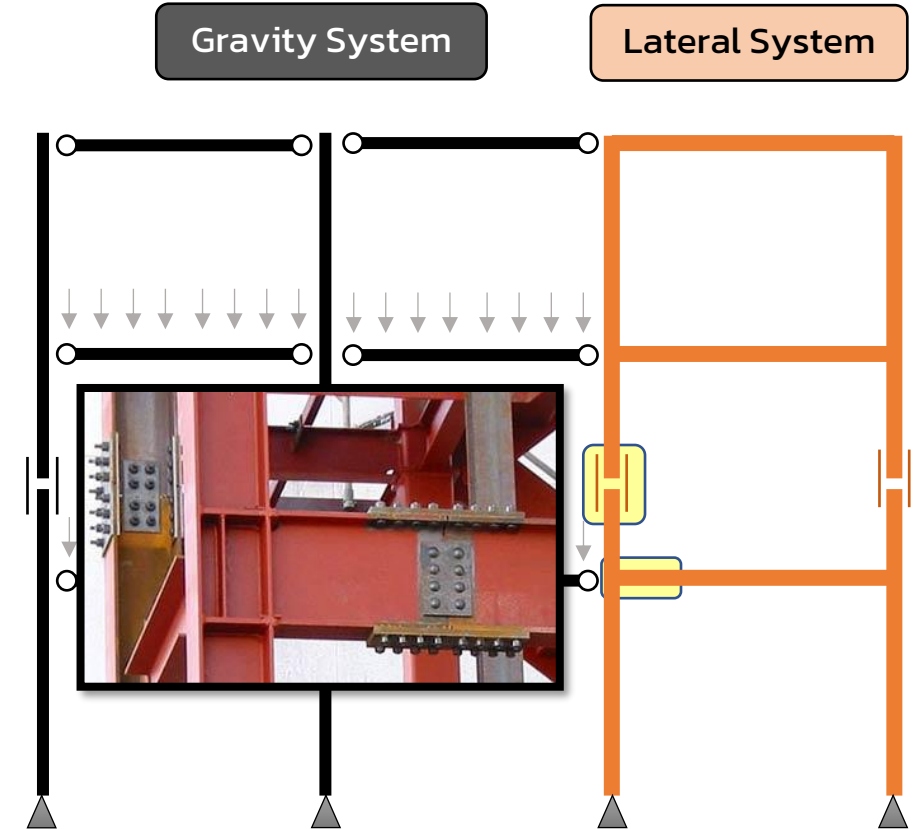
- Pretensioned bolt คือสลักเกลียวที่ต้องขันแน่นจนได้แรงไม่น้อยกว่าค่าแรงดิ่งขึ้นต่ำที่ระบุ (ในมาตรฐาน แต่ไม่เกิน proof strength ซึ่งเป็นกำลัง ณ ระดับที่ทำให้ bolt เกิด plastic deformation)
- ใช้กับส่วนของอาคารที่ต้องการให้อาคารมีสภาพะการใช่งานที่ดี (Serviceability) ผู้ใช้อาคาร “รู้สึก” ปลอดภัย รอยต่อมีความแน่น ขยับแทบไม่ได้ (การขยับได้ไม่ส่งผลกระทบกับกำลังการรับน้ำหนักของจุดต่อ) เช่น การต่อตาม (splice) ของเสาเหล็กในอาคาร เป็นต้น
- การตรวจสอบความแน่น มี 4 วิธี (1) Turn-of-nut (2) DTI (3) Twist-off bolt (4) Calibrated wrench



Slip-Critical Bolt (SC)

#WeLoveSteelConstruction

- Slip-critical bolt หรือสลักเกลียวแบบเลื่อนวิกฤต เป็นการใช้ PT bolt “พร้อมด้วย” การทำผิวสัมผัส ชี้นงานที่ต่อเข้าด้วยกันให้มีความฝืด เพื่อให้เกิดการถ่ายแรงแผ่นผิวสัมผัส (friction)
- ใช้กับโครงสร้างที่ต้องรับแรงแบบ Dynamic load โดยแรงกระทำมีลักษณะเปลี่ยนทิศไป-มา เช่น สะพาน โครงสร้างเหล็กที่ต้องรับแรงกระแทกจากยานพาหนะเป็นประจำ หรือ lateral system ของอาคาร ที่ต้องรับแรงลมแรงแผ่นดินไหวกลับไปกลับมา หรือ จุดต่อที่ใช้รูเจาะขนาดใหญ่กว่ามาตรฐาน (oversized hole) เพื่ออำนวยความสะดวกติดตั้ง เป็นต้น



A close-up photograph of a steel weld joint. The image shows a vertical steel beam connected to a horizontal steel plate. The weld is a fillet weld, and the surface of the steel is dark and textured, possibly due to rust or industrial environment. The lighting is dramatic, highlighting the texture of the metal and the weld.

Welds

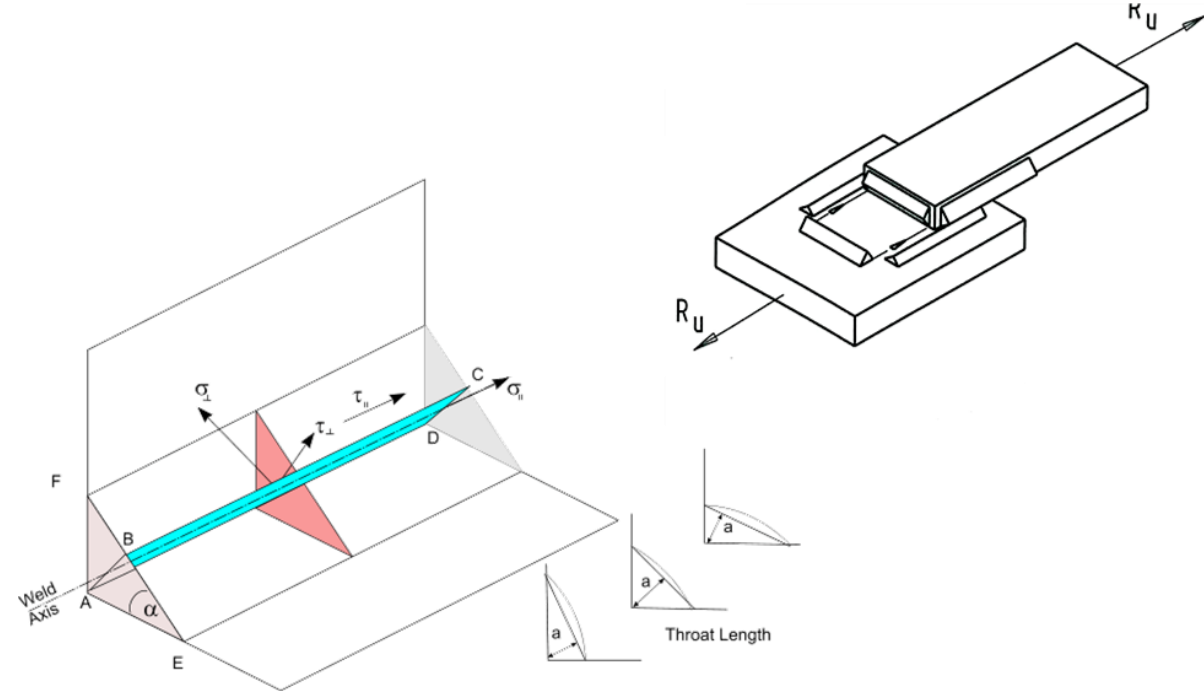
Welding

#WeLoveSteelConstruction

- พื้นที่รับแรง (เฉือน) ของ fillet weld เป็น **พื้นที่ที่อยู่ในแนวทแยง** จาก weld leg (AE หรือ AF ดังรูป) ในแนว AB ซึ่งหาก $AE = AF$ จะได้ว่า $AB = \text{leg size} / \sqrt{2}$ ไปคูณกับความยาวของ fillet weld
- ดังนั้น Nominal weld shear capacity (rupture) = $R_n = (0.6F_u) * \text{Effective area}$ โดยที่ Effective area = $A_e = (AE/\sqrt{2}) * L$
- Unified method: $R_n = (0.6F_u) * A_e$

[ASD] $\Omega = 2.0$

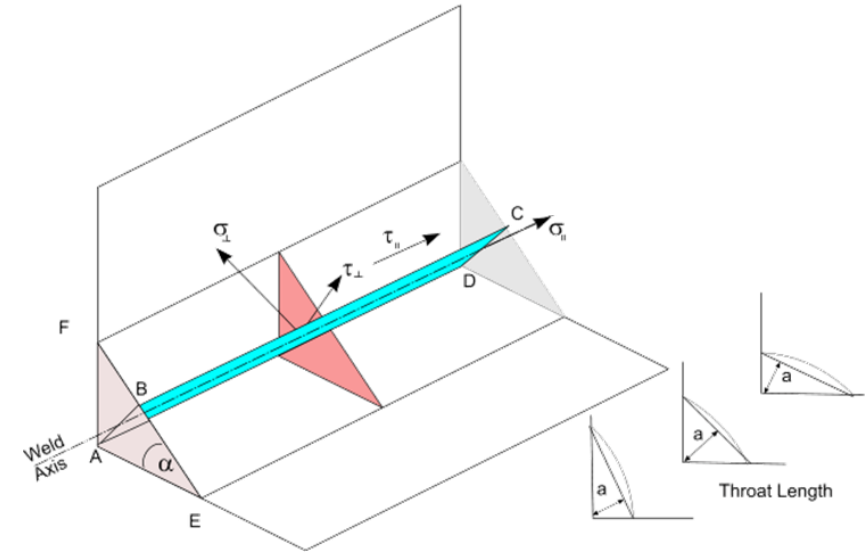
[LRFD] $\gamma = 0.75$



Welding

#WeLoveSteelConstruction

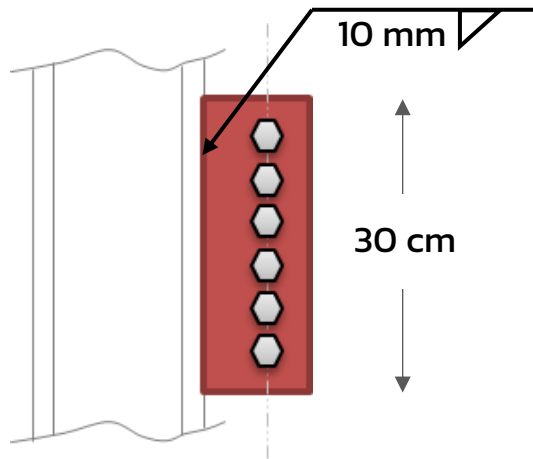
- การเชื่อมพอก หรือ fillet weld ระบุว่า จะเกิดการวิบัติ เป็นระนาบที่ มีขนาดเล็กที่สุดที่จะถูกเฉือนขาด ซึ่งเป็นมุม 45 องศา วัดจากขอบที่ต้งฉาก
- กำลังรับแรงเฉือน ~ 60% ของกำลังรับแรงดึง
พื้นที่รับแรงเฉือน ~ $\text{leg size} / \sin(45^\circ) * \text{ความยาว}$
กำลังรับแรงเฉือนระบุ (nominal shear strength)
 $= (0.6 F_u) (\text{leg size} / \sqrt{2} * \text{length})$
 $= (0.6 * (70 * 70 \text{ ksc}) / \sqrt{2}) * (\text{leg size} * \text{length})$
 $= 2,079 (\text{leg size} * \text{length}) \dots$ หน่วย กิโลกรัม
~ 2 ตัน ต่อตารางเซนติเมตร
- หากพิจารณา [ASD] Factor of Safety (Ω) = 2 จะได้
กำลังรับน้ำหนัก “ปลอดภัย” $R_n / 2 = \sim 2 / 2 = 1$ ตันต่อ ตร. ซม.
หรือหากพิจารณา [LRFD] Resistance factor (γ) = 0.75 จะได้ $\gamma R_n = 1.5$ ตันต่อ ตร. ซม.



ASD	LRFD
FS = Ω = 2	ϕ = 0.75
$R_{\text{allow}} = R_n / \Omega$ $R_{\text{allow}} = 0.3 F_u A_{w, \text{eff}}$	$R_n = 0.6 F_u A_{w, \text{eff}}$ $\phi R_n = 0.45 F_u A_{w, \text{eff}}$

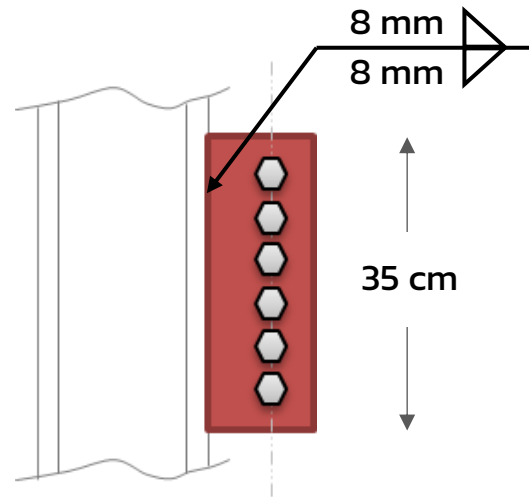
Welding

#WeLoveSteelConstruction



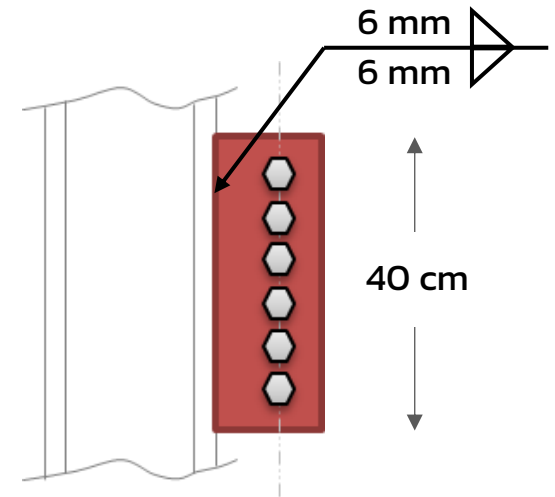
รอยเชื่อม fillet weld นี้

รับน้ำหนักได้ปลอดภัย 30 ตัน
รับน้ำหนักได้สูงสุด 45 ตัน



รอยเชื่อม fillet weld นี้

รับน้ำหนักได้ปลอดภัย 56 ตัน
รับน้ำหนักได้สูงสุด 84 ตัน



รอยเชื่อม fillet weld นี้

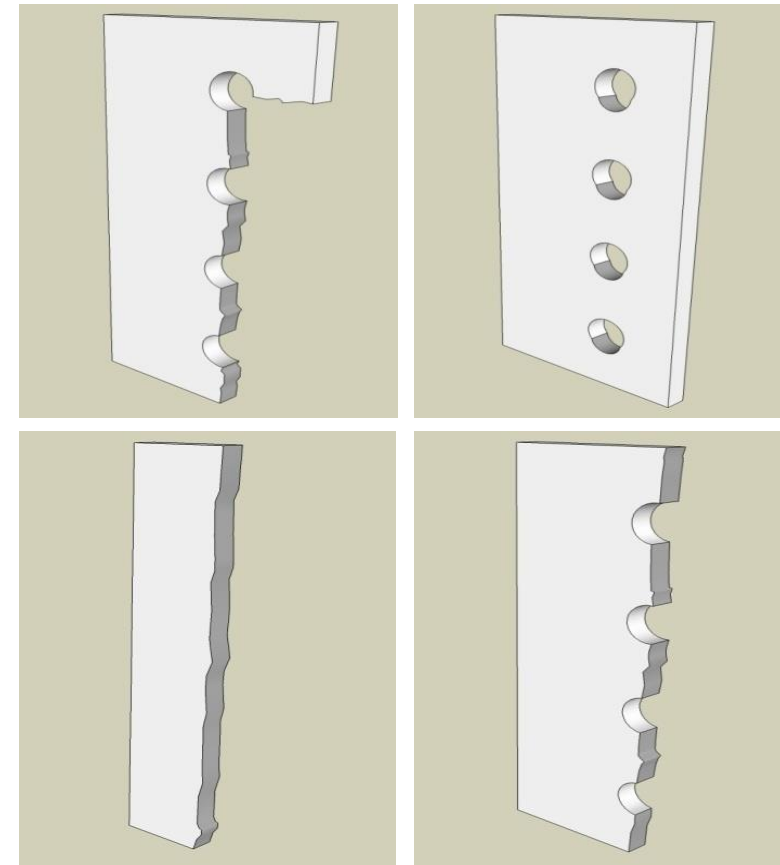
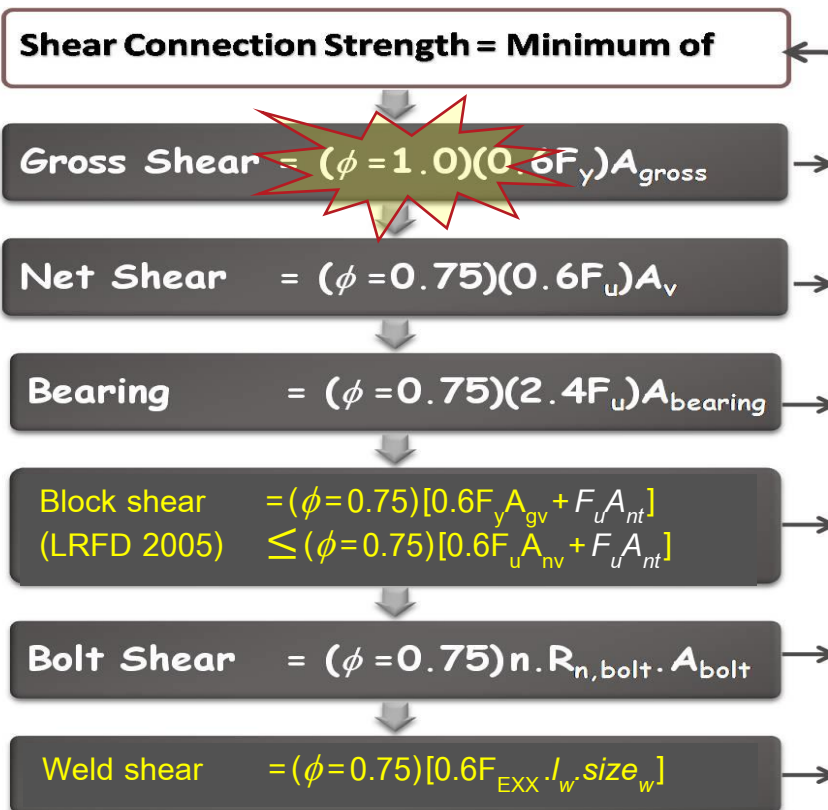
รับน้ำหนักได้ปลอดภัย 48 ตัน
รับน้ำหนักได้สูงสุด 72 ตัน

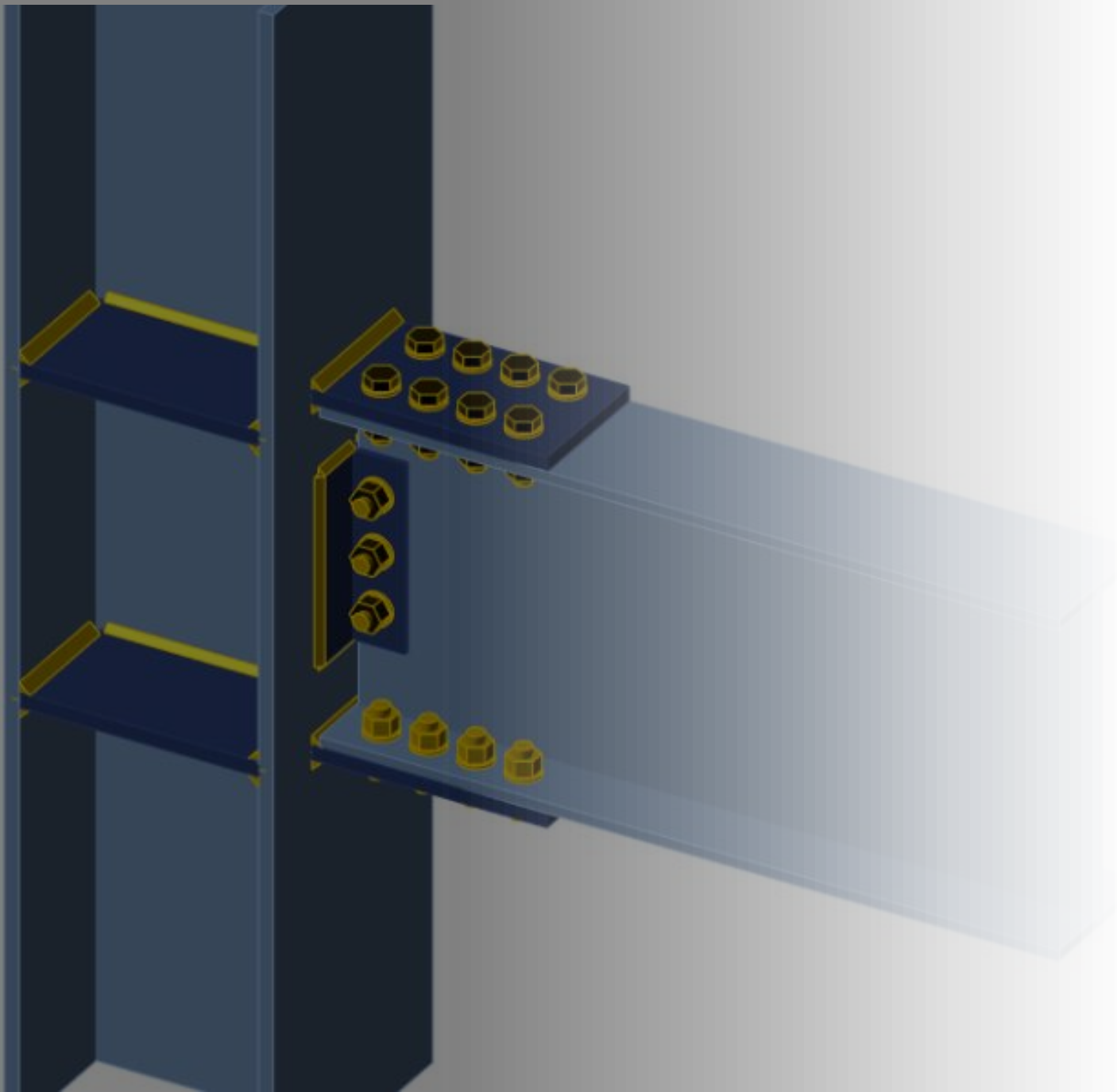
Steel Connection

#WeLoveSteelConstruction

รูปแบบการวิบัติ และกำลังรับแรง

AISC LRFD





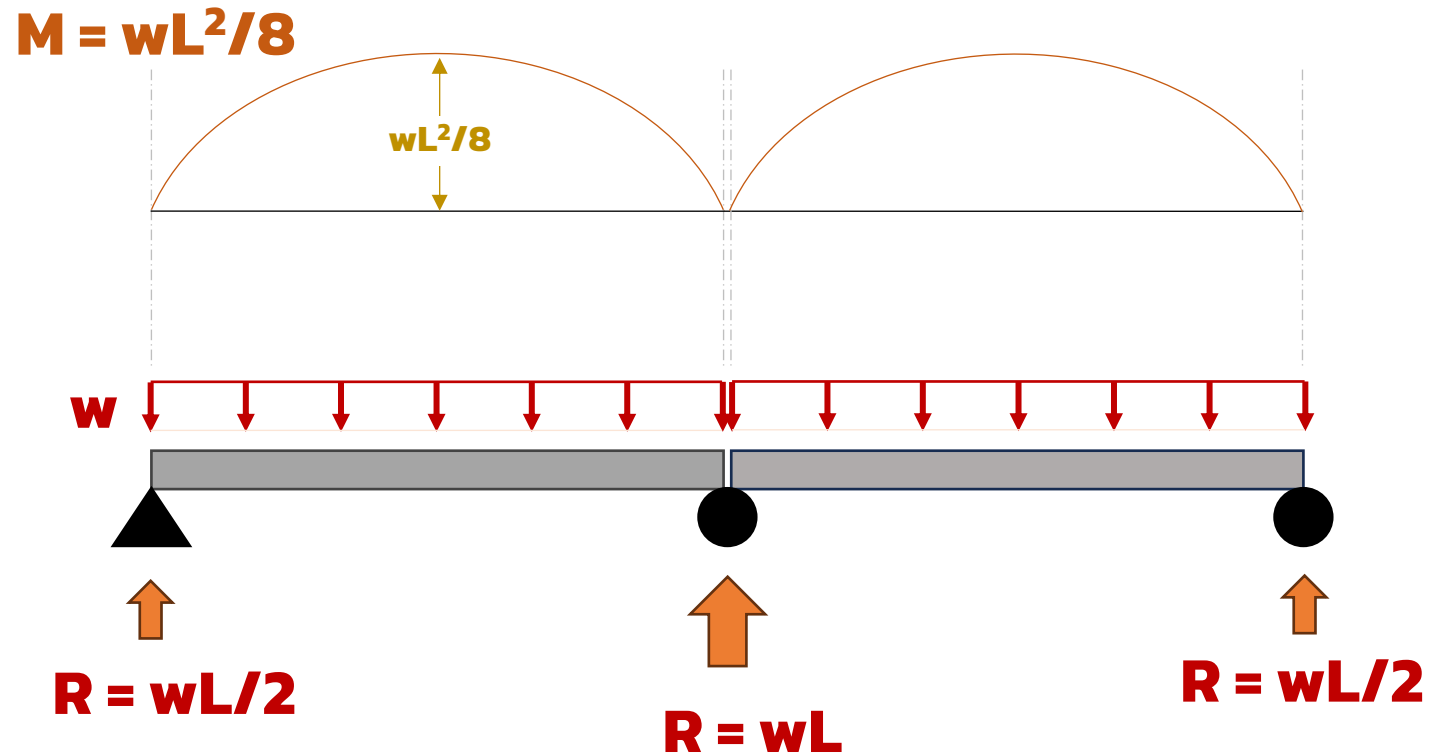
Flange-plate Moment Connection

#WeLoveSteelConstruction

Force in Beams and Connections

#WeLoveSteelConstruction

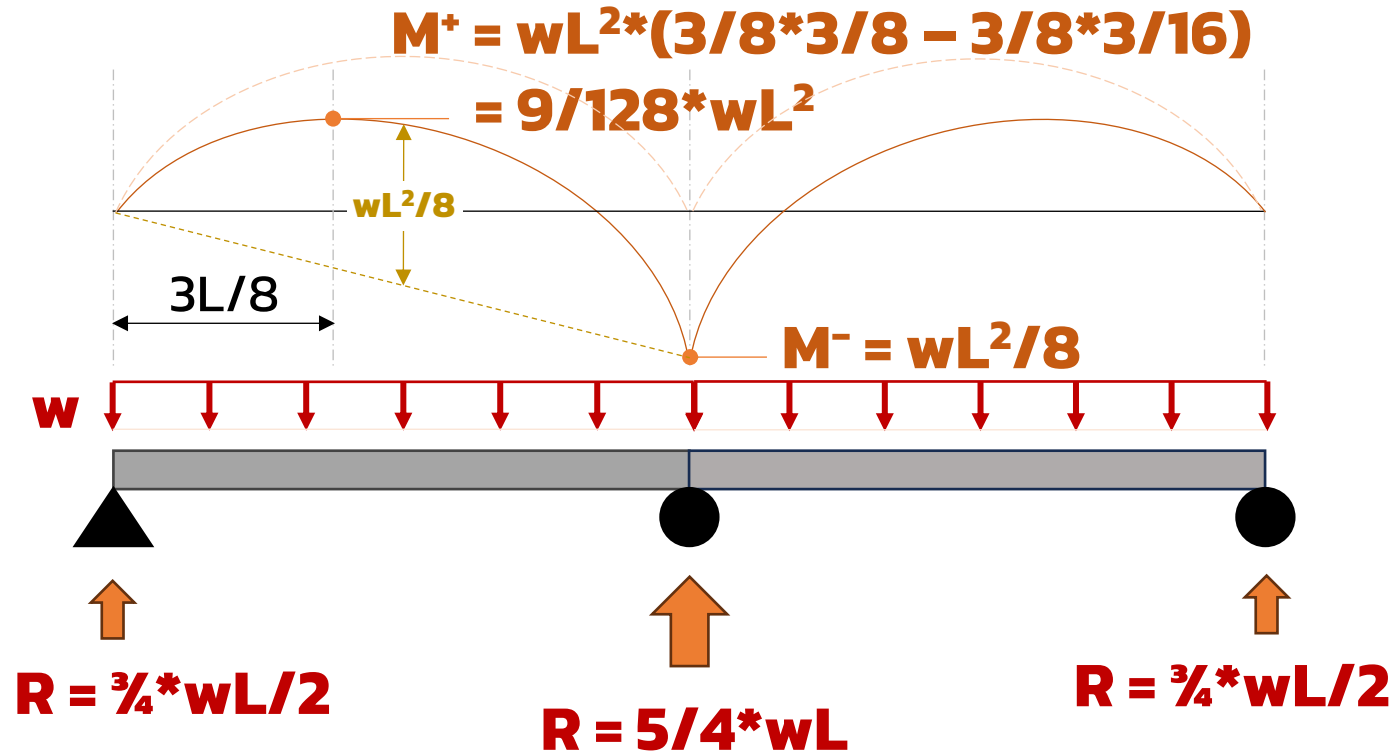
- กรณีคาน simple beam 2 ตัว ยาวเท่ากัน ขนาดเท่ากัน รับ uniform load เท่ากัน ต่อเข้าด้วยกัน บน support เดียวกัน จะเห็นว่าคานแต่ละตัว จะรับ max. bending moment เท่ากับ $wL^2/8$
- Reaction ตรง intermediate support ก็จะทำให้ขึ้นมากที่สุด โดยมีค่าเป็น 2 เท่าของ Reaction ตรงปลายคาน simple beam ทั้ง 2 ด้าน



Force in Beams and Connections

#WeLoveSteelConstruction

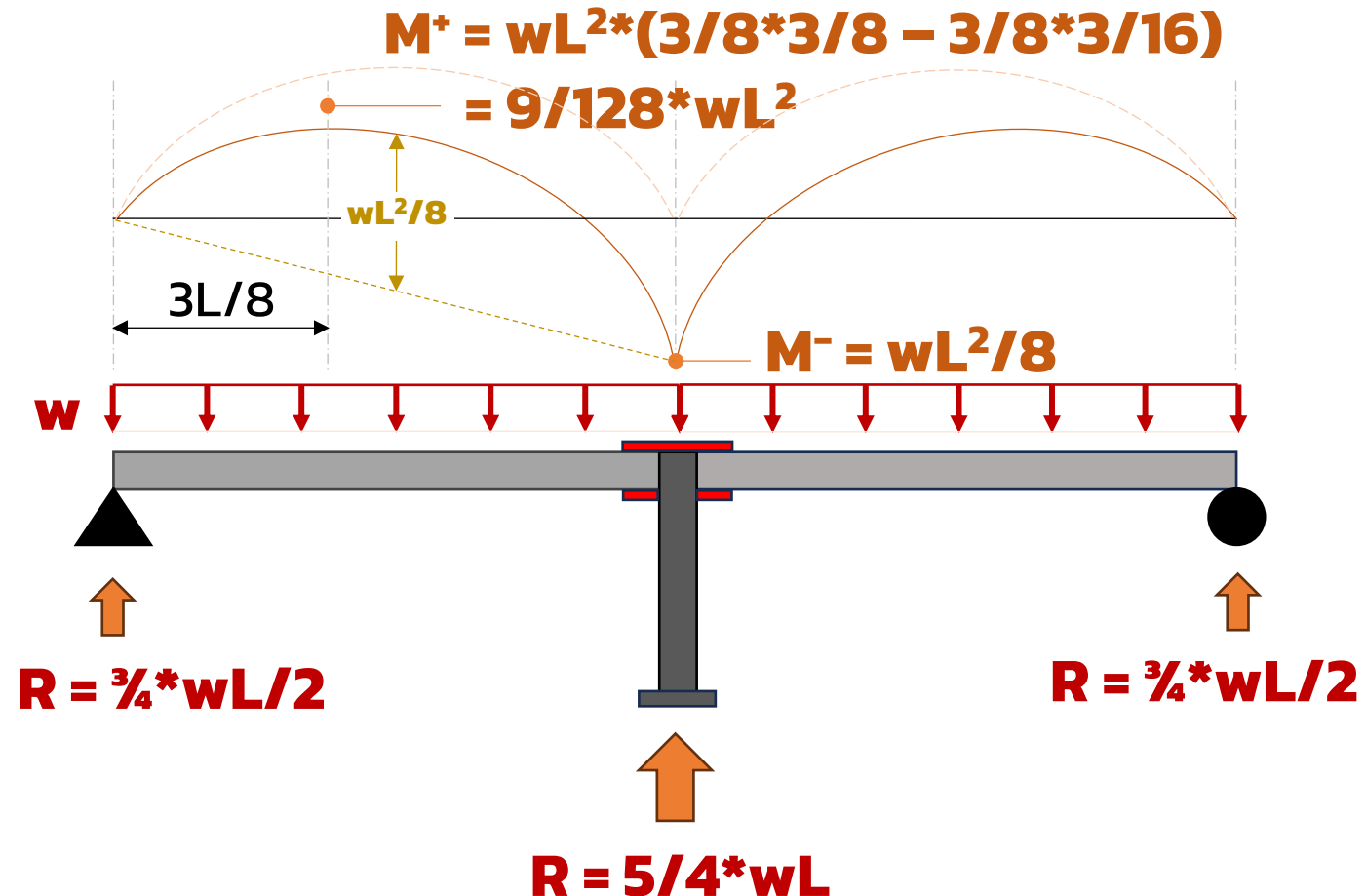
- กรณีคาน simple beam 2 ตัว ยาวเท่ากัน ขนาดเท่ากัน รับ uniform load เท่ากัน เชื่อมต่อเข้าด้วยกัน บน support เดียวกัน โดยจุดต่อเป็น moment connection จากการเพิ่มขึ้นของ flexural (rotational) stiffness จุดต่อ $M^+ = wL^2/8$ เดิมที่กึ่งกลาง จะถูก redistribute ไปที่ moment connection
- แรงจะถูกถ่ายไปยังจุดที่ stiffness สูง การเพิ่ม rotational stiffness ก็ส่งผลให้ bending moment เพิ่มขึ้นตามไปด้วย



Force in Beams and Connections

#WeLoveSteelConstruction

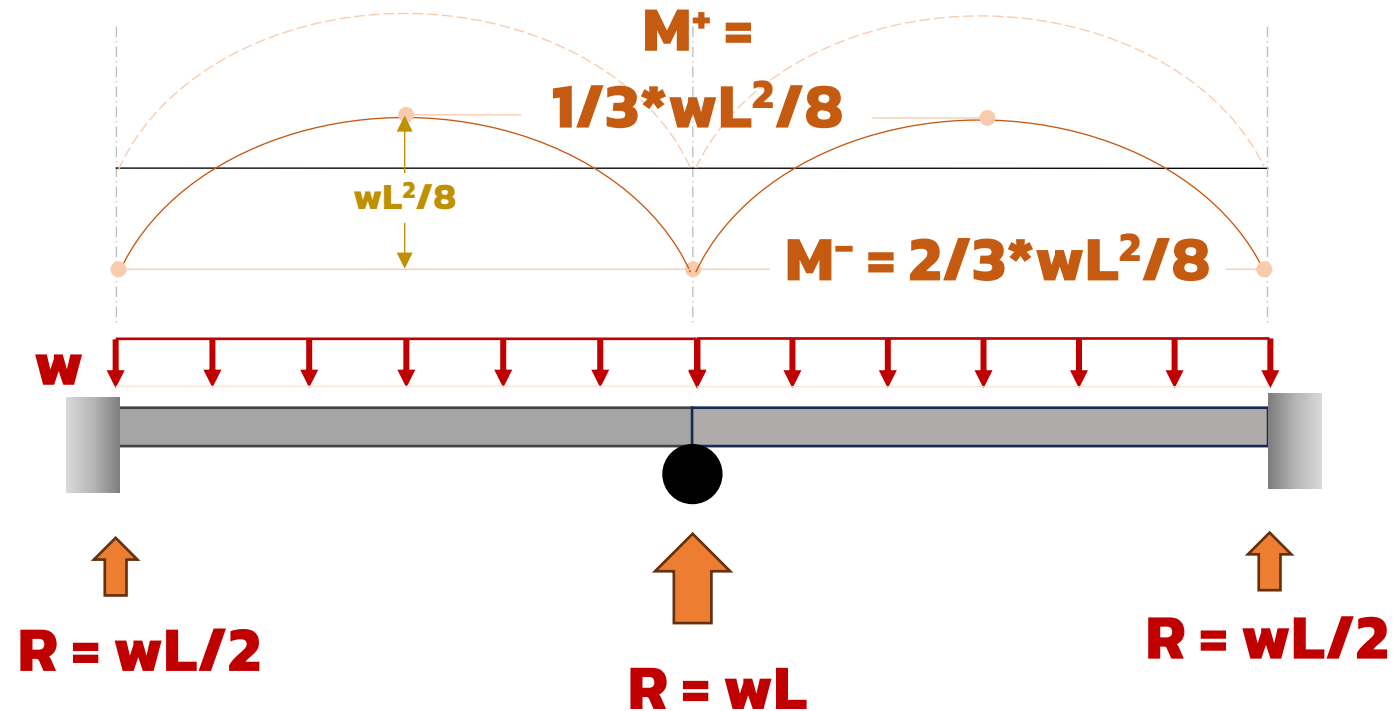
- กรณีคาน simple beam 2 ตัว ยาวเท่ากัน ขนาดเท่ากัน รับ uniform load เท่ากัน เชื่อมต่อเข้าด้วยกัน เข้ากับเสา ที่แม้จะมี flexural stiffness สูง (สูงกว่า roller support ที่ไม่มี flexural stiffness) แต่ด้วย load ที่สมมาตร เสาก็จะไม่เกิดการดัดตัว ไม่เกิด bending moment ในเสา



Force in Beams and Connections

#WeLoveSteelConstruction

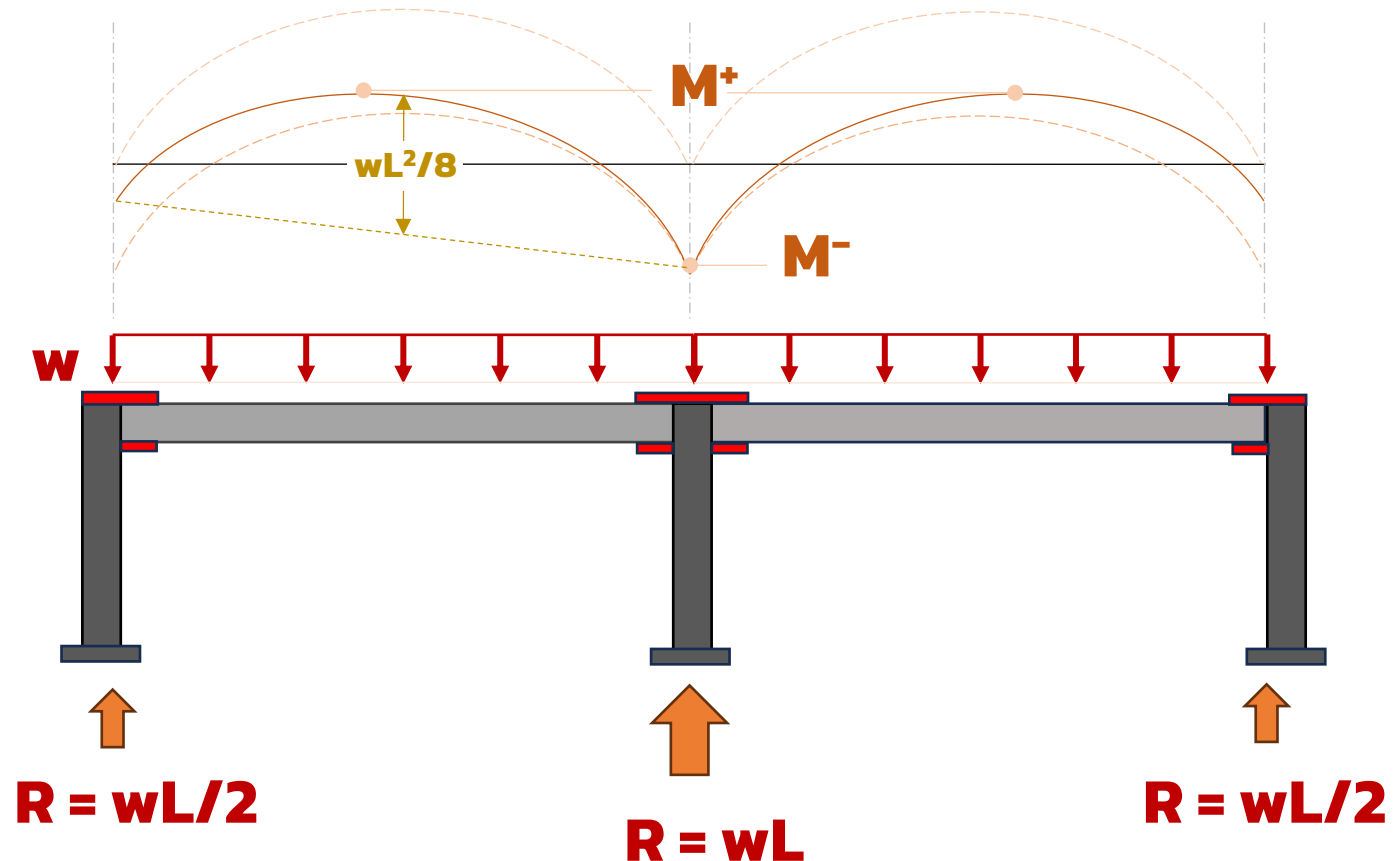
- กรณีคาน 2 ตัว ยาวเท่ากัน ขนาดเท่ากัน รับ uniform load เท่ากัน เชื่อมต่อเข้าด้วยกัน บน support เดียวกัน โดยจุดต่อเป็น moment connection “และ” ปลายคานทั้ง 2 ตัวเป็น fixed end ซึ่งมี rotational stiffness สูง ส่งผลให้ moment ถูกกระจายไปยัง fixed support
- M^+ max เดิมที่ กึ่งกลางสะพาน จึงถูก redistribute ไปที่ fixed end ราว 2 ใน 3 (67%) ดังนั้น midspan moment จึงเหลือเพียง $1/3 * wL^2/8$



Force in Beams and Connections

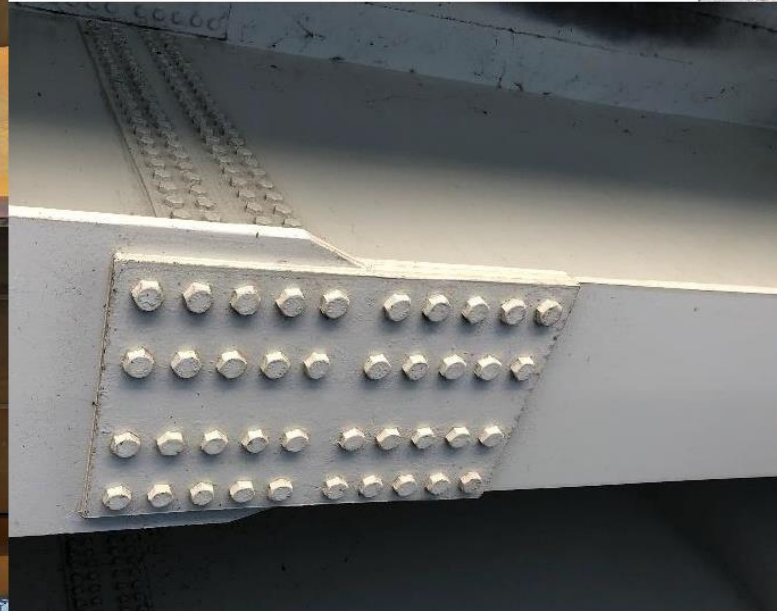
#WeLoveSteelConstruction

- กรณีคาน 2 ตัว ยาวเท่ากัน ขนาดเท่ากัน รับ uniform load เท่ากัน เชื่อมต่อเข้าด้วยกัน เข้ากับเสา ทั้งตรงปลายคานทั้ง 2 ด้าน และบริเวณจุดต่อระหว่างคาน บริเวณปลายคานซึ่งเสามี rotational stiffness น้อยกว่า fixed end (เช่น เป็น shear wall ที่ rigid มากๆ) ก็จะส่งผลให้การ redistribute end moment (เดิมที เท่ากับ $\frac{2}{3} \cdot \frac{wL^2}{8}$) จะลดน้อยลง โดย fixed end moment ก็จะไปยังเสาต้นริม (ยิ่ง rotational stiffness มากยิ่งถ่ายมาก มากสุดคือเป็น shear wall)



Flange-Plate "Splice" Moment Connection

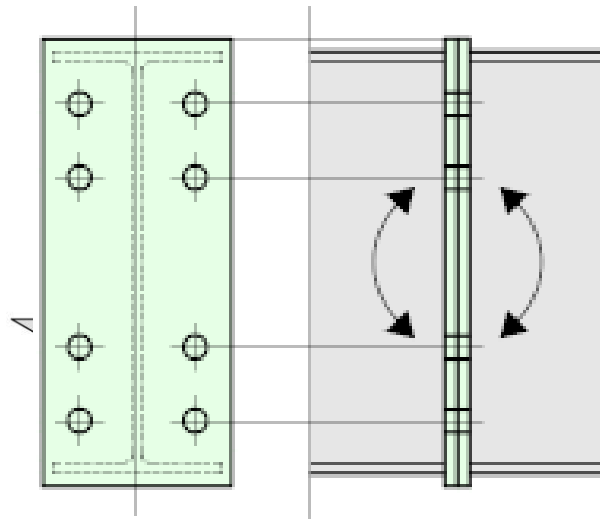
#WeLoveSteelConstruction



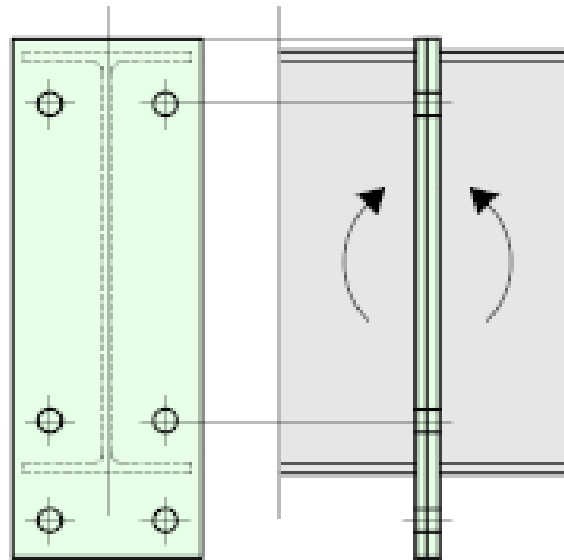
Flange-Plate "Splice" Moment Connection

#WeLoveSteelConstruction

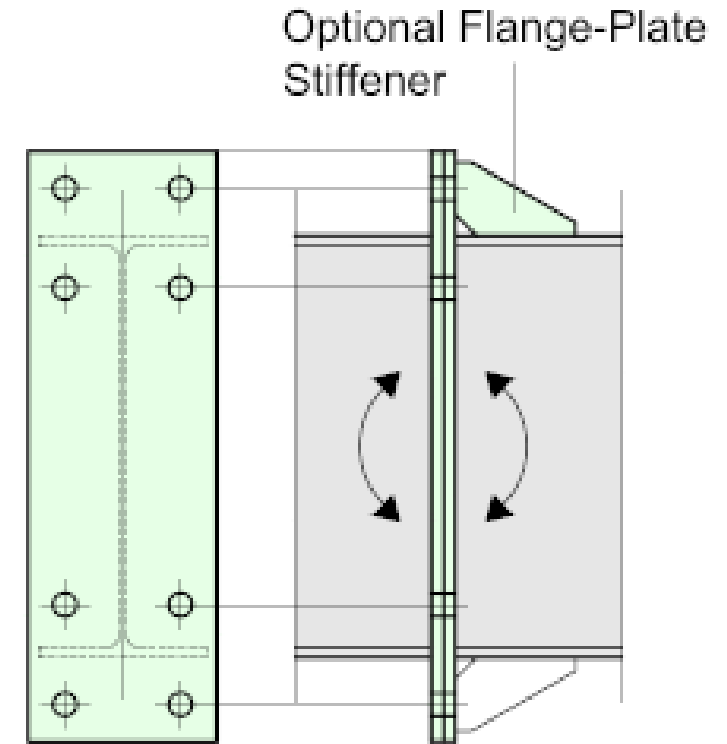
Ref: www.structuraldetailer.com



Bolted End-Plate Splice
Light / Medium Duty



Bolted End-Plate Splice
Partial Moment Resisting

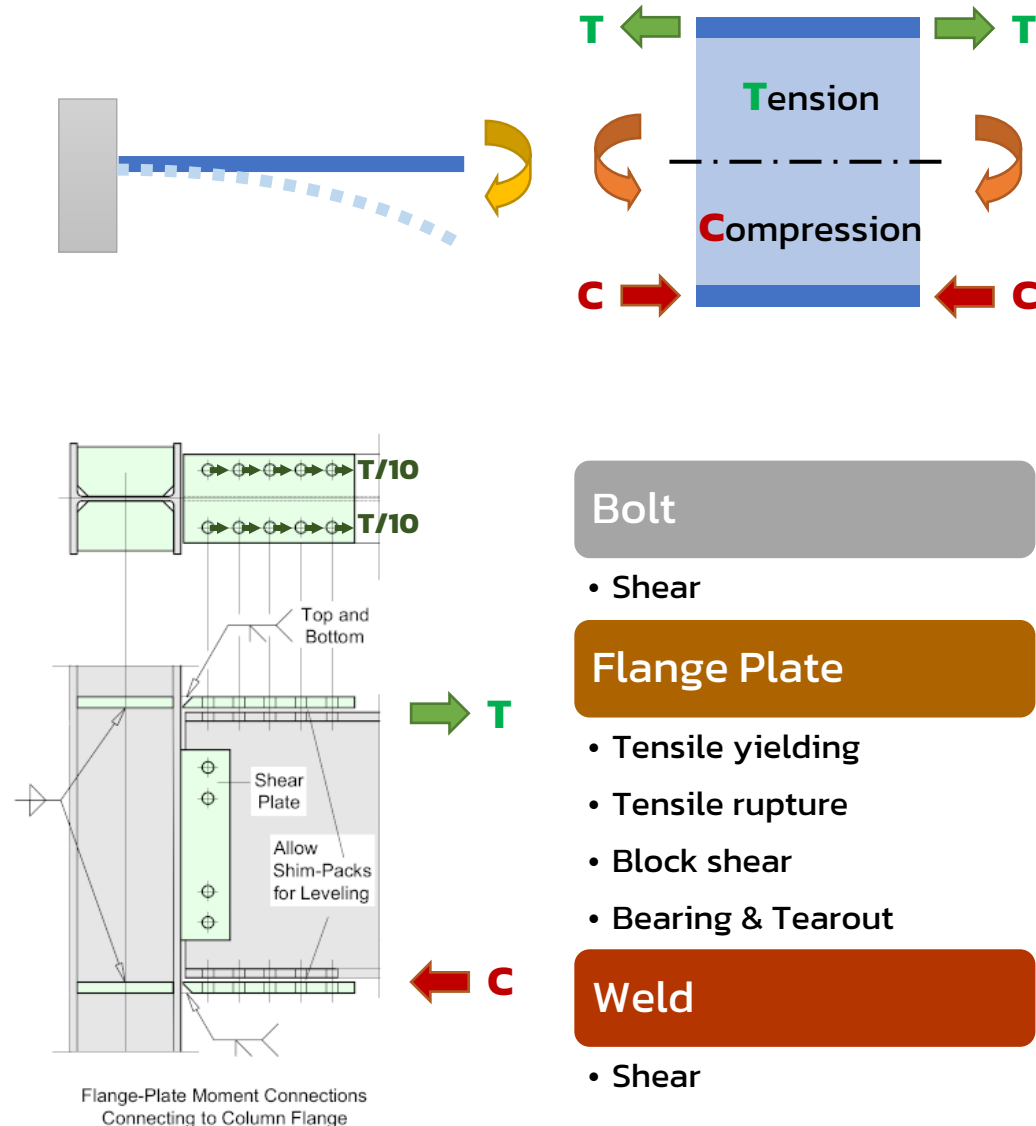


Bolted End-Plate Splice
Full Moment Resisting

Flange-Plate Moment Connection

#WeLoveSteelConstruction

- เมื่อคานมีแรงภายนอกกระทำ จะเกิดการดัดตัว และเกิด moment ขึ้นในคาน จากรูปคานยื่นได้รับ **External Moment** (สีเหลือง) ย่อมส่งผลให้เกิด **Internal Moment** (ส้ม) และเกิดแรงที่ตั้งฉากกับหน้าตัดทั้ง **Tension** (เขียว) และ **Compression** (แดง) ซึ่งแรงราว 80% จะถ่ายโดย beam flange
- **Tension** ที่ top flange และ **Compression** ที่ bottom flange จะถูกถ่ายเข้าสู่ support ผ่าน bolt ที่ยึด flange เข้ากับ flange plate โดยที่ทั้ง **bolt** และ **flange plate** ก็ต้องสามารถรับและถ่าย **Tension** และ **Compression** เข้าสู่ support ได้
- ดังนั้นจึงต้องตรวจสอบ bolt และ flange plate ตลอดจนรอยเชื่อมที่ต่อเข้ากับเสา โดยการพิจารณา limit state ต่างๆ ตามเงื่อนไขการออกแบบ



Design Example: Shear Connection

#WeLoveSteelConstruction

จงตรวจสอบ connection ที่รองรับคานเชื่อมประกอบขนาด 500x250x12x6 ว่าสามารถรับแรงที่ 1.5 เท่าของ UDL (Uniformed Distributed Load) ได้หรือไม่ โดยพิจารณาว่าคานถูกค้ำยันทางด้านข้างจากพื้นตลอดแนว

Design criteria

1. ทังคานและ connection
ผลิตจากเหล็กแผ่น เกรด

$$F_y = 3,000 \text{ ksc}$$

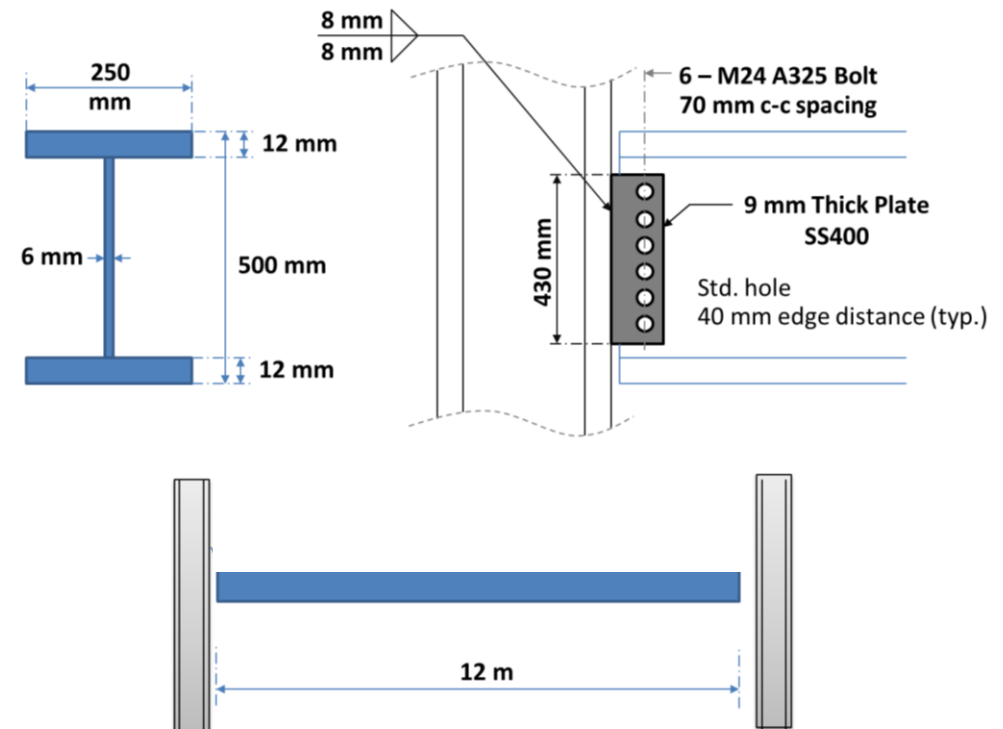
$$F_u = 4,000 \text{ ksc}$$

$$E = 2,000,000 \text{ ksc}$$

2. Weld ใช้เกรด E70

3. Bolt เป็นการขันแบบ snug
tighten มีลักษณะเกลียว
เป็นแบบ N-Type

Section Properties	
$A_s =$	8,856 mm ²
$\bar{Y} =$	250.0 mm
$h_o/2 =$	238 mm
$Y_{PNA} =$	250 mm
$h_p/2 =$	238 mm
$a_w =$	0.95 mm
$I_x =$	4.112E+08 mm ⁴
$I_y =$	31,258,568 mm ⁴
$I_{yc} =$	31,250,000 mm ⁴
$S_{xc} =$	1,644,852 mm ³
$S_{xt} =$	1,644,852 mm ³
$Z_x =$	1,803,864 mm ³
$r_x =$	215 mm
$r_y =$	59 mm
$r_t =$	67 mm
$C_w =$	1.861E+12 mm ⁶
$J =$	323,136 mm ⁴
$c =$	1.000
$r_{ts} =$	67 mm
$k_c =$	0.45



Design Example: Shear Connection

#WeLoveSteelConstruction

จงตรวจสอบ connection ที่รองรับคานเชื่อมประกอบขนาด 500x250x12x6 ว่าสามารถรับแรงที่ 1.5 เท่าของ UDL (Uniformed Distributed Load) ได้หรือไม่ โดยพิจารณาว่าคานถูกค้ำยันทางข้างจากพื้นตลอดแนว

Design criteria

1. ทั้งคานและ connection
ผลิตจากเหล็กแผ่น เกรด

$$F_y = 3,000 \text{ ksc}$$

$$F_u = 4,000 \text{ ksc}$$

$$E = 2,000,000 \text{ ksc}$$

2. Weld ใช้เกรด E70

3. Bolt เป็นการขันแบบ snug
tighten มีลักษณะเกลียว
เป็นแบบ N-Type

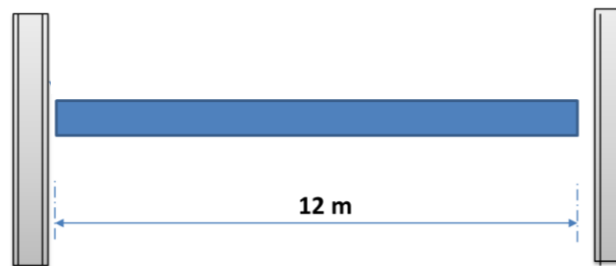
Step 1: หาแรงเฉือนที่เกิดขึ้นจาก Moment สูงสุด ที่ 1 UDL

$$V_n =$$

$$=$$

พิจารณา ที่ 1.5 เท่า ของ UDL จะได้ว่า Shear capacity ที่ต้องการมีค่า

หมายเหตุ: เทียบกับ beam shear capacity (V_n) ที่ 42,530 kg



Design Example: Shear Connection

#WeLoveSteelConstruction

จงตรวจสอบ connection ที่รองรับคานเชื่อมประกอบขนาด 500x250x12x6 ว่าสามารถรับแรงที่ 1.5 เท่าของ UDL (Uniformed Distributed Load) ได้หรือไม่ โดยพิจารณาว่าคานถูกค้ำยันทางข้างจากพื้นตลอดแนว

Design criteria

- 1. ทังคานและ connection ผลิตจากเหล็กแผ่น เกรด
 - $F_y = 3,000 \text{ ksc}$
 - $F_u = 4,000 \text{ ksc}$
 - $E = 2,000,000 \text{ ksc}$
- 2. Weld ใช้เกรด E70
- 3. Bolt เป็นการขันแบบ snug tighten มีลักษณะเกลียวเป็นแบบ N-Type

Step 2: คำนวณ shear connection limit state ต่างๆ

- 1) Bolt shear limit state: $\phi R_{bolt} = \phi \cdot n_{bolt} \cdot (F_{vu,bolt} \cdot A_{bolt})$
- 2) Weld shear limit state: $\phi R_{weld} = \phi \cdot A_{weld} \cdot F_{v,weld} = \phi \cdot A_{weld} \cdot (0.6 F_{u,weld})$
- 3) Plate gross shear limit state: $\phi V_{pl,gross} = \phi \cdot (0.6 F_y) \cdot (A_{gv}) = \phi \cdot (0.6 F_y) \cdot (t_{pl} \cdot L)$
- 4) Plate net shear limit state: $\phi V_{pl,net} = \phi \cdot (0.6 F_u) \cdot (A_{nv}) = \phi \cdot F_y \cdot (t_{pl} \cdot (L - n \cdot d_{hole}))$
- 5) Plate block shear limit state: $\phi V_{pl,block} = \phi \cdot [\min(0.6 F_u A_{nv}, 0.6 F_y A_{gv}) + F_u A_{nt}]$
- 6) Plate bearing limit state: $\phi R_{pl,bear} = \phi \cdot [\min(2.4 \cdot A_{bearing}), (1.2 l_c t)] \cdot F_u$

Type	ϕ	Ω
Shear yielding	1.0	1.5
Tension yielding, Compression yielding	0.9	1.67
Bolt shear, Weld shear, Shear rupture, Tensile ruptue, Block shear, Bearing, Tear out	0.75	2.0
Concrete bearing (footing)	0.65	2.31

Design Example: Shear Connection

#WeLoveSteelConstruction

จงตรวจสอบ connection ที่รองรับคานเชื่อมประกอบขนาด 500x250x12x6 ว่าสามารถรับแรงที่ 1.5 เท่าของ UDL (Uniformed Distributed Load) ได้หรือไม่ โดยพิจารณาว่าคานถูกค้ำยันทางข้างจากพื้นตลอดแนว

Design criteria

1. ทั้งคานและ connection
ผลิตจากเหล็กแผ่น เกรด

$$F_y = 3,000 \text{ ksc}$$

$$F_u = 4,000 \text{ ksc}$$

$$E = 2,000,000 \text{ ksc}$$

2. Weld ใช้เกรด E70

3. Bolt เป็นการขันแบบ snug
tighten มีลักษณะเกลียว
เป็นแบบ N-Type

Step 2: คำนวณ shear connection limit state ต่างๆ

- 1) Bolt shear limit state:

$$F_{vu,bolt} = 120 * (0.62 * 0.9) * 0.8 * (70 \frac{ksc}{ksi}) = 3,750 \text{ ksc}$$

$$A_{bolt} = \frac{\pi d^2}{4} = \pi \cdot \frac{(2.4)^2}{4} = 4.52 \text{ cm}^2$$

$$\phi R_{bolt} = \phi \cdot n_{bolt} * (F_{vu,bolt} * A_{bolt}) =$$



- 2) Weld shear limit state:

$$F_{u,weld} = 70 * (70 \frac{ksc}{ksi}) = 4,900 \text{ ksc}$$

$$A_{weld} = 2 * (t_{eff} * L) =$$

$$\phi R_{weld} = \phi * A_{weld} * F_{v,weld} =$$

$$\phi R_{weld} =$$



Design Example: Shear Connection

#WeLoveSteelConstruction

จงตรวจสอบ connection ที่รองรับคานเชื่อมประกอบขนาด 500x250x12x6 ว่าสามารถรับแรงที่ 1.5 เท่าของ UDL (Uniformed Distributed Load) ได้หรือไม่ โดยพิจารณาว่าคานถูกค้ำยันทางข้างจากพื้นตลอดแนว

Design criteria

1. ทั้งคานและ connection
ผลิตจากเหล็กแผ่น เกรด

$$F_y = 3,000 \text{ ksc}$$

$$F_u = 4,000 \text{ ksc}$$

$$E = 2,000,000 \text{ ksc}$$

2. Weld ใช้เกรด E70

3. Bolt เป็นการขันแบบ snug
tighten มีลักษณะเกลียว
เป็นแบบ N-Type

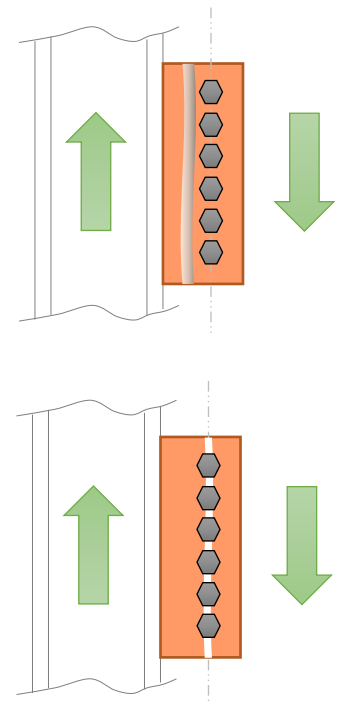
Step 2: คำนวณ shear connection limit state ต่างๆ

- 3) Plate gross shear (shear yielding) limit state:

$$\phi V_{pl, gross} = \phi \cdot (0.6 F_y) \cdot (A_{gv}) = \phi \cdot (0.6 F_y) \cdot (t_{pl} \cdot L)$$
$$=$$

- 4) Plate net shear (shear rupture) limit state:

$$\phi V_{pl, net} = \phi \cdot (0.6 F_u) \cdot (A_{nv}) = \phi \cdot (0.6 F_u) \cdot (t_{pl} \cdot (L - n \cdot d_{hole}))$$
$$=$$
$$=$$



Design Example: Shear Connection

#WeLoveSteelConstruction

จงตรวจสอบ connection ที่รองรับคานเชื่อมประกอบขนาด 500x250x12x6 ว่าสามารถรับแรงที่ 1.5 เท่าของ UDL (Uniformed Distributed Load) ได้หรือไม่ โดยพิจารณาว่าคานถูกค้ำยันทางข้างจากพื้นตลอดแนว

Design criteria

1. ทั้งคานและ connection
ผลิตจากเหล็กแผ่น เกรด
 $F_y = 3,000 \text{ ksc}$
 $F_u = 4,000 \text{ ksc}$
 $E = 2,000,000 \text{ ksc}$
2. Weld ใช้เกรด E70
3. Bolt เป็นการขันแบบ snug
tighten มีลักษณะเกลียว
เป็นแบบ N-Type

Step 2: คำนวณ shear connection limit state ต่างๆ

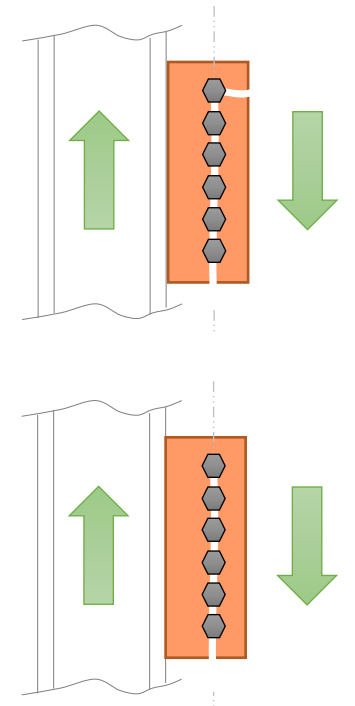
5) Plate block shear limit state:

$$\begin{aligned}\phi V_{pl,block} &= \phi \cdot [\min(0.6F_u A_{nv}, 0.6F_y A_{gv}) + F_u A_{nt}] \\ &= \\ &= \\ &= \end{aligned}$$

6) Plate bearing & tearout limit state:

$$\begin{aligned}\phi R_{pl,bear} &= \phi \cdot [\min(2.4 * A_{bearing}), (1.2l_c t)] * F_u \\ &= \\ &= \end{aligned}$$

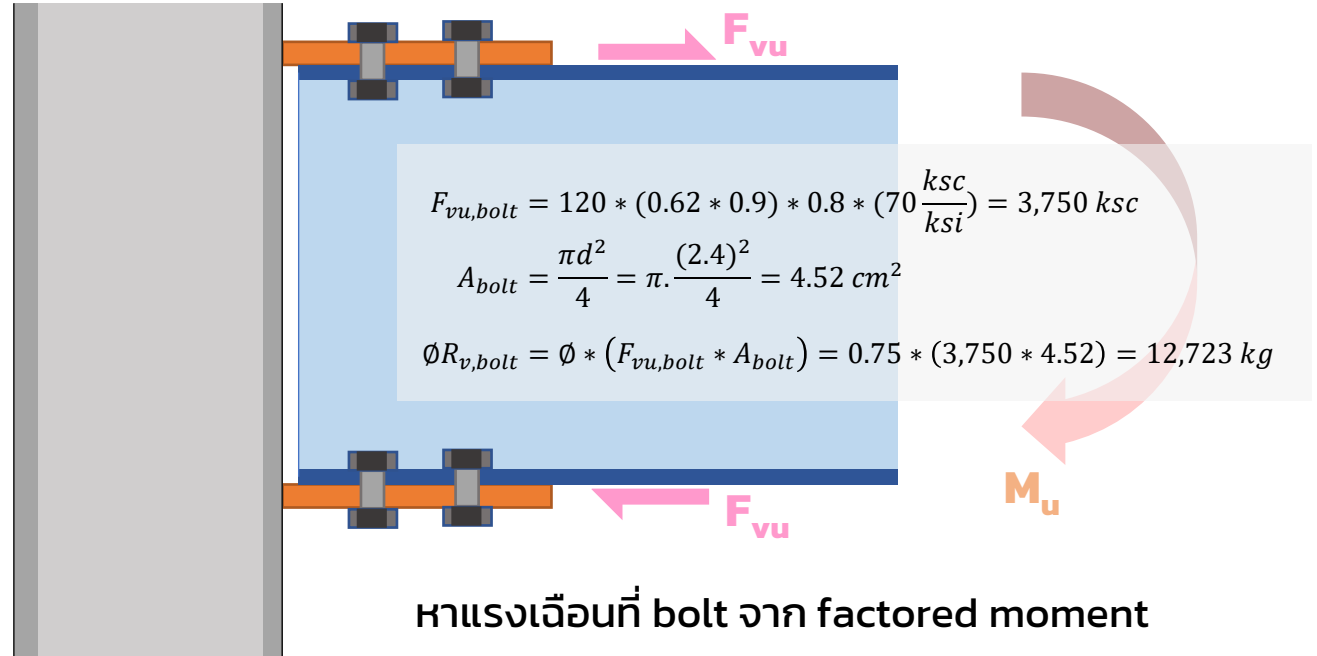
Step 3: สรุปผล จาก Limit state ที่คำนวณ พบว่า
มีกำลังต่ำที่สุดจึงสรุปได้ว่า



Flange-Plate Moment Connection

#WeLoveSteelConstruction

- **ตัวอย่าง** ออกแบบ Flange-plate moment connection ที่รับ factored moment ขนาด 22,500 kg-m สำหรับ built-up beam ขนาด H 450 x 150 x 6 x 4 mm ใช้ Flange plate เกส HY370 และใช้ M24: N-Type A325 bolt ติดตั้งแบบขันแน่นแบบใส่แรงดึงก่อน (pretension bolt)
- **Step 1:** ประมาณการจำนวน bolt
- **Step 2:** ประมาณการขนาด flange plate
- **Step 3:** จัดตำแหน่ง และตรวจสอบ limit state
- **Step 4:** ตรวจสอบว่ากำลังรับโมเมนต์ มากกว่า โมเมนต์ที่เกิดขึ้นหรือไม่



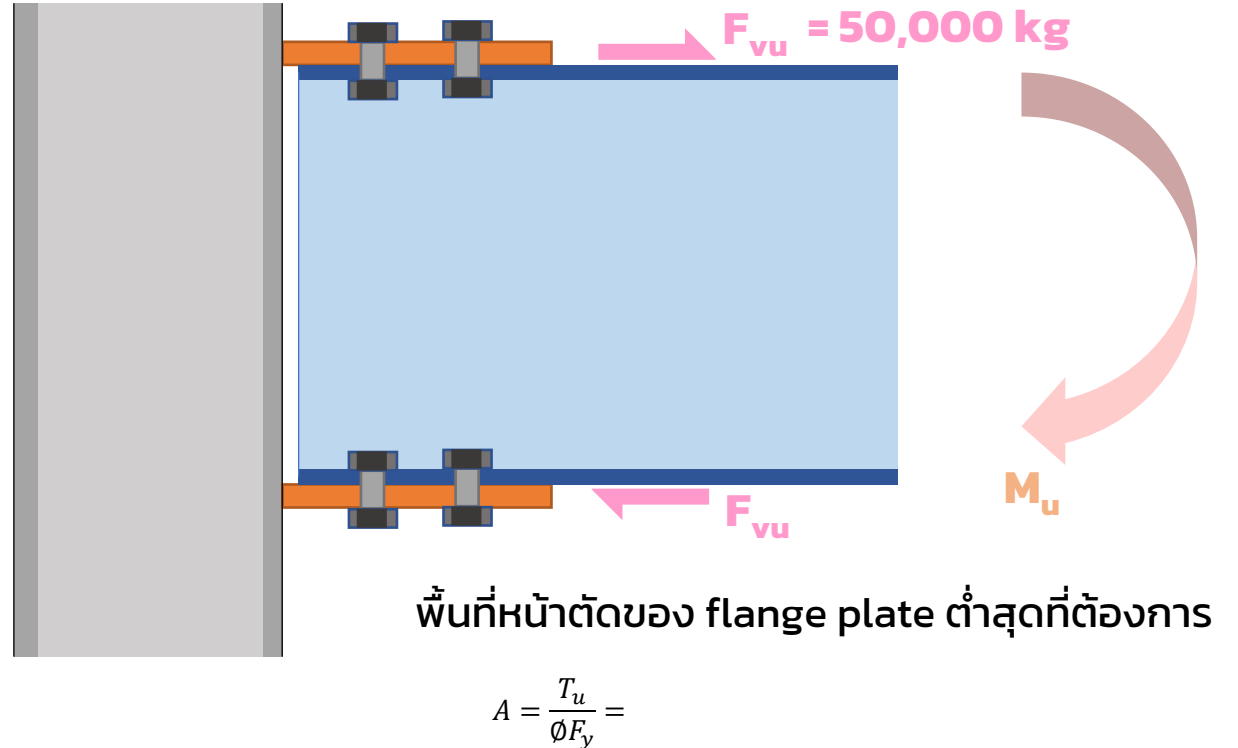
จำนวน bolt ที่ต้องการ เพื่อต้านทานแรงเฉือน

$$n = \frac{F_{vu}}{\Phi R_{v,bolt}}$$

Flange-Plate Moment Connection

#WeLoveSteelConstruction

- **ตัวอย่าง** ออกแบบ Flange-plate moment connection ที่รับ factored moment ขนาด 22,500 kg-m สำหรับ built-up beam ขนาด H 450 x 150 x 6 x 4 mm ใช้ Flange plate เกส H 370 และใช้ M24: N-Type A325 bolt ติดตั้งแบบขันแน่นแบบใส่แรงตึงก่อน (pretension bolt)
- **Step 1:** ประมาณการจำนวน bolt
- **Step 2:** ประมาณการขนาด flange plate
- **Step 3:** จัดตำแหน่ง และตรวจสอบ limit state
- **Step 4:** ตรวจสอบว่ากำลังรับโมเมนต์ มากกว่า โมเมนต์ที่เกิดขึ้นหรือไม่

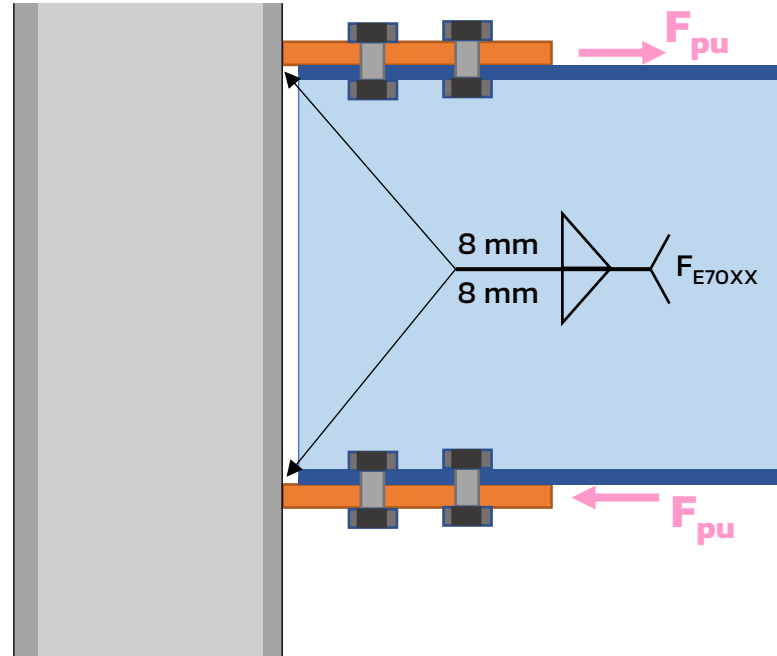


ดังนั้น

Flange-Plate Moment Connection

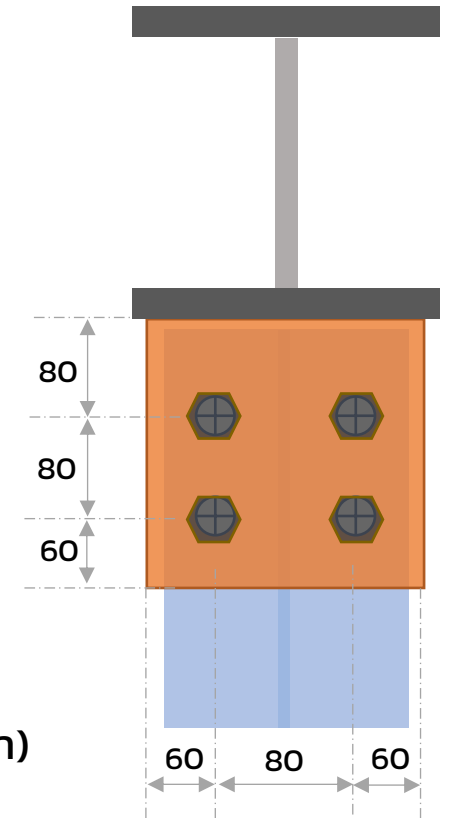
#WeLoveSteelConstruction

- **ตัวอย่าง** ออกแบบ Flange-plate moment connection ที่รับ factored moment ขนาด 22,500 kg-m สำหรับ built-up beam ขนาด H 450 x 150 x 6 x 4 mm ใช้ Flange plate เกรด HY370 และใช้ M24: N-Type A325 bolt ติดตั้งแบบขันแน่นแบบใส่แรงดึงก่อน (pretension bolt)
- **Step 1:** ประมาณการจำนวน bolt
- **Step 2:** ประมาณการขนาด flange plate
- **Step 3:** จัดตำแหน่ง และตรวจสอบ limit state
- **Step 4:** ตรวจสอบว่ากำลังรับโมเมนต์ มากกว่า โมเมนต์ที่เกิดขึ้นหรือไม่



แรงที่ถ่ายเข้าสู่ flange plate (พิจารณาความหนา)

$$F_{pu} = \frac{M_u}{d + t_p} =$$



Flange-Plate Moment Connection

#WeLoveSteelConstruction

- **ตัวอย่าง** ออกแบบ Flange-plate moment connection ที่รับ factored moment ขนาด 22,500 kg-m สำหรับ built-up beam ขนาด H 450 x 150 x 6 x 4 mm ใช้ Flange plate เกรด HY370 และใช้ M24: N-Type A325 bolt ติดตั้งแบบขันแน่นแบบใส่แรงดึงก่อน (pretension bolt)
- **Step 1:** ประมาณการจำนวน bolt
- **Step 2:** ประมาณการขนาด flange plate
- **Step 3:** จัดตำแหน่ง และตรวจสอบ limit state
- **Step 4:** ตรวจสอบว่ากำลังรับโมเมนต์ มากกว่า โมเมนต์ที่เกิดขึ้นหรือไม่

กำหนด รูเจาะ: standard hole ขนาด $d = 27 \text{ mm}$

1) Weld shear limit state:

$$F_{u,weld} = 70 * (70 \frac{ksc}{ksi}) = 4,900 \text{ ksc}$$

$$A_{weld} = 2 * (t_{eff} * L) =$$

$$\phi R_{weld} = \phi * A_{weld} * F_{u,weld} =$$

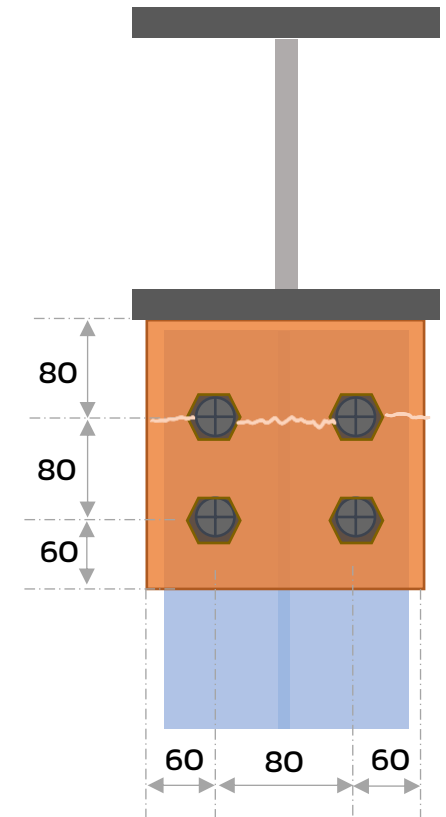
$$\phi R_{weld} =$$

2) Plate net tension (tensile rupture) limit state:

$$\phi R_{pl,net} = \phi * (F_u) * (A_{nt}) = \phi * (F_u) * (t_{pl} * (L - n * d_{hole}))$$

=

=



Flange-Plate Moment Connection

#WeLoveSteelConstruction

- **ตัวอย่าง** ออกแบบ Flange-plate moment connection ที่รับ factored moment ขนาด 22,500 kg-m สำหรับ built-up beam ขนาด H 450 x 150 x 6 x 4 mm ใช้ Flange plate เกรด HY370 และใช้ M24: N-Type A325 bolt ติดตั้งแบบขันแน่นแบบใส่แรงตึงก่อน (pretension bolt)
- **Step 1:** ประมาณการจำนวน bolt
- **Step 2:** ประมาณการขนาด flange plate
- **Step 3:** จัดตำแหน่ง และตรวจสอบ limit state
- **Step 4:** ตรวจสอบว่ากำลังรับโมเมนต์ มากกว่า โมเมนต์ที่เกิดขึ้นหรือไม่

กำหนด รูเจาะ: standard hole ขนาด $d = 27$ mm

3) Plate block shear limit state:

$$\phi R_{pl,block} = \phi \cdot [\min(0.6F_u A_{nv}, 0.6F_y A_{gv}) + F_u A_{nt}]$$

=

=

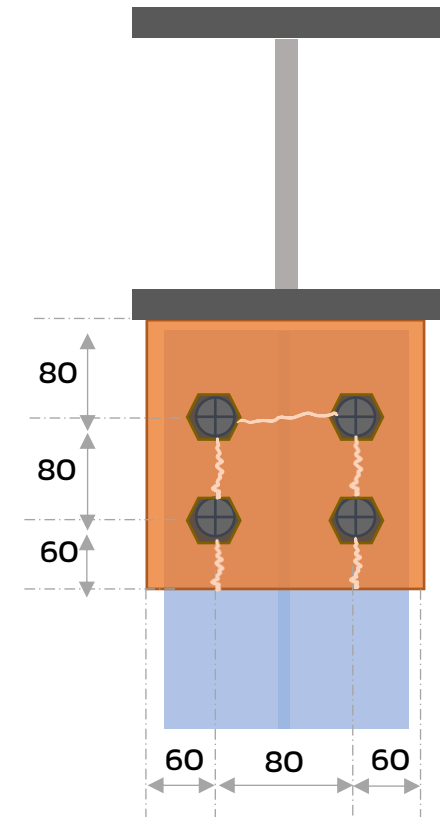
=

4) Plate bearing & tearout limit state:

$$\phi R_{pl,bear} = \phi \cdot [\min(2.4 * A_{bearing}), (1.2l_c t)] * F_u$$

=

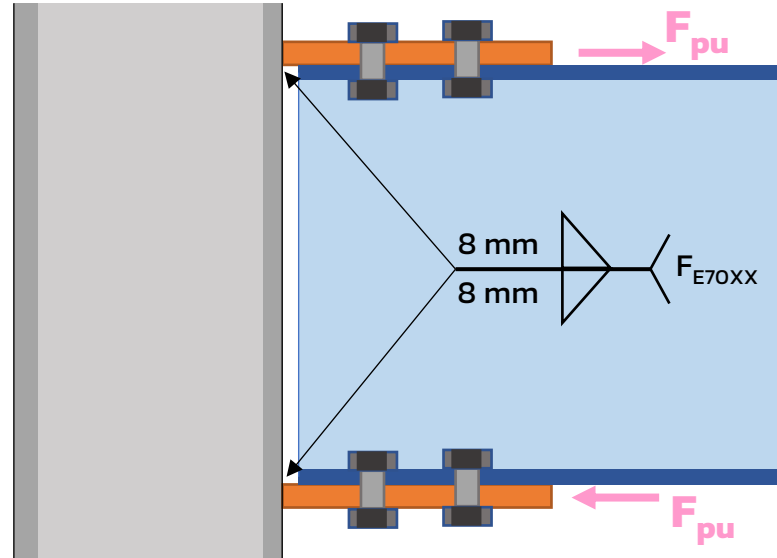
=



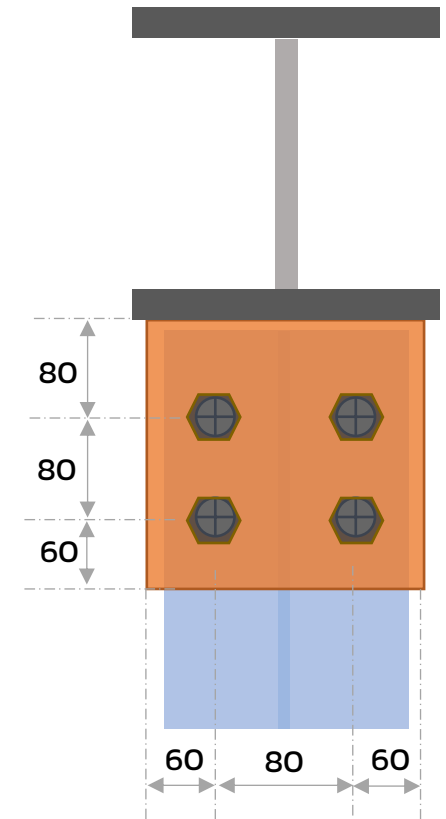
Flange-Plate Moment Connection

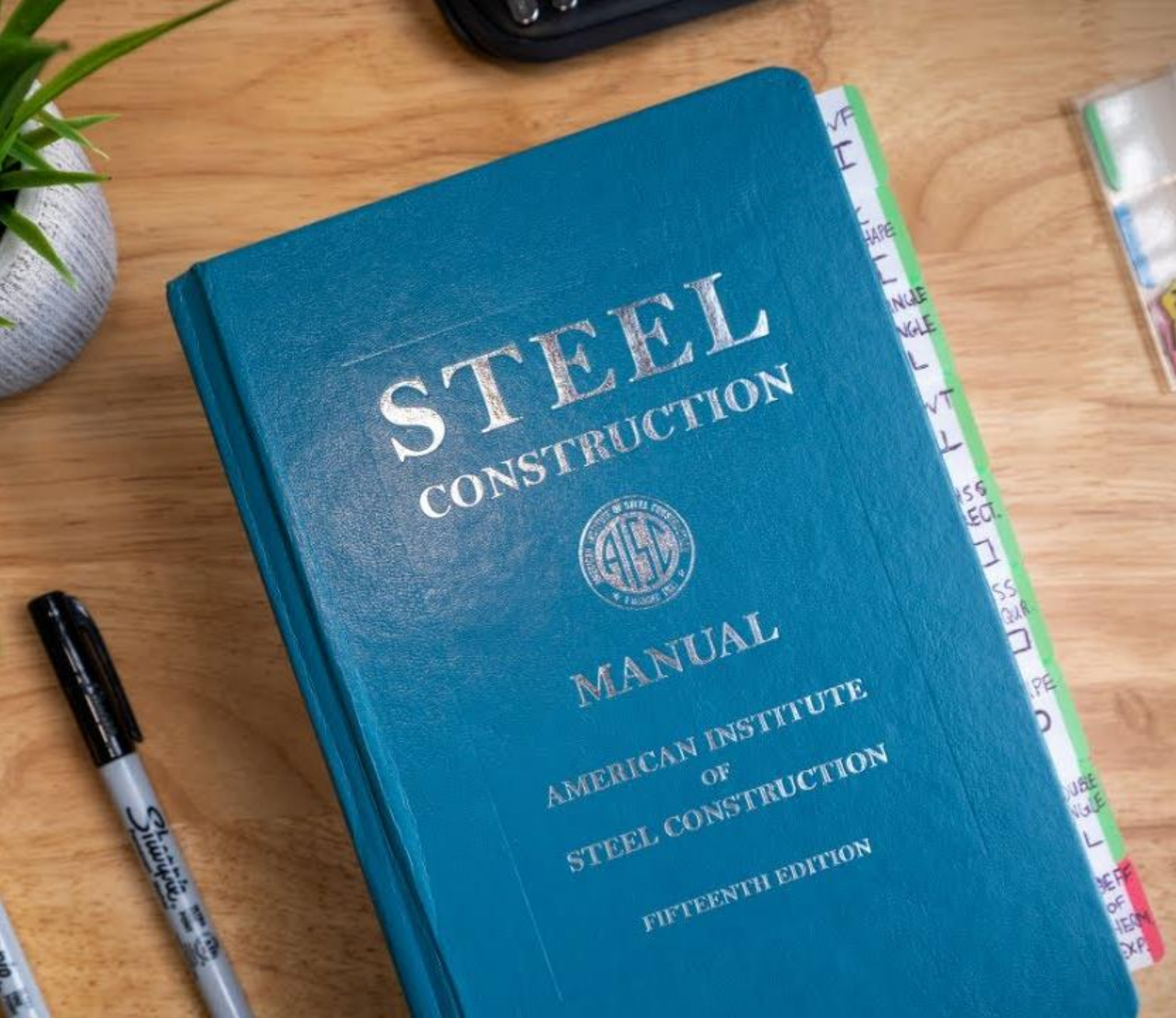
#WeLoveSteelConstruction

- **ตัวอย่าง** ออกแบบ Flange-plate moment connection ที่รับ factored moment ขนาด 22,500 kg-m สำหรับ built-up beam ขนาด H 450 x 150 x 6 x 4 mm ใช้ Flange plate เกรด HY370 และใช้ M24: N-Type A325 bolt ติดตั้งแบบขันแน่นแบบใส่แรงดึงก่อน (pretension bolt)
- **Step 1:** ประมาณการจำนวน bolt
- **Step 2:** ประมาณการขนาด flange plate
- **Step 3:** จัดตำแหน่ง และตรวจสอบ limit state
- **Step 4:** ตรวจสอบว่ากำลังรับโมเมนต์ มากกว่า โมเมนต์ที่เกิดขึ้นหรือไม่



- 1) Weld shear limit state:
- 2) Plate net tension limit state:
- 3) Plate block shear limit state:
- 4) Plate bearing & tearout limit state:
- 5) Bolt shear limit state:







alamy

alamy

Building BUILDING PERMIT

This card must be

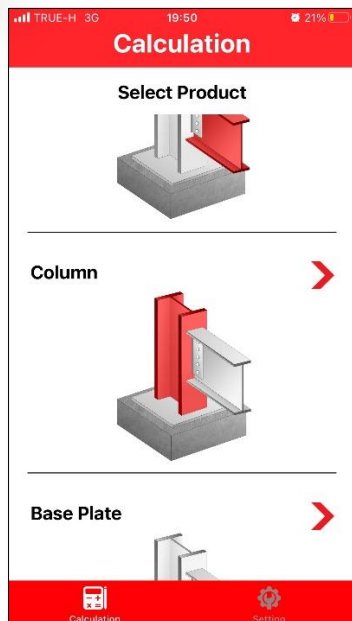
09 1

place on site of construction.

N 00

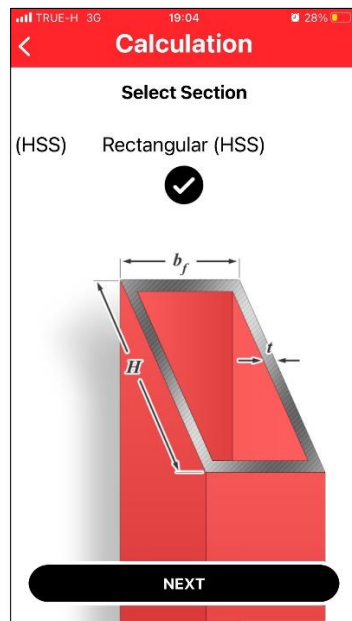


Design Charts and Tools



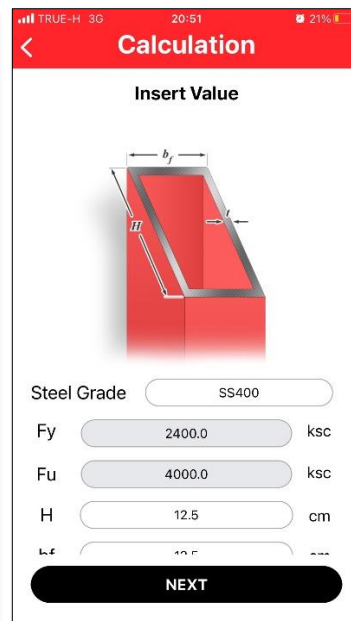
เลือกประเภทของ member ที่ต้องการคำนวณ

1



เลือกประเภทของหน้าตัด

2

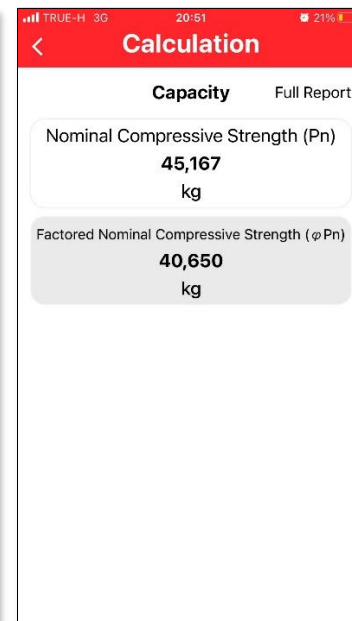


ใส่ค่า เกรดเหล็กและขนาดของหน้าตัด

3

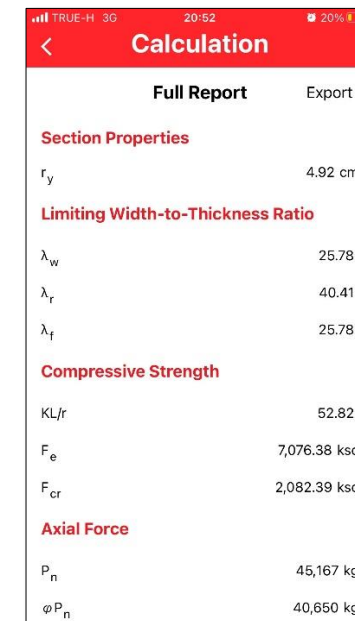


รอประมวลผล



ได้กำลังของ member

4



**สำหรับท่านที่ชำระ
เงินจะสามารถกด Full
Report เพื่อดู/บันทึก
ค่าที่ได้จากการคำนวณ
ทั้งหมด



Adobe Acrobat
Document

Full Report



Adobe Acrobat
Document

Manual



Design Example: Shear Connection

#WeLoveSteelConstruction

จงตรวจสอบ connection ที่รองรับคานเชื่อมประกอบขนาด 500x250x12x6 ว่าสามารถรับแรงที่ 1.5 เท่าของ UDL (Uniformed Distributed Load) ได้หรือไม่

Design criteria

1. ทังคานและ connection
ผลิตจากเหล็กแผ่น เกรด

$$F_y = 3,000 \text{ ksc}$$

$$F_u = 4,000 \text{ ksc}$$

$$E = 2,000,000 \text{ ksc}$$

2. Weld ใช้เกรด E70

3. Bolt เป็นการขันแบบ snug
tighten มีลักษณะเกลียว
เป็นแบบ N-Type

Step 2: คำนวณ shear connection limit state ต่างๆ

1) Bolt shear limit state: $\phi R_{bolt} =$

2) Weld shear limit state: $\phi R_{weld} =$

3) Plate shear yielding limit state: $\phi V_{pl,gross} =$

4) Plate shear rupture limit state: $\phi V_{pl,net} =$

5) Plate block shear limit state: $\phi V_{pl,block} =$

6) Plate bearing limit state: $\phi R_{pl,bear} =$

SM490: $F_y = 3,150 \text{ ksc}$ $F_u = 4,900 \text{ ksc}$

Calculation	
Capacity	Full Report
Factored Shear Yielding Resistance ($\phi R_{n,gv}$)	73,143 kg
Factored Shear Rupture Resistance ($\phi R_{n,nv}$)	50,803 kg
Factored Block Shear Rupture Resistance ($\phi R_{n,bs}$)	54,177 kg
Factored Bearing Resistance ($\phi R_{n,bearing}$)	114,307 kg
Factored Tearout Resistance ($\phi R_{n,tearout}$)	95,851 kg
Factored Bolt Resistance ($\phi R_{n,bolt}$)	75,730 kg
Factored Weld Resistance ($\phi R_{n,weld}$)	107,255 kg
Factored Shear Connection Resistance	50,803 kg



Design Example: Shear Connection

#WeLoveSteelConstruction

จงตรวจสอบ connection ที่รองรับคานเชื่อมประกอบขนาด 500x250x12x6 ว่าสามารถรับแรงที่ 1.5 เท่าของ UDL (Uniformed Distributed Load) ได้หรือไม่

Design criteria

1. ทังคานและ connection
ผลิตจากเหล็กแผ่น เกรด

$$F_y = 3,000 \text{ ksc}$$

$$F_u = 4,000 \text{ ksc}$$

$$E = 2,000,000 \text{ ksc}$$

2. Weld ใช้เกรด E70

3. Bolt เป็นการขันแบบ snug
tighten มีลักษณะเกลียว
เป็นแบบ N-Type

Step 2: คำนวณ shear connection limit state ต่างๆ

1) Bolt shear limit state: $\phi R_{bolt} =$

2) Weld shear limit state: $\phi R_{weld} =$

3) Plate shear yielding limit state: $\phi V_{pl,gross} =$

4) Plate shear rupture limit state: $\phi V_{pl,net} =$

5) Plate block shear limit state: $\phi V_{pl,block} =$

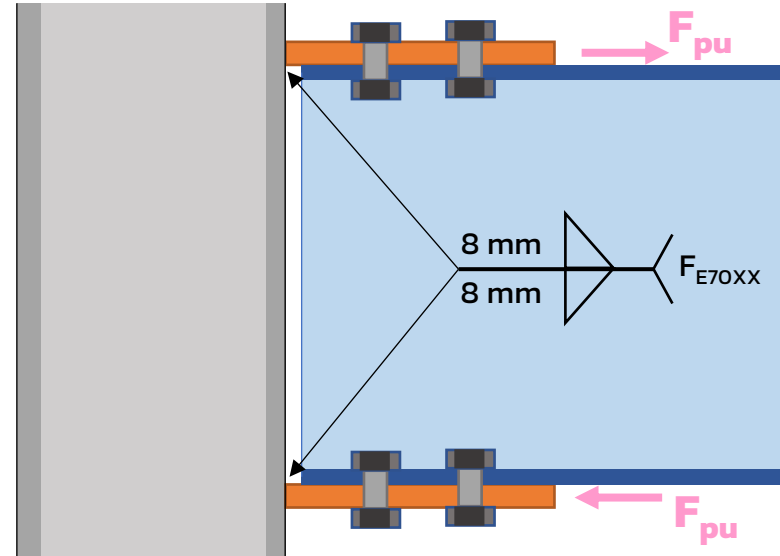
6) Plate bearing limit state: $\phi R_{pl,bear} =$

SS400: $F_y = 2,400 \text{ ksc}$ $F_u = 4,000 \text{ ksc}$

Calculation	
Capacity	Full Report
Factored Shear Yielding Resistance ($\phi R_n,gv$)	55,728 kg
Factored Shear Rupture Resistance ($\phi R_n,nv$)	41,472 kg
Factored Block Shear Rupture Resistance ($\phi R_n,bs$)	44,226 kg
Factored Bearing Resistance ($\phi R_n,bearing$)	93,312 kg
Factored Tearout Resistance ($\phi R_n,tearout$)	78,246 kg
Factored Bolt Resistance ($\phi R_n,bolt$)	75,730 kg
Factored Weld Resistance ($\phi R_n,weld$)	107,255 kg
Factored Shear Connection Resistance	41,472 kg

Flange-Plate Moment Connection

- **ตัวอย่าง** ออกแบบ Flange-plate moment connection ที่รับ factored moment ขนาด 22,500 kg-m สำหรับ built-up beam ขนาด H 450 x 150 x 6 x 4 mm ใช้ Flange plate เกรด HY370 และใช้ M24: N-Type A325 bolt ติดตั้งแบบขันแน่นแบบใส่แรงดึงก่อน (pretension bolt)
- **Step 1:** ประมาณการจำนวน bolt
- **Step 2:** ประมาณการขนาด flange plate
- **Step 3:** จัดตำแหน่ง และตรวจสอบ limit state
- **Step 4:** ตรวจสอบว่ากำลังรับโมเมนต์ มากกว่า โมเมนต์ที่เกิดขึ้นหรือไม่



- 1) Weld shear limit state:
- 2) Plate net tension limit state:
- 3) Plate block shear limit state:
- 4) Plate bearing & tearout limit state:
- 5) Bolt shear limit state:

Calculation	
Capacity	Full Report
Factored Tensile Yielding Resistance ($\phi R_{nf,gv}$)	87 T
Factored Tensile Rupture Resistance ($\phi R_{nf,e}$)	64 T
Factored Block Shear Rupture Resistance ($\phi R_{nf,bs}$)	69 T
Factored Bearing Resistance ($\phi R_{nf,bearing}$)	103 T
Factored Tearout Resistance ($\phi R_{nf,tearout}$)	107 T
Factored Bolt Resistance ($\phi R_{nf,bolt}$)	50 T
Factored Weld Resistance ($\phi R_{nf,weld}$)	50 T



End-plate connections

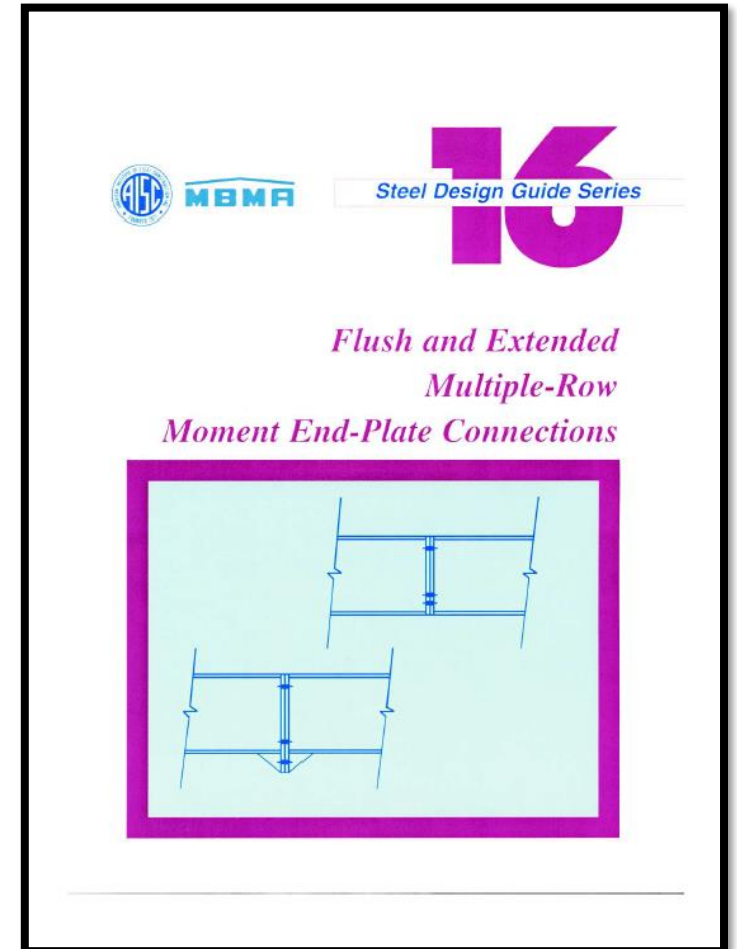
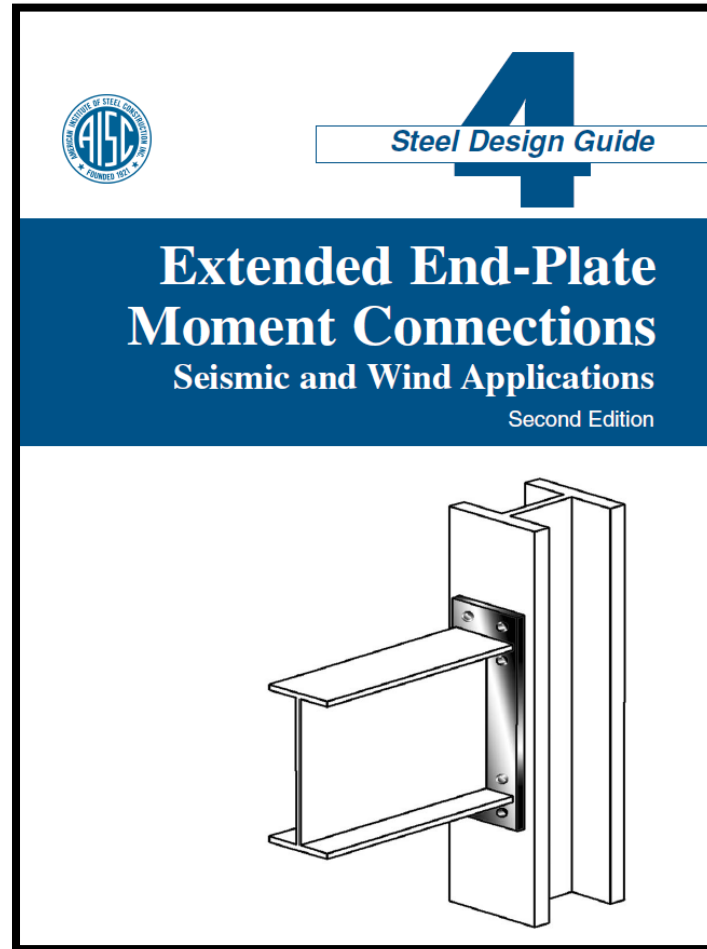
#WeLoveSteelConstruction



AISC DG for End-Plate Moment Connections

#WeLoveSteelConstruction

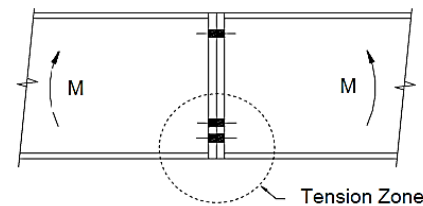
- แนวปฏิบัติเพื่อการออกแบบอ้างอิง AISC มี 2 ฉบับ คือ **ฉบับที่ 4** และ **ฉบับที่ 16**
- **ฉบับที่ 4** เป็นรูปแบบที่ใช้สำหรับ จุดต่อรับโมเมนต์ที่ต้องรับแรงแผ่นดินไหวและแรงลม
- **ฉบับที่ 16** เป็นรูปแบบที่ใช้สำหรับ จุดต่อรับโมเมนต์ทั่วไป ไม่เป็นส่วนหนึ่งของ lateral load system เช่น คานรับ gravity load ที่กำหนดให้ปลายรับโมเมนต์



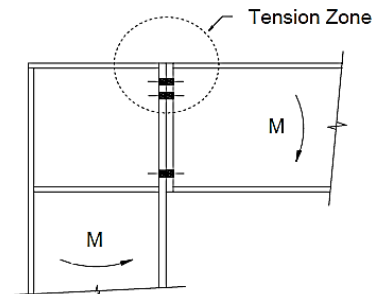
AISC Design Guide 16

#WeLoveSteelConstruction

- **ฉบับที่ 16** เป็นรูปแบบที่ใช้สำหรับ จุดต่อรับโมเมนต์ทั่วไป ไม่เป็นส่วนหนึ่งของ lateral load system เช่น คานรับ gravity load ที่กำหนดให้ปลายรับโมเมนต์
- ร่วมจัดทำโดย Metal Building Manufacturer Association (MBMA) ตีพิมพ์ในปี 2002
- มีรูปแบบ ส่วนที่รับแรงดึง เสมอขอบ (flush) และยื่น (extended)

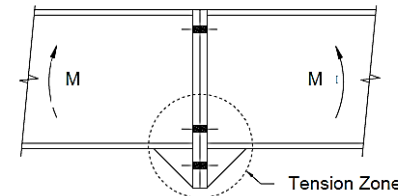


(a) Beam-to-Beam Connection

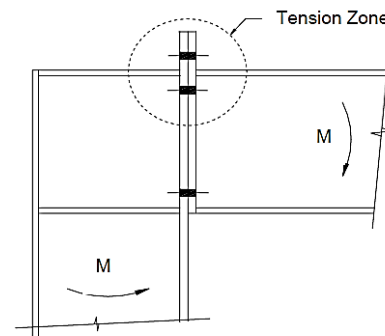


(b) Beam-to-Column Connection

Figure 1-1 Typical uses of end-plate moment connections (flush).

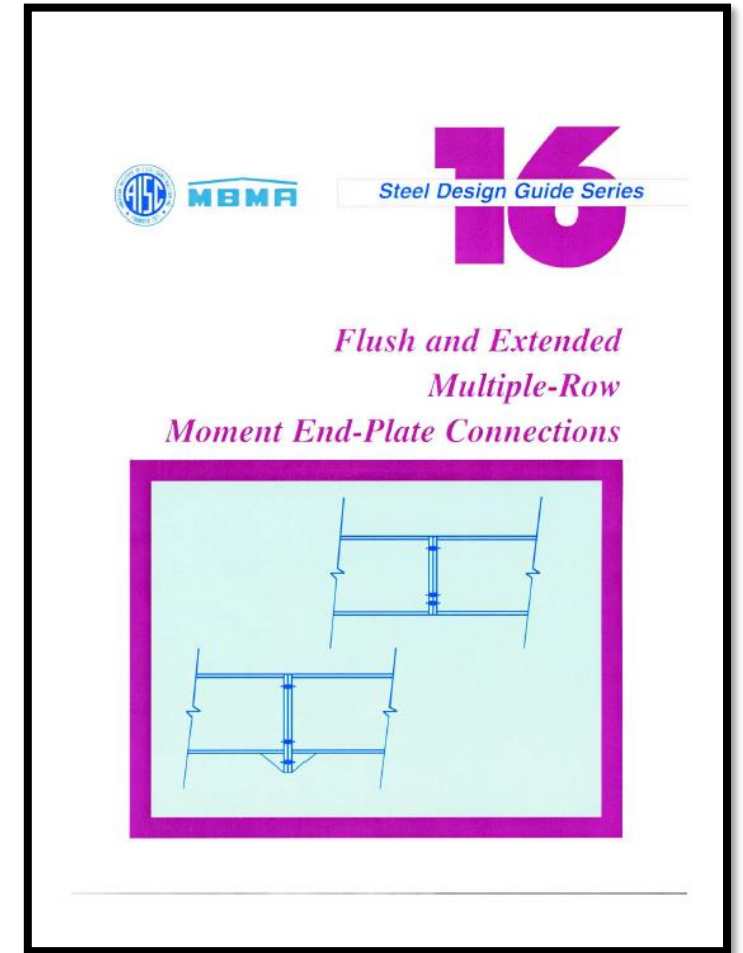


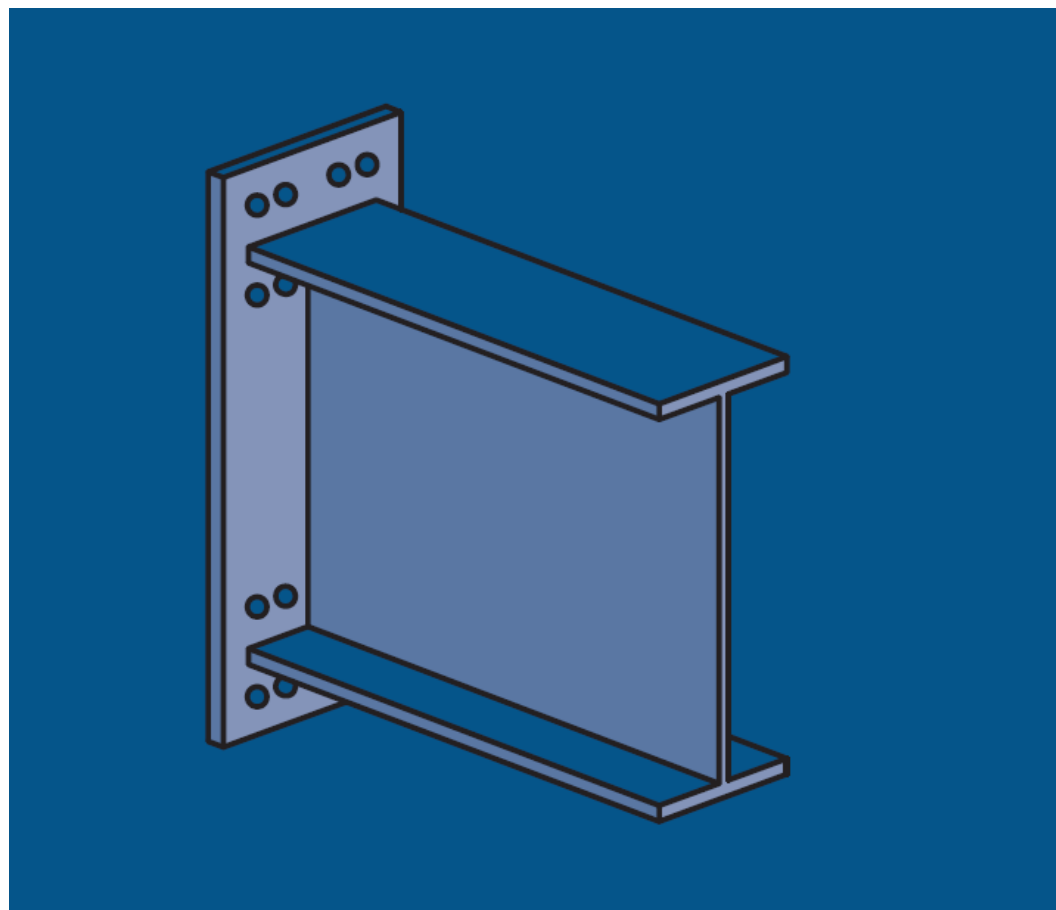
(a) Beam-to-Beam Connection



(b) Beam-to-Column Connection

Figure 1-2 Typical uses of end-plate moment connections (extended).





Design Guide 39

End-Plate Moment Connections



**Smarter.
Stronger.
Steel.**

Preface

This Design Guide includes a compilation and enhancement of the design procedures and design examples in *AISC Design Guide 4, Extended End-Plate Moment Connections—Seismic and Wind Applications*, published in 2004 and *AISC Design Guide 16, Flush and Extended Multiple-Row Moment End-Plate Connections*, published in 2002. Since Design Guides 4 and 16 were written, a large volume of research has been conducted, and literature has been published on the analysis and design of end-plate moment connections, much of which has been incorporated into this Design Guide. In addition, the number of end-plate configurations has been expanded from the 10 configurations in Design Guides 4 and 16 to 15 in this Design Guide. This Design Guide has an extensive literature review, an overview of design concepts, a review of the use of yield line analysis to determine end-plate strength, and design procedures for determining required bolt strength. It also includes 15 design examples for gravity, wind, and low-seismic-ductility design and three examples for high-seismic-ductility design.

1.1 TYPICAL APPLICATIONS

An end-plate moment connection is made when a steel plate is shop welded to the end of a beam or the top of a column and then the plate is field bolted to the connecting member using high-strength bolts. One of the biggest advantages of the end-plate moment connection is that it allows fast erection of rigid joints without requiring any field welding. With advances in 3D detailing software and automated shop fabrication equipment, end-plate moment connections can be fabricated efficiently and with tolerances that create good fit-up in the field. The following summarizes some of the advantages of end-plate moment connections:

- A moment connection that does not require field welding. This can be especially advantageous in cases with high field labor costs, difficulties getting qualified field welders, unfavorable environmental conditions such as low temperatures or high winds, or galvanized structures for which welding requires special accommodations.
- The end-plate connection does not need to be designed as slip-critical, thus allowing relaxed surface preparation as compared to other bolted moment connections such as bolted flange plate connections.
- End-plate moment connections are not as affected by flange out-of-square imperfections (i.e., flange tilt) as other bolted moment connections such as bolted flange plate connections.
- A moment connection that is faster to erect than field-welded connections.

End-plate moment connections are used in a variety of steel structures from nonbuilding framework to complex building structures, low-rise to taller buildings, low-seismic to high-seismic sites, and in structures with low to extremely large loads. The most common application for end-plate moment connections in the United States are metal buildings; however, use in conventionally fabricated structures is becoming more common. This Design Guide can be used for many of these connections, including conventional steel buildings with end-plate moment connections between hot-rolled steel sections [Figure 1-1(a)], metal buildings with end-plate moment connections at rafter-to-column [Figure 1-1(b)], rafter-on-column connections [Figure 1-1(c)], or beam-to-beam splice connections [Figure 1-1(d)]. Figure 1-2 shows examples of end-plate moment connections being erected in the field.

Connections between steel members can be categorized as simple, partially restrained (PR), or fully restrained (FR). Simple connections are defined as transmitting negligible moment, whereas FR connections are defined as transmitting moment with negligible rotation between the connected members. End-plate moment connections designed according to this Design Guide are intended for FR construction. For purposes of structural analysis, therefore, end-plate moment connections can be considered as fully fixed.

1.2 OVERVIEW OF THIS DESIGN GUIDE

The purpose of this Design Guide is to provide a convenient source of information for the design of end-plate moment connections. End-plate moment connections are subject

to a set of limit states associated with the end plate, bolts, welds, and column that have unique aspects. For instance, the application of yield line analysis to calculate end-plate and column flange flexural strength and the application of the effective tee-stub analogy to calculate prying forces require careful consideration. This Design Guide attempts to summarize and simplify the design concepts and limit state checks into coherent design procedures. The design procedures for the 15 end-plate moment connection configurations presented herein have been validated by testing.

The scope of this Design Guide includes the development of fundamental concepts, conversion of these concepts into design equations, and design examples. Gravity, wind, and low-seismic-ductility applications are covered, as well as high-seismic-ductility applications. Both allowable strength design (ASD) and load and resistance factor design (LRFD) procedures are discussed and illustrated throughout this Design Guide. While some concepts are unique to built-up members, the design procedures can be applied to both conventional hot-rolled steel sections or built-up steel sections.

Two previous AISC Design Guides were consolidated and updated in this Design Guide. Design Guide 16, *Flush and Extended Multiple-Row Moment End-Plate Connections* (Murray and Shoemaker, 2002), provided information, concepts, design procedures, and examples for nine end-plate moment connection configurations. Design Guide 16 was intended for use in low-seismic-ductility applications. The second edition of Design Guide 4, *Extended End-Plate Moment Connections, Seismic and Wind Applications* (Murray and Sumner, 2004), included seismic design procedures

and examples for three end-plate moment connection configurations.

Besides consolidating information from the previous AISC Design Guides 4 and 16, some of the changes and additions incorporated into the current Design Guide are:

- Expanded background chapter with more information on past testing.
- Added fundamental information on how to conduct yield line analysis.
- Included development of prying action forces.
- Added more information about how to handle specific conditions such as sloping connections and large axial forces.
- Added more information on column-side limit states.
- Added more discussion of design and detailing considerations.
- Added more connection configurations to go from nine configurations in the previous Design Guide 16 to 15 in this Design Guide.
- Expanded discussion of seismic design issues and new design examples demonstrating seismic design procedures.

Design procedures in this Design Guide are based on the AISC *Specification for Structural Steel Buildings*, ANSI/AISC 360-22 (AISC, 2022d); AISC *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*, ANSI/AISC 341-22 (AISC, 2022c); and AISC *Prequalified Connections for Special and*



(a) Conventional steel building
(photo from Matt Eatherton collection)



(b) Metal building
(photo courtesy of MBMA)

Fig. 1-2. Erection of beams with end-plate moment connections.

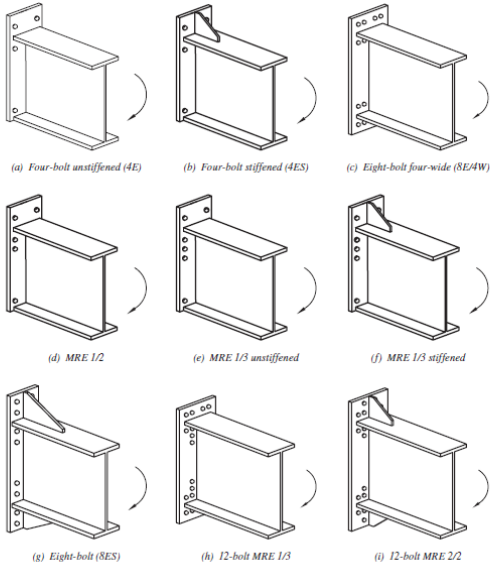


Fig. 1-4. Extended end-plate moment connections.

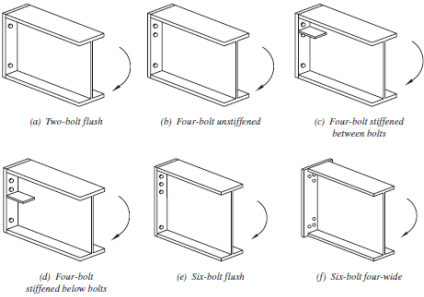
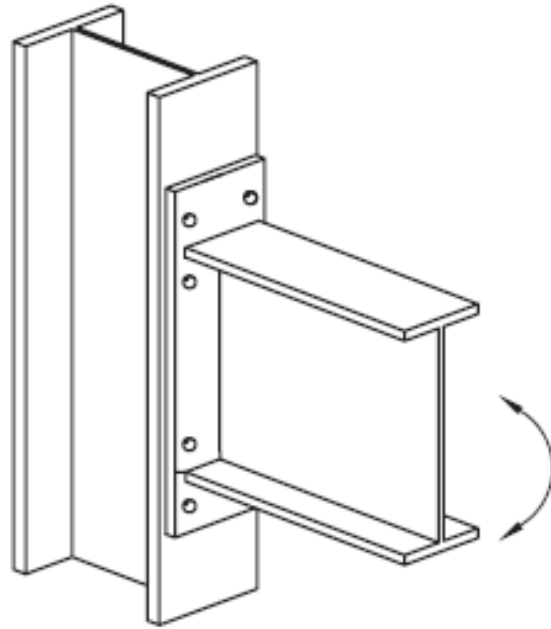
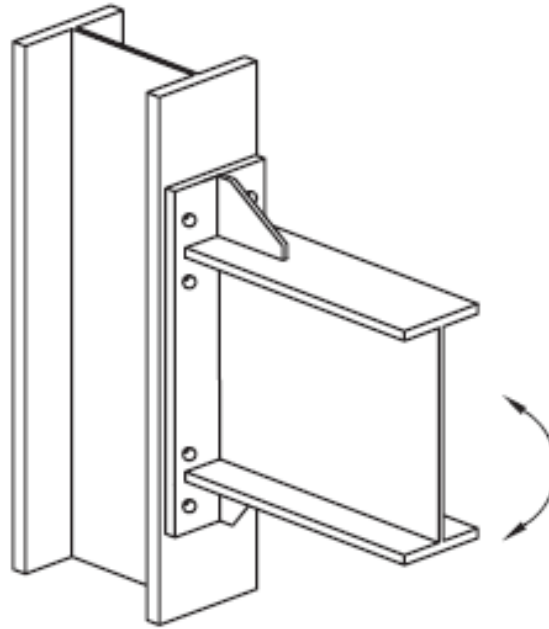


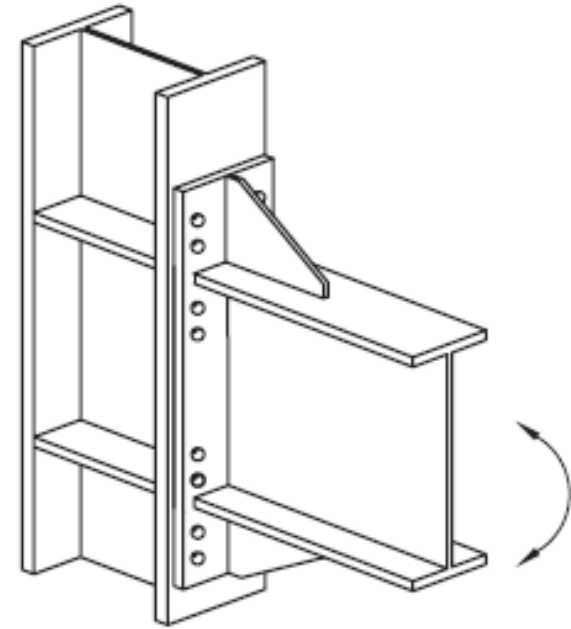
Fig. 1-3. Flash end-plate moment connections.



*(a) Four-bolt
extended unstiffened*



*(b) Four-bolt
extended stiffened*



*(c) Eight-bolt
extended stiffened*

Fig. 1-5. End-plate moment connections prequalified for use in intermediate or special moment frames.

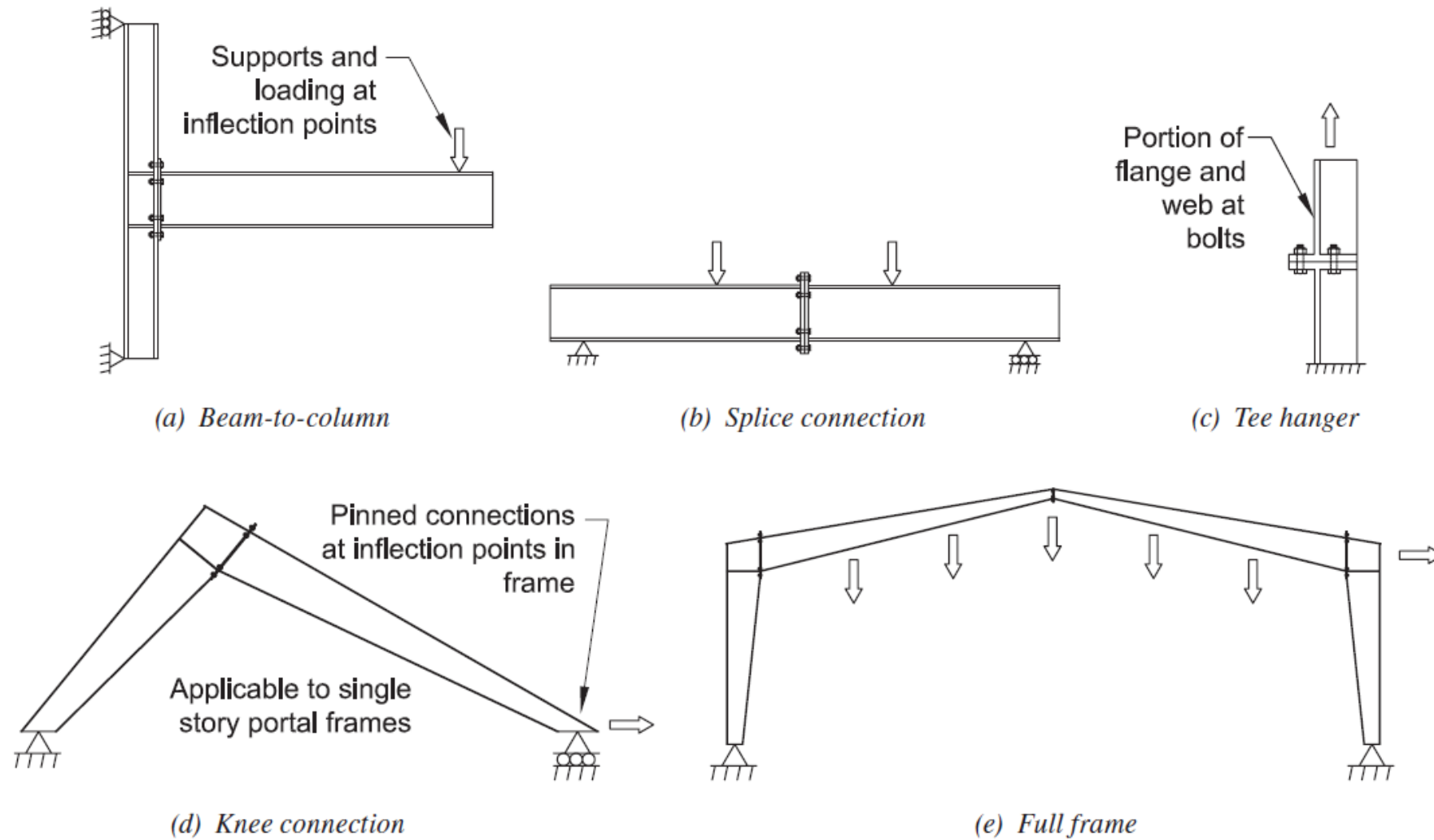
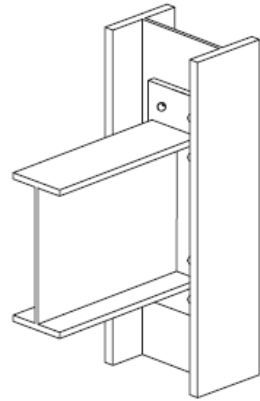
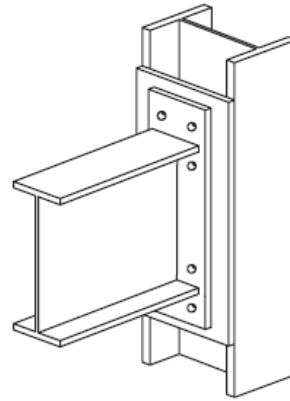


Fig. 2-1. Types of experimental assemblies.

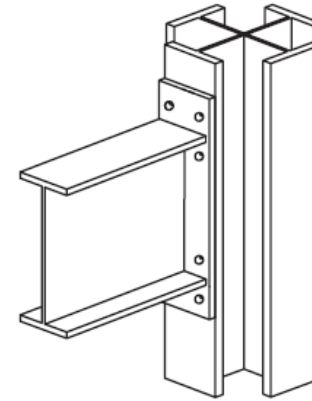




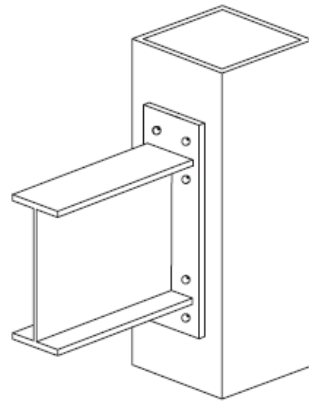
*(a) Minor axis of
I-shaped column*



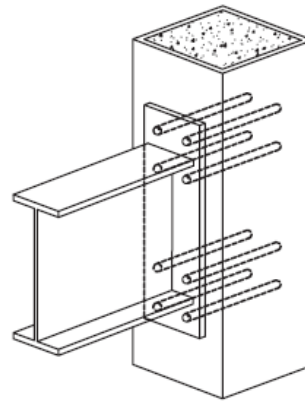
*(b) Plate on column
flange tips*



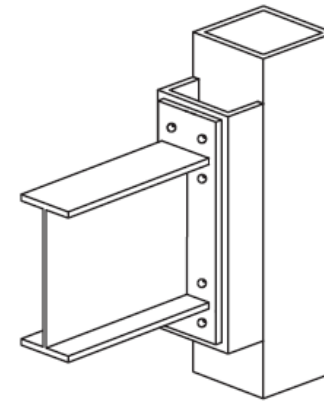
(c) Cruciform column



(d) Blind bolts to HSS



(e) Through bolts to CFT



(f) Channel connection to HSS

Fig. 2-2. End-plate moment connections to different types of column.

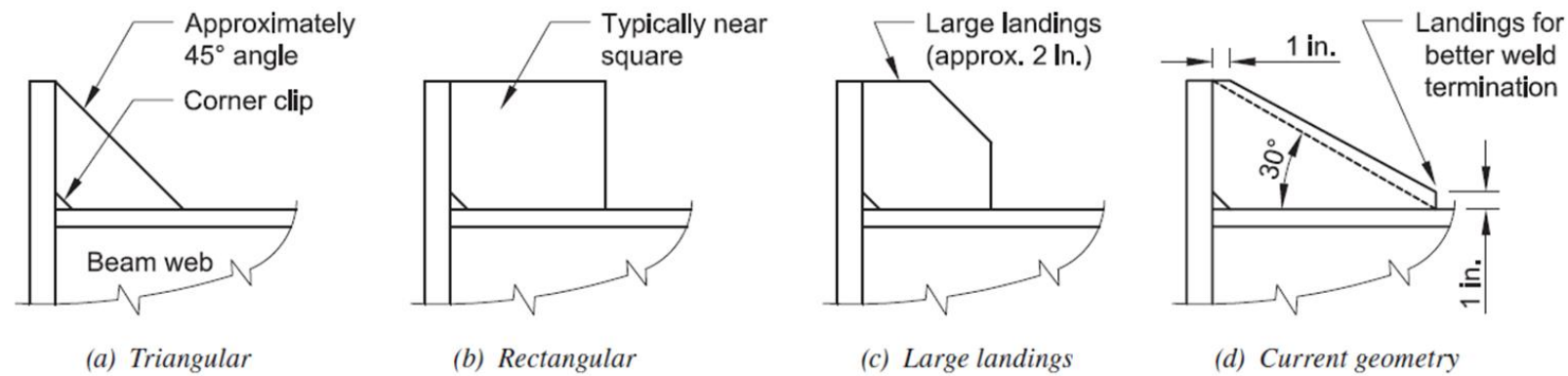


Fig. 2-4. Variations in stiffener geometry for extended end plates.

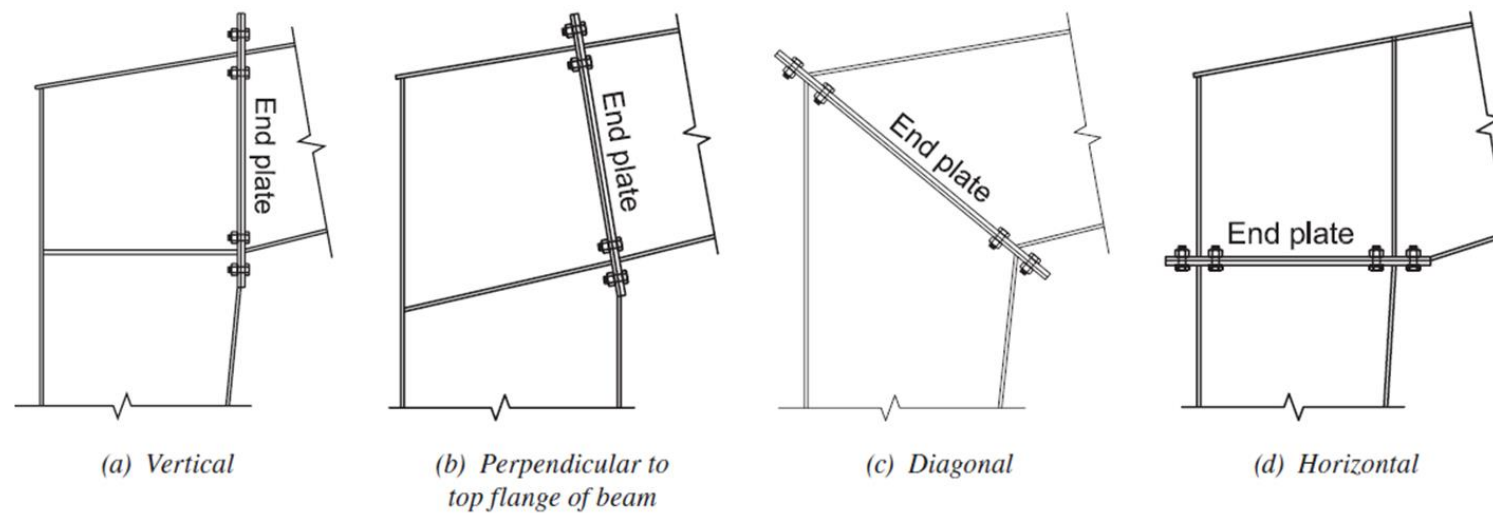
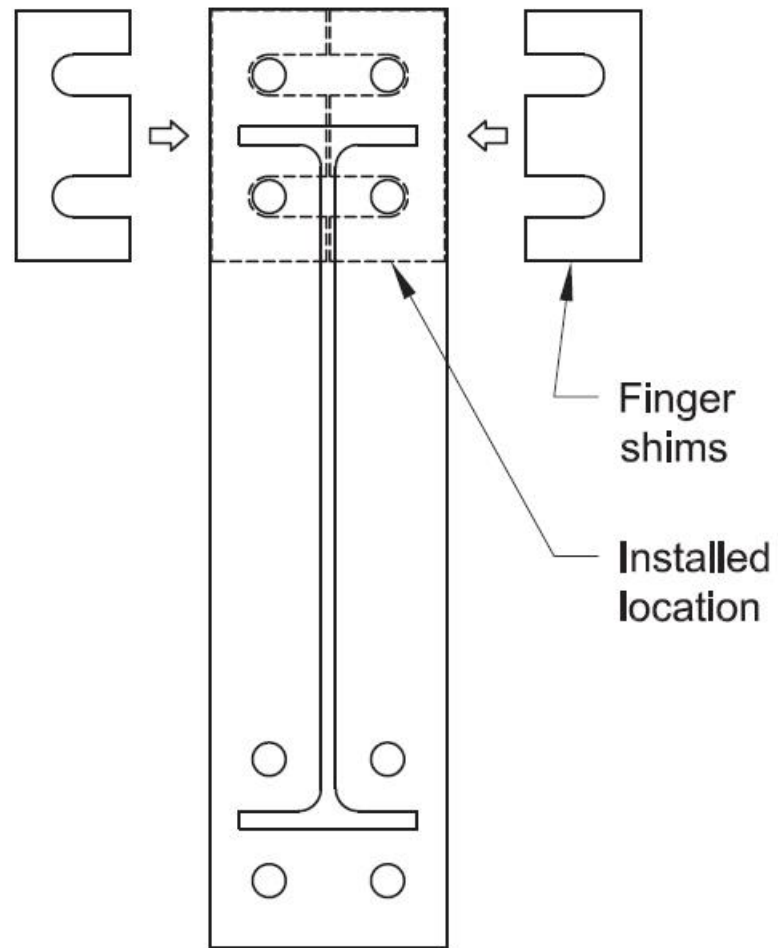
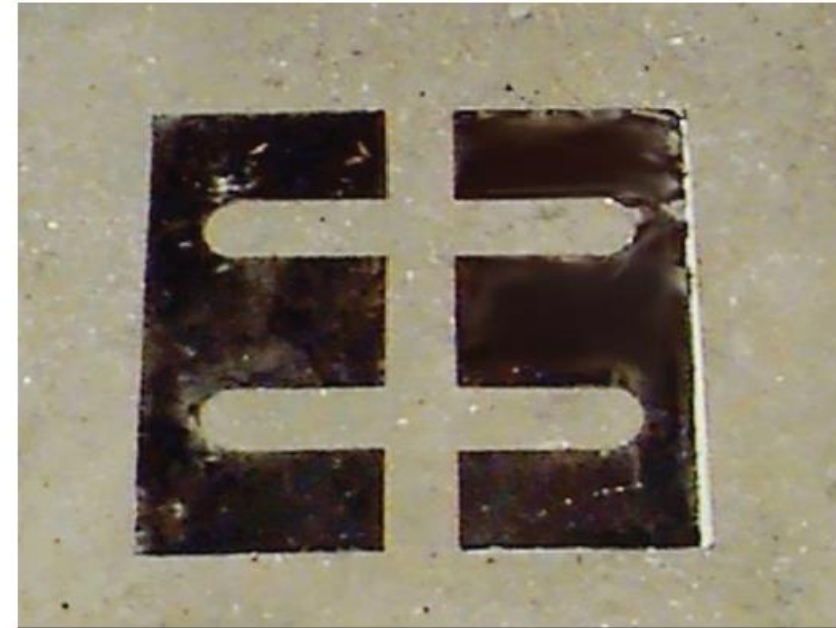


Fig. 2-5. Sloping end-plate moment connections.

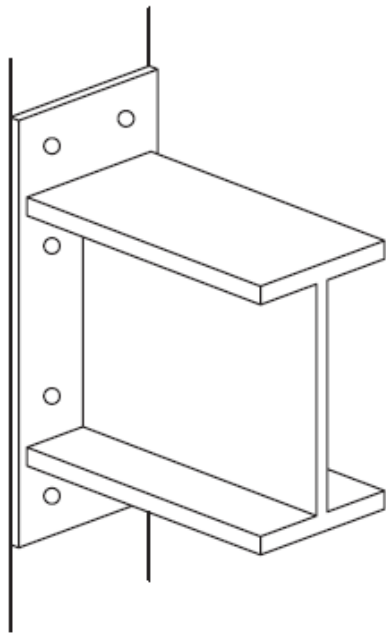


(a) Application of finger shims

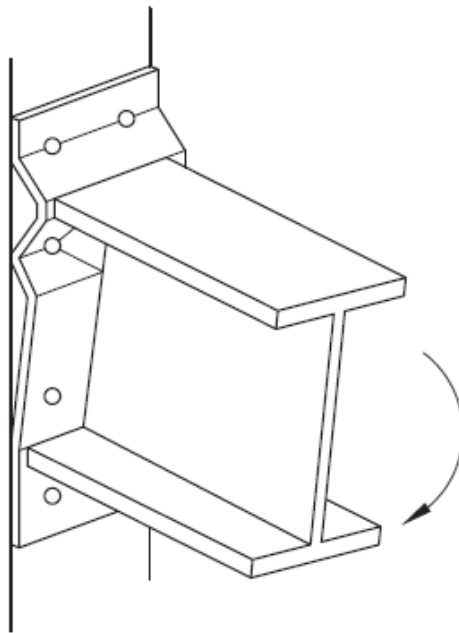


(b) Picture of finger shims (Sumner, 2003)

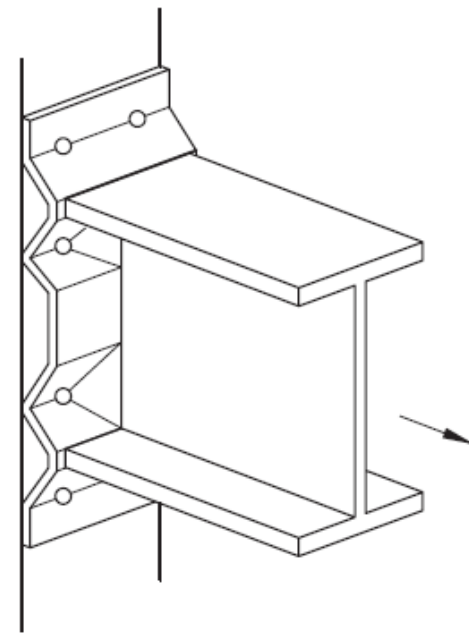
Fig. 4-1. Typical use of finger shims.



(a) *End-plate connection configuration*



(b) *Yield line mechanism due to moment*



(c) *Yield line mechanism due to axial tension force*

Fig. 3-6. Transition in yield line pattern from moment to axial tension force.

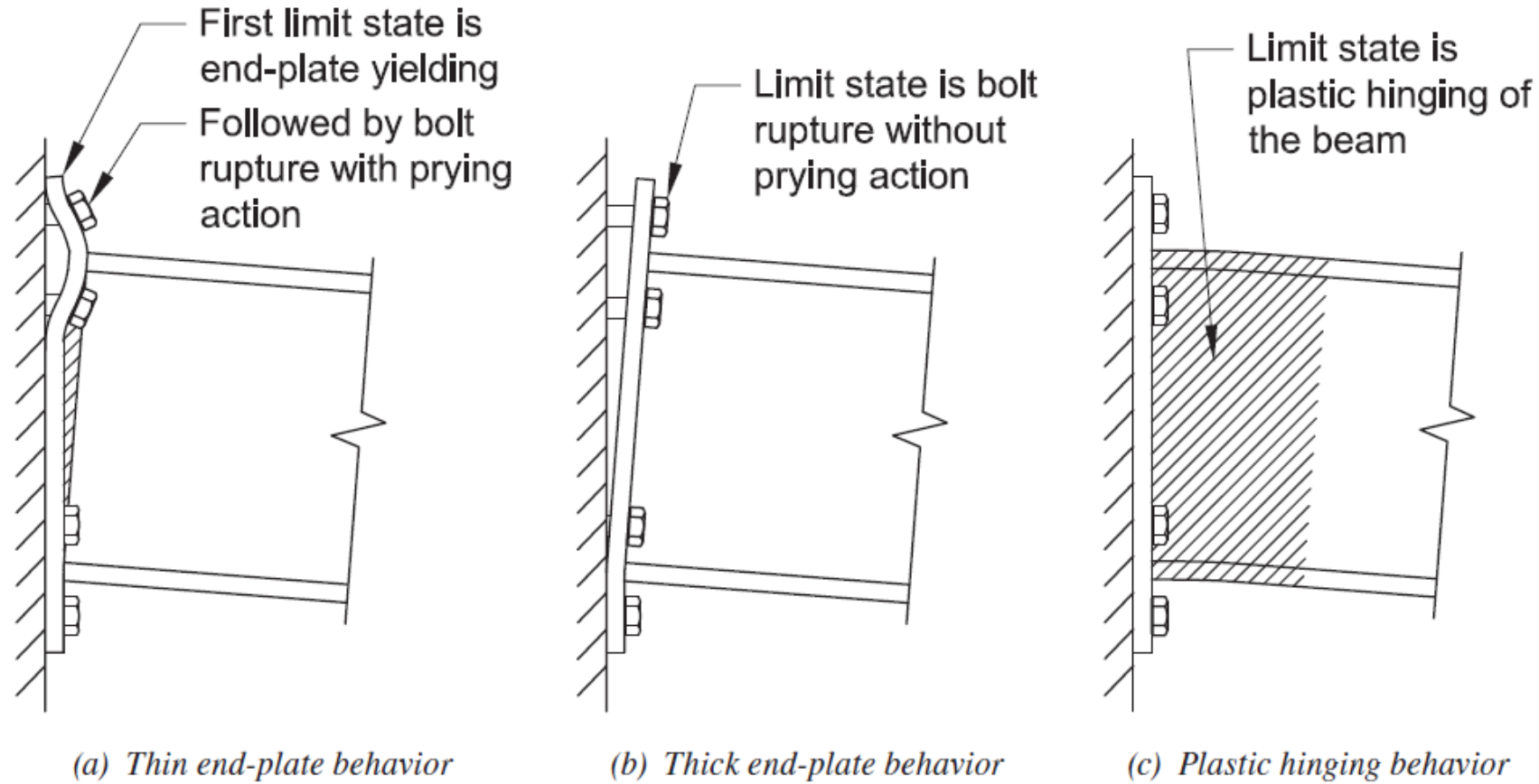


Fig. 3-1. Three categories of end-plate moment connection behavior.

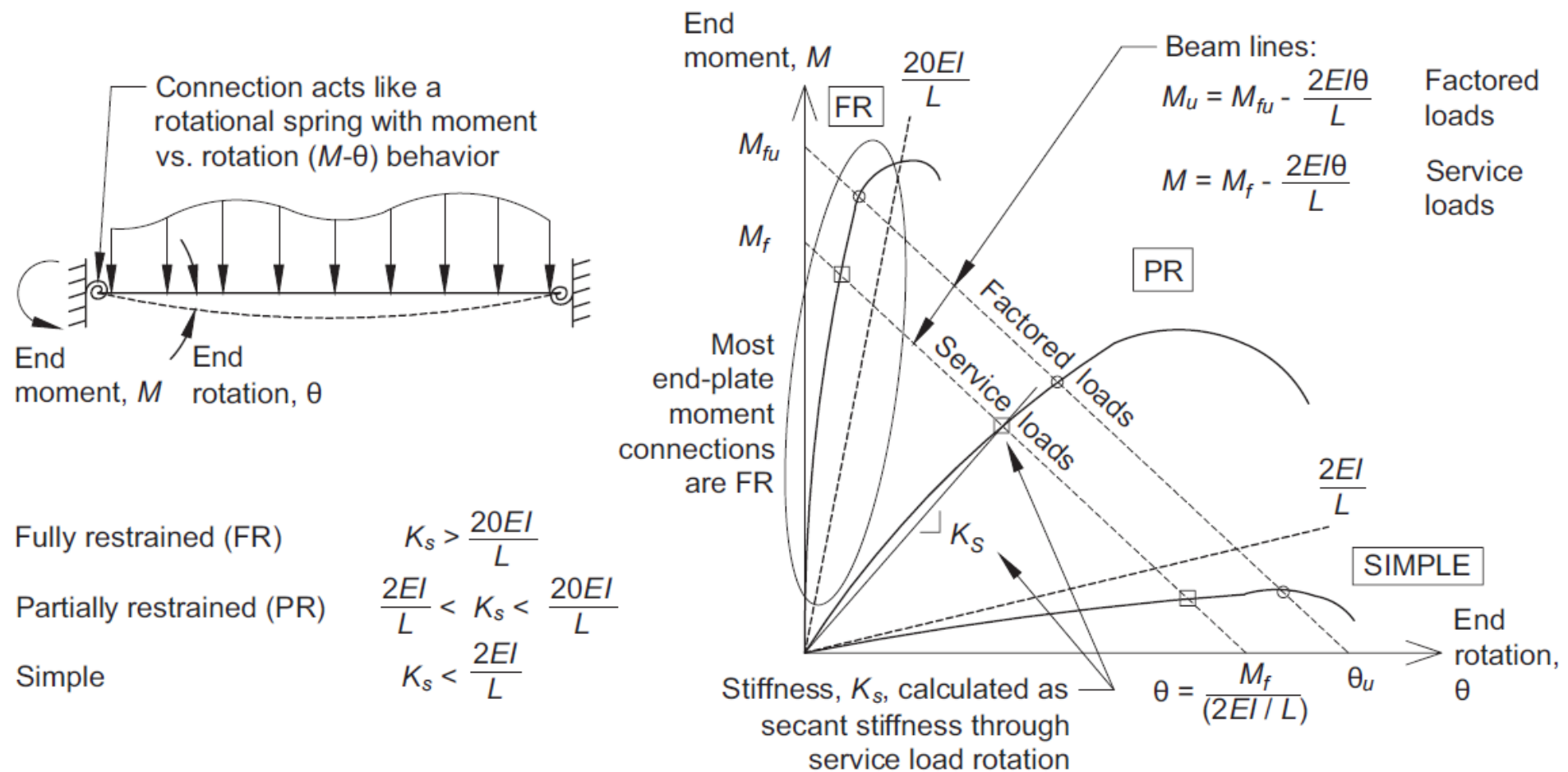


Fig. 3-3. Evaluating connection stiffness for classification as simple, PR, or FR.

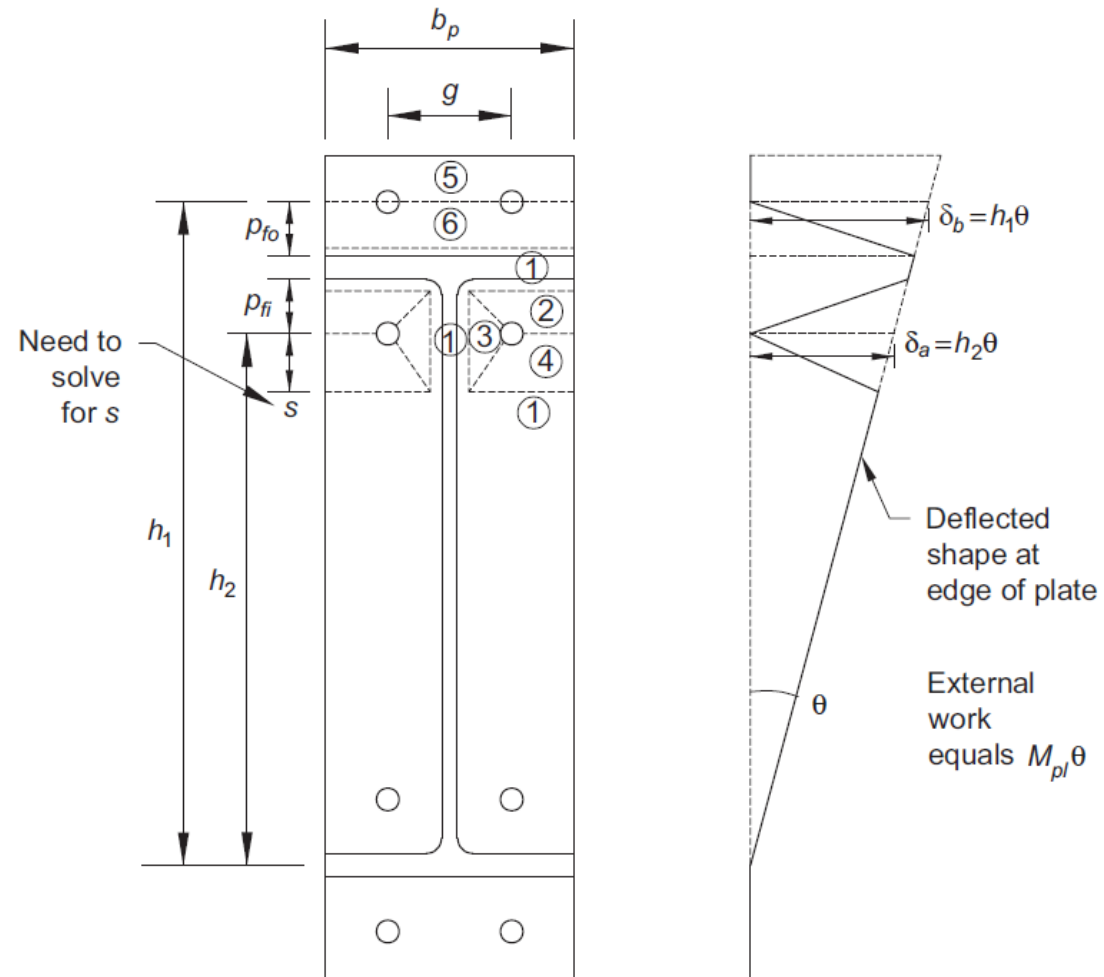


Fig. 3-9. Yield line pattern for the four-bolt extended unstiffened end plate.

Limit states

End-Plate Limit States:

2. Flexural yielding of the end-plate material near the tension flange bolts. This limit state in itself does not lead to a loss of load-carrying strength, but end-plate yielding results in a rapid increase in tensile bolt forces.
3. Shear yielding of the end-plate material. This limit state is not typically observed, but shear in combination with bending can result in reduced flexural strength and stiffness.
4. Shear yielding or rupture of the extended portion of an unstiffened extended end plate. It is explicitly required to check these two limit states in high-seismic-ductility design.

Bolt-Related Limit States:

5. Bolt tension rupture considering prying forces if applicable. This limit state is obviously a brittle failure mode and is the most critical limit state in an end-plate connection.
6. Bolt shear rupture due to shear at the interface between the end plate and column flange.
7. Bearing/tearout failure of the end plate or column flange at a bolt hole.

Weld-Related Limit States:

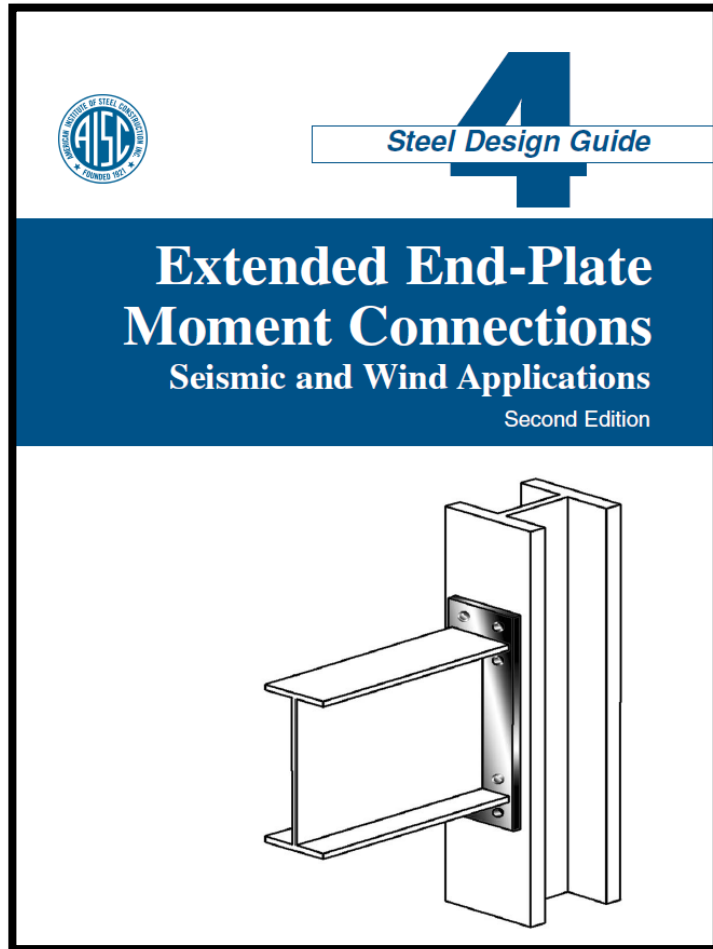
8. If fillet welds or PJP groove welds are used, rupture of the beam tension flange to end-plate welds or the beam web tension region to end-plate welds.
9. If fillet welds or PJP groove welds are used, shear rupture of the beam web to end-plate weld or the beam web base metal.

Column-Side Limit States:

10. Column web local yielding opposite either the tension or compression flange of the connected beam.
11. Column web crippling opposite the compression flange of the connected beam.
12. Column web compression buckling opposite the compression flange of the connected beam.
13. Flexural yielding of the column flange in the vicinity of the tension bolts. As with flexural yielding of the end plate, this limit state in itself does not result in loss of load-carrying capacity, but results in rapid increases in tensile bolt forces and excessive rotation at the connection.
14. Column transverse web stiffener (continuity plate) failure due to yielding, local buckling, or weld failure.
15. Column panel zone failure due to shear yielding or web plate buckling.

AISC Design Guide 4

#WeLoveSteelConstruction



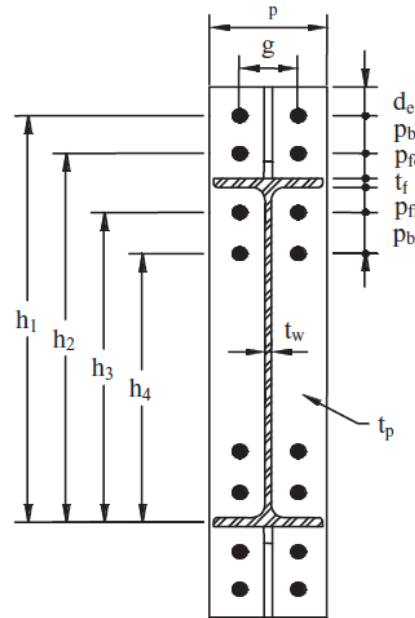
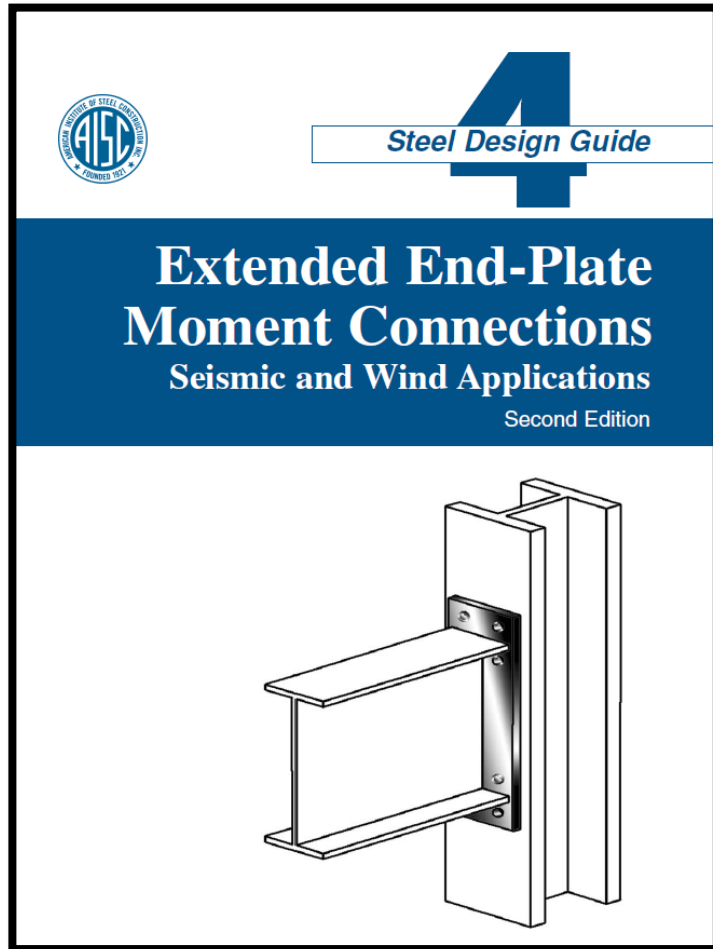
Chapter 2: Background of Design Procedures

2.1 Basis of Design Recommendations

- 1) Bolt ต้องติดตั้งแบบ “**pretension**” (ไม่ต้อง **SC**)
- 2) สามารถใช้ได้ทั้ง A325 และ A490 Bolt
- 3) ระยะ **Pitch** (ระยะระหว่างพืดนอกของปีกคาน ไปจนถึงแนวศูนย์กลางของแถว bolt ที่ใกล้ที่สุด) ขึ้นกับความเสถียรและความประหยัดในการทำงาน แต่แนะนำว่า **ควรมีระยะเท่ากับ bolt diameter + 12 mm สำหรับ bolt ขนาดไม่เกิน M24** แต่หากขนาดใหญ่กว่านี้ ให้ใช้ bolt diam. + 18 mm
- 4) Bolt ที่รับ shear ปกติจะสมมติให้เป็น bolt ใน compression zone ทั้งนี้ การต่อแบบ end plate นั้น shear มักจะไม่ control
- 5) ความกว้างของ End plate ไม่ควรเกินกว่า beam flange width + 25 mm
- 6) ระยะ **Gage** (ระยะห่างระหว่าง แถว bolt ในแนวตั้ง) **จะต้องไม่เกินกว่า beam flange width**
- 7) Weld ระหว่าง beam web และ end plate ณ บริเวณที่ bolt รับ tension ต้องออกแบบให้สามารถให้ beam web สามารถ develop แรงได้ถึง yield stress แม้ว่า end-plate moment connection จะไม่ต้องให้สามารถรับได้ถึง beam full moment capacity
- 8) ส่วนของ Weld ที่รับ shear จะเป็น weld ระหว่าง beam web กับ end plate เฉพาะส่วนที่อยู่ ณ ตำแหน่ง beam mid depth และ ส่วนที่เป็น inside face ของ beam compression flange กับ end plate

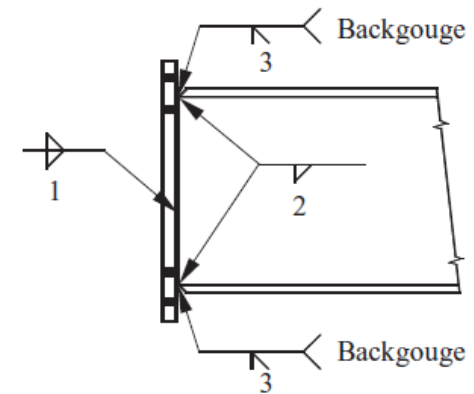
AISC Design Guide 4

#WeLoveSteelConstruction



(b) Eight-Bolt

- Prepare the flanges of the beam with a 45 degree, full depth bevel.
- Fit up the end-plate and beam with a minimum root opening.
- Preheat the specimens as required by AWS specifications.
- Prepare the surfaces for welding as required by AWS specifications.
- Place the web welds (1).
- Place the 5/16 in. backing fillet welds on the beam web side of the beam flanges (2).
- Backgouge the root of the bevel to remove any contaminants from the 5/16 in. backer fillet welds (3).
- Place the flange groove welds (AWS TC-U4b-GF).



AISC Design Guide 4

#WeLoveSteelConstruction

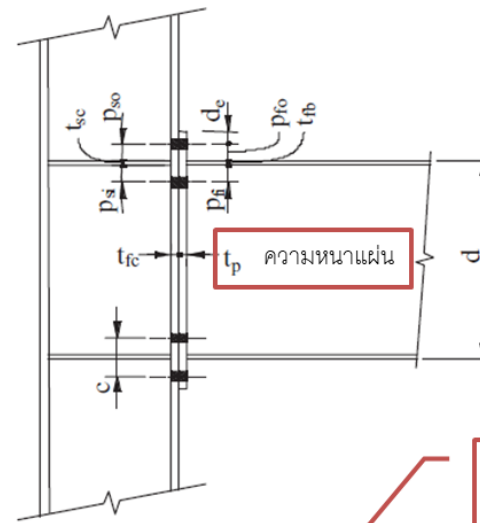
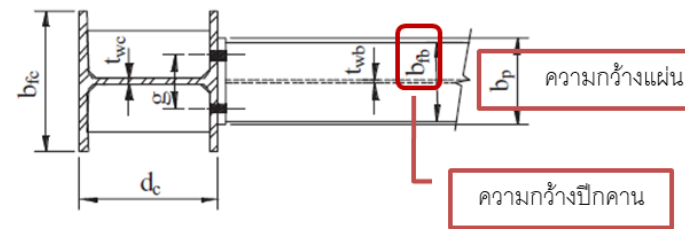
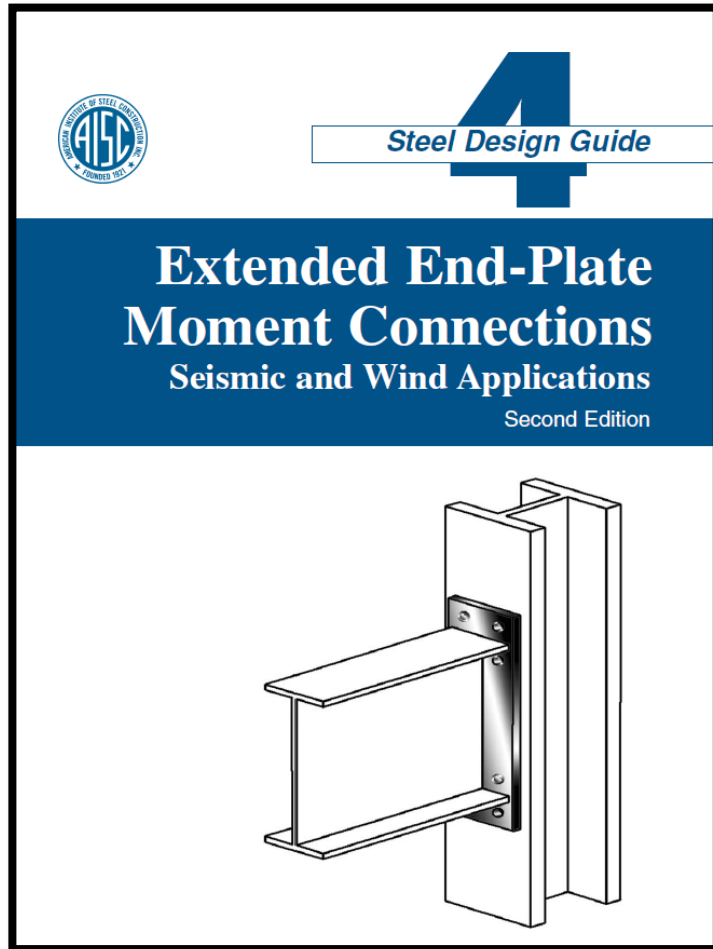


Fig. 3.1. Four-bolt unstiffened extended 4E end plate geometry.

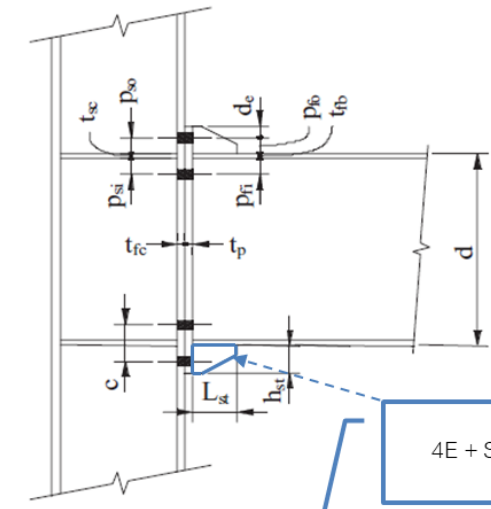
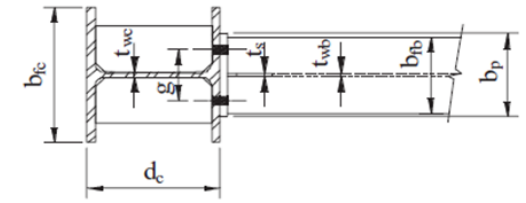
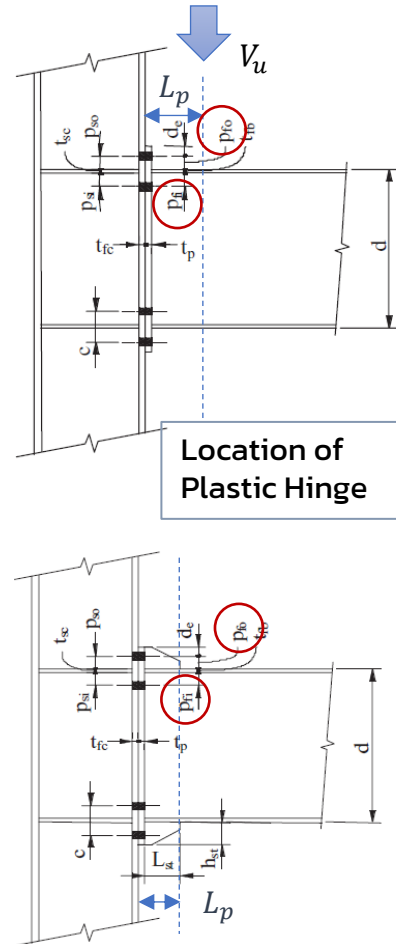


Fig. 3.2. Four-bolt stiffened extended 4ES end plate geometry.

#WeLoveSteelConstruction


$$R_y = 1.1 \quad \text{for SM490 \& up}$$

$$\uparrow$$

$$= 1.5 \quad \text{for SM400}$$

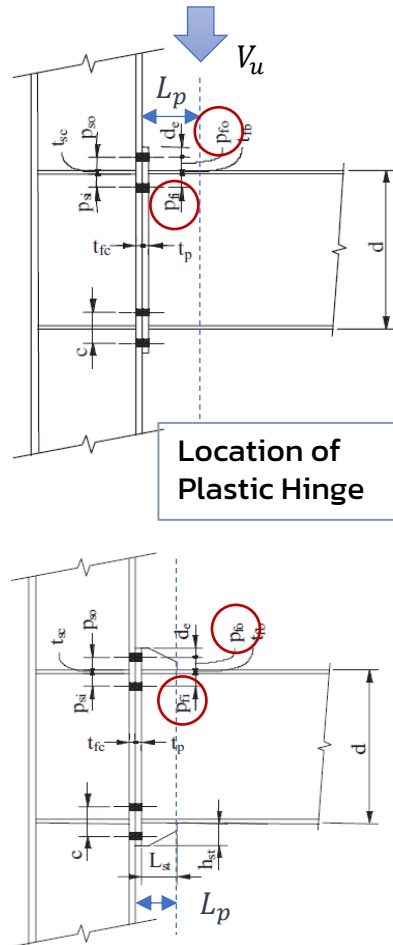
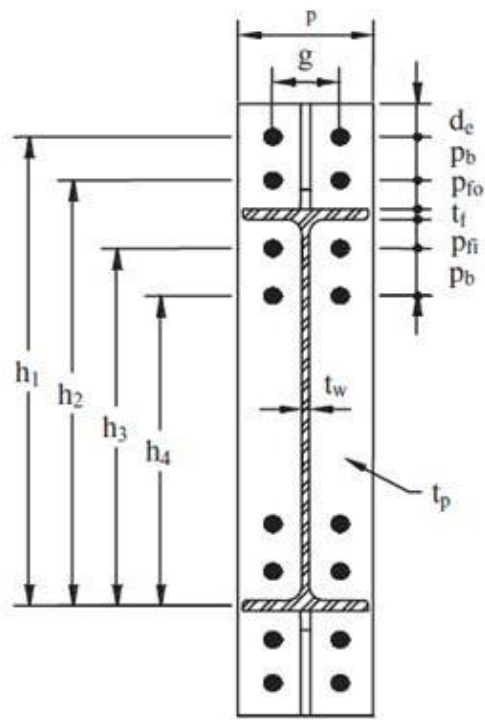
$$M_{pe} = 1.1R_yF_yZ_x$$

$$M_{uc} = M_{pe} + V_u L_p$$

$$\begin{aligned} L_p &= \min(d/2, 3b_{fb}) && \text{for unstiffened (4E)} \\ &= L_{st} + t_p && \text{for stiffened (4ES)} \end{aligned}$$

AISC Design Guide 4

#WeLoveSteelConstruction



Step 3: หาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางกลางของ bolt ที่ต้องการ

4 bolt connection (4E, 4ES) ($\phi = 0.75$)

$$d_{b,Req'd} = \sqrt{\frac{2M_{uc}}{\pi\phi F_t(h_0 + h_1)}}$$

8 bolt connection (4ES)

$$d_{b,Req'd} = \sqrt{\frac{2M_{uc}}{\pi\phi F_t(h_1 + h_2 + h_3 + h_4)}}$$

Step 4: กำหนดเส้นผ่าศูนย์กลางกลางของ bolt แล้วตรวจสอบว่า
"No prying bolt moment, M_{np} " เพียงพอต้านทาน M_{uc}

4 bolt connection (4E, 4ES)

$$M_{np} = 2P_t(h_0 + h_1) \quad P_t = F_t A_b = F_t \left(\frac{\pi d_b^2}{4} \right)$$

8 bolt connection (4ES)

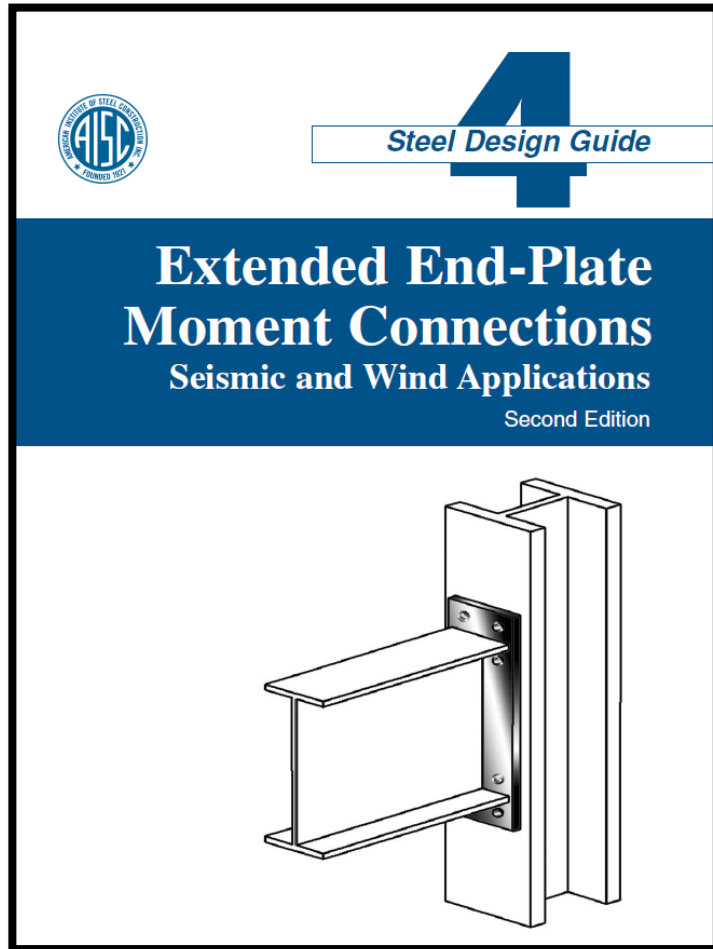
$$M_{np} = 2P_t(h_1 + h_2 + h_3 + h_4)$$

Check ... $\phi M_{np} > M_{uc}$ ($\phi = 0.75$)

Step 5: หาความหนาแผ่น End plate ที่ต้องการ

AISC Design Guide 4

#WeLoveSteelConstruction



4 bolt connection (4E, 4ES)

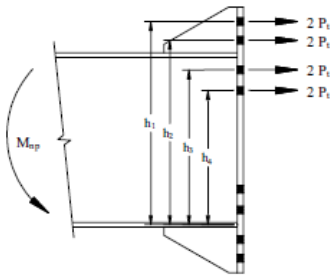
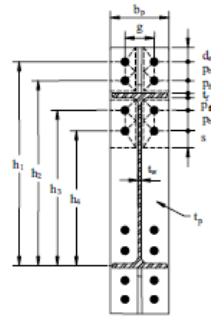
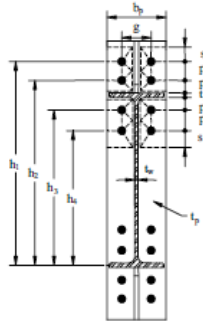
$$t_{p,Req'd} = \sqrt{\frac{1.1\phi M_{np}}{\phi_b F_{yp} Y_{yp}}} \quad (\phi = 0.75)$$

$$(\phi_b = 0.9)$$

Table 3.1. Summary of Four-Bolt Extended Unstiffened End Plate Design Strength

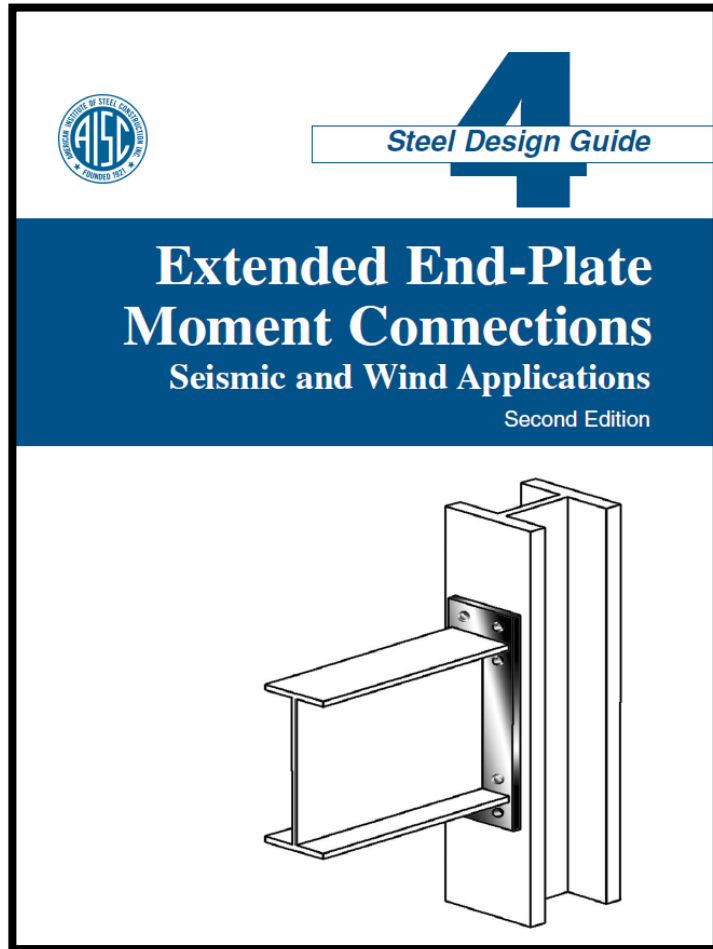
Table 3.2. Summary of Four-Bolt Extended Stiffened End Plate Design Strength

Table 3.3. Summary of Eight-Bolt Extended Stiffened End Plate Design Strength

End Plate Geometry and Yield Line Pattern		Bolt Force Model	
Case 1 ($d_e \leq s$)	Case 2 ($d_e > s$)		
			
End Plate	$\phi M_{pl} = \phi_b F_{yp} t_p^2 Y_p$ Case 1 ($d_e < s$) $Y_p = \frac{b_p}{2} h_1 \frac{1}{2d_e} + h_2 \frac{1}{p_{fo}} + h_3 \frac{1}{p_{fi}} + h_4 \frac{1}{s} + \frac{2}{g} h_1 d_e + \frac{p_b}{4} + h_2 p_{fo} + \frac{3p_b}{4} + h_3 p_{fi} + \frac{p_b}{4} + h_4 s + \frac{3p_b}{4} + p_b^2 + g$ Case 2 ($d_e > s$) $Y_p = \frac{b_p}{2} h_1 \frac{1}{s} + h_2 \frac{1}{p_{fo}} + h_3 \frac{1}{p_{fi}} + h_4 \frac{1}{s} + \frac{2}{g} h_1 s + \frac{p_b}{4} + h_2 p_{fo} + \frac{3p_b}{4} + h_3 p_{fi} + \frac{p_b}{4} + h_4 s + \frac{3p_b}{4} + p_b^2 + g$ $s = \frac{1}{2} \sqrt{b_p g}$ $\phi_b = 0.90$ Note: If $p_{fi} > s$, use $p_{fi} = s$		
Bolt Rupture	$\phi M_{rp} = \phi 2 P_t (h_1 + h_2 + h_3 + h_4)$ $\phi = 0.75$		

AISC Design Guide 4

#WeLoveSteelConstruction



Step 6: กำหนดความหนาแผ่น End plate ให้เกินกว่าที่ได้จาก Step 5

Step 7: คำนวณหาแรงที่เกิดขึ้นที่ปีกคาน $F_{fu} = \frac{M_{uc}}{d - t_{fb}}$

Step 8: ตรวจสอบว่าความต้านทาน shear yielding ของ End plate ที่ยื่นออกจากปีกคาน แบบ 4E เพียงพอที่จะต้านแรงที่ปีกคาน

$$\frac{F_{fu}}{2} < \phi R_n = \phi(0.6F_{yp})t_p b_p \quad (\phi = 1.0)$$

ถ้าหนาไม่พอให้เพิ่ม จนกระทั่งสมการใน Step 8 เป็นจริง

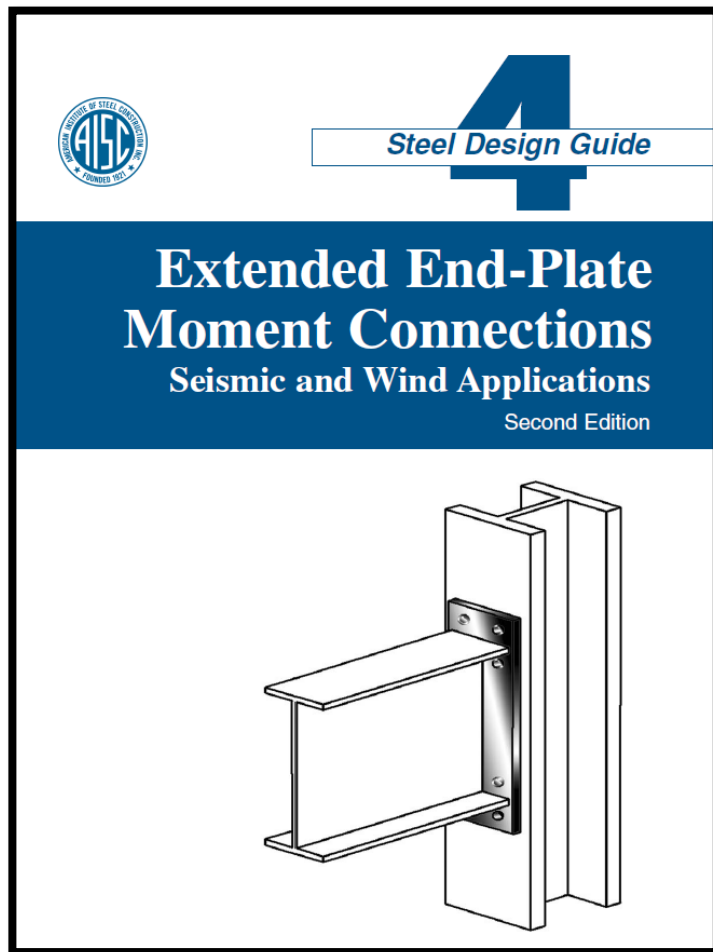
Step 9: ตรวจสอบว่าความต้านทาน shear rupture ของ End plate ที่ยื่นออกจากปีกคาน แบบ 4E เพียงพอที่จะต้านแรงที่ปีกคาน

$$\frac{F_{fu}}{2} < \phi R_n = \phi(0.6F_{up})A_{nv} \quad (\phi = 0.75)$$

ถ้าหนาไม่พอให้เพิ่ม จนกระทั่งสมการใน Step 9 เป็นจริง

AISC Design Guide 4

#WeLoveSteelConstruction



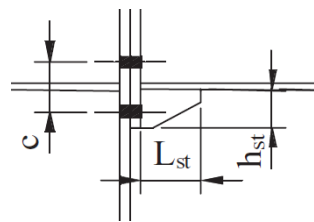
Step 10: สำหรับ Stiffened End Plate ทั้งแบบ 4ES และ 8ES ... ออกแบบแผ่น Stiffener ทั้งความหนา t_s และความสูง h_{st}

$$t_{s,Req'd} = t_{wb} \frac{F_{yb}}{F_{ys}}$$

ความหนาและ yield ของ Stiffener ต้อง match กับ ความหนาและ yield ของ Beam web

$$\frac{h_{st}}{t_s} \leq 0.56 \sqrt{\frac{E}{F_{ys}}}$$

ความสูง (ความลึก) ของ Stiffener ต้องไม่เกินค่า limit ที่จะส่งผลต่อ local buckling

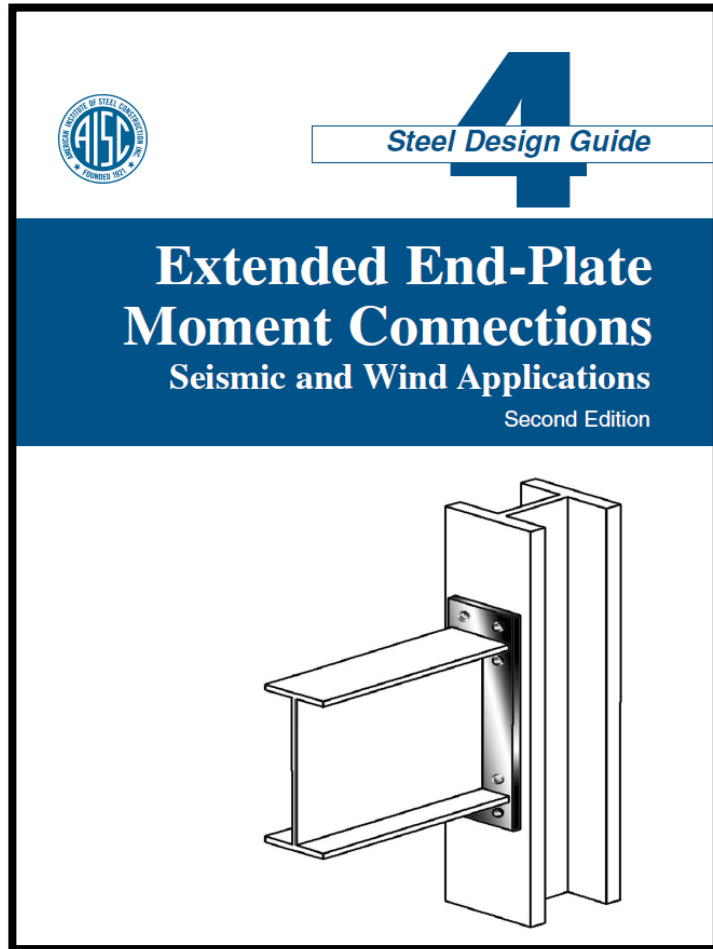


หมายเหตุ: การติดตั้งแผ่น Stiffener เข้ากับ End plate หรือ Beam Flange สามารถทำได้ด้วยการเชื่อม ทั้งแบบ Fillet หรือ CJP โดยหากแผ่น Stiffener หนากว่า 9 mm ควรเชื่อมแผ่น Stiffener เข้ากับ End plate ด้วยวิธี CJP

Case	Description of Element	Width-to-Thickness Ratio	Limiting Width-to-Thickness Ratio λ , (nonslender/slender)	Examples
1	Flanges of rolled I-shaped sections, plates projecting from rolled I-shaped sections, outstanding legs of pairs of angles connected with continuous contact, flanges of channels, and flanges of tees	b/t	$0.56 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	

AISC Design Guide 4

#WeLoveSteelConstruction



Step 11: การรับแรงเฉือนของ Moment End Plate ... สมมติ (conservatively) ว่า Bolt group ที่อยู่ใน compression zone ของคาน โดยสำหรับ 4ES: 4 ตัว ($n_b = 4$) และ 8ES: 8 ตัว ($n_b = 8$) จะรับแรงเฉือน โดยกำลังรับแรงเฉือนของ Bolt (ϕR_n) ต้องมากกว่า แรงเฉือนที่มากกระทำ (V_u)

$$V_u < \phi R_n = \phi(n_b)F_v A_b \quad (\phi = 0.75) \quad \text{หมายเหตุ: } F_v \text{ ขึ้นกับเกรดของ bolt (A325, A490) และวิธีการติดตั้ง (X-type, N-type)}$$

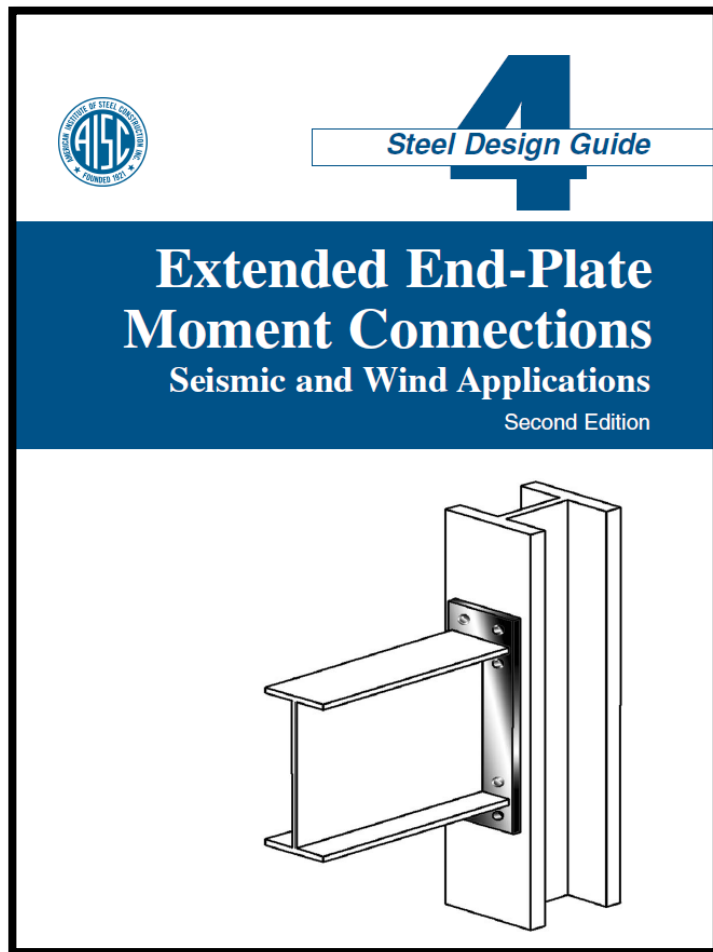
Step 12: ตรวจสอบว่ามีความเสี่ยงต่อการเกิด bolt bearing หรือ bolt tear out failure ของ Bolt group ที่อยู่ใน compression zone ของคาน หรือไม่ โดยสำหรับ 4E หรือ 4ES: 4 ตัว ($n_i = 2, n_o = 2$) และ 8ES: 8 ตัว ($n_i = 4, n_o = 4$)

$$V_u < \phi R_n = (n_i)\phi R_n (\text{inner bolt}) + (n_o)\phi R_n (\text{outer bolt}) \quad (\phi = 0.75)$$

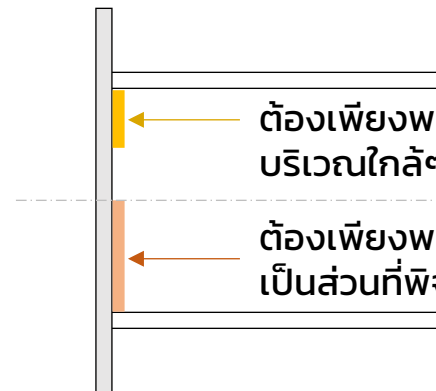
$$\phi R_n = \phi R_{pl,bear} = \phi \cdot [\min(2.4 * A_{bearing}), (1.2l_{ct})] * F_u$$

AISC Design Guide 4

#WeLoveSteelConstruction



Step 13: ออกแบบรอยเชื่อม Beam Flange เข้ากับ End Plate และ Beam Web เข้ากับ End Plate (CJP)



ต้องเพียงพอที่จะต้านทานการดึง
บริเวณใกล้ๆ รูกเจาะด้านบน

ต้องเพียงพอที่จะต้านทานการแรงเฉือน
เป็นส่วนของพิจารณา A_{weld}

$$\phi R_{n,weld} = 0.6 F_{yb} t_{wb}$$

รอยเชื่อมต้องแข็งแรง
กว่า shear yielding ที่
beam web

$$V_u < \phi R_{n,weld} = \phi * A_{weld} * (0.6 F_{u,weld})$$

$$= \phi * (2 \text{ sides}) \left[\frac{t_{weld}}{\sqrt{2}} \left(\frac{d}{2} - t_f \right) \right] * (0.6 F_{u,weld})$$

Step 14 - 19: ตรวจสอบ column ว่าสามารถรับแรงที่บริเวณ Moment End Plate นี้ได้ไหม ถ้าไม่ได้
ก็ Stiffen column

#WeLoveSteelConstruction

Typical Detail

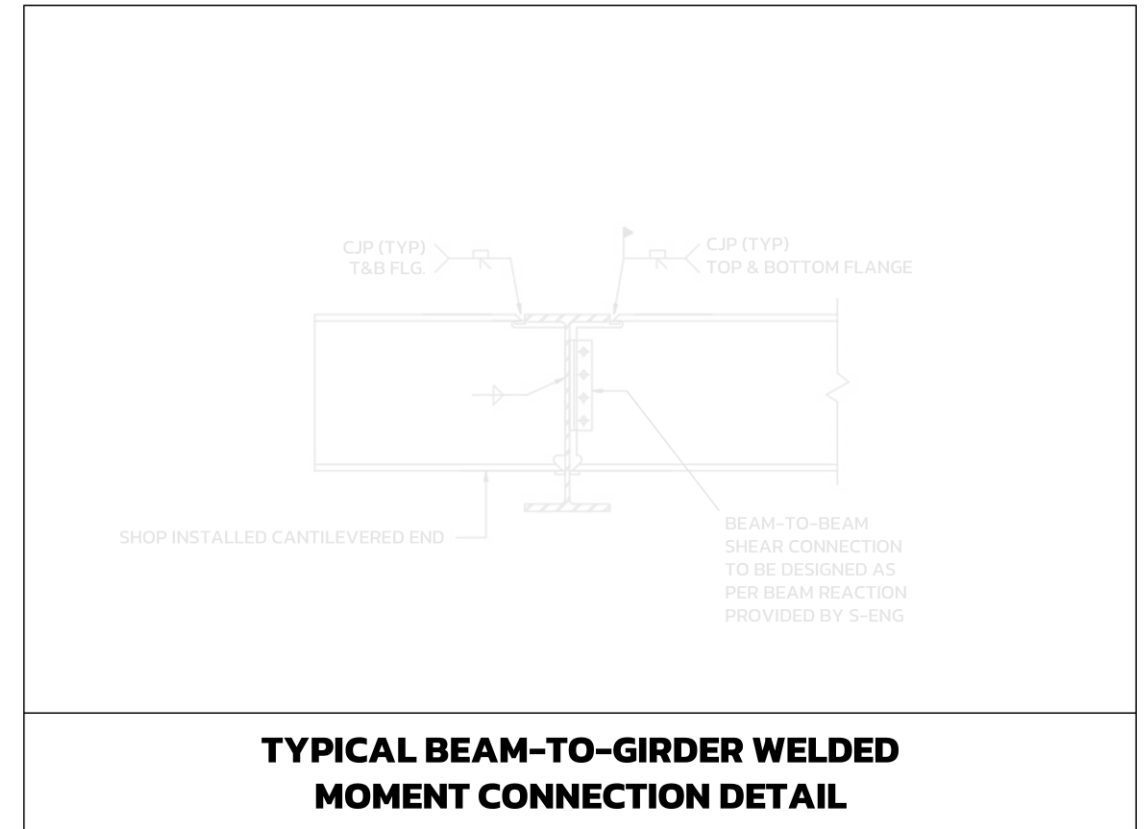
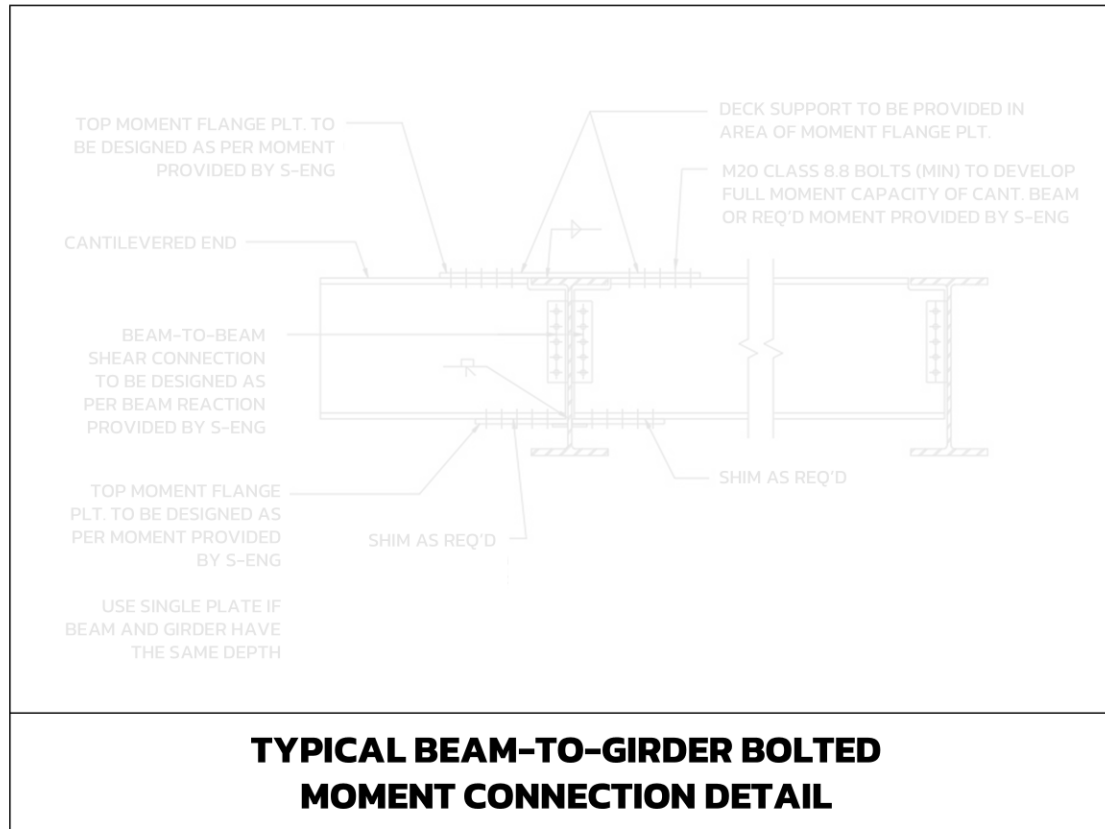
TYPICAL METAL DECK SUPPORT DETAIL AT MOMENT CONNECTION

TYPICAL DETAIL OF DEPRESSION IN SLAB ON METAL DECK (DEPRESSION LESS THAN SLAB THICKNESS)

Workshop

#WeLoveSteelConstruction

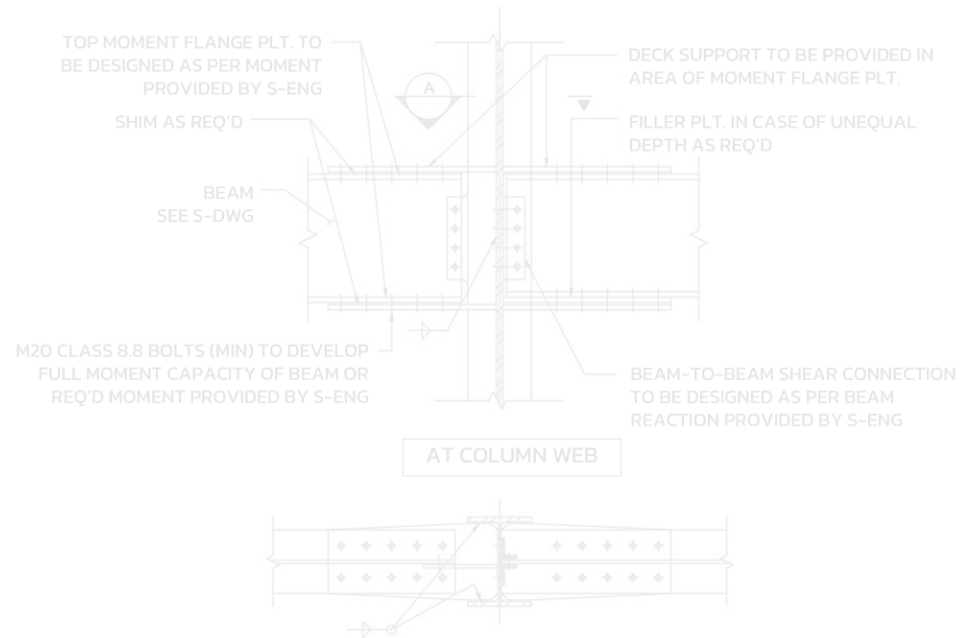
Typical Detail



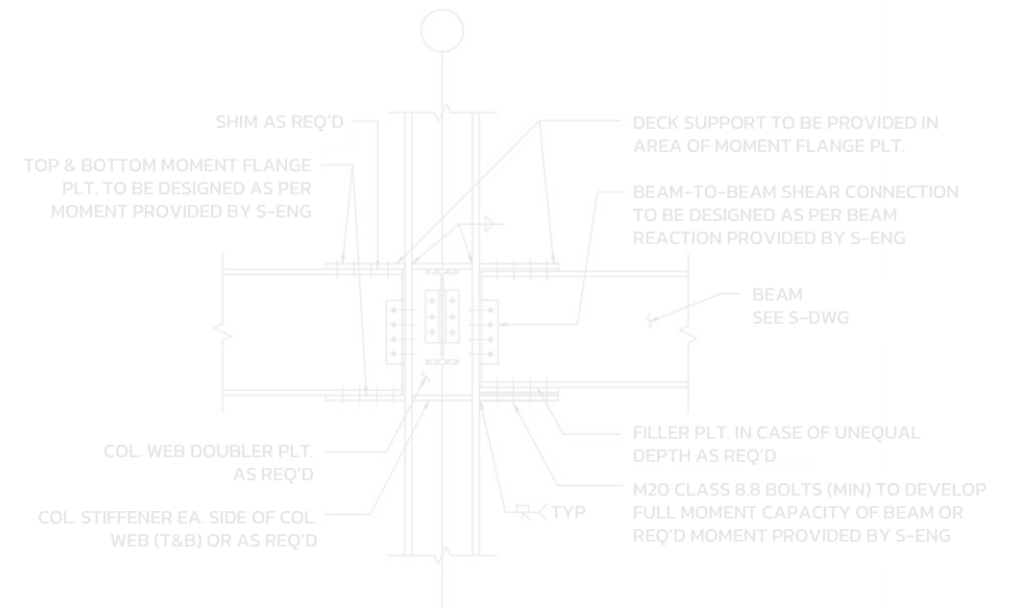
Workshop

#WeLoveSteelConstruction

Typical Detail



**TYPICAL BEAM-TO-COLUMN WEB
BOLTED MOMENT CONNECTION DETAIL**

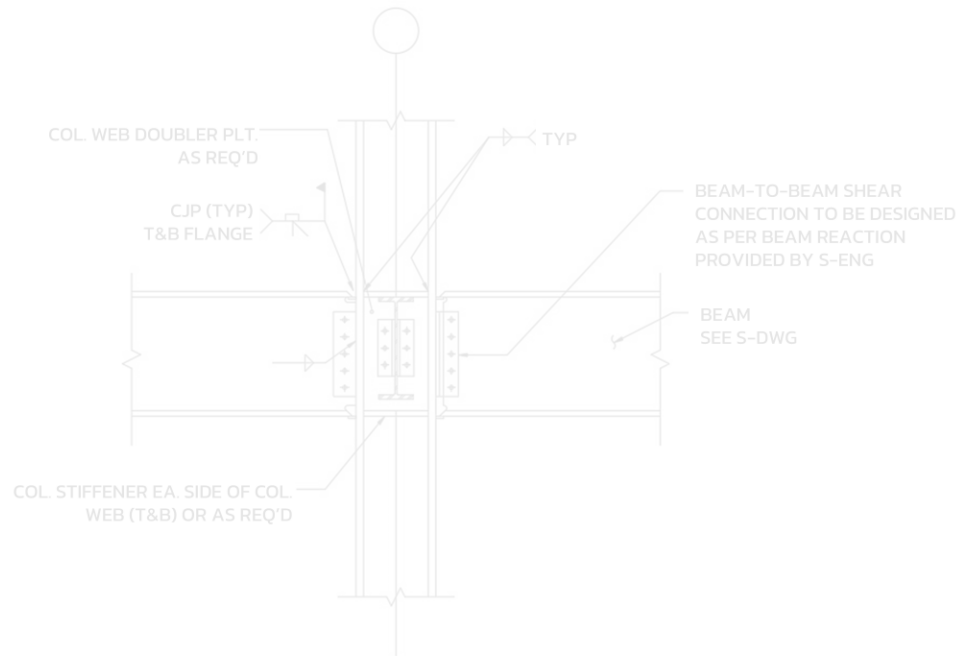


**TYPICAL BEAM-TO-COLUMN FLANGE
BOLTED MOMENT CONNECTION DETAIL**

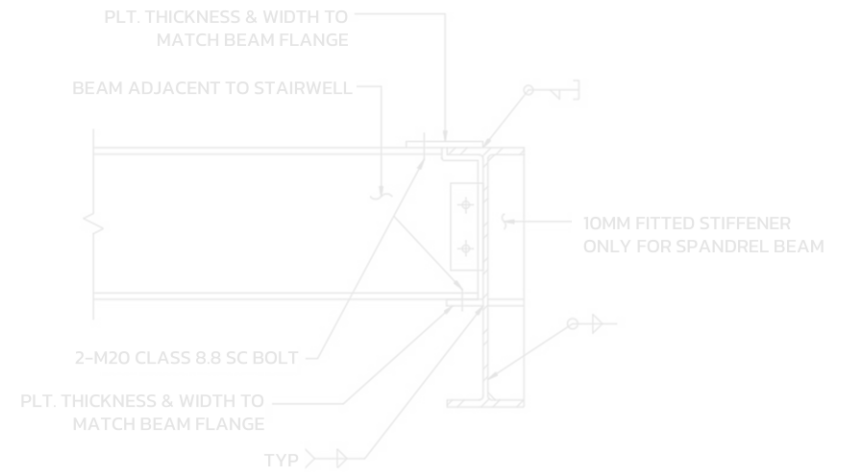
Workshop

#WeLoveSteelConstruction

Typical Detail



**TYPICAL BEAM-TO-COLUMN FLANGE
WELDED MOMENT CONNECTION DETAIL**

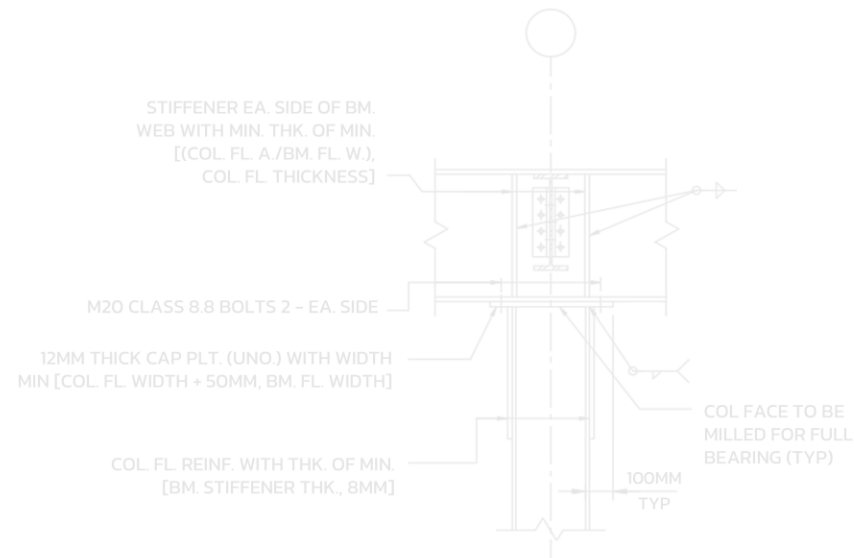


**TYPICAL BEAM CONNECTION AT STAIRWELL
OR TORSIONAL CONNECTION**

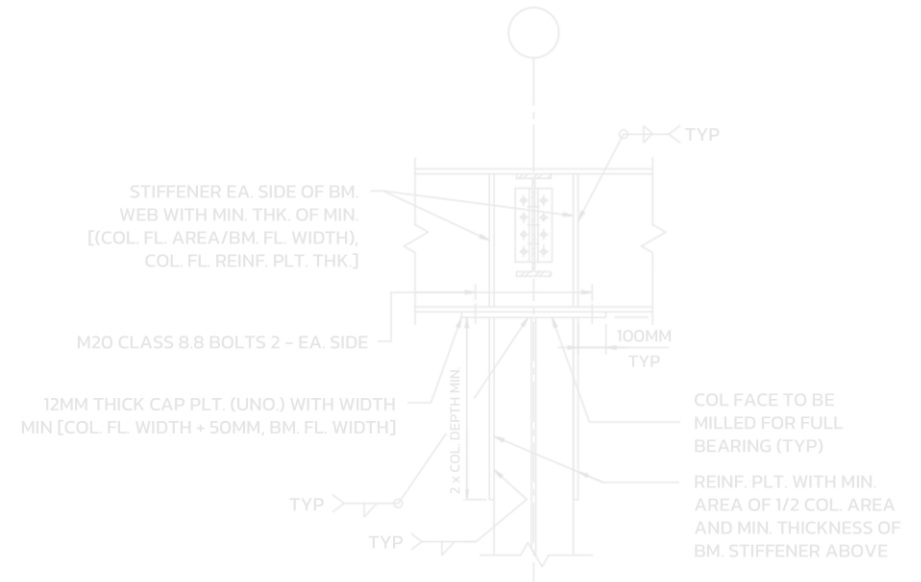
Workshop

#WeLoveSteelConstruction

Typical Detail



**TYPICAL BEAM BEARING ON COLUMN DETAIL
COL. WEB PARALLEL TO BM. WEB**



**TYPICAL BEAM BEARING ON COLUMN DETAIL
COL. WEB PERPENDICULAR TO BM. WEB**

Be friend with us via ...



LINE ID **WeLoveSteelConstruction**: @O60tlizi



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



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



<https://welovesteelconstruction.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>

