ภาพรวมการใช้งาน การออกแบบ และการต่อโครงสร้างเหล็ก

Advisor

Pacific Pipe PCL. (**PAP**)

Sahaviriya Steel Industry PCL. (**SSI**)

Steel Structure Sub-committee, Engineering Institute of Thailand (**EIT**)

Thailand Iron and Steel Club, Federation of Thai Industries (**FTI**)

Mr. Nuttapon Suttitam

July 29, 2016

อะไรคือเหตุแห่งปัญหา

Standard practice

ออกแบบ → ก่อสร้าง

งานโครงสร้าง (Structural work)

- ข้อกำหนดทั่วไป General note
- รูปแปลน Plan
- รูปด้าน Elevation
- ขนาดคานเสา B/C Schedule
- รูปตัด Section
- รายละเอียดทั่วไป Typical detail

- กำหนดวิธีการก่อสร้าง } Designer
- ทำแบบก่อสร้าง } อนุมัติ
- สั่งวัสดุ } Consult
- ก่อสร้าง } คุมงาน
- ทำ as-built และส่งงาน

แล้วมันไม่ดี / มีช่องโหว่ตรงไหน ???

Pre-fab practice

ออกแบบ → ผลิต → ติดตั้ง

งานโครงสร้าง (Structural work)

- General note
- Plan
- Elevation
- B/C Schedule
- Section
- Typical detail

ทำแบบการผลิต
+
ผลิตขึ้นรูป
+
ขนส่งไปติดตั้ง

- กำหนดวิธี และ sequence การติดตั้ง
- ตรวจสอบควบคุมคุณภาพสินค้าที่ส่งมา
- ดำเนินการติดตั้ง

แล้วมันดีกว่าตรงไหน ???

Pre-fab practice

Pre-fab practice

ออกแบบ → ผลิต → ติดตั้ง

งานโครงสร้าง (Structural work)

- General note
- Plan
- Elevation
- B/C Schedule
- Section
- Typical detail

ทำแบบการผลิต
+
ผลิตขึ้นรูป
+
ขนส่งไปติดตั้ง

- กำหนดวิธี ทำแบบติดตั้ง และขั้นตอนการติดตั้ง
- ตรวจสอบควบคุมคุณภาพสินค้า
- ดำเนินการติดตั้ง

PROCESS

รูปแบบ finished product

↓

ขนาดมิติและพิกัดของชิ้นส่วนแต่ละชิ้น

↓

ทำ shop แสดงขนาด และการตัดเจาะบาก ชิ้นส่วน

↓

ทำแบบแสดงวิธีการติดตั้ง

Pre-fab practice

ในงานโครงสร้างเหล็ก

วิศวกร เป็นผู้ออกแบบขนาด คาน เสา พิกัดโครงสร้าง และรูปแบบการต่อแบบทั่ว ๆ ไป เช่น รูปแบบทั่วไปของ การต่อเสากับคาน การต่อ moment connection การ splice เสาหรือคาน ฯลฯ รวมถึง รูปตัดเพื่อช่วยให้ความกระจ่างแก่ผู้ก่อสร้าง ให้ดำเนินการตาม design concept ของผู้ออกแบบ

- General note
- Plan
- Elevation
- B/C Schedule
- Section
- Typical detail

ใครเป็นผู้ทำ connection detail & shop drawing

ทำแบบการผลิต
+
ผลิตขึ้นรูป
+
ขนส่งไปติดตั้ง

รูปแบบ finished product

ขนาดมิติและพิกัดของชิ้นส่วนแต่ละชิ้น

ทำ shop แสดงขนาด และการตัดเจาะบาก ชิ้นส่วน

ทำแบบแสดงวิธีการติดตั้ง

Pre-fab practice

ถ้าให้ fabricator ทำ shop drawing

Fabricator ต้องสามารถทำความเข้าใจต่อ “input” หรือ แบบโครงสร้างที่ได้รับจากผู้ออกแบบ (Structural & MEP engineer/ Arch) พร้อมศักยภาพในการผลิตของโรงงาน การปรับเปลี่ยนวัสดุหรือวิธีการหากไม่สามารถดำเนินการตามผู้ออกแบบได้ทั้งหมด ตลอดจน “State-of-Art” ในการก่อสร้าง คือเข้าใจสภาพหน้างาน และเข้าใจวิธีการก่อสร้างว่าจะขึ้นรูปอย่างไร ถึงจะทำให้ก่อสร้าง (ติดตั้ง) ได้ง่ายที่สุด

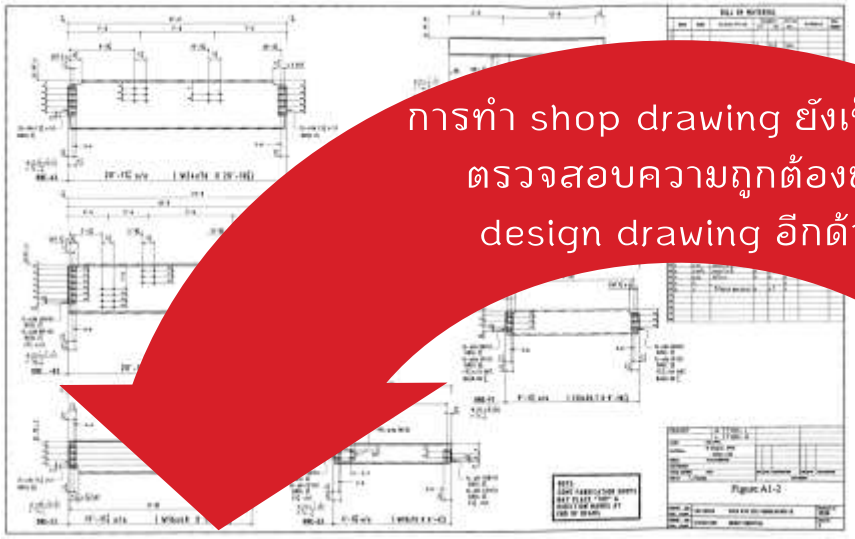
- General note
- Plan
- Elevation
- B/C Schedule
- Section
- Typical detail

แปล design drawings ให้เป็น shop drawing และส่งกลับไปให้ designer เพื่อขอ approve

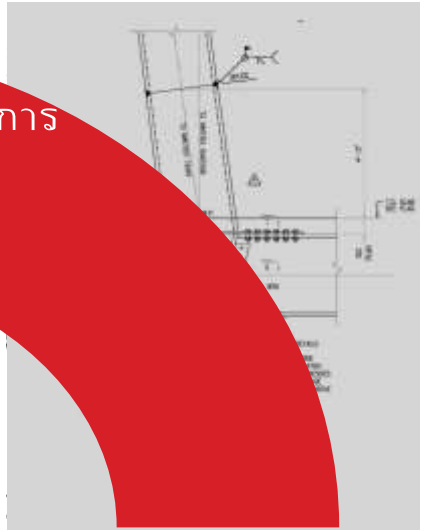
คำถามคือ ???

แล้ว designer กับ fabricator จะสื่อสารกันอย่างไร ด้วยภาษาอะไร ที่ designer จะสามารถเข้าใจรายละเอียดในการผลิตจาก shop เพื่อจะสามารถ **approve shop drawing** ได้

Pre-fab practice



การทำ shop drawing ยังเป็นการ
ตรวจสอบความถูกต้องของ
design drawing อีกด้วย



Erector

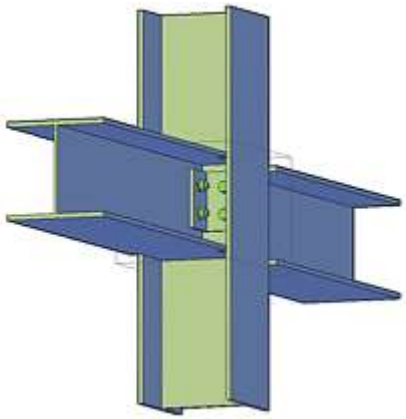
Designer
ภาษาวิศวกร

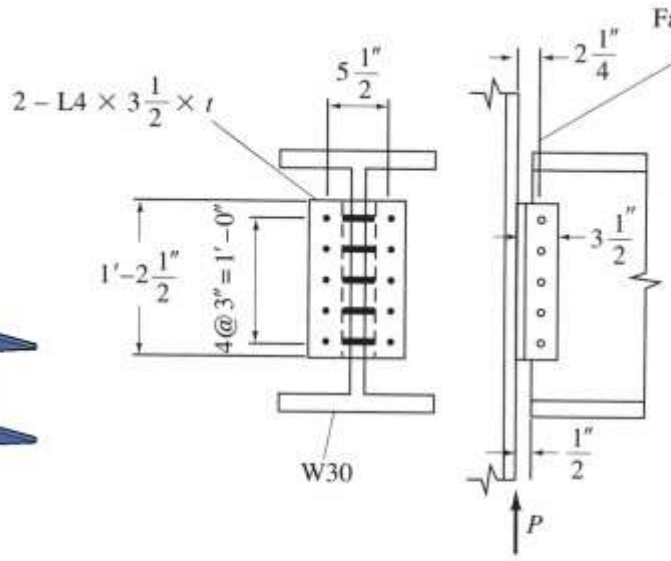
Detailer
(translator)

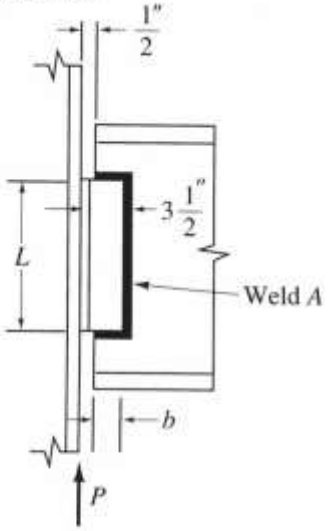
Fabricator
ภาษาช่าง

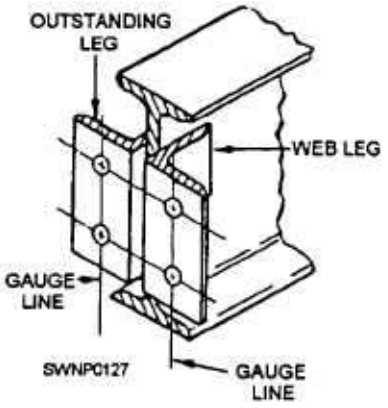
สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย
IRON AND STEEL INSTITUTE OF THAILAND

การต่อโครงสร้างเหล็ก
Steel Connection



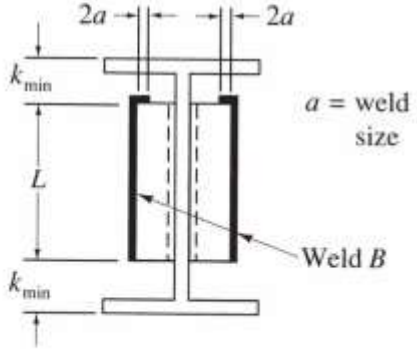


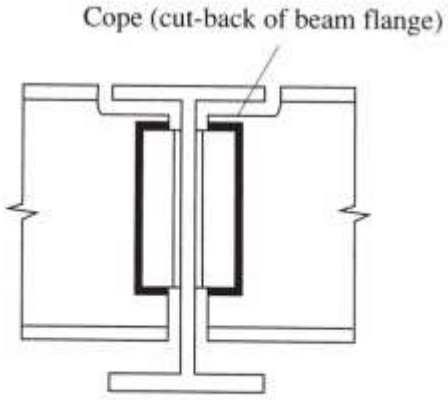




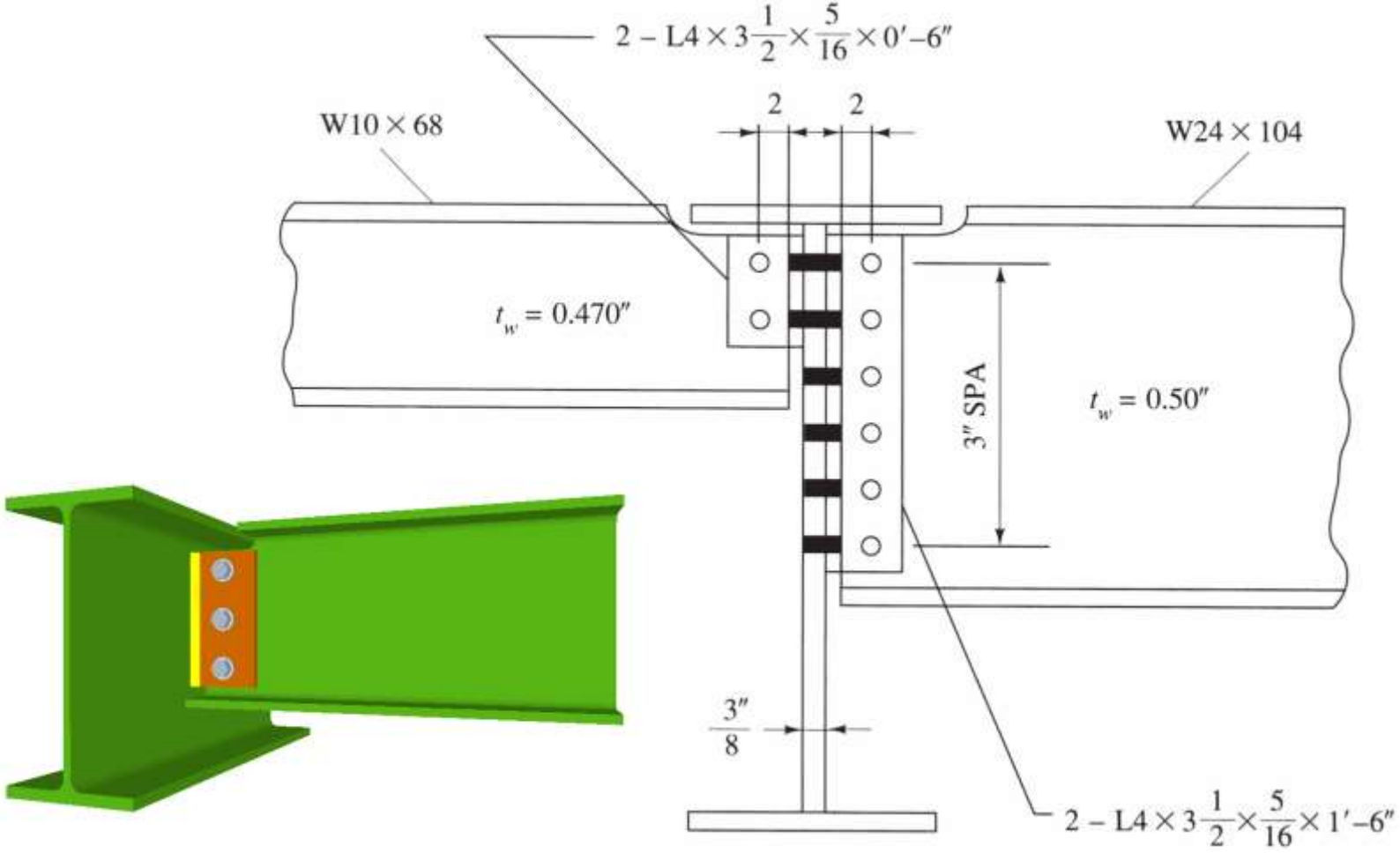
OSL & NSL Bolted Connection

OSL & NSL Welded Connection

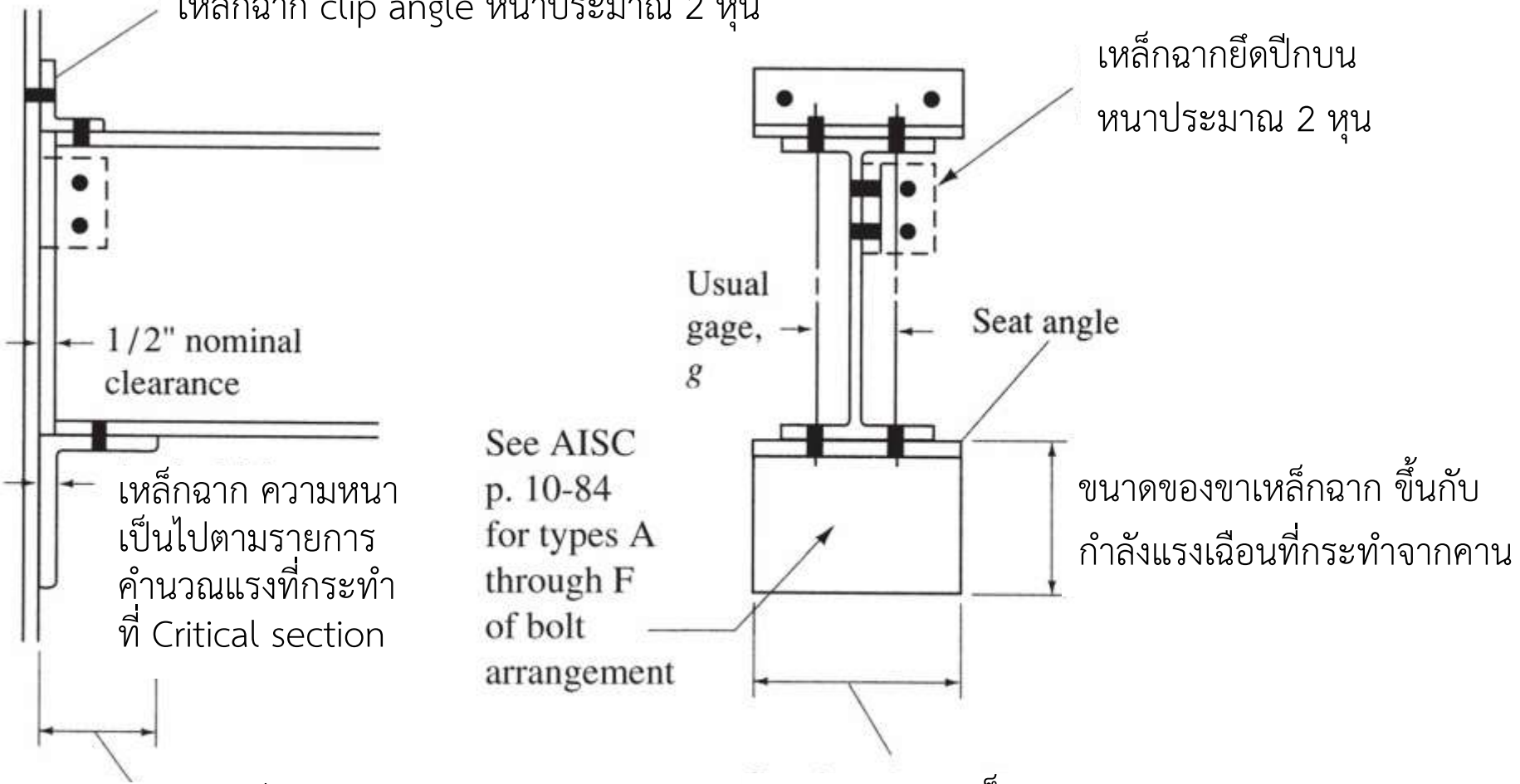




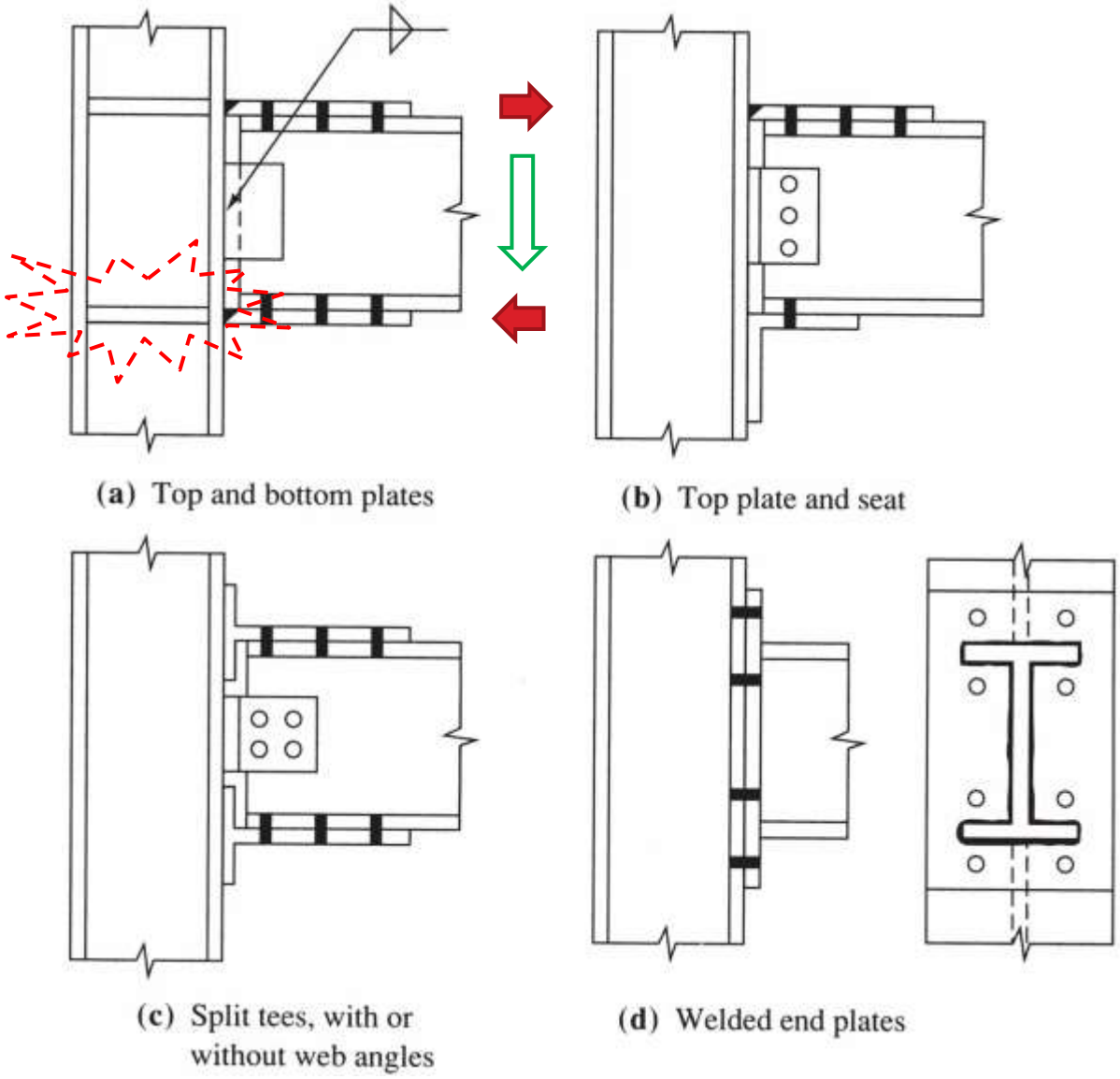
Double Angle Shear Connection



Beam-to-Girder Double Angle Shear Connection



Seated Connection



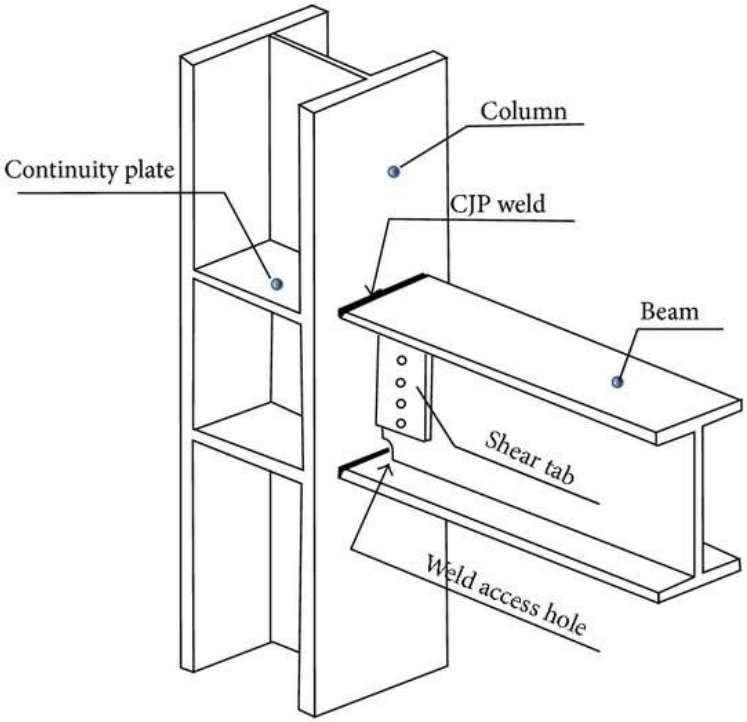
(a) Top and bottom plates

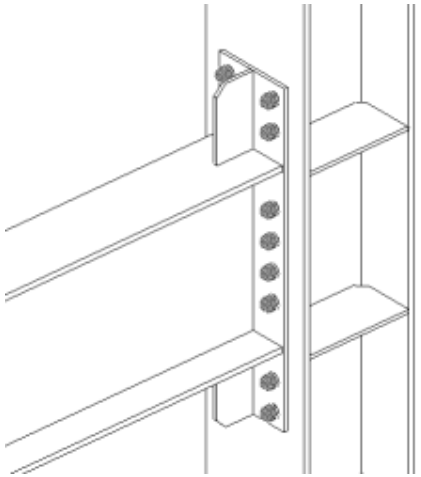
(b) Top plate and seat

(c) Split tees, with or without web angles

(d) Welded end plates

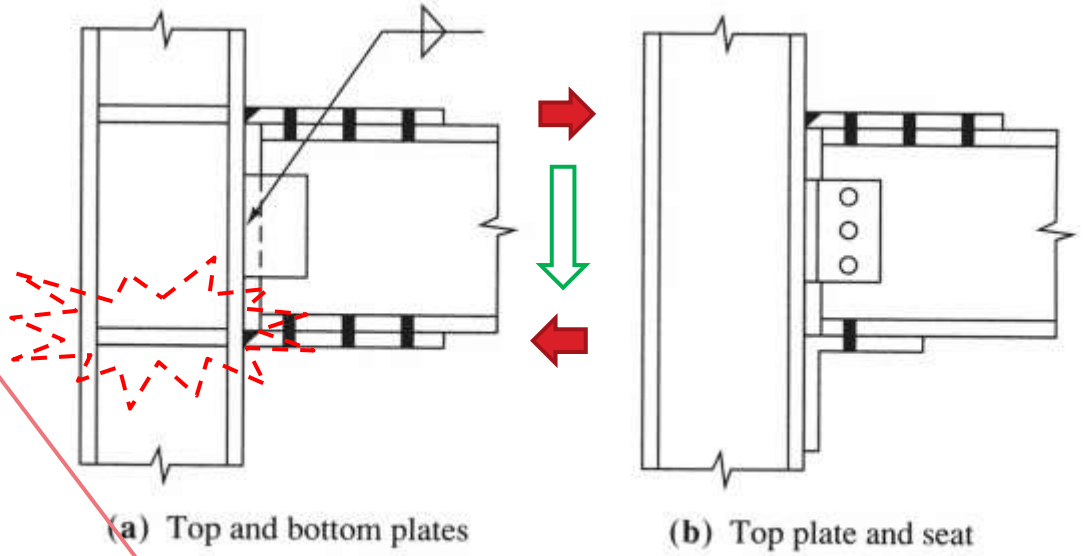
Moment Connection



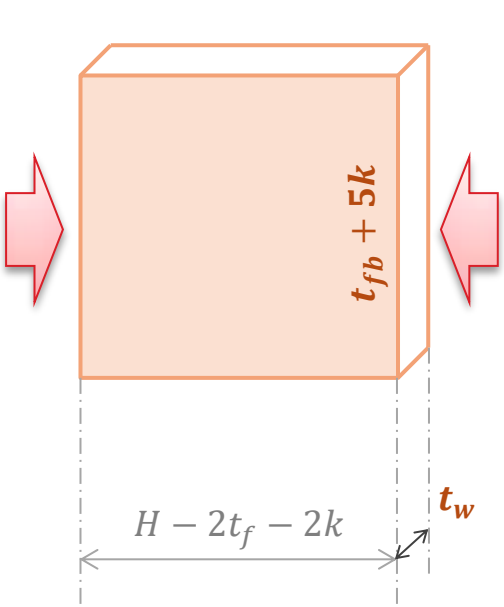


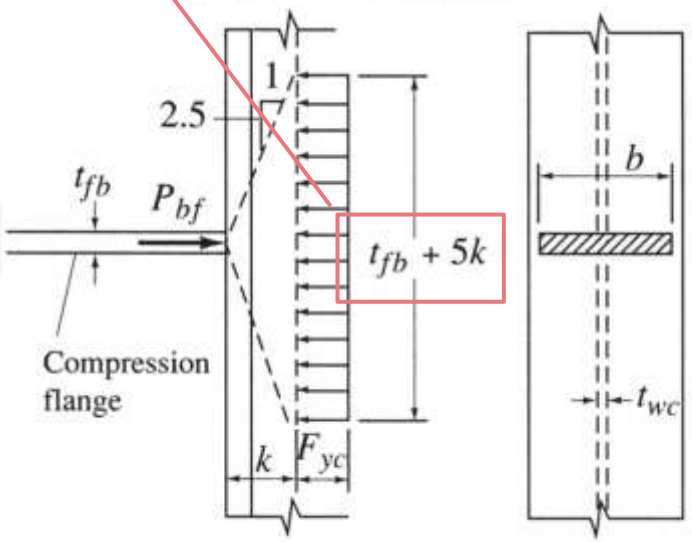
Moment Connection

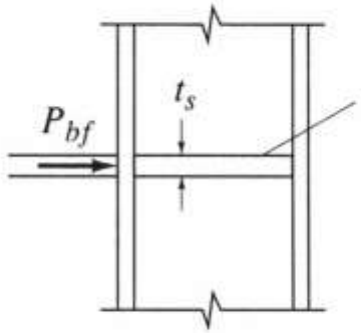
เกี่ยวข้องกับ (column) web yielding



(a) Top and bottom plates (b) Top plate and seat

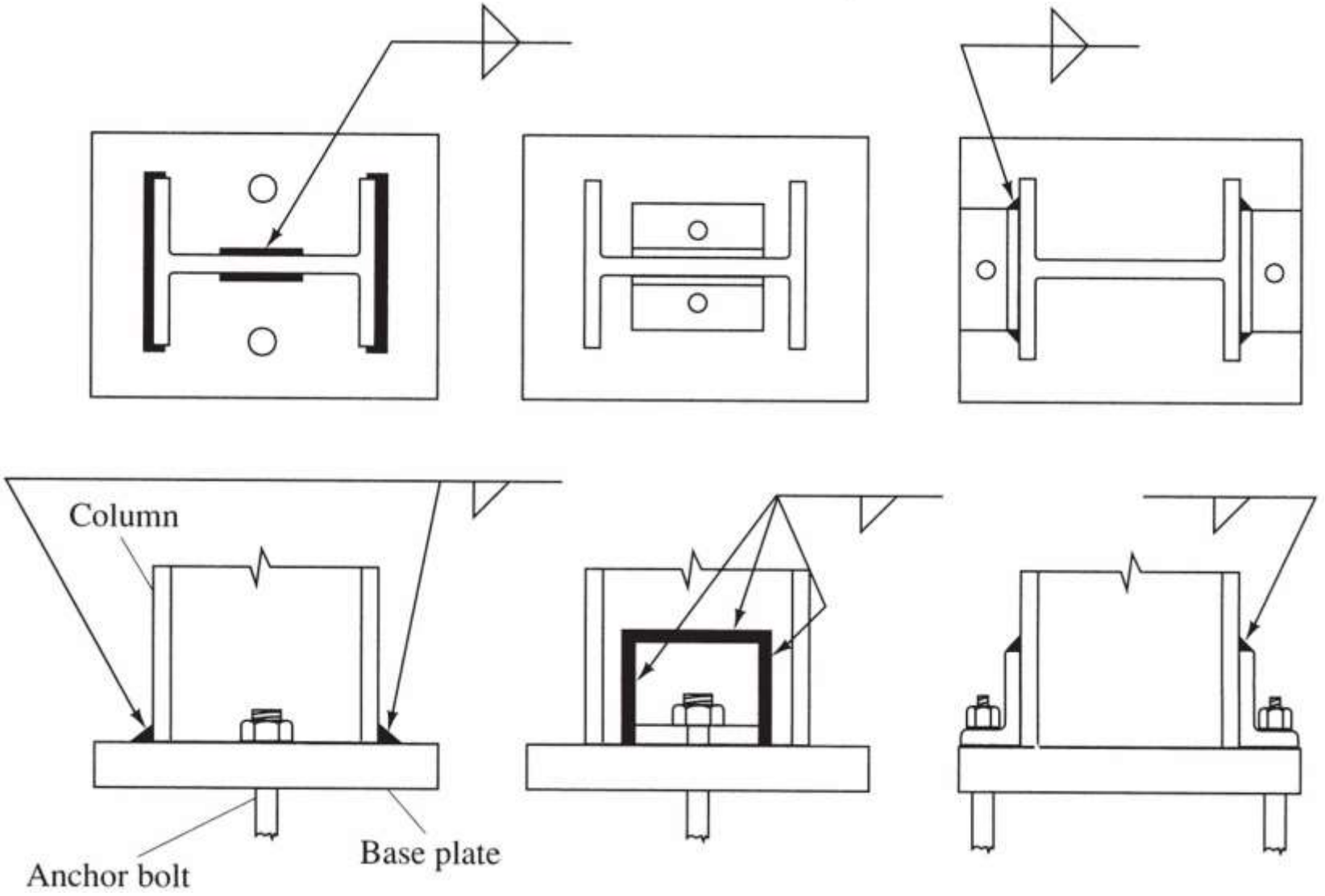




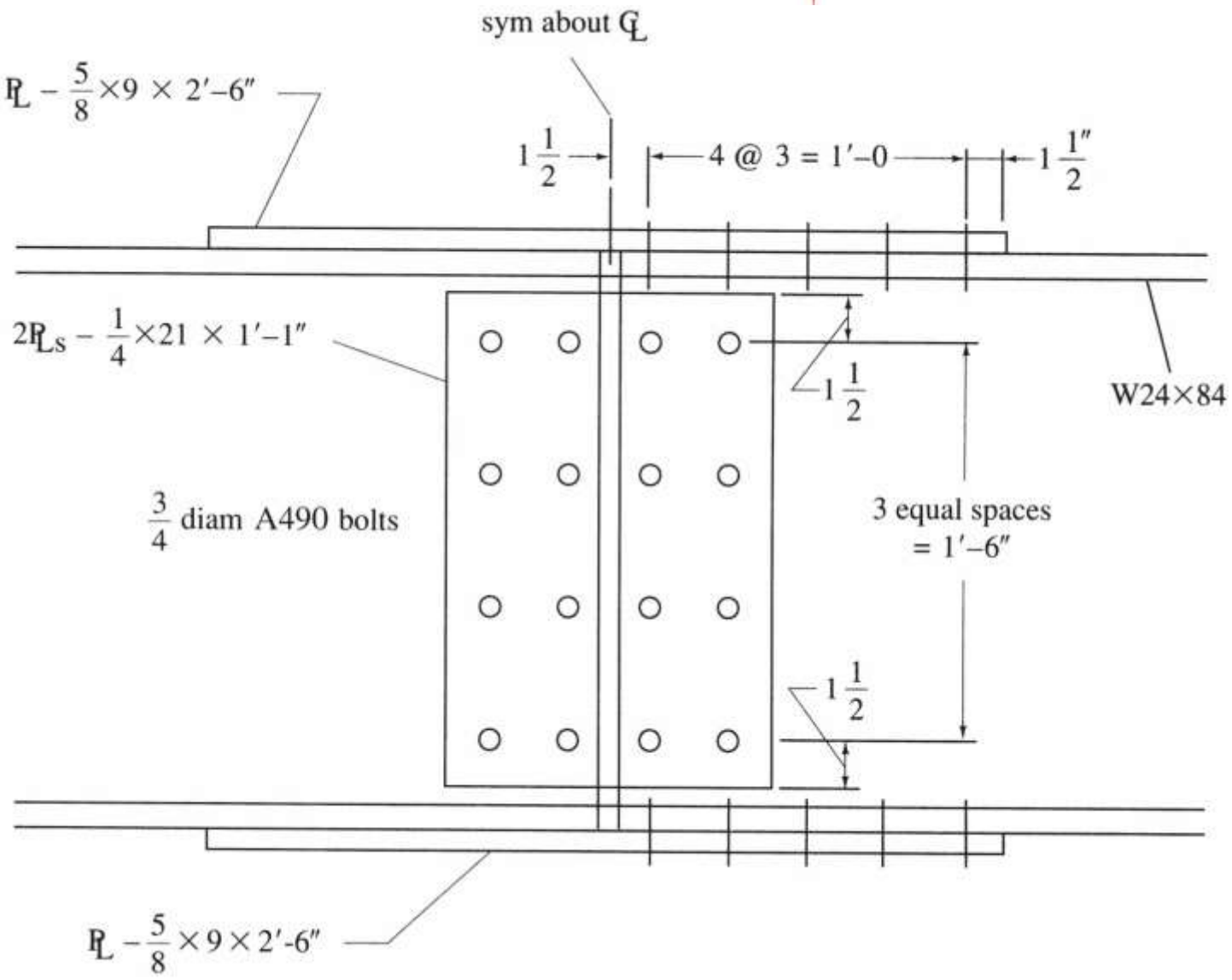


(a) *Without* column web stiffener (b) *With* column web stiffener

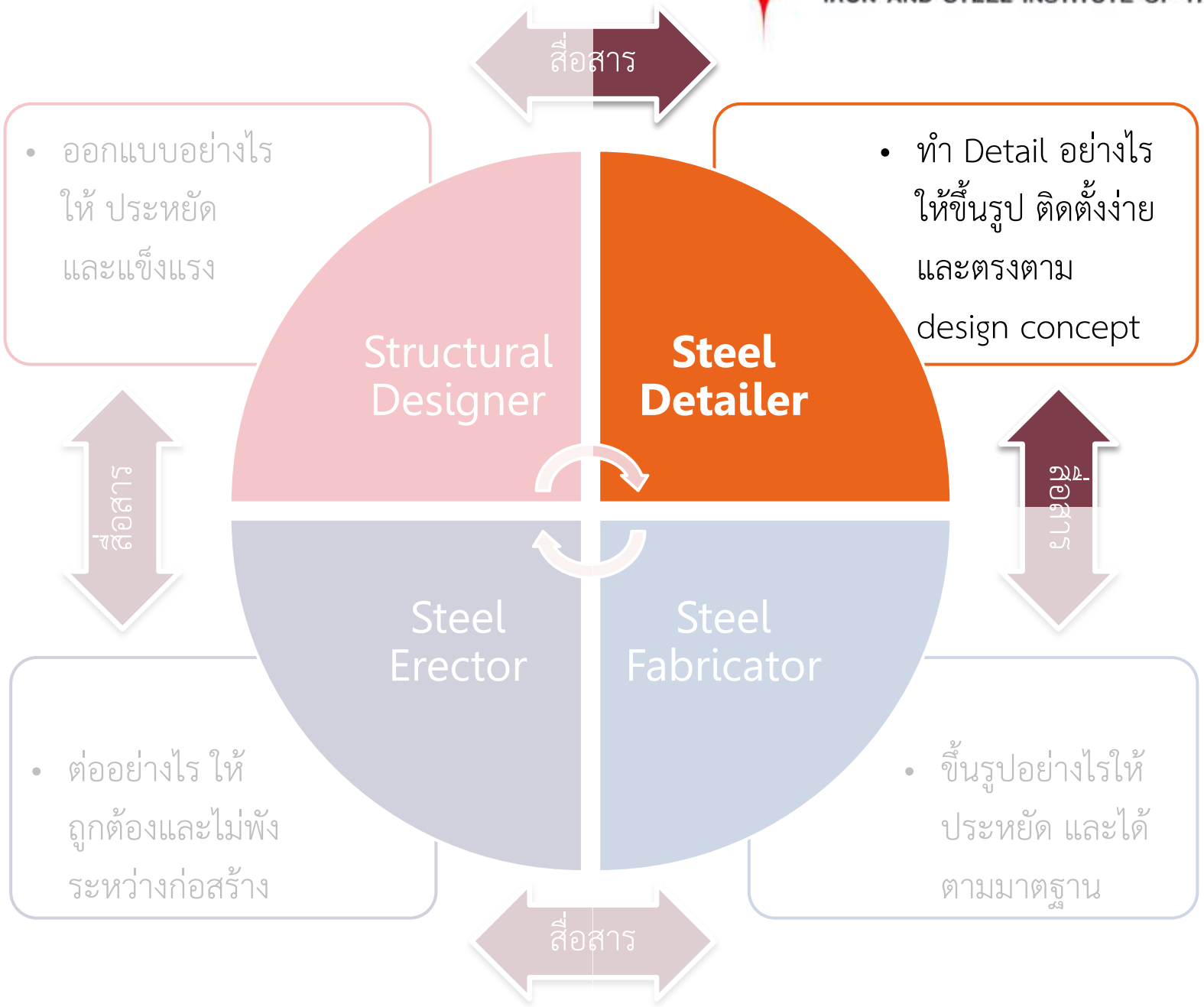
Moment Connection



Column Base Connection



Beam Splice Connection

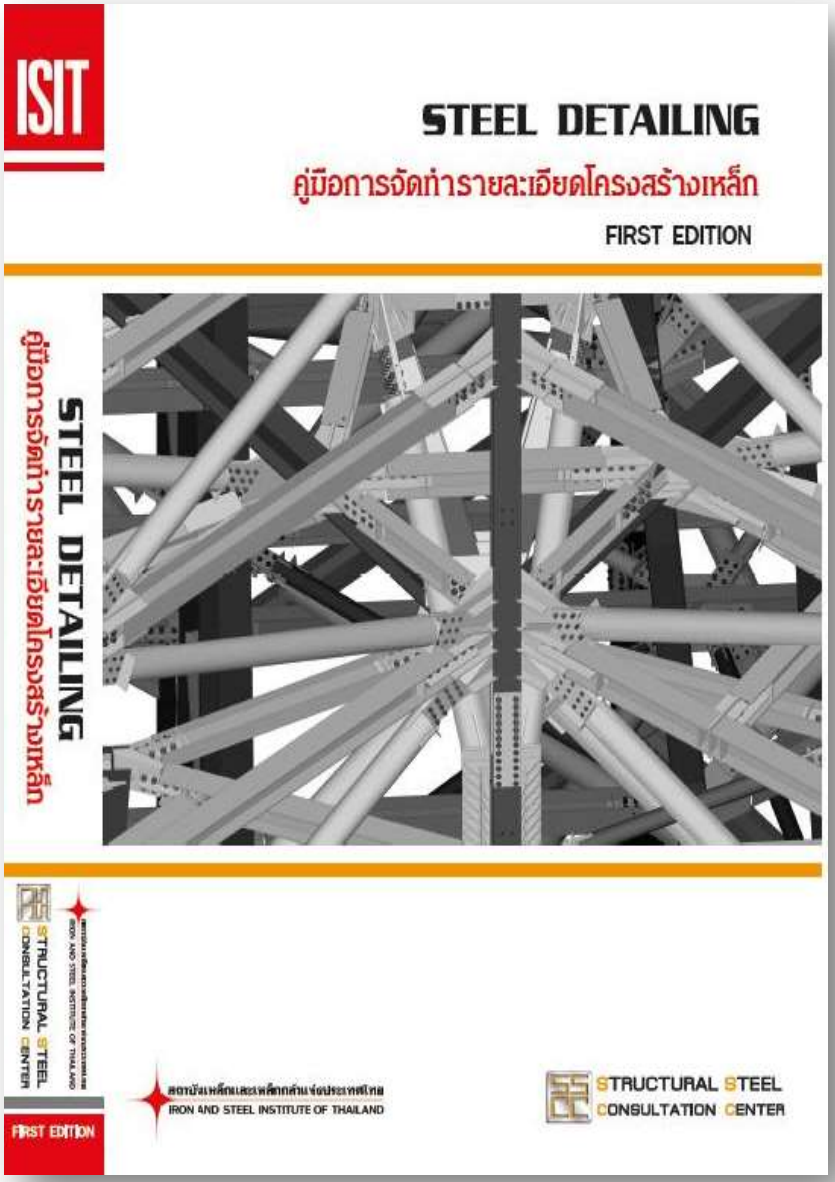

สื่อสาร
ออกแบบอย่างไร ให้ ประหยัด และแข็งแรง
ทำ Detail อย่างไร ให้ขึ้นรูป ติดตั้งง่าย และตรงตาม design concept
Structural Designer
Steel Detailer
สื่อสาร
สื่อสาร
Steel Erector
Steel Fabricator
ต่ออย่างไร ให้ถูกต้องและไม่พังระหว่างก่อสร้าง
ขึ้นรูปอย่างไรให้ประหยัด และได้ตามมาตฐาน
สื่อสาร

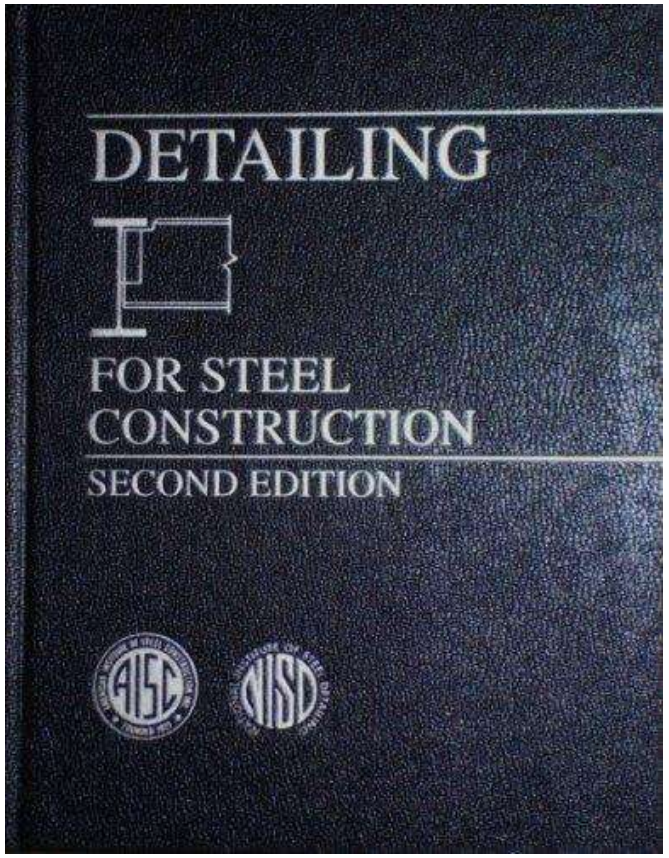
สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย
IRON AND STEEL INSTITUTE OF THAILAND

คู่มือ

การทำรายละเอียดโครงสร้างเหล็ก

STEEL DETAILING Manual


ISIT
STEEL DETAILING
คู่มือการจัดทำรายละเอียดโครงสร้างเหล็ก
FIRST EDITION
STEEL DETAILING
คู่มือการจัดทำรายละเอียดโครงสร้างเหล็ก
STRUCTURAL STEEL CONSULTATION CENTER
FIRST EDITION
สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย
IRON AND STEEL INSTITUTE OF THAILAND
STRUCTURAL STEEL
CONSULTATION CENTER


DETAILING
FOR STEEL
CONSTRUCTION
SECOND EDITION
AISC
AISD

REFERENCE

คณะกรรมการดำเนินการ

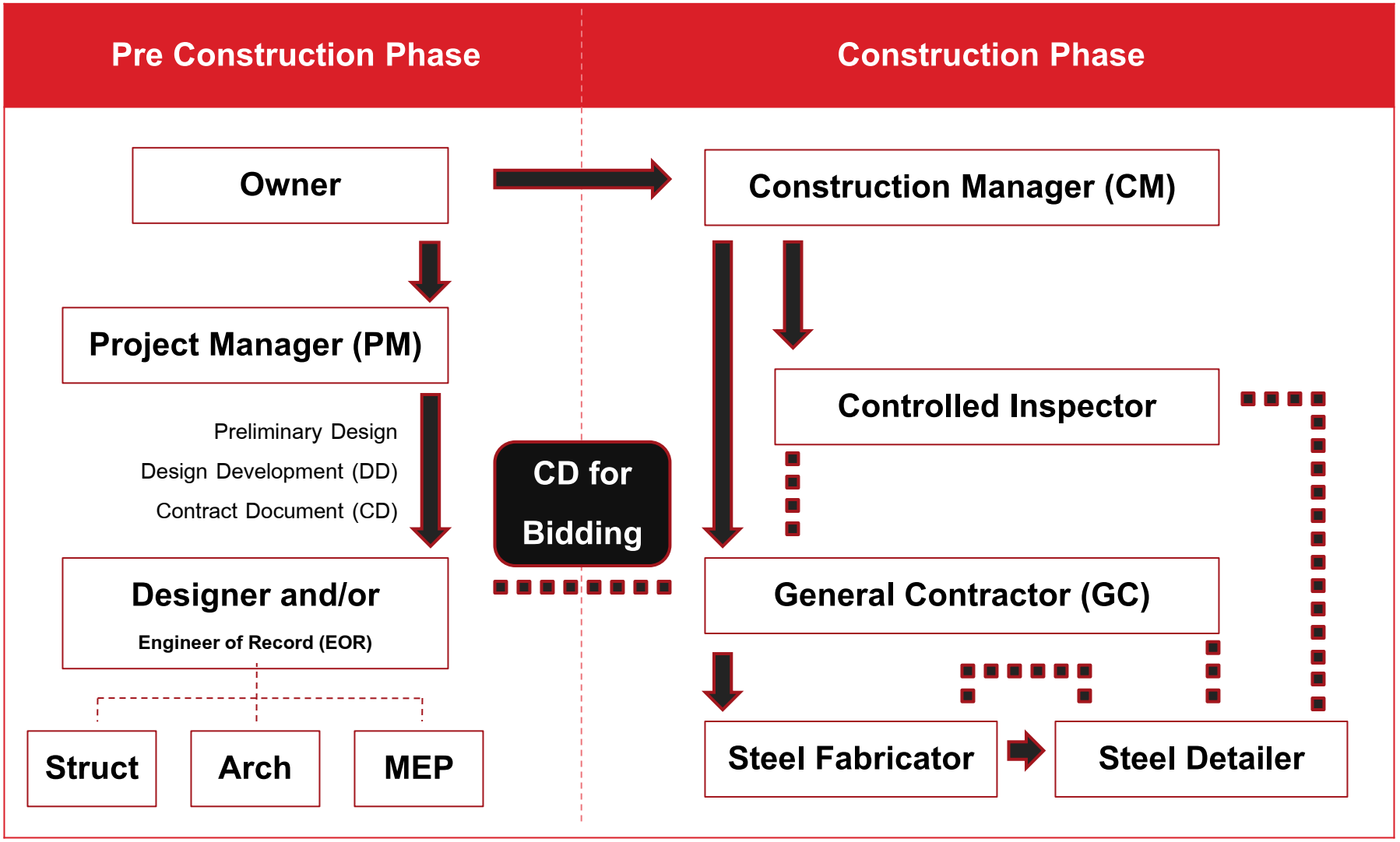
1.	ศ.ดร.	เอกสิทธิ์	ลิ้มสุวรรณ	สภาวิศวกร
2.	ดร.	สันติสุข	ปลูกสวัสดิ์	สถาบันเหล็กฯ
3.	ดร.	ธีระวุฒิ	มูฮำหมัด	พระจอมเกล้าธนบุรีฯ
4.	ผศ.ดร.	สุทัศน์	ลีลาทวีวัฒน์	พระจอมเกล้าธนบุรีฯ
5.	คุณ	กิตติ	จันทร์แสงศรี	บมจ. STP&I PCL.
6.	คุณ	สุวัฒน์	เหรียญศิริวรรณ	บมจ. STP&I PCL.
7.	คุณ	สมยศ	เจียมจิรังกร	บมจ. M.C.S. Steel
8.	คุณ	จรินทร์	ศรีสงคราม	บจก. วัฒนไพศาลเอ็นยิเนียริ่ง
9.	คุณ	สมเกียรติ	ลาภทวี	บจก. Thai Nippon Steel
10.	คุณ	ณัฐพล	สุทธิธรรม	สถาบันเหล็กฯ
11.	ดร.	พลเดช	เทอดพิทักษ์วานิช	บจก. RKV Consultant

รายละเอียดในคู่มือ
การทำรายละเอียดโครงสร้างเหล็ก

Detailed Content in *STEEL DETAILING* Manual

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ขั้นตอนการก่อสร้างและหน้าที่ของ Detailer



บทที่ 1 บทนำ

1.1 ขั้นตอนการก่อสร้างและหน้าที่ของ Detailer

4.2. Fabricator Responsibility

Except as provided in Section 4.5, the Fabricator shall produce Shop and Erection Drawings for the fabrication and erection of the Structural Steel and is responsible for the following:

(a) The transfer of information from the Contract Documents into accurate and complete Shop and Erection Drawings; and,
(b) The development of accurate, detailed dimensional information to provide for the fit-up of parts in the field.

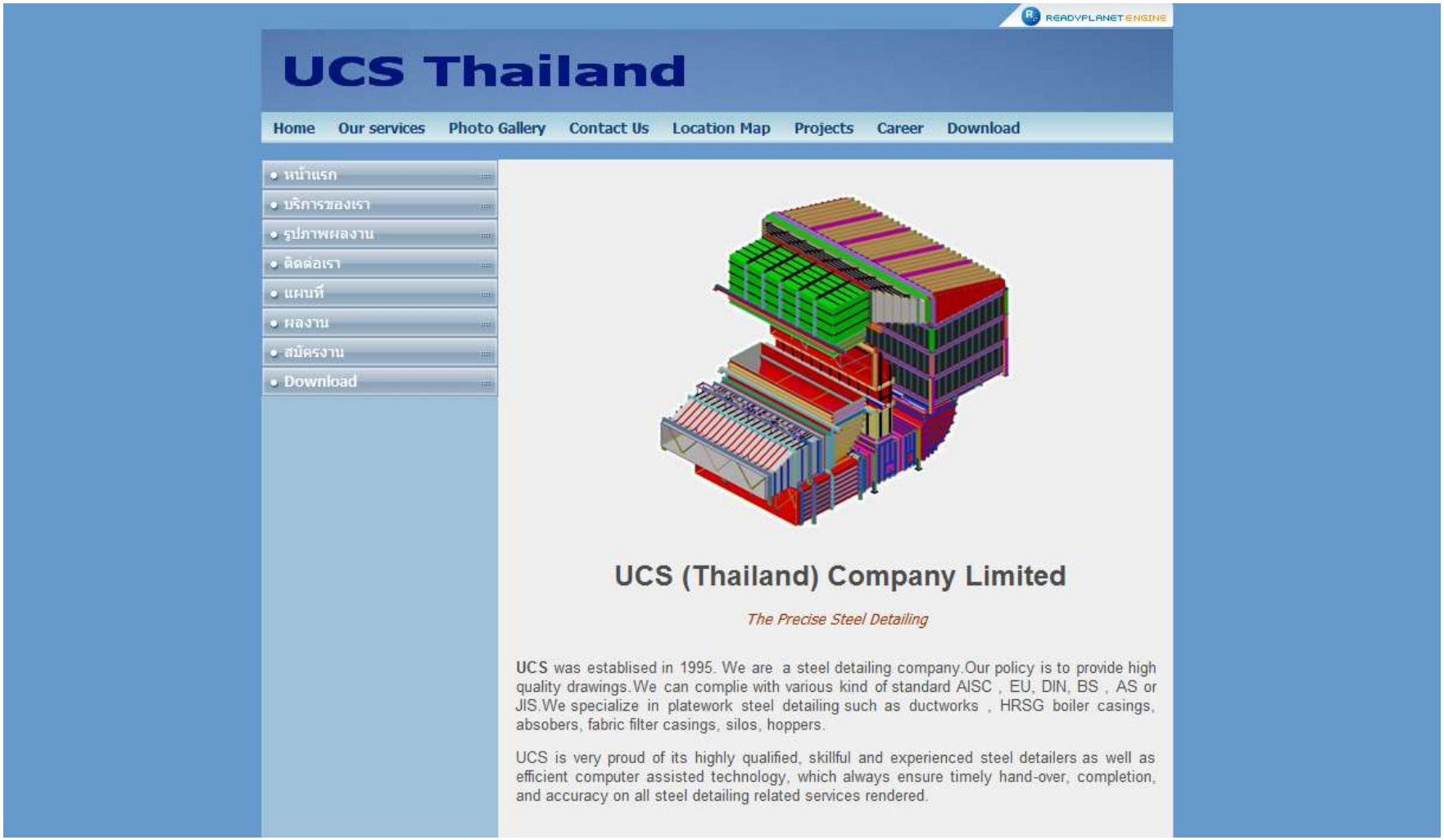
Each Shop and Erection Drawing shall be identified by the same drawing number throughout the duration of the project and shall be identified by revision number and date, with each specific revision clearly identified.

When the Fabricator submits a request to change Connection details that are described in the Contract Documents, the Fabricator shall notify the Owner's Designated Representatives for Design and Construction in writing in advance of the submission of the Shop and Erection Drawings. The Owner's Designated Representative for Design shall review and approve or reject the request in a timely manner.

Code of Standard Practice for Steel Buildings and Bridges, March 18, 2005
AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ขั้นตอนการก่อสร้างและหน้าที่ของ Detailer



บทที่ 1 บทนำ

1.2 ข้อกำหนดสำหรับเหล็กโครงสร้าง

มอก. 1227 2539	JIS G3101 1995	JIS G3106 1995	JIS G3136 1994	BS 4360 1986	BS EN 10025 1986	ASTM 1997
SS400	SS400			43A		A36
SS490	SS490			50A		
SS540	SS540					
SM400		SM400A SM400B	SN400A SN400B	43B 43C	S275JR	A572 Gr.42
SM490		SM490B SM490 YA SM490 YB	SN490B	50B 50C	S355JR	A572 Gr.50 A992
SM520 SM570		SM520B SM570				

1.2 ข้อกำหนดสำหรับเหล็กโครงสร้าง *(สำหรับประเทศไทย)*

มาตรฐานทั่วไป

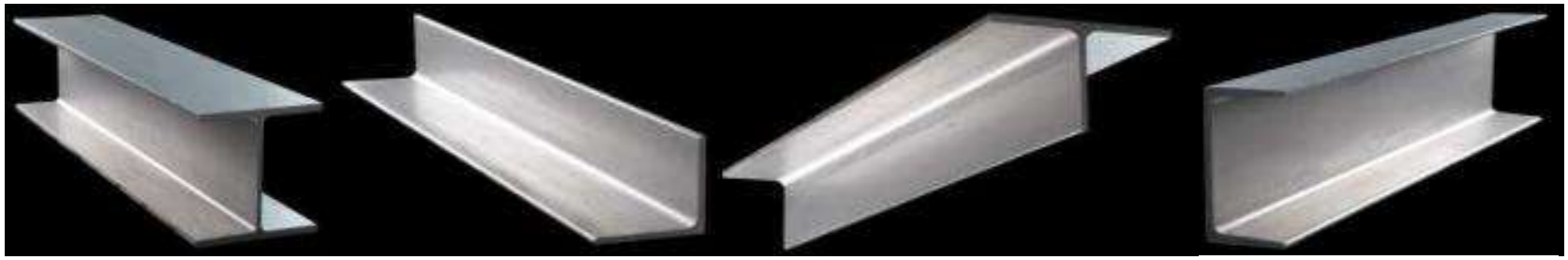
เป็นเครื่องหมายที่แสดงกับผลิตภัณฑ์ที่เป็นมาตรฐานไม่บังคับ ผู้ผลิตสามารถยื่นขอใบอนุญาตแสดงเครื่องหมายมาตรฐานได้ด้วยความสมัครใจ

มาตรฐานบังคับ

เป็นเครื่องหมายที่แสดงบนผลิตภัณฑ์ที่มีกฎหมายกำหนดให้ต้องเป็นไปตามมาตรฐาน เพื่อคุ้มครองความปลอดภัยให้แก่ผู้บริโภค และป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นแก่เศรษฐกิจของประเทศ ผู้ผลิต ผู้นำเข้าและผู้จำหน่าย จะต้องผลิต นำเข้าและจำหน่ายเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ต้องเป็นไปตามมาตรฐานเท่านั้น

1.2 ข้อกำหนดสำหรับเหล็กโครงสร้าง

- เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน (Hot-Rolled Section)



บทที่ 1 บทนำ

1.2 ข้อกำหนดสำหรับเหล็กโครงสร้าง *(สำหรับประเทศไทย)*

- **เหล็กโครงสร้างรูปพรรณขึ้นรูปเย็น (Cold-Formed Section)**
  - C / Lip C
  - Z / Lip Z
  - Angle
  - Hat

  (มอก. 1228-2549 มาตรฐานบังคับ)

- **เหล็กโครงสร้างรูปพรรณกลวง (Hollow Steel Section, HSS)**

  (มอก. 107-2533 มาตรฐานทั่วไป)

2.1 เหล็กโครงสร้างรูปพรรณกลวง ซึ่งต่อไปในมาตรฐานนี้จะเรียกว่า "เหล็กกลวง" แบ่งตามรูปภาคตัดออกเป็น 3 แบบ คือ

2.1.1 แบบกลม แบ่งตามสมบัติในการดึงออกเป็น 3 ชั้นคุณภาพ คือ HS 41 HS 50 และ HS 51

2.1.2 แบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส แบ่งตามสมบัติในการดึงออกเป็น 2 ชั้นคุณภาพ คือ HS 41 และ HS 50

2.1.3 แบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า แบ่งตามสมบัติในการดึงออกเป็น 2 ชั้นคุณภาพ คือ HS 41 และ HS 50

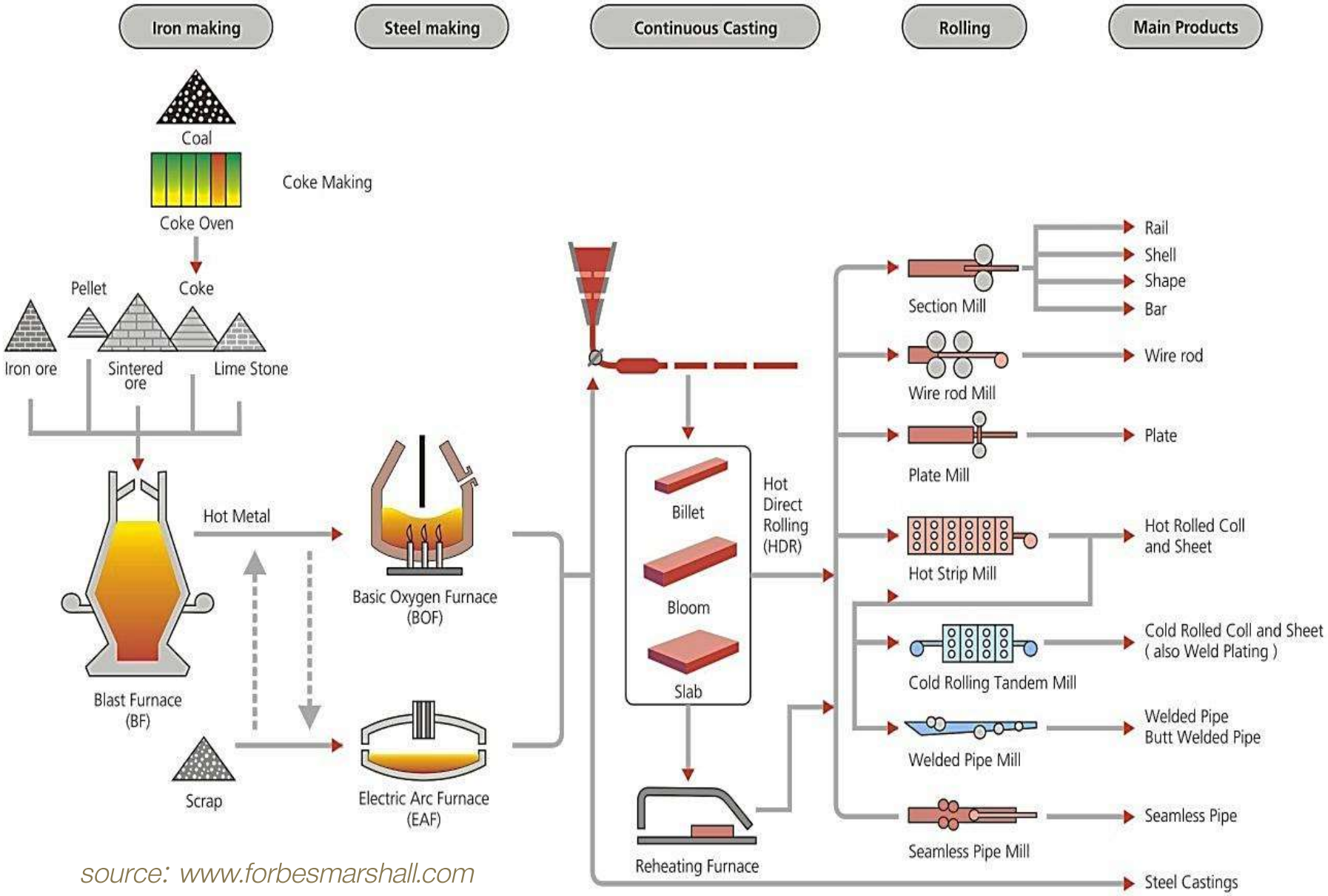
บทที่ 1 บทนำ

1.2 ข้อกำหนดสำหรับเหล็กโครงสร้าง *(สำหรับประเทศไทย)*

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเหล็กโครงสร้างรูปพรรณกลวง

มาตรฐานทั่วไป มอก. 107-2533

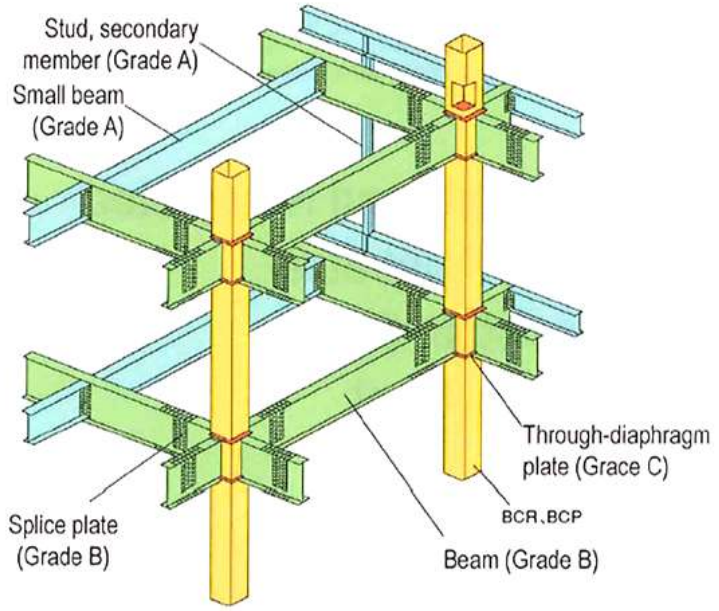
Material Grade	Chemical Composition (%)					Mechanical Properties		
	C Max	Si Max	Mn Max	P Max	S Max	Yield Stress ksc	Tensile Strength ksc	Elongation (%)
HS 41	0.28	-	-	0.048	0.048	SM400 SS400 2,400	4,100	23
HS 50	0.21	0.57	1.53	0.048	0.048	SM490 3,200	5,000	23
HS 51	0.33	0.37	0.33-1.03	0.048	0.048	SM520 3,600	5,100	15



source: www.forbesmarshall.com

1.2 ข้อกำหนดสำหรับเหล็กโครงสร้าง *(สำหรับประเทศไทย)*

มอก. 1227 2539	JIS G3101 1995	JIS G3106 1995	JIS G3136 1994
SS400	SS400		
SS490	SS490		
SS540	SS540		
SM400		SM400A SM400B	SN400A SN400B
SM490		SM490B SM490 YA SM490 YB	SN490B
SM520 SM570		SM520B SM570	



มาตรฐานบังคับ
มอก. 1227-2539m

บทที่ 1 บทนำ

1.2 ข้อกำหนดสำหรับเหล็กโครงสร้าง *(สำหรับประเทศไทย)*

มอก.1227-2537

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด ...

1.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ครอบคลุมถึงเหล็กโครงสร้างที่ทำจากเหล็กกล้าละมุน (mild steel) ...

1.3 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ไม่ครอบคลุมถึง ...

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 เหล็กโครงสร้างรูปพรรณ หมายถึง ...

2.2 การรีดร้อน (hot rolling) หมายถึง ... (critical temperature) ...

3. แบบและชั้นคุณภาพ

3.1 เหล็กโครงสร้างแบ่งตามรูปลักษณะออกเป็น 5 แบบ ตามตารางที่ 1

3.2 เหล็กโครงสร้างแบ่งตามส่วนประกอบทางเคมีและสมบัติทางกลออกเป็น 4 ชั้นคุณภาพ คือ SM 400 SM 490 SM 520 และ SM 570 ตามตารางที่ 11 และตารางที่ 12

-1-

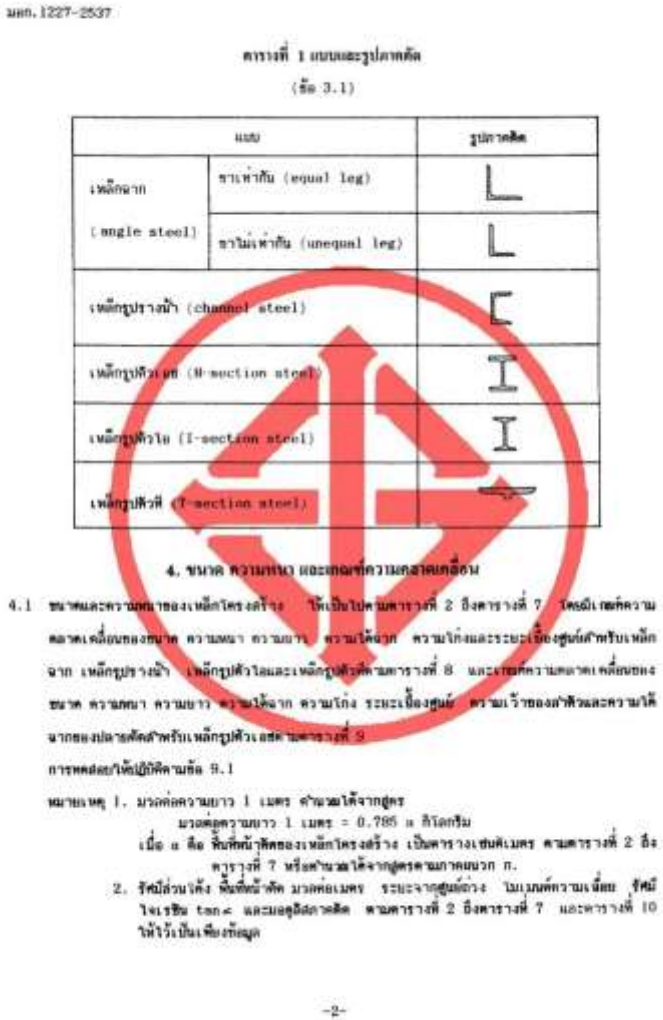
1. ขอบข่ายของมาตรฐานฉบับนี้ ว่าครอบคลุมผลิตภัณฑ์อะไรบ้าง

2. บทนิยาม แสดงความหมายของ technical term ที่สำคัญ

3. ขอบเขตและชั้นคุณภาพ แสดง grade และรูปพรรณสัณฐานของผลิตภัณฑ์ในข้อ 1

บทที่ 1 บทนำ

1.2 ข้อกำหนดสำหรับเหล็กโครงสร้าง *(สำหรับประเทศไทย)*



มอก. 1227-2537

ตารางที่ 1 แบบและรูปภาคตัด

(ข้อ 3.1)

แบบ		รูปภาคตัด
เหล็กฉาก (angle steel)	ขาเท่ากัน (equal leg)	
	ขาไม่เท่ากัน (unequal leg)	
เหล็กรูปรางน้ำ (channel steel)		
เหล็กรูปตัวเอช (H-section steel)		
เหล็กรูปตัวไอ (I-section steel)		
เหล็กรูปตัวที (T-section steel)		

4. ขนาด ความยาว และเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

4.1 ขนาดและความหมายของเหล็กโครงสร้าง ให้เป็นไปตามตารางที่ 2 ถึงตารางที่ 7 โดยมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของขนาด ความหนา ความยาว ความโค้งงอ ความโก่งและระยะเยื้องศูนย์สำหรับเหล็กฉาก เหล็กรูปรางน้ำ เหล็กรูปตัวไอและเหล็กรูปตัวทีตามตารางที่ 8 และเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของขนาด ความหนา ความยาว ความโค้งงอ ความโก่ง ระยะเยื้องศูนย์ ความเว้าของสำหรับและความโค้งงอของปลายคัดสำหรับเหล็กรูปตัวเอชตามตารางที่ 9

การหลุดออกให้เป็นไปตามข้อ 9.1

หมายเหตุ 1. มวลต่อความยาว 1 เมตร คำนวณได้จากสูตร

มวลต่อความยาว 1 เมตร = 0.785 a กิโลกรัม

เมื่อ a คือ พื้นที่หน้าตัดของเหล็กโครงสร้าง เป็นตารางเซนติเมตร ตามตารางที่ 2 ถึงตารางที่ 7 หรือคำนวณได้จากสูตรตามภาคผนวก ก.

2. รัศมีส่วนโค้ง พื้นที่หน้าตัด มวลต่อเมตร ระยะจากศูนย์ถ่วง โมเมนต์ความเฉื่อย รัศมีไจเรชัน tanα และมอดูลัสภาคตัด ตามตารางที่ 2 ถึงตารางที่ 7 และตารางที่ 10 ให้ไว้เป็นเพียงข้อมูล

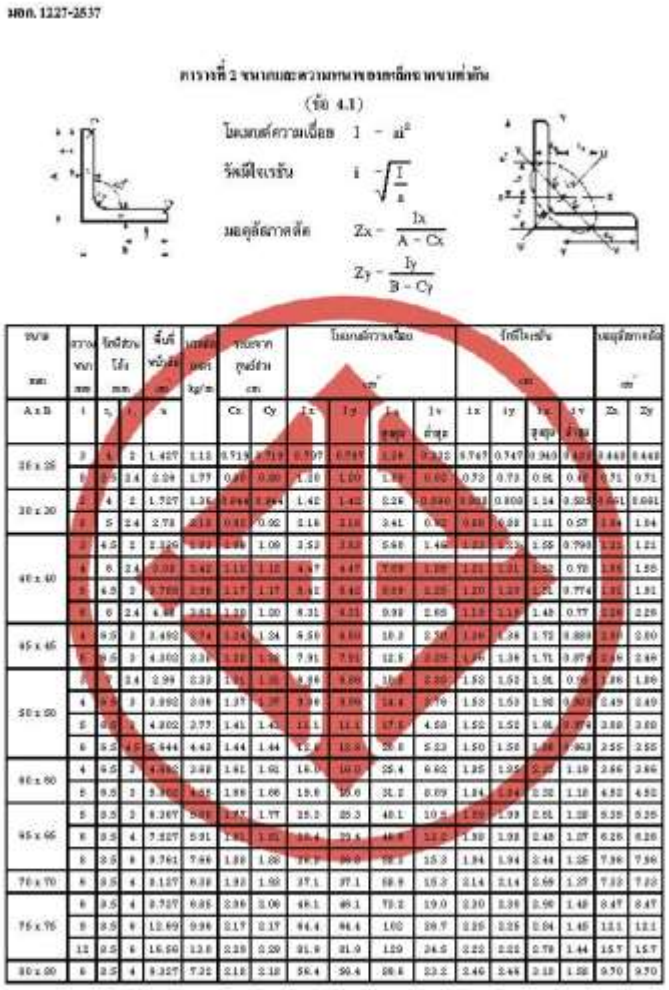
-2-

ความคลาดเคลื่อนจากโรงรีด

Mill Tolerance

4. ขนาด ความยาว และเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน แสดงกรอบการยอมรับของขนาดมิติต่าง ๆ ที่ มอก. ให้การรับรอง

1.2 ข้อกำหนดสำหรับเหล็กโครงสร้าง *(สำหรับประเทศไทย)*



มอก. 1227-2537

ตารางที่ 2 ขนาดและความหนาของเหล็กรูปพรรณชนิดมุมเท่ากัน

(ข้อ 4.1)

โมเมนต์ความเฉื่อย $I = ai^2$

รัศมีไจเรชัน $i = \sqrt{\frac{I}{a}}$

มอดุลัสภาคตัด $Z_x = \frac{I_x}{A - C_x}$

$Z_y = \frac{I_y}{B - C_y}$

ตารางแสดงขนาดมิติ และคุณสมบัติเชิงกลของหน้าตัด เช่น

- โมเมนต์ความเฉื่อย (moment of inertia)
- รัศมีไจเรชั่น (radius of gyration)
  - *ใช้สัญลักษณ์ i_x, i_y ในขณะที่ วสท. และ AISC ใช้ r_x, r_y*
- โมดุลัสภาคตัด (section modulus)
  - *ใช้สัญลักษณ์ Z_x, Z_y ในขณะที่ วสท. และ AISC ใช้ S_x, S_y*

1.2 ข้อกำหนดสำหรับเหล็กโครงสร้าง *(สำหรับประเทศไทย)*

มอก. 1227-2537

ตารางที่ 8 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของขนาด ความหนา ความยาว ความได้ฉาก ความโค้ง และระยะเยื้องศูนย์สำหรับเหล็กฉาก เหล็กรูปรางน้ำ เหล็กรูปตัวไอและเหล็กรูปตัวที

(ข้อ 4.1 และข้อ 4.2)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

			เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน	หมายเหตุ
A หรือ B	น้อยกว่า 50		± 1.5	
	50 ถึงน้อยกว่า 100		± 2.0	
	100 ถึงน้อยกว่า 200		± 2.5	
	200 และมากกว่า		± 4.0	
H	น้อยกว่า 100		± 1.5	
	100 ถึงน้อยกว่า 200		± 2.0	
	200 ถึงน้อยกว่า 400		± 3.0	
	400 และมากกว่า		± 4.0	
ความหนา (t หรือ t_1, t_2)	H ไม่เกิน 130	น้อยกว่า 6.3	± 0.6	
		6.3 ถึงน้อยกว่า 10	± 0.7	
		10 ถึงน้อยกว่า 16	± 0.8	
		16 และมากกว่า	± 1.0	
	H เกิน 130	น้อยกว่า 6.3	± 0.7	
		6.3 ถึงน้อยกว่า 10	± 0.8	
		10 ถึงน้อยกว่า 16	± 1.0	
		16 ถึงน้อยกว่า 25	± 1.2	
		25 และมากกว่า	± 1.5	
ความยาว	ไม่เกิน 7 เมตร		+ 40 0	
	เกิน 7 เมตร		ความเกิน 40 มิลลิเมตร บวก 5 มิลลิเมตร ทุก ๆ ความยาว 1 เมตรที่มากกว่า 7 เมตร ด้วยราด ไม่มี	
ความได้ฉาก (squareness) (T)	เหล็กรูปตัวไอ		ไม่เกินร้อยละ 2 ของมิติ B	
	เหล็กฉากและเหล็กรูปรางน้ำ		ไม่เกินร้อยละ 2.5 ของมิติ B	
ความโค้ง (bend)	เหล็กรูปตัวไอและตัวที		ไม่เกินร้อยละ 0.2 ของความยาว	
	เหล็กฉากและเหล็กรูปรางน้ำ		ไม่เกินร้อยละ 0.3 ของความยาว	
ระยะเยื้องศูนย์ (eccentricity) (S)	เหล็กรูปตัวที		± 3.0	

ตารางแสดงเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของขนาด ความได้ฉาก ความโค้ง ฯลฯ

- แสดงถึงการยอมรับได้ต่อความแม่นจำจากการรีดโดยโรงรีดเหล็ก (mill tolerance)
  - *Squareness*
  - *Bend*
  - *Eccentricity*
  - *Concavity of web*

บทที่ 1 บทนำ

1.2 ข้อกำหนดสำหรับเหล็กโครงสร้าง *(สำหรับประเทศไทย)*

1227-2539

4. ให้ยกเลิกความในตารางที่ 11 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"ตารางที่ 11 ชั้นคุณภาพ และส่วนประกอบทางเคมีเมื่อวิเคราะห์จากเบ้า
(ข้อ 3.2 และข้อ 5.1)

ชั้นคุณภาพ	ส่วนประกอบทางเคมี ร้อยละโดยน้ำหนัก				
	คาร์บอน สูงสุด	ซิลิคอน สูงสุด	แมงกานีส	ฟอสฟอรัส สูงสุด	กำมะถัน สูงสุด
SM 400	0.20	0.35	0.60 ถึง 1.40	0.035	0.035
SM 490	0.18	0.55	1.60 สูงสุด	0.035	0.035
SM 520	0.20	0.55	1.60 สูงสุด	0.035	0.035
SM 570	0.18	0.55	1.60 สูงสุด	0.035	0.035
SS 400	-	-	-	0.050	0.050
SS 490	-	-	-	0.050	0.050
SS 540	0.30	-	1.60 สูงสุด	0.040	0.040

หมายเหตุ 1. หากวิเคราะห์จากผลิตภัณฑ์ ปริมาณเชาสูงสุดของ ๆ ยกเว้นให้มากกว่าที่กำหนดในตารางที่ 11 ได้ดังนี้

คาร์บอน	0.03
ซิลิคอน	0.05
แมงกานีส	0.05
ฟอสฟอรัส	0.01
กำมะถัน	0.01

2. - หมายถึง ไม่กำหนด"

5. ให้เพิ่มความต่อไปนี้เป็นข้อ 6.2.3

"6.2.3 การดัดโค้ง (เฉพาะชั้นคุณภาพ SS400 SS490 และ SS540) เมื่อทดสอบตามข้อ 9.4 แล้ว ต้องไม่มีรอยแตกร้าวหรือรอยหักที่ด้านนอกของส่วนโค้งของชิ้นทดสอบ"

5. ส่วนประกอบทางเคมี (chemical property) ของเนื้อวัสดุเหล็ก ว่าจะต้องมีแร่ธาตุที่ระบุไม่เกินปริมาณเท่าใด ด้วยหากเกินเกณฑ์ที่กำหนด จะทำให้คุณสมบัติและการใช้งานเปลี่ยนแปลงไป

- *Chemical property เป็นหนึ่งใน parameter ที่ใช้แบ่งเกณฑ์ชั้นคุณภาพ (grade) ของผลิตภัณฑ์โครงสร้างเหล็ก*
  - *SS งานไม่เน้นการเชื่อม*
  - *SM งานเชื่อม*
  - *SN งานเชื่อมที่ควบคุม Yield ratio และ direction property ของเหล็ก*

บทที่ 1 บทนำ

1.2 ข้อกำหนดสำหรับเหล็กโครงสร้าง *(สำหรับประเทศไทย)*

6. ให้ยกเลิกความในตารางที่ 12 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"ตารางที่ 12 ชั้นคุณภาพ ความต้านแรงดึงที่จุดคราก ความต้านแรงดึงและความยืด และความต้านการกระแทก (ข้อ 3.2 ข้อ 6.2.1 และข้อ 6.2.2)

ชั้นคุณภาพ	ความต้านแรงดึงที่จุดครากต่ำสุด เมกะพาสคัล		ความต้านแรงดึง	ความยืดต่ำสุด ร้อยละ			ความต้านการกระแทกต่ำสุด
	ความหนาไม่เกิน 16 มิลลิเมตร	ความหนาเกิน 16 มิลลิเมตร	เมกะพาสคัล	ความหนาไม่เกิน 5 มิลลิเมตร	ความหนา 5 ถึง 16 มิลลิเมตร	ความหนาเกิน 16 มิลลิเมตร	จูล
SM 400	245	235	400 ถึง 510	23	18	22	27
SM 490	325	315	490 ถึง 610	22	17	21	27
SM 520	365	355	520 ถึง 640	19	15	19	27
SM 570	460	450	570 ถึง 720	19	19	26	47
SS 400	245	235	400 ถึง 510	21	17	21	-
SS 490	285	275	490 ถึง 610	19	15	19	-
SS 540	400	390	540 ต่ำสุด	16	13	17	-

หมายเหตุ - หมายถึง ไม่กำหนด"

7. ให้ยกเลิกความในข้อ 7.1 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"7.1 ที่เหล็กโครงสร้างทุกท่อน อย่างน้อยต้องมีเลข อักษรหรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่ายชัดเจน

(1) ชั้นคุณภาพ

(2) ขนาด ความหนา และความยาว

(3) หมายเลขการหลอมแต่ละครั้งหรือเครื่องหมายอื่นใดที่แสดงถึงการหลอมแต่ละครั้ง

(4) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

การแจ้งรายละเอียดตามข้อ 7.1(1) และ (4) ต้องเป็นตัวนูน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น"

6. คุณสมบัติทางกล (mechanical property)

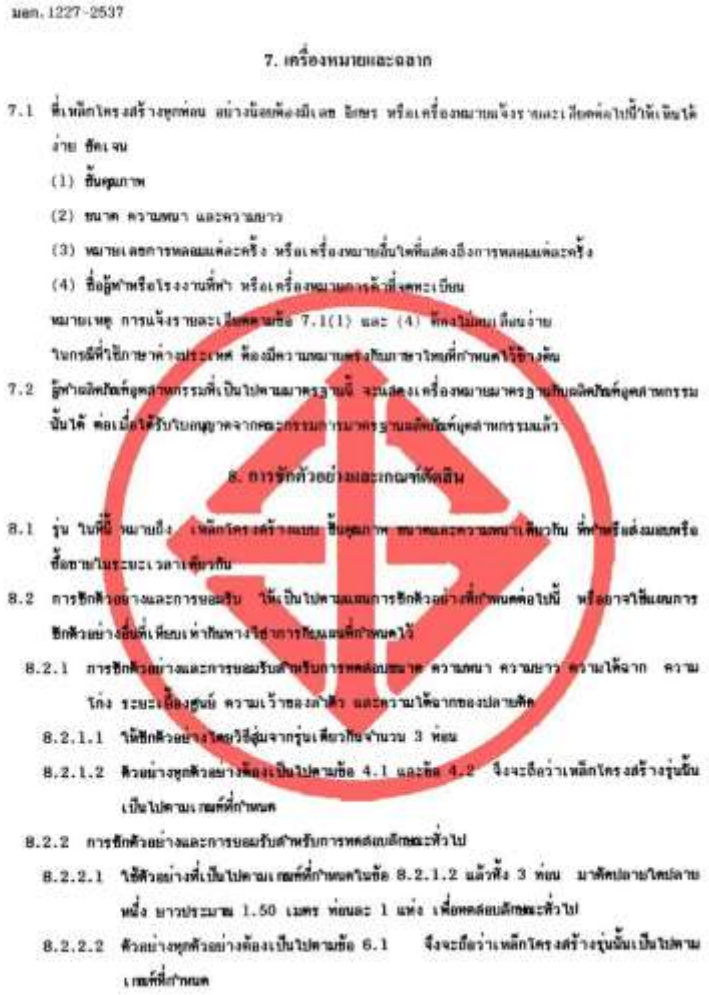
- *Mechanical property เป็นอีกหนึ่ง parameter ที่ใช้แบ่งเกณฑ์ชั้นคุณภาพ (grade) ของผลิตภัณฑ์โครงสร้างเหล็ก*
  - *ตัวเลขกำกับด้านท้ายแสดง กำลังรับแรงดึงประลัย (tensile strength) ในหน่วย MPa*

7. เครื่องหมายและฉลาก แสดงข้อมูลที่ผู้ผลิตต้องกำกับลงบนผลิตภัณฑ์ เช่น ชั้นคุณภาพ ขนาด lot การผลิต โรงงานผู้ผลิต เป็นต้น

- *เหล็กรูปพรรณรีดร้อน ต้องแสดง grade และโรงงานผู้ผลิตเป็นตัวนูน*

บทที่ 1 บทนำ

1.2 ข้อกำหนดสำหรับเหล็กโครงสร้าง *(สำหรับประเทศไทย)*



มอก. 1227-2537

7. เครื่องหมายและฉลาก

7.1 ที่เหล็กโครงสร้างทุกท่อน อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(1) ชั้นคุณภาพ

(2) ขนาด ความหนา และความยาว

(3) หมายเลขการหลอมแต่ละครั้ง หรือเครื่องหมายอื่นใดที่แสดงถึงการหลอมแต่ละครั้ง

(4) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

หมายเหตุ การแจ้งรายละเอียดตามข้อ 7.1(1) และ (4) ต้องใช้ตัวอักษรที่เห็นได้ง่าย ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

7.2 ผู้ทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้ จะแสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นได้ ต่อเมื่อได้รับใบอนุญาตจากคณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว

8. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

8.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง เหล็กโครงสร้างแบบ ชั้นคุณภาพ ขนาดและความหนาเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

8.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

8.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบขนาด ความหนา ความยาว ความโค้งจากความโค้ง ระยะเยื้องศูนย์ ความเว้าของหัวท้าย และความโค้งฉากของปลายตัด

8.2.1.1 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันจำนวน 3 ท่อน

8.2.1.2 ตัวอย่างทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 4.1 และข้อ 4.2 จึงจะถือว่าเหล็กโครงสร้างรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

8.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบสมบัติเชิงกลทั่วไป

8.2.2.1 ให้ตัวอย่างที่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในข้อ 8.2.1.2 แล้วทั้ง 3 ท่อน มาตัดปลายใดปลายหนึ่ง ยาวประมาณ 1.50 เมตร ท่อนละ 1 แห่ง เพื่อทดสอบสมบัติเชิงกลทั่วไป

8.2.2.2 ตัวอย่างทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 6.1 จึงจะถือว่าเหล็กโครงสร้างรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7. เครื่องหมายและฉลาก แสดงข้อมูลที่ผู้ผลิตต้องกำกับลงบนผลิตภัณฑ์ เช่น ชั้นคุณภาพ ขนาด lot การผลิต โรงงานผู้ผลิต เป็นต้น

8. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน แสดงจำนวน sample ที่ สมอ. ต้องสุ่มตรวจสอบเพื่อควบคุมคุณภาพ ของผลิตภัณฑ์ ทั้งขนาดมิติ คุณสมบัติเชิงกล และส่วนประกอบทางเคมี

บทที่ 1 บทนำ

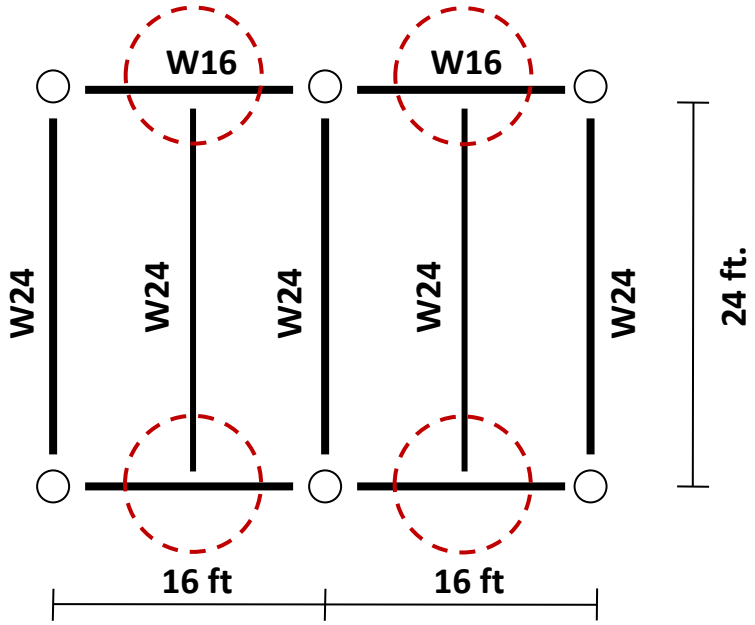
1.2 ข้อกำหนดสำหรับเหล็กโครงสร้าง

REF: JISF

	Seismic resistance		Weldability					Thickness-direction property	Nominal section dimension property
	YR Upper limit	YP Upper limit	$_0E_V$ Lower limit	C Upper limit	P Upper limit	S Upper limit	Ceq Upper limit		
SS400	—	—	—	—	0.050	0.050	—	—	—
SM400A SM490A	—	—	—	0.23 0.20	0.035	0.035	—	—	—
SM400B SM490B	—	—	27J	0.20 0.18	0.035	0.035	—	—	—
SM400C SM490C	—	—	47J	0.18	0.035	0.035	—	—	—
SN400A	—	—	—	0.24	0.050	0.050	—	—	○
SN400B SN490B	80%	○	27J	0.20 0.18	0.030	0.015	0.36 0.44	—	○
SN400C SN490C	80%	○	27J	0.20 0.18	0.020	0.008	0.36 0.44	○	○

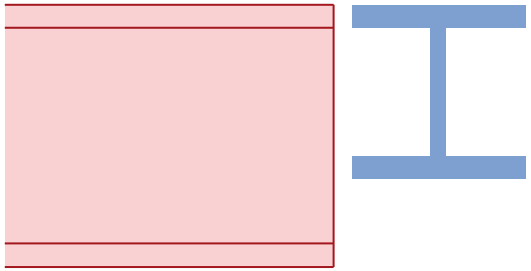
บทที่ 2 เอกสารสัญญาและขั้นตอนการทำ Detailing

2.11 ข้อผิดพลาดใน Contract Document



ตัวอย่าง

- *ขนาดของ Member ได้มาจากการวิเคราะห์โครงสร้างโดยใช้ Program คอมพิวเตอร์*
- *ผู้ออกแบบทำแบบโดยไม่ได้ตรวจสอบความเหมาะสมในงานก่อสร้างจริง*



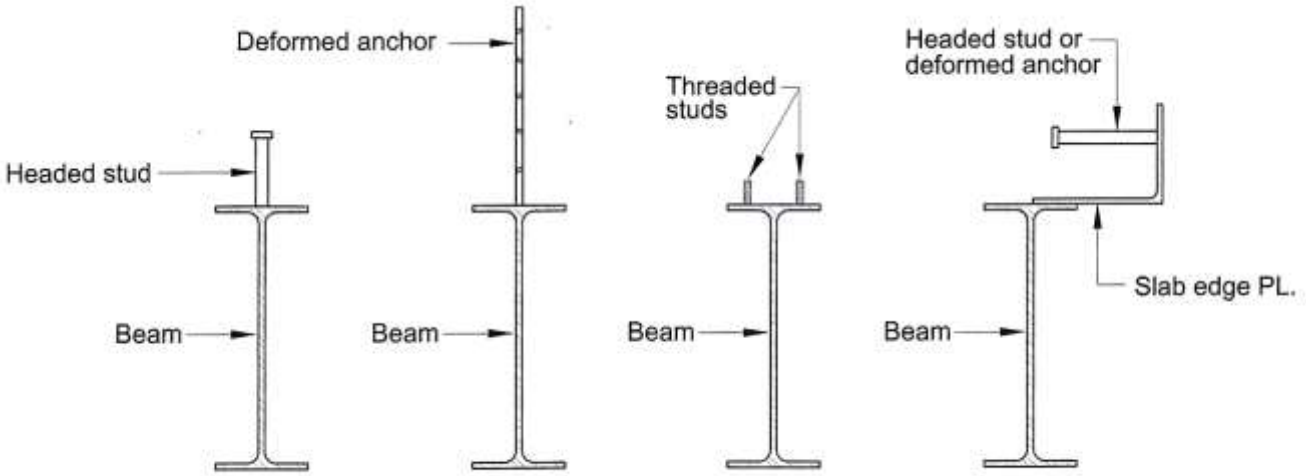
บทที่ 2 เอกสารสัญญาและขั้นตอนการทำ Detailing

2.14 ข้อบังคับเพื่อสวัสดิภาพและความปลอดภัยตาม OSHA

OSHA = *Occupational Safety and Health Administration*

2.14.3 Tripping Hazard

ข้อกำหนดของ OSHA ไม่อนุญาตให้ติดตั้งสลักรับแรงเฉือน, เหล็กแท่งเสริมกำลัง, สลักสมอ หรือแท่งเกลียวกับชิ้นส่วนโครงสร้างมาจาก Fabrication Shop เนื่องจากอาจเกิดอันตรายต่อคนงานก่อสร้างจากการสะดุดหกล้มในระหว่างการก่อสร้างที่หน้างานได้ ยกเว้นเสียแต่ว่า จะมีการกำหนดให้ช่างก่อสร้างทุกคน ต้องสวมใส่อุปกรณ์กันตก (Fall Protection)



บทที่ 2 เอกสารสัญญาและขั้นตอนการทำ Detailing

2.14 ข้อบังคับเพื่อสวัสดิภาพและความปลอดภัยตาม OSHA

OSHA = *Occupational Safety and Health Administration*

2.14.3 Tripping Hazard

บทที่ 3 รายละเอียดรอยต่อโครงสร้างทั่วไป

3.2 ชนิดของสลักเกลียว (Type of Fastener)

ASTM Specification	Min Tensile Strength (ksc)	Max. Diameter (cm)	Type of Material
A307	4,200	10.00	Carbon
A325	**120 ksi**	**1.25 – 2.50**	**Carbon,**
	105 ksi	**2.85 – 3.80**	**Quenched &**
A490	**150 ksi**	**1.25 – 3.80**	**Tempered**

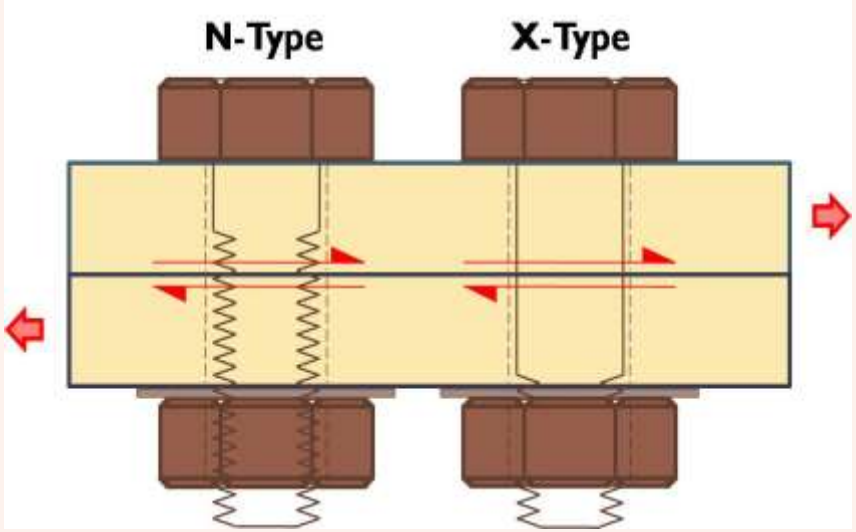
F1852 & F2280: *Twist-Off-Tension-Control Bolts*

บทที่ 3 รายละเอียดรอยต่อโครงสร้างทั่วไป

3.3 แรงในสลักเกลียว (Forces in Bolts)

กำลังรับแรงเฉือนในสลักเกลียว ขึ้นกับตำแหน่งของเกลียวในระนาบรับแรงเฉือน แบ่งเป็น

1) **N (Included): เกลียวอยู่ในระนาบรับแรงเฉือน**
2) **X (Excluded): เกลียวไม่อยู่ในระนาบรับแรงเฉือน**



*“**ผู้ออกแบบ นิยมที่จะกำหนดให้ใช้ Bolt ประเภท A325N หรือ A490N** เพื่อความสะดวกในการออกแบบ และการควบคุมงานเนื่องจากไม่จำเป็นที่จะต้องตรวจสอบว่าเกลียวอยู่ในระนาบรับแรงเฉือนหรือไม่ ”*

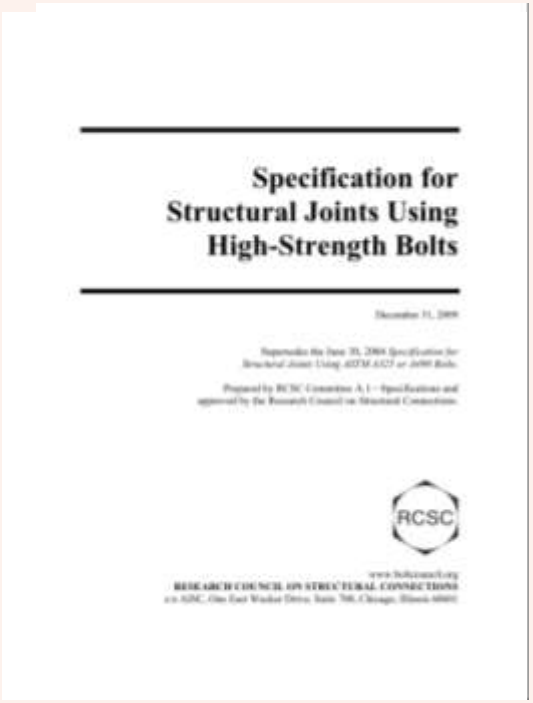
บทที่ 3 รายละเอียดรอยต่อโครงสร้างทั่วไป

3.3 แรงในสลักเกลียว (Forces in Bolts)

กำลังรับน้ำหนัก ตามลักษณะการขันแน่นและการเตรียมผิวสัมผัส แบ่งเป็น

1) สลักเกลียวแบบขันแน่นพอดี (Snug-Tightened Bolt)
2) สลักเกลียวแบบใส่แรงดึงก่อน (Pretention Bolt)
3) สลักเกลียวแบบเลื่อนวิกฤต (Slip Critical Bolt)

อ้างอิงตาม Specification for Structural Joints Using ASTM A325 or A490 Bolts ของ RCSC



Free DOWNLOAD!!!

บทที่ 3 รายละเอียดรอยต่อโครงสร้างทั่วไป

3.3 แรงในสลักเกลียว (Forces in Bolts)

กำลังรับน้ำหนัก ตามลักษณะการขันแน่นและการเตรียมผิวสัมผัส แบ่งเป็น

1) **สลักเกลียวแบบขันแน่นพอดี (Snug-Tightened Bolt)**

การขันแน่นพอดี ได้นิยามไว้ใน หัวข้อ 10.3ก วสท. 1020-51 ว่าคือ “ความแน่นที่ได้จากการขันโดยใช้ประแจชนิด Impact Wrench หรือการใช้แรงเต็มที่ของคนงานหนึ่งคนขันโดยใช้ประแจแบบธรรมดาให้รอยต่อแน่นสนิทพอดี”

บทที่ 3 รายละเอียดรอยต่อโครงสร้างทั่วไป

3.3 แรงในสลักเกลียว (Forces in Bolts)

กำลังรับน้ำหนัก ตามลักษณะการขันแน่นและการเตรียมผิวสัมผัส แบ่งเป็น

2) **สลักเกลียวแบบใส่แรงดึงก่อน (Pretention Bolt)** ใช้ในกรณีต่าง ๆ เช่น

- ✓ กรณีที่ต้องการให้ข้อต่อเกิดความแน่น แต่หากเกิดการเลื่อนไถลก็ไม่ส่งผลต่อความสามารถในการรับน้ำหนักของข้อต่อ เช่น ในกรณีการต่อดามของเสาเหล็กในอาคาร ข้อต่อสำหรับองค์อาคารที่ยึดรั้งเสาสำหรับอาคารสูง ข้อต่อโครงสร้างรับเครนที่เกินกว่า 5 ตัน หรือข้อต่อโครงสร้างที่รับอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่เลื่อนบนรางที่อาจก่อให้เกิดการเปลี่ยนทิศทางของแรงที่เกิดขึ้นได้
- ✓ ข้อต่อที่รับน้ำหนักที่มีการเปลี่ยนทิศทางของน้ำหนัก
- ✓ ข้อต่อที่รับน้ำหนักบรรทุกที่ก่อให้เกิดการล้าต่อข้อต่อโครงสร้าง โดยที่ทิศทางของน้ำหนักบรรทุกไม่มีการเปลี่ยนแปลง
- ✓ ข้อต่อที่ใช้สลักเกลียวประเภท ASTM A325 หรือ F1852 ที่รับแรงที่ก่อให้เกิดการล้าอันเนื่องมาจากแรงดึง
- ✓ ข้อต่อที่ใช้สลักเกลียวประเภท ASTM A490 ที่หรือ F2280 รับแรงดึง หรือรับแรงเฉือนควบคู่ไปกับการรับแรงดึงโดยไม่ก่อให้เกิดการล้าขึ้นกับส่วนของข้อต่อโครงสร้าง

บทที่ 3 รายละเอียดรอยต่อโครงสร้างทั่วไป

3.3 แรงในสลักเกลียว (Forces in Bolts)

กำลังรับน้ำหนัก ตามลักษณะการขันแน่นและการเตรียมผิวสัมผัส แบ่งเป็น

3) **สลักเกลียวแบบเลื่อนวิกฤต (Slip Critical Bolt)** ใช้กับข้อต่อที่หากเกิดการเลื่อนไถลจะเกิดความเสียหายต่อความสามารถในการรับแรงของข้อต่อ

- ✓ ใช้ในกรณีที่ข่อต่อมีการรับแรงที่มีการเปลี่ยนทิศทาง และก่อให้เกิดการล้าต่อข้อต่อของโครงสร้าง
- ✓ ข้อต่อสลักเกลียวที่มีรูเจาะแบบใหญ่กว่ามาตรฐาน (Oversized Hole)
- ✓ ข้อต่อสลักเกลียวที่มีรูเจาะแบบร่อง (Slotted Hole) ยกเว้นในกรณีที่ทิศทางของแรงที่กระทำตั้งฉากกับทิศทางตามยาวของร่องรูเจาะ
- ✓ ข้อต่อที่การเลื่อนไถลที่ผิวสัมผัสจะส่งผลเสียต่อความสามารถในการรับน้ำหนักของโครงสร้าง

ข้อแตกต่างระหว่าง TC กับ SC Bolt *ในแง่ของการติดตั้งคือ การเตรียมพื้นผิวสัมผัสบริเวณ Bolt ที่เรียกว่า* ***Faying Surface*** *เพื่อให้เกิดความฝืด อันส่งผลต่อการถ่ายแรงผ่านระนาบที่มีความฝืดนี้*

บทที่ 3 รายละเอียดรอยต่อโครงสร้างทั่วไป

3.3 แรงในสลักเกลียว (Forces in Bolts)

ALLOWABLE LOAD (SHEAR) IN TONS

Ref: AISC/ASD 9th Edition

ASTM	Conn. Type	Hole Type	Fv allow (ksc)	Loading	Nominal Diameter (cm.)			
					1.9	2.5	3.2	3.8
A307		STD NSL	700	Single Double	2.0 4.0	3.6 7.1	5.6 11.1	8.0 16.0
A325	SC	STD	1,200	S D	3.4 6.8	6.1 12.1	9.5 19.4	13.6 27.3
		OVS, SSL	1,050	S D	3.0 6.0	5.4 10.7	8.3 16.7	12.0 24.0
		LSL	850	S D	2.4 4.8	4.3 8.5	6.7 13.3	9.6 19.2
	N	STD, NSL	1,470	S D	4.2 8.4	7.5 15.0	11.7 23.4	16.8 33.7
	X	STD, NSL	2,100	S D	6.0 12.0	10.7 21.4	16.8 33.4	24.0 48.1

บทที่ 3 รายละเอียดรอยต่อโครงสร้างทั่วไป

3.3 แรงในสลักเกลียว (Forces in Bolts)

$1\ ksi \sim 70\ ksc$

ส่วนเกลียว

↓

75% $F_{u,bolt}$

Table 5.1. Nominal Strengths per Unit Area of Bolts

Applied Load Condition			*Nominal Strength* per Unit Area, F_n, ksi	
			ASTM A325 or F1852	ASTM A490 or F2280
Tension [a]	Static		90	113
	Fatigue		F_u = 120 See Section 5.5	F_u = 150
Shear [a,b]	Threads included in shear plane	$L_s \le 38$ in.	54 = 68*.8	68 = 84*.8
		$L_s > 38$ in.	45	56
	Threads excluded from shear plane	$L_s \le 38$ in.	68 = 120*.62*.9	84 = 150*.62*.9
		$L_s > 38$ in.	56 = 120*.62*.75	70 = 150*.62*.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

December 31, 2009

Supersedes the June 30, 2004 *Specification for Structural Joints Using ASTM A325 or A490 Bolts.*

Prepared by RCSC Committee A.1—Specifications and approved by the 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

Applied Load Condition		Nominal Strength per Unit Area F_n, ksi	
		ASTM A325 or F1852 Bolt	ASTM A490 Bolt
Tension[a]	Static	90	113
	Fatigue	See Section 5.5	
Shear[a,b]	Threads included in shear plane	48	60
	Threads excluded from shear plane	60	75

← **RCSC 2004**

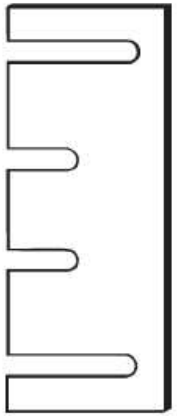
บทที่ 3 รายละเอียดรอยต่อโครงสร้างทั่วไป

3.3 แรงในสลักเกลียว (Forces in Bolts)

ถ้าแผ่นเสริมช่องว่าง หรือ shim หนาไม่เกิน 2 หุน ก็ออกแบบ bolt ตามปกติ แต่ถ้าหนาเกิน ก็พิจารณาตามข้อกำหนด

When a bolt that carries load passes through fillers or shims in a shear plane that are equal to or less than ¼ in. thick, F_n from Table 5.1 shall be used without reduction. When a bolt that carries load passes through fillers or shims that are greater than ¼ in. thick, they shall be designed in accordance with one of the following procedures:

(1) For fillers or shims that are equal to or less than ¾ in. thick, F_n from Table 5.1 shall be multiplied by the factor [1 - 0.4(t' - 0.25)], where t' is the total thickness of fillers or shims, in., up to ¾ in.;
(2) The fillers or shims shall be extended beyond the *joint* and the filler or shim extension shall be secured with enough bolts to uniformly distribute the total force in the connected element over the combined cross-section of the connected element and the fillers or shims;
(3) The size of the *joint* shall be increased to accommodate a number of bolts that is equivalent to the total number required in (2) above; or,
(4) The *joint* shall be designed as a *slip-critical joint*. The slip resistance of the *joint* shall not be reduced for the presence of fillers or shims.



Specification for Structural Joints Using High-Strength Bolts

December 31, 2009

Supersedes the June 30, 2004 *Specification for Structural Joints Using ASTM A325 or A490 Bolts.*

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

RCSC

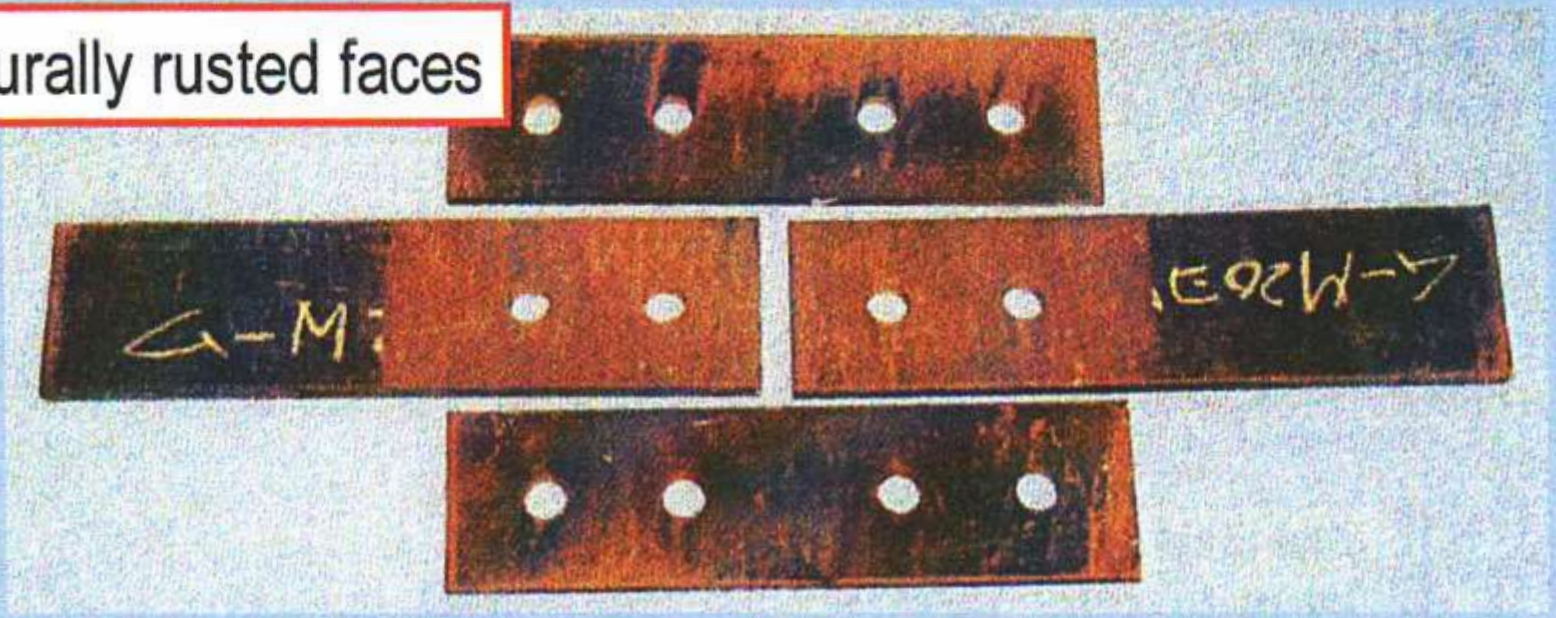
www.boltcouncil.org
RESEARCH COUNCIL ON STRUCTURAL CONNECTIONS
c/o AISC, One East Wacker Drive, Suite 700, Chicago, Illinois 60601

ข้อกำหนดการใช้ shim plate ที่ bolted connection

เช่น หาก t = 0.5” (4 หุน) ... F_n ต้องปรับลดด้วยค่า [1 – 0.4(0.5 – 0.25)] = 0.9 หรือ 90% F_n

Surface Processing for General Steel Structures

Naturally rusted faces



Shot blasted face

บทที่ 3 รายละเอียดรอยต่อโครงสร้างทั่วไป

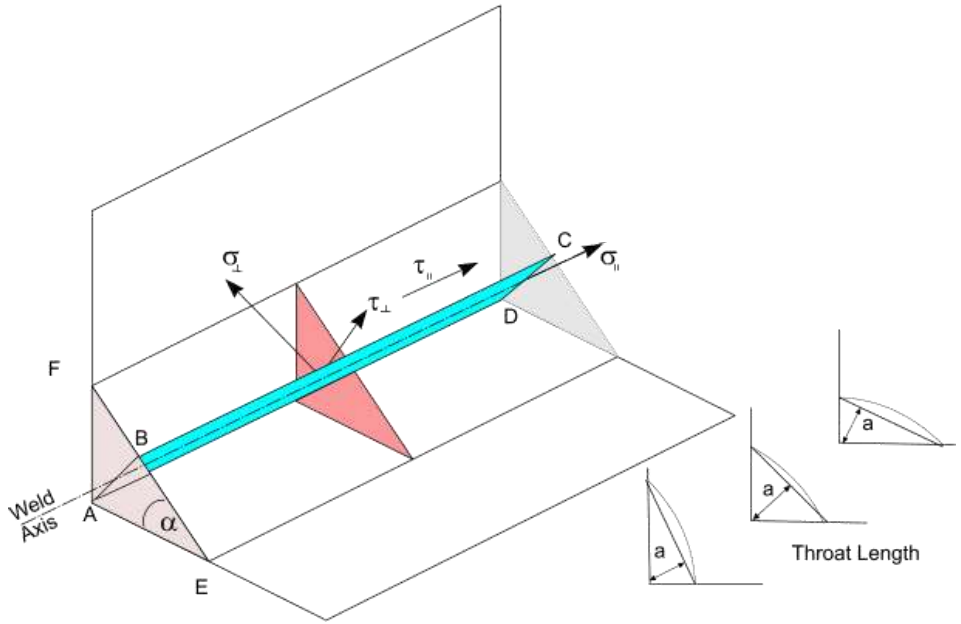
บทที่ 3 รายละเอียดรอยต่อโครงสร้างทั่วไป

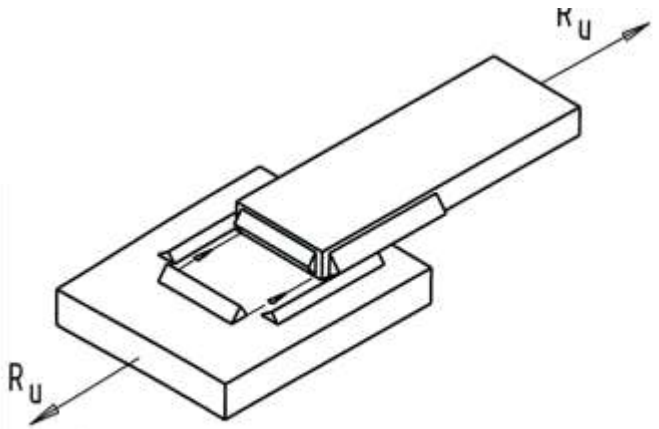
3.6 แรงในรอยเชื่อม (Forces in Welds)

R_{weld} = (กำลังรับน้ำหนักปลอดภัย) (พื้นที่รับน้ำหนัก)

= (0.3 Fu) [(Effective Weld Throat) (Weld Length)]

ASD





บทที่ 3 รายละเอียดรอยต่อโครงสร้างทั่วไป

3.6 แรงในรอยเชื่อม (Forces in Welds)

R_{weld} = (กำลังรับน้ำหนักปลอดภัย) (พื้นที่รับน้ำหนัก)

= (0.3 Fu) [(Effective Weld Throat) (Weld Length)]

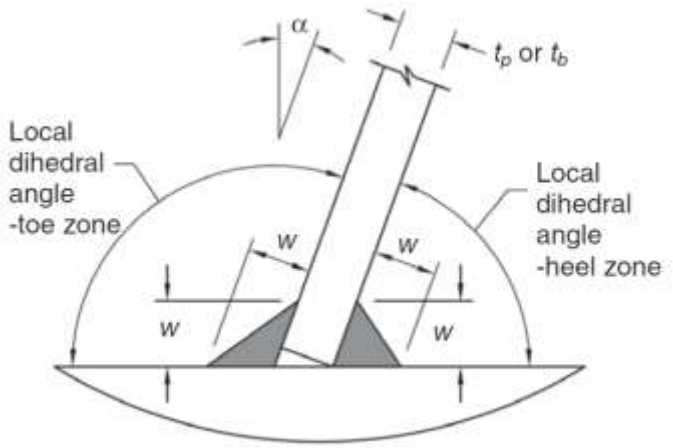


Fig. 2-2. Skewed joint.

Table 2-1. Weld Size Factors for Skew	
Dihedral Angle (°)	**Factor**
60	1.41
70	1.23
80	1.10
90	1.00
100	0.923
110	0.863
120	0.816
130	0.780

บทที่ 3 รายละเอียดรอยต่อโครงสร้างทั่วไป

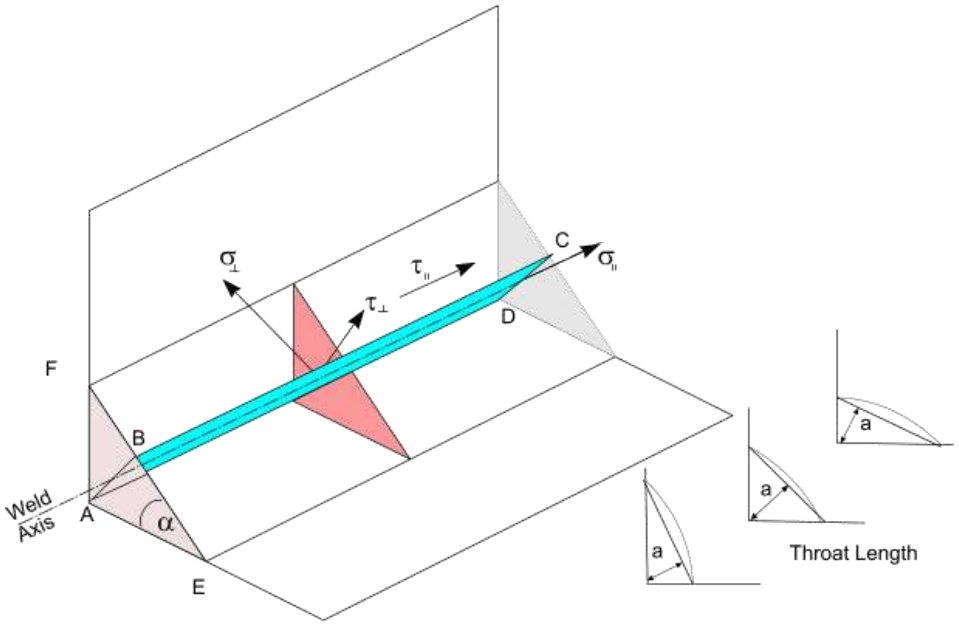
3.6 แรงในรอยเชื่อม (Forces in Welds)

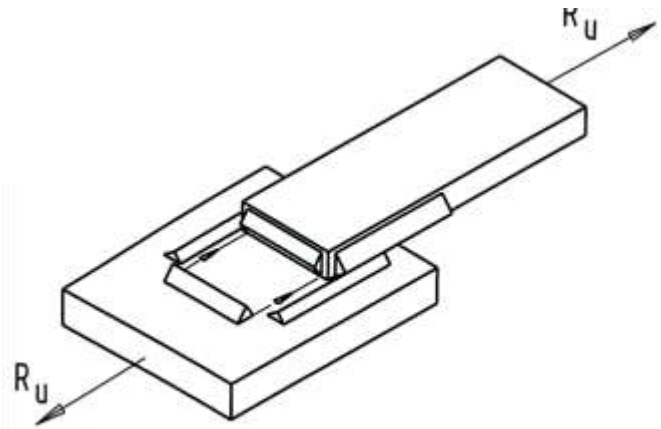
ASD

R_{weld} = (0.3 Fu) (Effective Throat Area)

LRFD

R_n = (0.6 Fu) (Effective Throat Area)





บทที่ 3 รายละเอียดรอยต่อโครงสร้างทั่วไป

3.6 แรงในรอยเชื่อม (Forces in Welds)

$$R_n = F_W \frac{D}{16\sqrt{2}} \qquad (2\text{-}1)$$

$$= 0.60F_{EXX} \frac{D}{16\sqrt{2}}$$

where

D = number of sixteenths of an inch in the fillet weld size

F_{EXX} = electrode classification number, ksi

The nominal shear strength of the base metal, per unit length next to the weld, in AISC *Specification* Section J4.2 is:

$$R_n = F_{BM}t \qquad (2\text{-}2)$$

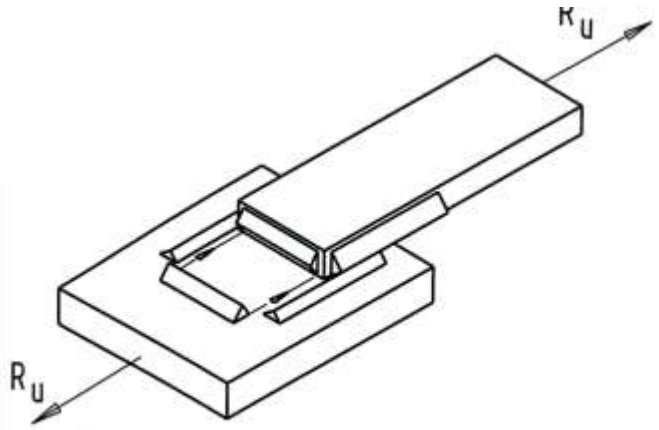
where

F_{BM} = $0.60F_y$ for shear yielding per AISC *Specification* Equation J4-3, or

= $0.60F_u$ for shear rupture per AISC *Specification* Equation J4-4

LRFD

R_n = (0.6 Fu) (Effective Throat Area)



บทที่ 3 รายละเอียดรอยต่อโครงสร้างทั่วไป

3.6 แรงในรอยเชื่อม (Forces in Welds)

ASD

R_{weld} = (0.3 Fu) (Effective Throat Area)

= 0.928 * D * L *(หน่วย kilo pounds)*

LRFD

R_n = (0.6 Fu) (Effective Throat Area)

= 1.856 * D * L *(หน่วย kilo pounds)*

ϕ	=	0.75	for shear
	=	0.8	for tension

NOTE: D = ขนาดของ Weld leg เช่น Weld leg = 5/16” , D = 5

F_u = F_{E70XX} = 70 ksi

มุม = 90

บทที่ 3 รายละเอียดรอยต่อโครงสร้างทั่วไป

3.6 แรงในรอยเชื่อม (Forces in Welds)

ASD

R_{weld} = (0.3 Fu) (Effective Throat Area)

= 0.928 * D * L *(หน่วย kilo pounds)*

= $R_n/2$ โดย 2 = Factor of Safety

LRFD

R_n = (0.6 Fu) (Effective Throat Area)

= 1.856 * D * L *(หน่วย kilo pounds)*

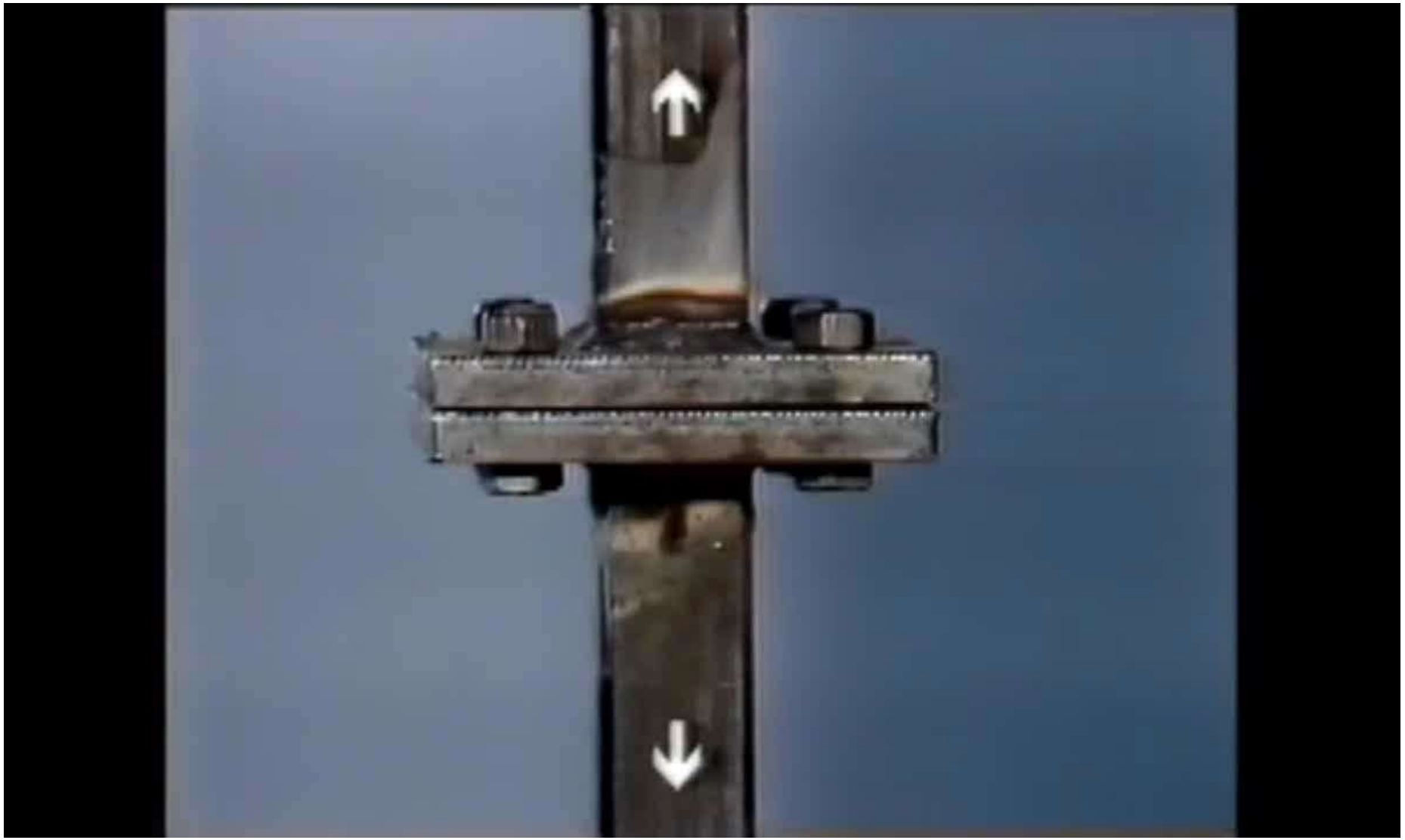
ϕ	=	0.75	for shear
	=	0.8	for tension

NOTE: D = ขนาดของ Weld leg เช่น Weld leg = 5/16” , D = 5

F_u = F_{E70XX} = 70 ksi

มุม = 90

บทที่ 3 รายละเอียดรอยต่อโครงสร้างทั่วไป



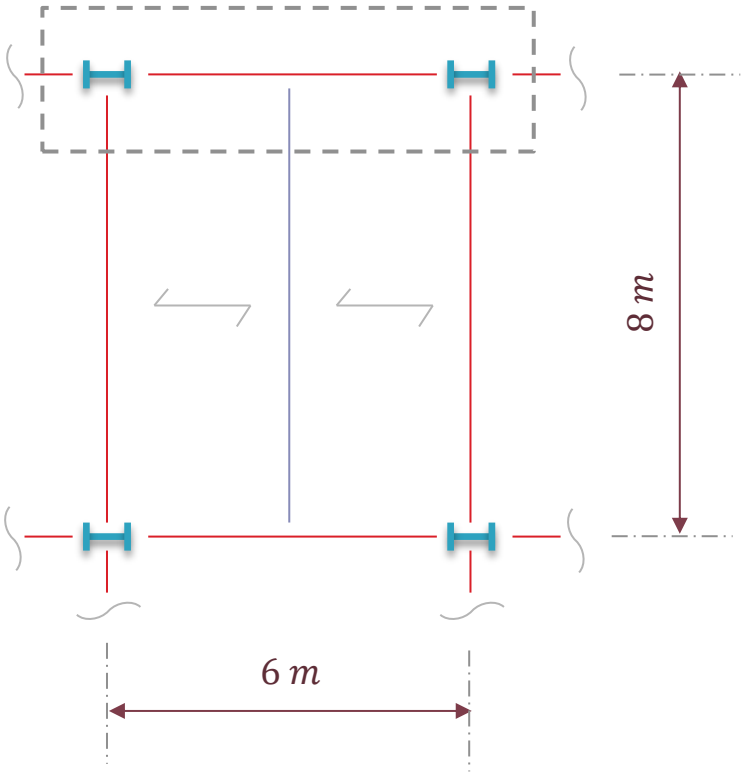
บทที่ 3 รายละเอียดรอยต่อโครงสร้างทั่วไป

การถ่ายแรง

สมมติ

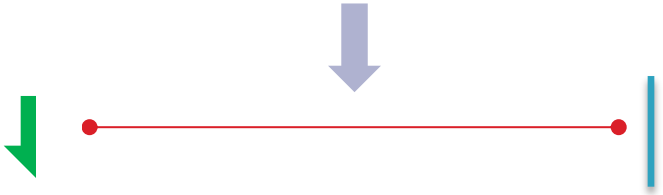
$$DL = 300\ kg/m^2$$

$$LL = 400\ kg/m^2$$



$$P_{DL} = \frac{1}{2}\left[\left(\frac{6}{2}\right)(300)\right](8) = 3{,}600\ kg$$

$$P_{LL} = \frac{1}{2}\left[\left(\frac{6}{2}\right)(400)\right](8) = 4{,}800\ kg$$



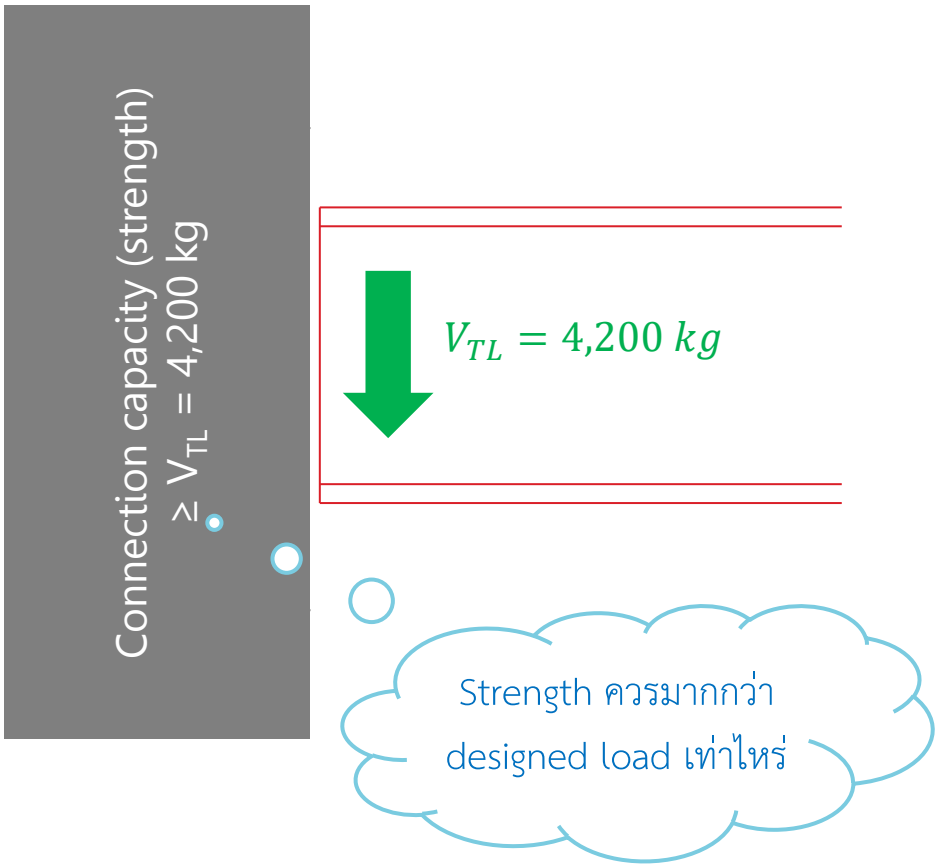
$$V_{DL} = \frac{1}{2}(3{,}600) = 1{,}800\ kg$$

$$V_{LL} = \frac{1}{2}(4{,}800) = 2{,}400\ kg$$

$$V_{TL} = 4{,}200\ kg$$

บทที่ 3 รายละเอียดรอยต่อโครงสร้างทั่วไป

การถ่ายแรง



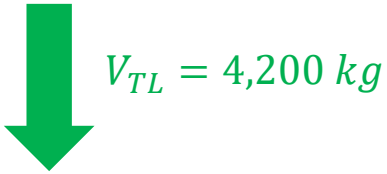
- Beam เมื่อรับแรงภายนอก จะเกิดแรงภายในขึ้น โดยแรงภายในที่เกิดขึ้นนี้ จะต้องมีค่าไม่เกินกำลังรับแรงของ Beam
- Support (Column + Connection) จะรองรับแรงภายในที่ Beam ถ่ายมา
- ถ้า Support พัง การถ่ายแรงก็ไม่สามารถเกิดขึ้นได้ ดังนั้น Column & Connection ต้องแข็งแรงมาก (Capacity >> Force ที่จุดต่อคาน)
- เนื่องจาก Connection เกี่ยวข้องกับ ทั้ง Beam (shear capacity พอไหม) และ Connection ซึ่งประกอบขึ้นจาก ทั้ง angle/plate มา weld/bolt ที่ Beam เพื่อไป weld/bolt ที่ Column ดังนั้น Connection อาจวิบัติที่จุดใด ตำแหน่งใด ด้วยรูปแบบการวิบัติแบบใดก็ได้

บทที่ 3 รายละเอียดรอยต่อโครงสร้างทั่วไป

การถ่ายแรง

- สมมติไม่เกิดการวิบัติที่ Column

Connection capacity (strength)
≥ V_{TL} = 4,200 kg



Beam	Connection
■ Beam shear capacity ○ Shear yielding ○ Shear rupture ■ Beam web yielding & web crippling / web buckling ■ Bearing (at bolt)	■ Angle (Plate) capacity ○ Shear yielding ○ Shear rupture (Net/Block shear) ○ Bearing (at bolt) ○ Bending (seated connection) ■ Bolt shear capacity ■ Weld shear capacity

บทที่ 3 รายละเอียดรอยต่อ
โครงสร้างทั่วไป

การถ่ายแรง

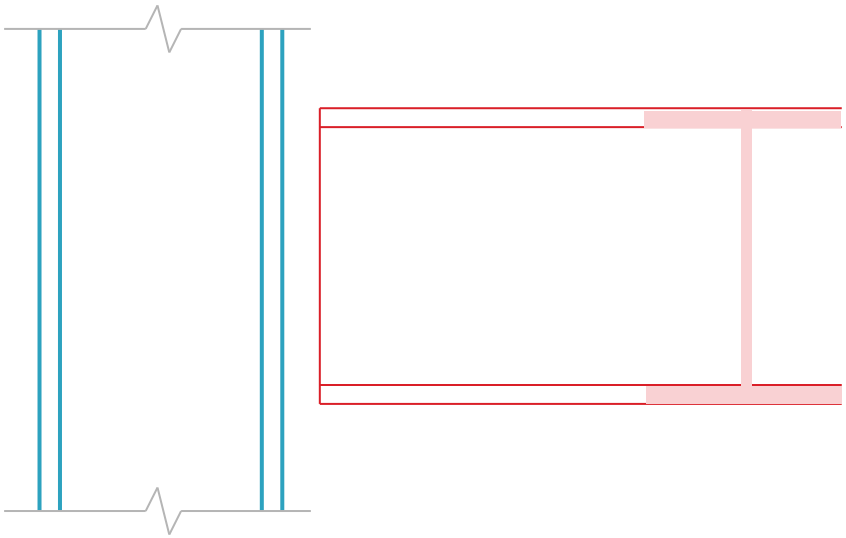
- สมมติไม่เกิดการวิบัติที่ Column

Beam	Connection
■ Beam shear capacity ○ Shear yielding ○ Shear rupture ■ Beam web yielding & web crippling / web buckling ■ Bearing (at bolt)	■ Angle (Plate) capacity ○ Shear yielding ○ Shear rupture (Net/Block shear) ○ Bearing (at bolt) ○ Bending (seated connection) ■ Bolt shear capacity ■ Weld shear capacity

Connection capacity คือ ค่า capacity ที่ต่ำที่สุดของรูปแบบ failure mode ทั้งหมด

บทที่ 3 รายละเอียดรอยต่อโครงสร้างทั่วไป

การถ่ายแรง



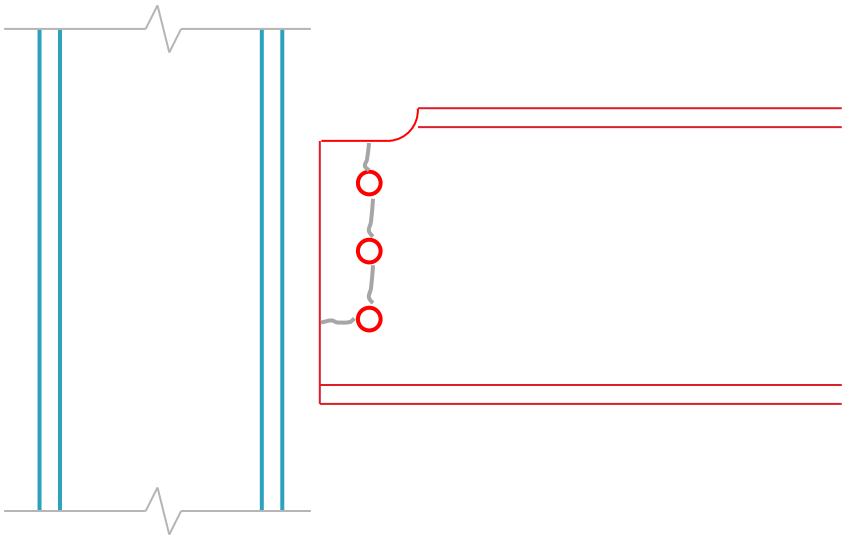
- สมมติไม่เกิดการวิบัติที่ Column

Beam	Connection
■ Beam shear capacity ➡ Shear yielding ○ Shear rupture ■ Beam web yielding & web crippling / web buckling ■ Bearing (at bolt)	■ Angle (Plate) capacity ○ Shear yielding ○ Shear rupture (Net/Block shear) ○ Bearing (at bolt) ○ Bending (seated connection) ■ Bolt shear capacity ■ Weld shear capacity

Connection capacity คือ ค่า capacity ที่ต่ำที่สุดของรูปแบบ failure mode ทั้งหมด

บทที่ 3 รายละเอียดรอยต่อโครงสร้างทั่วไป

การถ่ายแรง



- สมมติไม่เกิดการวิบัติที่ Column

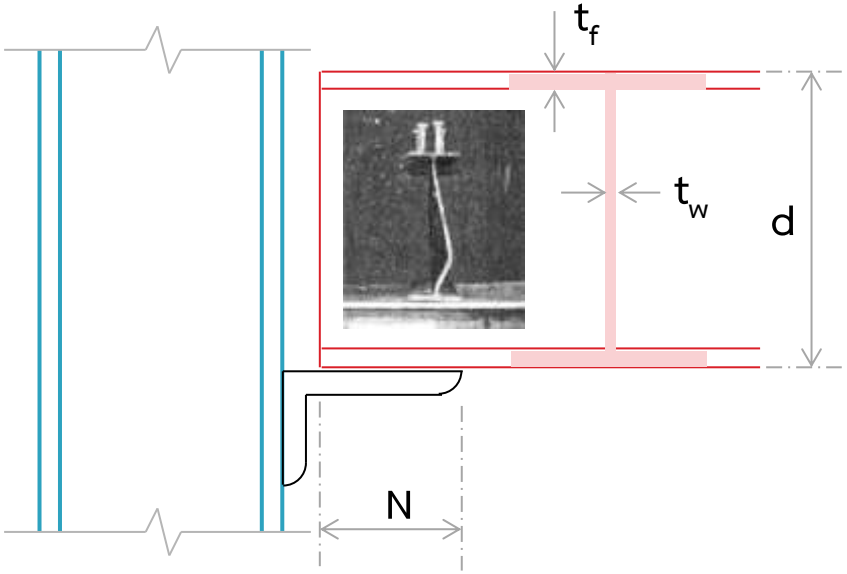
Beam	Connection
■ Beam shear capacity ○ Shear yielding ➡ Shear rupture ■ Beam web yielding & web crippling / web buckling ■ Bearing (at bolt)	■ Angle (Plate) capacity ○ Shear yielding ○ Shear rupture (Net/Block shear) ○ Bearing (at bolt) ○ Bending (seated connection) ■ Bolt shear capacity ■ Weld shear capacity

Connection capacity คือ ค่า capacity ที่ต่ำที่สุดของรูปแบบ failure mode ทั้งหมด

บทที่ 3 รายละเอียดรอยต่อโครงสร้างทั่วไป

การถ่ายแรง

- สมมติไม่เกิดการวิบัติที่ Column



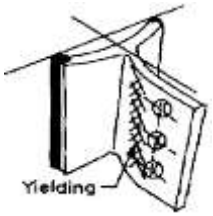
Beam	Connection
■ Beam shear capacity ○ Shear yielding ○ Shear rupture ■ Beam web yielding & web crippling / web buckling ■ Bearing (at bolt)	■ Angle (Plate) capacity ○ Shear yielding ○ Shear rupture (Net/Block shear) ○ Bearing (at bolt) ○ Bending (seated connection) ■ Bolt shear capacity ■ Weld shear capacity

Connection capacity คือ ค่า capacity ที่ต่ำที่สุดของรูปแบบ failure mode ทั้งหมด

Local web crippling $\frac{N}{d} > 0.2$

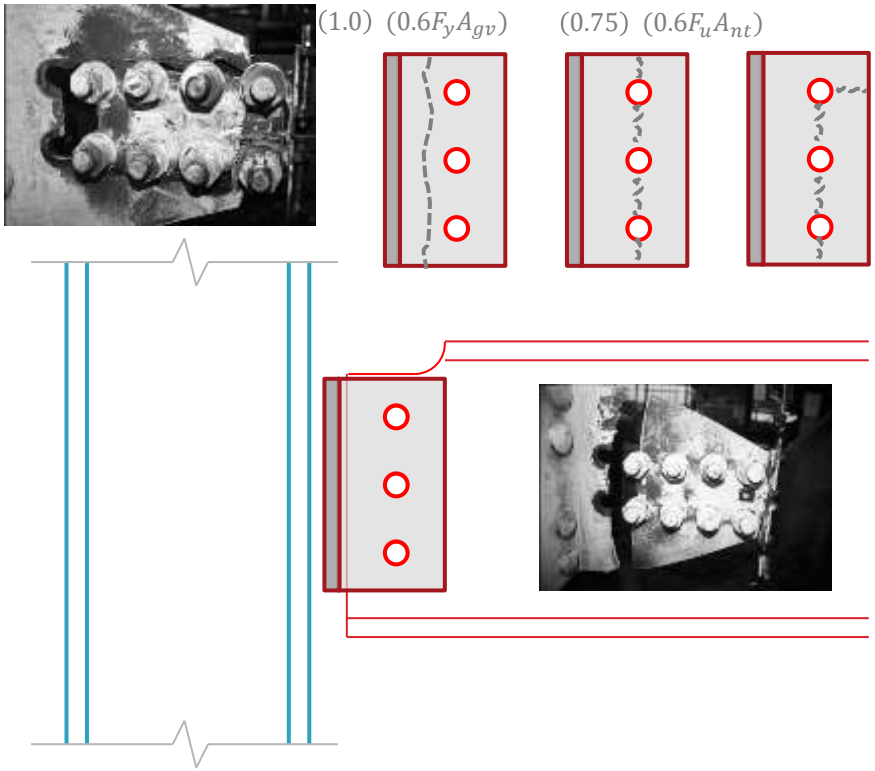
$$\emptyset R_n = (0.75)0.4{t_w}^2[1 + (\frac{4N}{d} - 0.2)(\frac{t_w}{t_f})^{1.5}]\sqrt{\frac{EF_y t_f}{t_w}}$$

บทที่ 3 รายละเอียดรอยต่อโครงสร้างทั่วไป



การถ่ายแรง

- สมมติไม่เกิดการวิบัติที่ Column



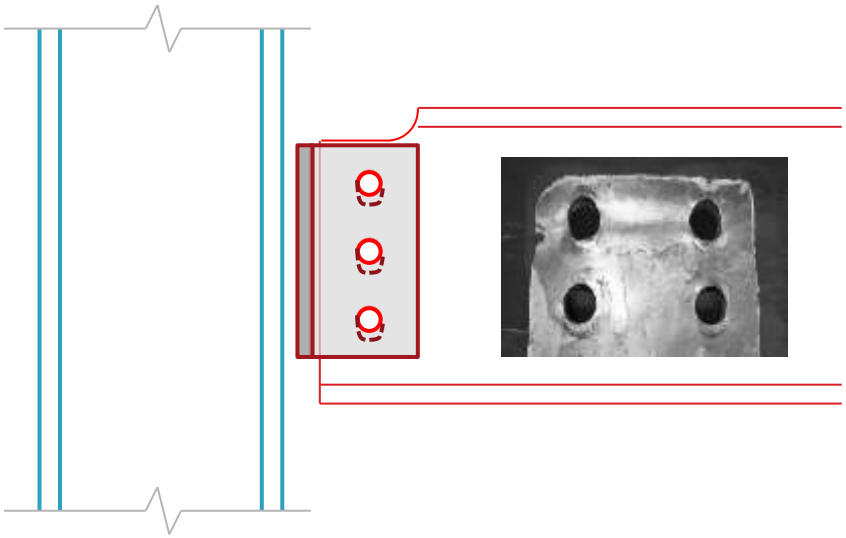
Beam	Connection
■ Beam shear capacity ○ Shear yielding ○ Shear rupture	■ Angle (Plate) capacity ➡ Shear yielding ➡ Shear rupture ➡ (Net/Block shear) ○ Bearing (at bolt) ○ Bending (seated connection)
■ Beam web yielding & web crippling / web buckling	■ Bolt shear capacity
■ Bearing (at bolt)	■ Weld shear capacity

Connection capacity คือ ค่า capacity ที่ต่ำที่สุดของรูปแบบ failure mode ทั้งหมด

$$\emptyset R_n = (0.75)\begin{bmatrix}(0.6F_yA_{gv}) \\ (0.6F_uA_{nv})\end{bmatrix} + F_uA_{nt}$$

บทที่ 3 รายละเอียดรอยต่อโครงสร้างทั่วไป

การถ่ายแรง



ถ้าไม่ต้องการให้รูเจาะเสียรูป

$$\emptyset R_n = (0.75)(1.2L_c tF_u) \text{ ---------- } \leq 2.4dtF_u$$

ถ้ายอมให้รูเจาะเสียรูป

$$\emptyset R_n = (0.75)(1.5L_c tF_u) \text{ ---------- } \leq 3.0dtF_u$$

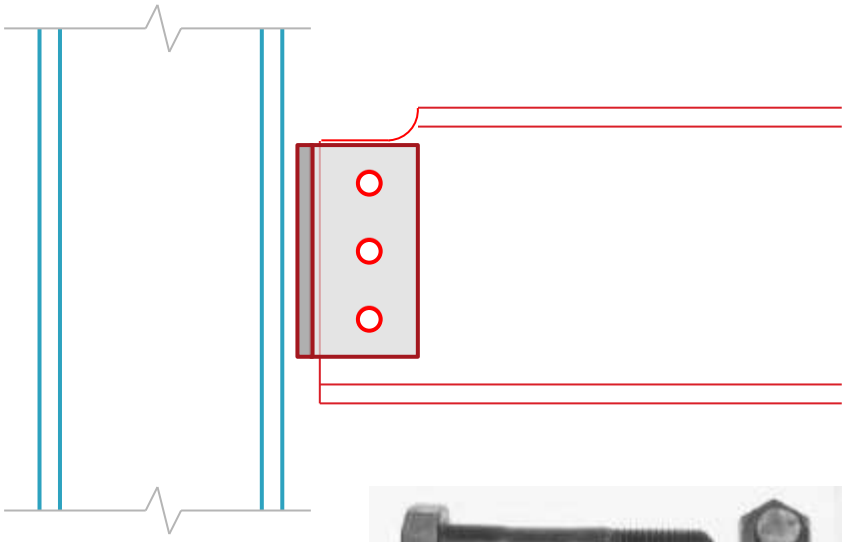
- สมมติไม่เกิดการวิบัติที่ Column

Beam	Connection
■ Beam shear capacity ○ Shear yielding ○ Shear rupture ■ Beam web yielding & web crippling / web buckling ■ Bearing (at bolt)	■ Angle (Plate) capacity ○ Shear yielding ○ Shear rupture (Net/Block shear) → Bearing (at bolt) ○ Bending (seated connection) ■ Bolt shear capacity ■ Weld shear capacity

Connection capacity คือ ค่า capacity ที่ต่ำที่สุดของรูปแบบ failure mode ทั้งหมด

บทที่ 3 รายละเอียดรอยต่อโครงสร้างทั่วไป

การถ่ายแรง



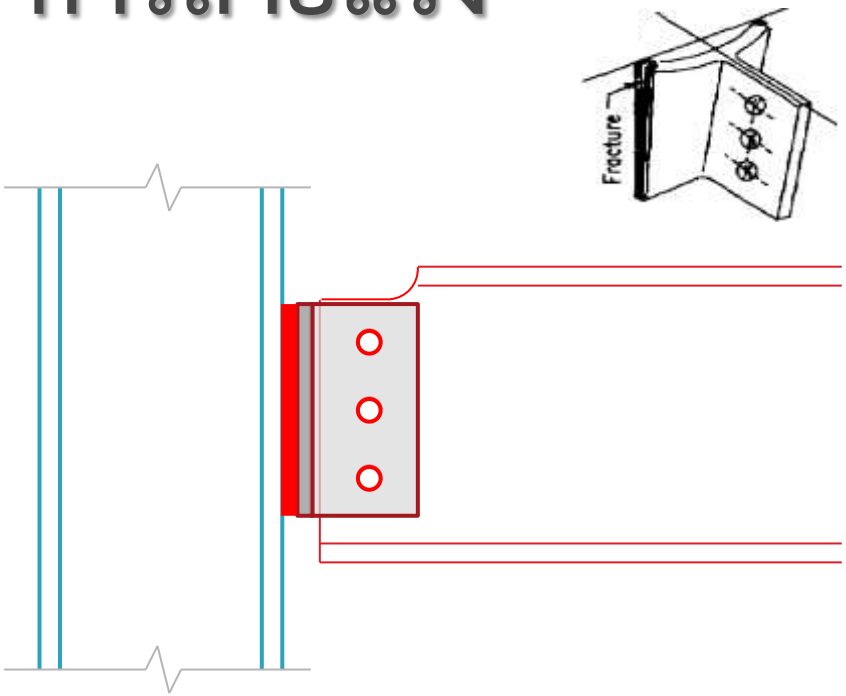
- สมมติไม่เกิดการวิบัติที่ Column

Beam	Connection
■ Beam shear capacity ○ Shear yielding ○ Shear rupture	■ Angle (Plate) capacity ○ Shear yielding ○ Shear rupture (Net/Block shear) ○ Bearing (at bolt) ○ Bending (seated connection)
■ Beam web yielding & web crippling / web buckling	→ Bolt shear capacity
■ Bearing (at bolt)	■ Weld shear capacity

Connection capacity คือ ค่า capacity ที่ต่ำที่สุดของรูปแบบ failure mode ทั้งหมด

บทที่ 3 รายละเอียดรอยต่อโครงสร้างทั่วไป

การถ่ายแรง



$$\emptyset R_n = (0.8)(0.6F_{EXX}A_{weld})$$ PJP Groove

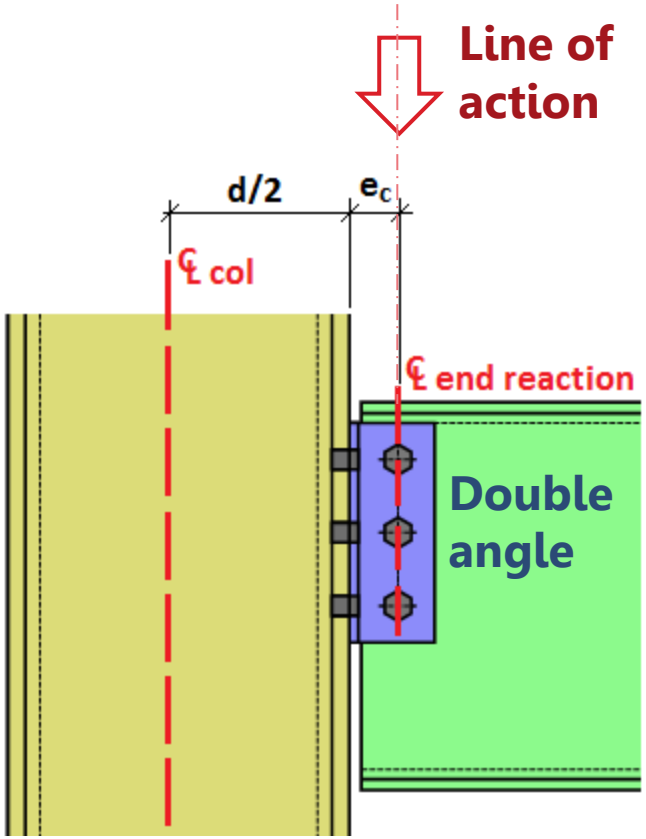
$$\emptyset R_n = (0.75)(0.6F_{EXX}A_{weld})$$ Fillet & Plug

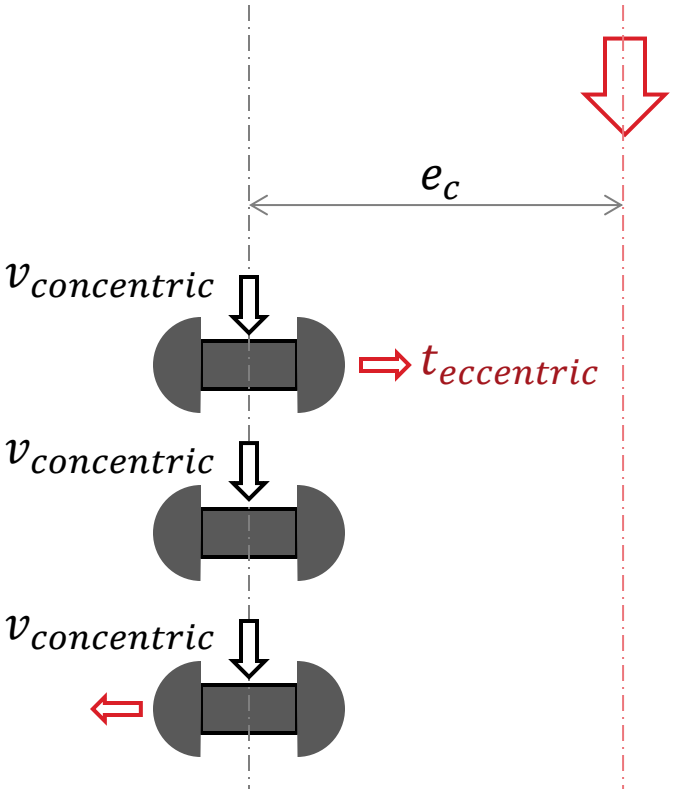
- สมมติไม่เกิดการวิบัติที่ Column

Beam	Connection
■ Beam shear capacity ○ Shear yielding ○ Shear rupture ■ Beam web yielding & web crippling / web buckling ■ Bearing (at bolt)	■ Angle (Plate) capacity ○ Shear yielding ○ Shear rupture (Net/Block shear) ○ Bearing (at bolt) ○ Bending (seated connection) ■ Bolt shear capacity → Weld shear capacity

Connection capacity คือ ค่า capacity ที่ต่ำที่สุดของรูปแบบ failure mode ทั้งหมด

บทที่ 3 รายละเอียดรอยต่อโครงสร้างทั่วไป





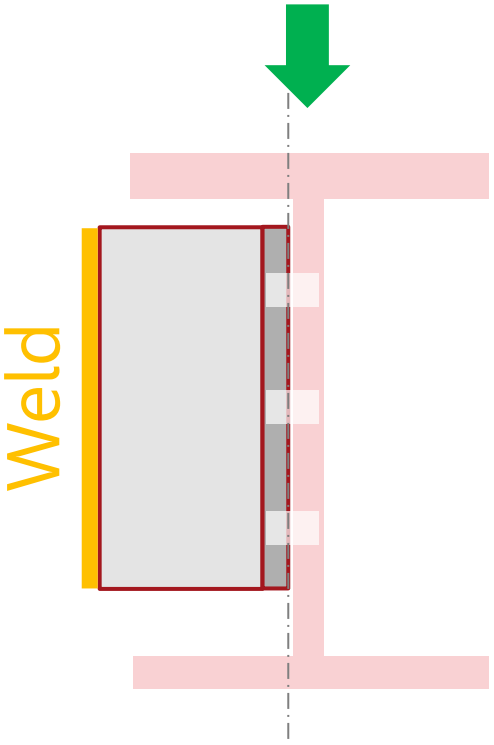
Combined Shear and Tension

When combined shear and tension loads are transmitted by an ASTM A325, A490, F1852 or F2280 bolt, the ultimate limit-state interaction shall be:

$$\left[\frac{T_u}{(\phi R_n)_t}\right]^2 + \left[\frac{V_u}{(\phi R_n)_v}\right]^2 \le 1 \qquad \text{(Equation 5.2)}$$

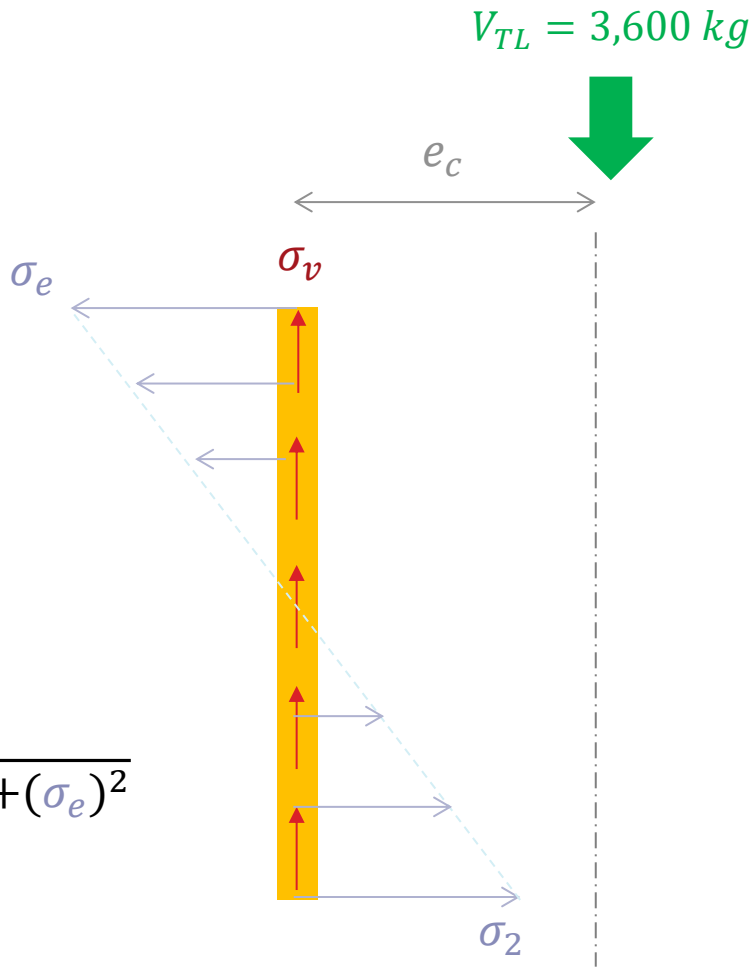
บทที่ 3 รายละเอียดรอยต่อโครงสร้างทั่วไป

การถ่ายแรง



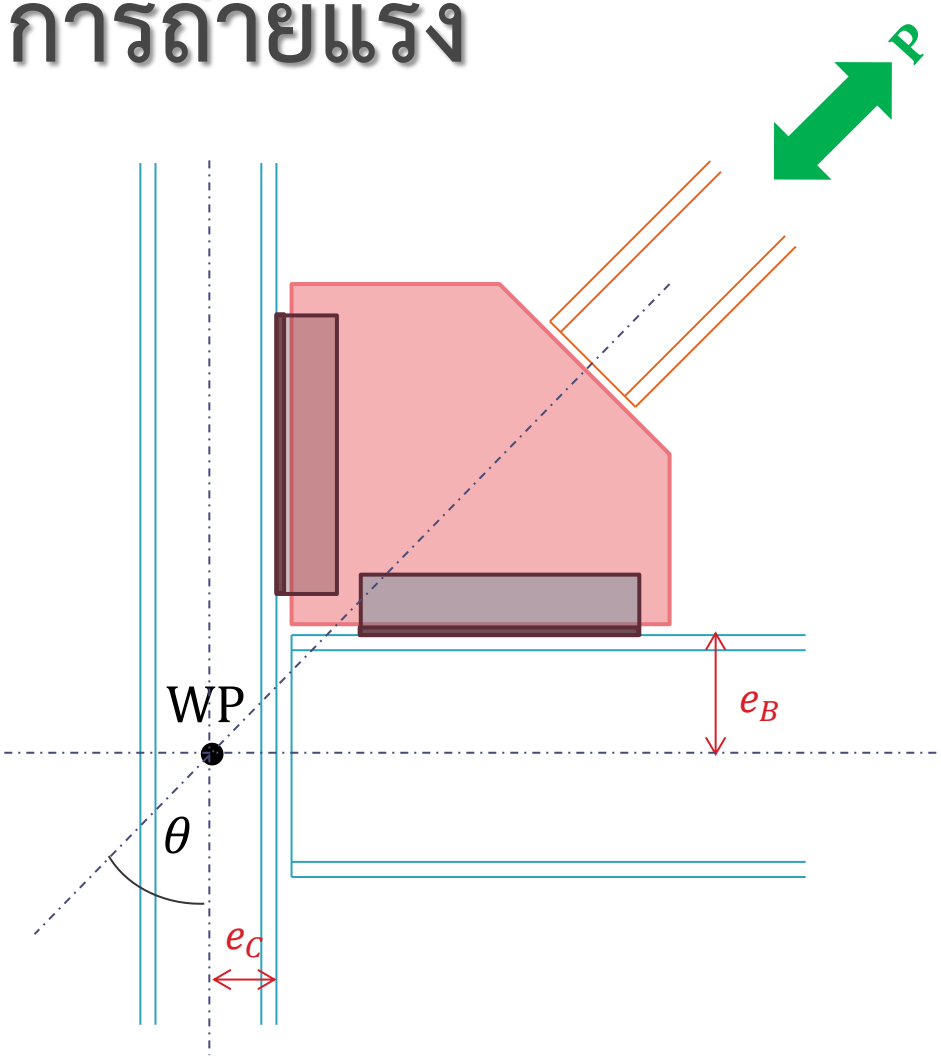
ประมาณได้ว่า

$$\sigma_T = \sqrt{(\sigma_v)^2+(\sigma_e)^2}$$



บทที่ 3 รายละเอียดรอยต่อโครงสร้างทั่วไป

การถ่ายแรง

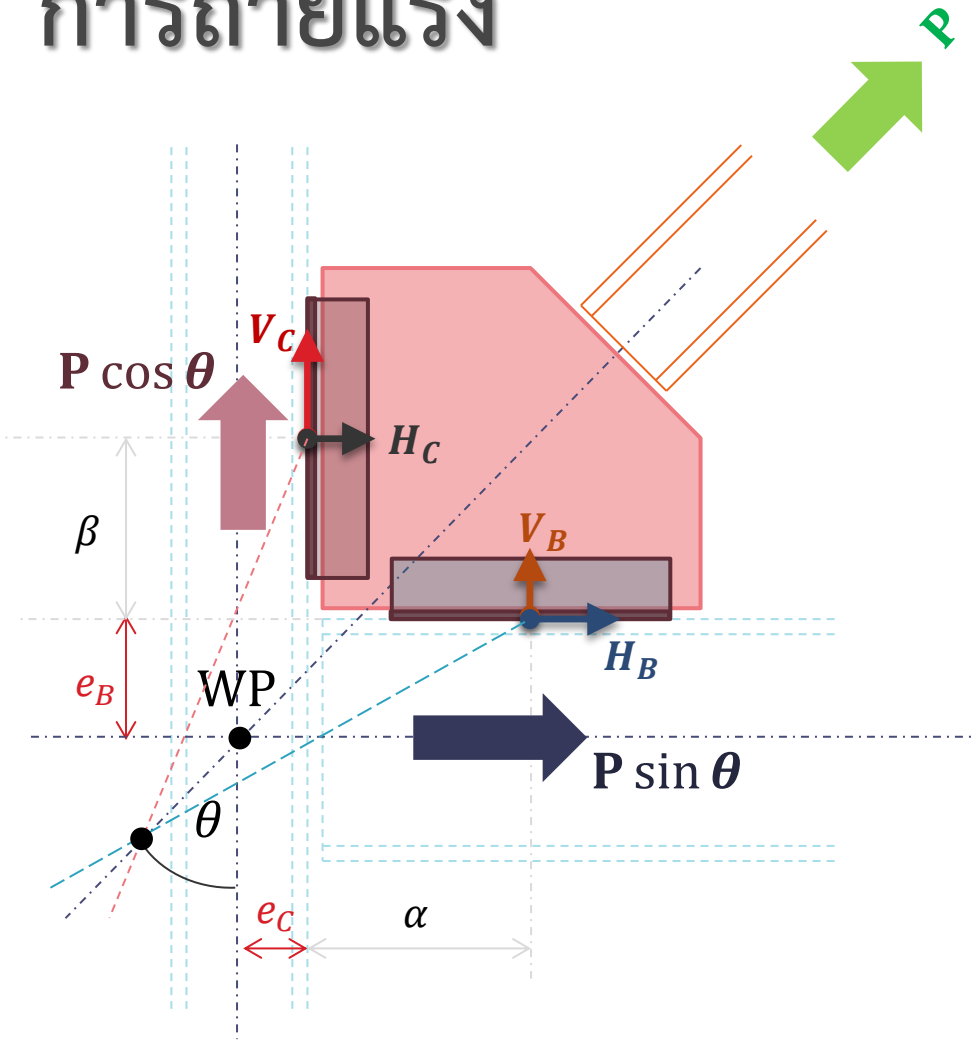


Bracing connection

Load

- รับแรงทางด้านข้าง ซึ่งกระทำได้ทุกทิศทาง
- ดังนั้นแรง **P** จึงเป็นได้ทั้งแรงดึงและแรงอัด
- ในการวิเคราะห์ มักจะกำหนดสมมติฐานให้ แรงกระทำโดยไม่เยื้องศูนย์ หรือ แนวแรงผ่าน แกน centroid ของทั้ง Column Beam และ Diagonal bracing มาตัดกันอยู่ที่จุดจุดหนึ่งเรียกว่า Work Point (WP)

การถ่ายแรง



Bracing connection

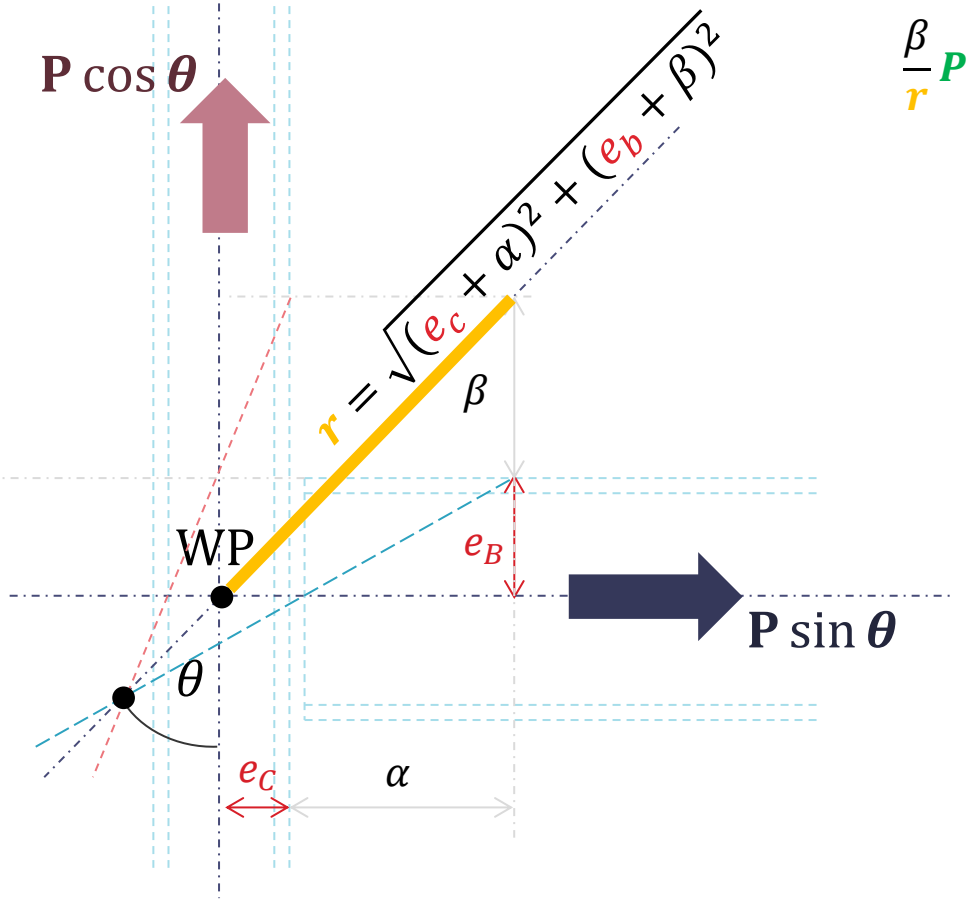
Load *สมมติว่าเป็น Tension*

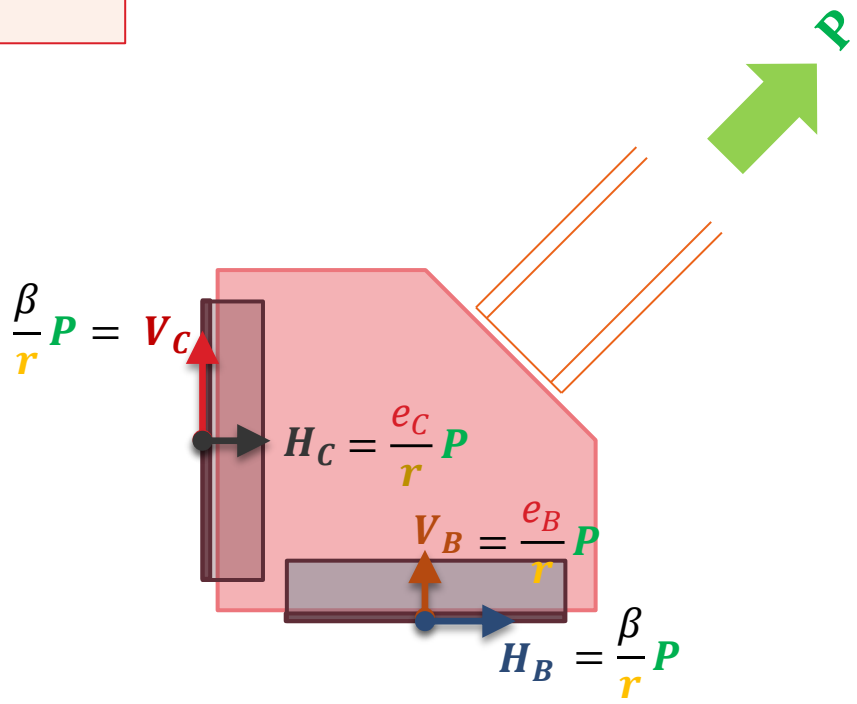
- แรง $\mathbf{P}\cos\boldsymbol{\theta}$ จะกระจายออกไป 2 ส่วน คือ ถ่ายไปยังเสา ผ่านเหล็กฉากที่ติดกับเสา ($\boldsymbol{V_C}$) และถ่ายไปยังคาน ผ่าน เหล็กฉากที่ติดกับคาน ($\boldsymbol{V_B}$)
- แรง $\mathbf{P}\sin\boldsymbol{\theta}$ จะกระจายออกไป 2 ส่วน คือ ถ่ายไปยังคาน ผ่านเหล็กฉากที่ติดกับคาน ($\boldsymbol{H_B}$) และถ่ายไปยังเสา ผ่านเหล็กฉากที่ติดกับเสา ($\boldsymbol{H_C}$)
- $(e_B+\beta)\tan\theta = e_c + \alpha$ หรือ

  $\alpha - \beta\tan\theta = e_B\tan\theta - e_c$

บทที่ 3 รายละเอียดรอยต่อโครงสร้างทั่วไป

การถ่ายแรง





V_C

V_B

H_C

H_B

Load

นำไปพิจารณา เทียบกับ connection strength (resistance) ในทุก failure mode

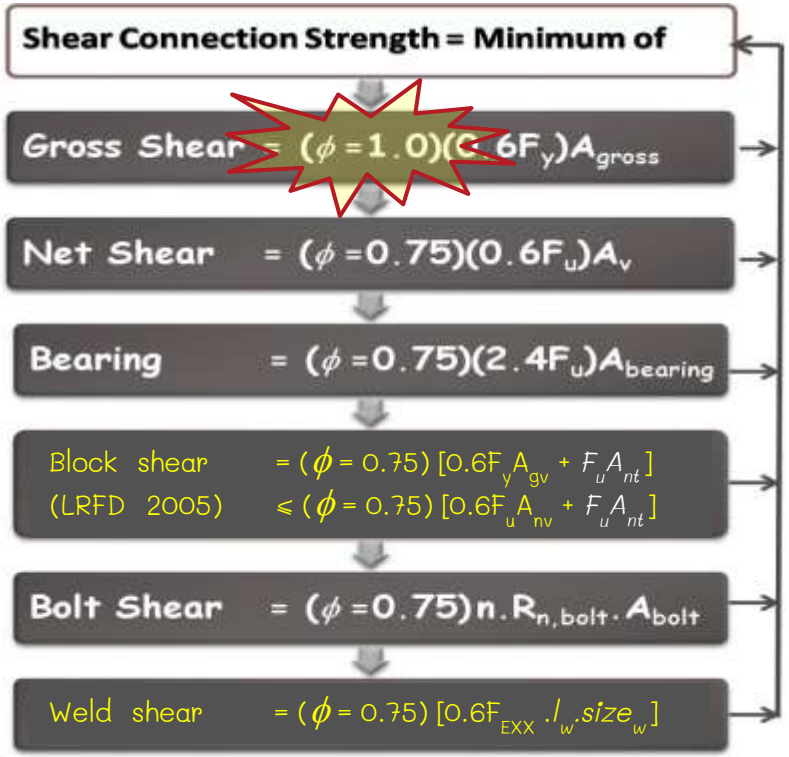
บทที่ 3 รายละเอียดรอยต่อโครงสร้างทั่วไป

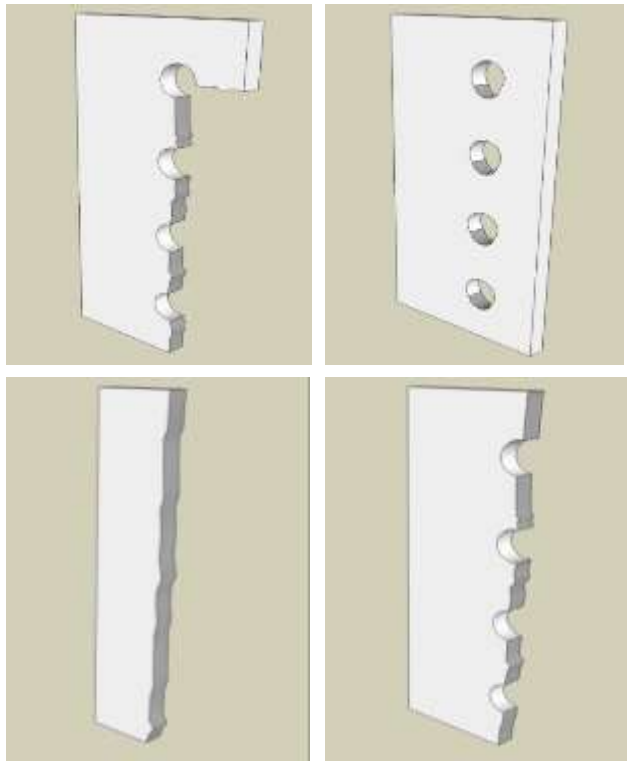
3.7 Common Welded Shear Connection

3.8 Connections Combining Bolts and Welds

3.9 Selecting Connections

AISC LRFD





Steel Design Fundamental

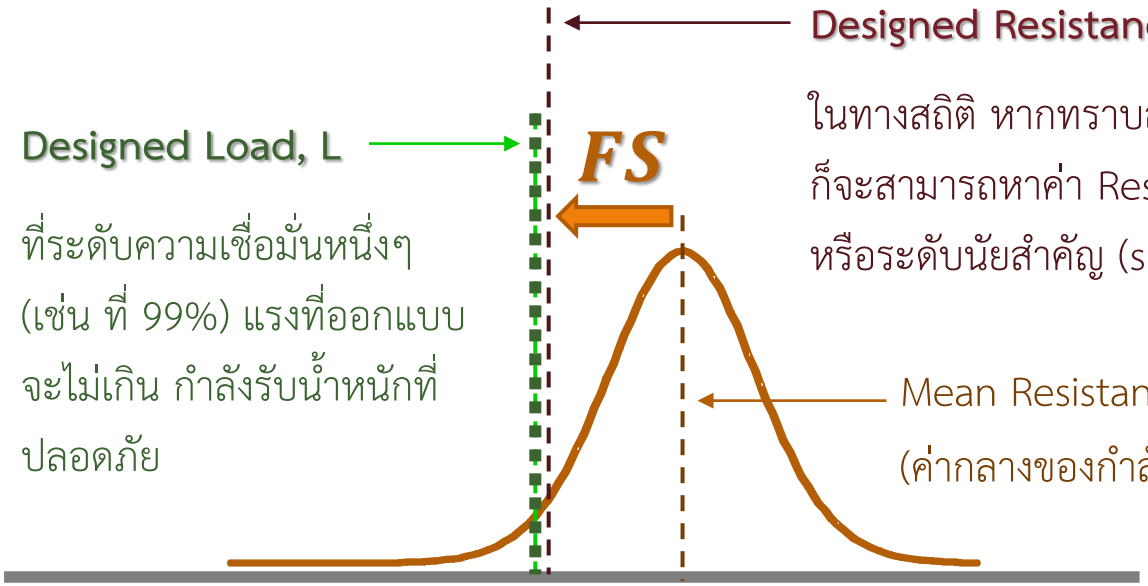
ASD vs. LRFD

a) Allowable Stress Design (ASD)

b) Load and Resistance Factored Design (LRFD)

- หลักในการออกแบบ คือ ต้องออกแบบโครงสร้างให้มีกำลังรับน้ำหนัก (resistance) มากกว่า แรง (load) ที่เกิดขึ้นภายในโครงสร้าง

$$L \leq \frac{R}{FS}$$



ในทางสถิติ หากทราบลักษณะการกระจายตัว ก็จะสามารถหาค่า Resistance ณ ระดับความเชื่อมั่น หรือระดับนัยสำคัญ (significance) ที่ต้องการได้

ที่ระดับความเชื่อมั่นหนึ่งๆ (เช่น ที่ 99%) แรงที่ออกแบบจะไม่เกิน กำลังรับน้ำหนักที่ปลอดภัย

https://web.facebook.com/jtepasteelconstruction/posts/994307867256730

Steel Design Fundamental

ASD vs. LRFD

a) Allowable Stress Design (ASD)

b) Load and Resistance Factored Design (LRFD)

- หลักในการออกแบบ คือ ต้องออกแบบโครงสร้างให้มีกำลังรับน้ำหนัก (resistance) มากกว่า แรง (load) ที่เกิดขึ้นภายในโครงสร้าง

$$\gamma L \leq \phi R$$

$$\sum_i \gamma_i Q_i = \begin{cases} 1.4D \\ 1.2D + 1.6L + 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R) \\ 1.2D + 1.6(L_r \text{ or } S \text{ or } R) + (0.5L \text{ or } 0.8W) \\ 1.2D + 1.6W + 0.5L + 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R) \\ 1.2D \pm 1.0E + 0.5L + 0.2S \\ 0.9D \pm (1.6W \text{ or } 1.0E) \end{cases}$$

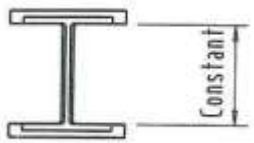
Resistance Factors ϕ :

$$\phi = \begin{cases} 0.90 & \textit{Tension members (yielding state)} \\ 0.75 & \textit{Tension members (fracture state)} \\ 0.85 & \textit{Compression members} \\ 0.90 & \textit{Beams (flexure and shear)} \\ 0.75 & \textit{Fasteners} \end{cases}$$

https://web.facebook.com/jtepasteelconstruction/posts/994307867256730

บทที่ 3 รายละเอียดรอยต่อโครงสร้างทั่วไป

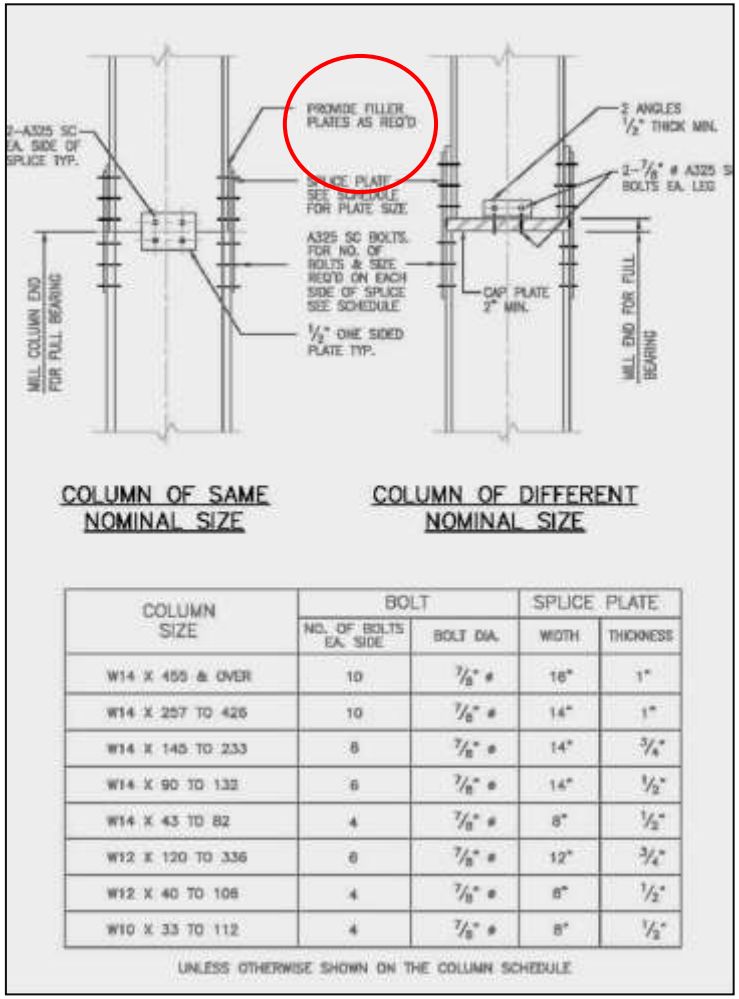
3.11 ข้อต่อดามใสเสา (Column Splice Connection)



Column Size	Constant (in.)
W 8x24 to 67	7.13
W 10x33 to 112	8.86
W 12x40 to 336	10.91
W 14x43 to 730	12.60

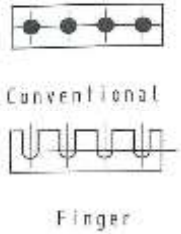
การพิจารณาขนาดมิติของเสาสำหรับ

Column splice detailing



COLUMN SIZE	BOLT		SPLICE PLATE	
	NO. OF BOLTS EA. SIDE	BOLT DIA.	WIDTH	THICKNESS
W14 X 455 & OVER	10	7/8" ø	16"	1"
W14 X 257 TO 426	10	7/8" ø	14"	1"
W14 X 145 TO 233	8	7/8" ø	14"	3/4"
W14 X 90 TO 132	6	7/8" ø	14"	1/2"
W14 X 43 TO 82	4	7/8" ø	8"	1/2"
W12 X 120 TO 336	6	7/8" ø	12"	3/4"
W12 X 40 TO 106	4	7/8" ø	8"	1/2"
W10 X 33 TO 112	4	7/8" ø	8"	1/2"

UNLESS OTHERWISE SHOWN ON THE COLUMN SCHEDULE



Fabrication Plant Tour

Japan

Fabrication Plant Tour

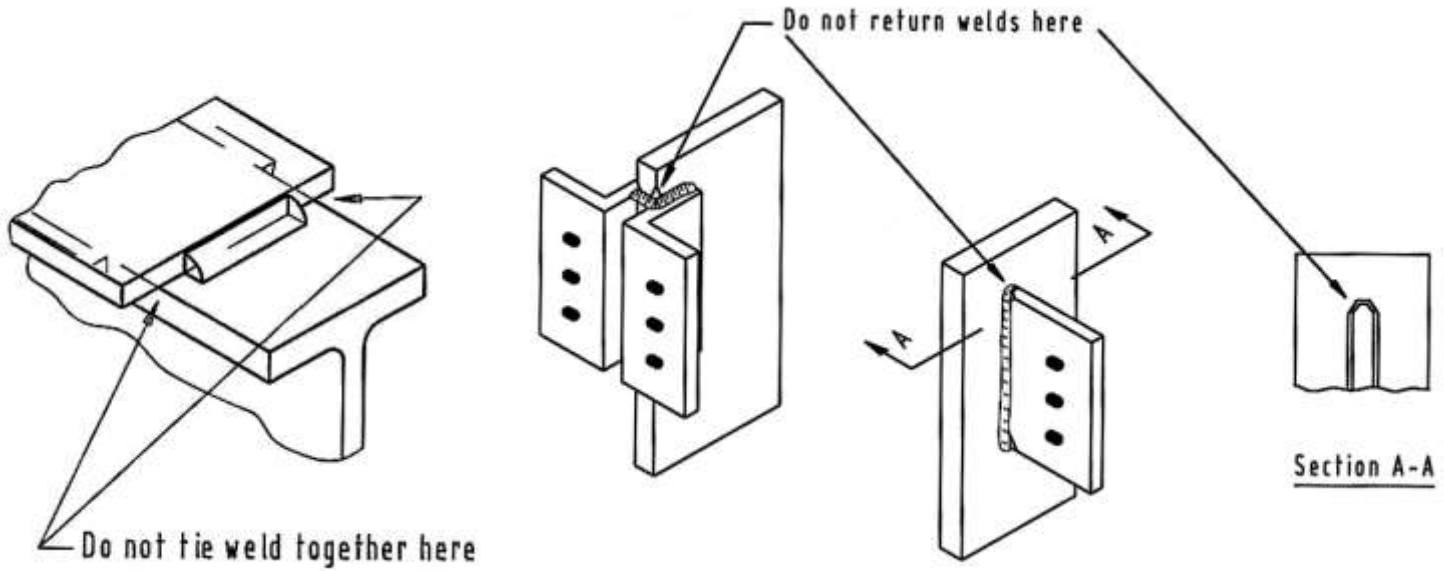
Thailand

บทที่ 4 สัญลักษณ์และกฎเกณฑ์พื้นฐานในการจัดทำรายละเอียด

4.1 Good Detailing Practices

47. สำหรับชิ้นงานที่ต้องมีการเชื่อมพอก ในทางปฏิบัติทั่วไปไม่ควรเชื่อมชิ้นงานยาวตลอดจนกระทั่งถึงขอบปลายของงานชิ้นหนึ่งชิ้นใด

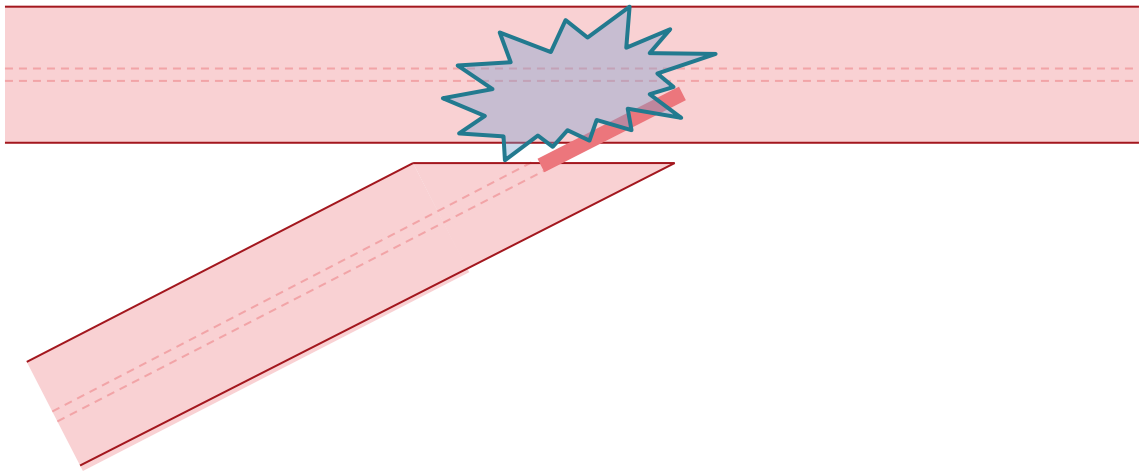
48. หลีกเลี่ยงการเชื่อมรอบพาดผ่านสันหรือขอบขององค์อาคารใด ๆ



บทที่ 4 สัญลักษณ์และกฎเกณฑ์พื้นฐานในการจัดทำรายละเอียด

4.1 Good Detailing Practices

58. ตรวจสอบสภาพที่หน้างาน เป็นสิ่งจำเป็นเพื่อยืนยันว่าสามารถติดตั้งสลักเกลียวและสามารถและขันให้แน่นได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อองค์อาคารที่นำมาประกอบเข้าด้วยกันนั้นทำมุมเอียงไม่ตั้งฉากกัน (Skew) โดยต้องพิจารณาถึงระยะเผื่อทำงาน (Clearance) ที่มากเพียงพอให้สามารถนำประแจขันสลักเกลียว (Wrench) เข้าไปใช้ขันให้แน่นได้



Practical information for designers

Economy in Steel

By Charles J. Carter, P.E., S.E., Thomas M. Murray, P.E., Ph.D., and William A. Thornton, P.E., Ph.D.

- **Use 50-ksi steel in wide-flange member design.**

  เพราะราคาเหล็กกำลังสูง (เทียบเท่า SM490) ราคาพอ ๆ กับเหล็กเกรดทั่วไป

- **Use 36-ksi steel for plates and angles.**

  เพราะหาง่ายในท้องตลาด (เทียบเท่า SS/SM400)

- **Consider the use of HSS (Hollow Structural Steel) section.**

  เพราะค่าใช้จ่ายในการป้องกันไฟน้อย

- **Be careful when specifying beam camber.**

  อย่ากำหนดโค้งหลังเต่าที่น้อย (< ¾”) หรือมากจนเกินไป โดยควรกำหนดระยะให้อยู่ในช่วง 2/3 – 3/4 ของระยะการแอ่นตัวที่คำนวณได้ โดยคานให้มีโค้งหลังเต่าควรยาวไม่น้อยกว่า 8 เมตร เนื่องจากระยะ Jig ของเครื่องจักรมีค่าประมาณ 6 – 7.5 เมตร

SYS ส่งเสริมเกรด SM520 โดยกำหนด pricing ให้แพงกว่า SS400 ราว 1 บาท ต่อ กิโลกรัม (5%)

Chapter 1
Introduction

AISC: American Institute of Steel Construction

Table 1-1. North American Manufacturing Standards for HSS with Mechanical Properties of Common Grades

Product	Specification		Grade	F_y, ksi (MPa)	F_u, ksi (MPa)
Cold-formed HSS	ASTM A500	Round	B	42 (290)	58 (400)
			C	46 (315)	62 (425)
		Rectangular	B	46 (315)	58 (400)
			C	50 (345)	62 (425)
Pipe	ASTM A53		B	35 (240)	60 (415)
Hot-formed HSS	ASTM A501		B	50 (345)	70 (483)
Cold-formed and cold-formed stress-relieved HSS	CAN/CSA-G40.20/G40.21		350W	51 (350)	65 (450)

ประโยชน์ของการนำท่อเหล็กมาใช้รับแรงอัด = ประหยัด รับ นน. ได้มาก

Table 1-2. Comparison of W-Shape and HSS Compression Members

Length and required strength	KL = 16 ft P_u = 200 kips (LRFD) P_a = 133 kips (ASD)			KL = 32 ft P_u = 600 kips (LRFD) P_a = 400 kips (ASD)		
Member type and grade	W-shape ASTM A992	HSS ASTM A500 Grade B		W-shape ASTM A992	HSS ASTM A500 Grade B	
		Round	Square		Round	Square
Section	W8×31	HSS7.500×0.375	HSS8×8×4	W14×109	HSS14.000×0.625	HSS14×14×½
Available strength, kips	212 (LRFD) 141 (ASD)	208 (LRFD) 138 (ASD)	229 (LRFD) 152 (ASD)	664 (LRFD) 442 (ASD)	620 (LRFD) 412 (ASD)	734 (LRFD) 488 (ASD)
Weight, lb/ft (see note)	31 (100%)	28.6 (92%)	25.8 (83%)	109 (100%)	89.4 (82%)	89.6 (82%)
Surface area, ft²/ft (see note)	3.88 (100%)	1.97 (51%)	2.60 (67%)	7.02 (100%)	3.67 (52%)	4.53 (65%)

Note: The number in parentheses represents the percent of weight or surface area relative to the wide-flange option.

เสา

$$Column\ capacity\ (P_n) = Reduction\ Factor * \boldsymbol{Critical\ stress}\ (\boldsymbol{F_{cr}}) * Cross\ section\ area\ (A)$$

Leonhard Euler (1707-1783)

200 x 100 x 4.5

A = 25.67 cm^2

I_x = 1,330 cm^4

I_y = 455 cm^4

r_x = 7.20 cm

r_y = 4.21 cm

$$\boldsymbol{F_{cr}} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}$$

เสายาว

Elastic buckling

$E = Elastic\ modulus = 2{,}000{,}000\ ksc$

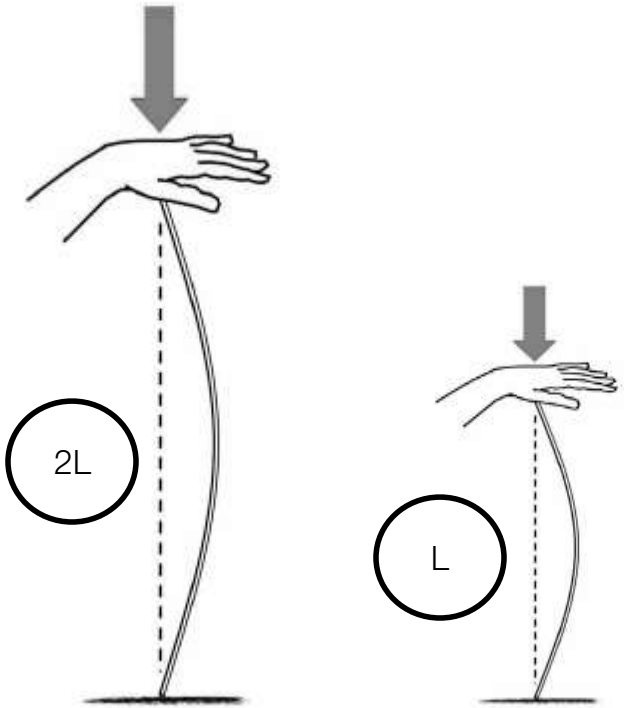
$K = Effective\ length\ factor$

$L = Unbraced\ length$

$r = Radius\ of\ gyration = \sqrt{I/A}$

เสา

$$Column\ capacity\ (P_n) = Reduction\ Factor * \boldsymbol{Critical\ stress}\ (\boldsymbol{F_{cr}}) * Cross\ section\ area\ (A)$$



$$\boldsymbol{F_{cr}} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}$$

เสายาว
Elastic buckling

$E = Elastic\ modulus = 2{,}000{,}000\ ksc$

$K = Effective\ length\ factor$

$L = Unbraced\ length$

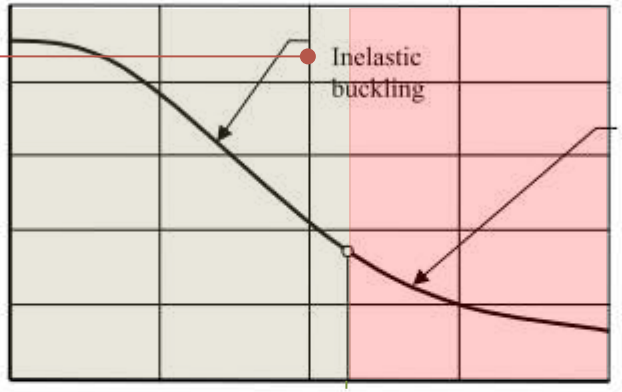
$r = Radius\ of\ gyration = \sqrt{I/A}$

$$\boldsymbol{F_{cr_1}} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{K.2L}{r}\right)^2} \qquad \boldsymbol{F_{cr_2}} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \qquad \Rightarrow \qquad \boldsymbol{F_{cr_1}} = \frac{\boldsymbol{F_{cr_2}}}{4}$$

ยิ่งยาวยิ่งรับได้น้อยเป็นทวีคูณ

AISC Load and Resistance Factor Design (AISC/LRFD)

$$F_{cr} = \left(0.658^{\frac{QF_y}{F_e}}\right) QF_y$$ = Critical stress, ksi



$$F_{cr} = 0.877F_e$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}$$

TRANSITION POINT LIMITING VALUES OF *KL/r*		
F_y, ksi	Limiting *KL/r*	$0.44F_y$, ksi
36	134	15.8
50	113	22.0
60	104	26.4
70	96	30.8

$$\textbf{Limiting } \frac{KL}{r} = 4.71\sqrt{\frac{E}{QF_y}}$$

$Q = Reduction\ factor$ *used for slender member where member parts are very slim (thin)*

LRFD

กำลังรับน้ำหนักของเสา (F_{cr})

เสายาวปานกลาง

$$F_{cr} = \left(0.658^{\frac{QF_y}{F_e}}\right) QF_y$$

$$\frac{KL}{r}_{\text{ของจริง}} < \frac{KL}{r}$$

$$\frac{KL}{r} = 4.71\sqrt{\frac{E}{QF_y}}$$

เสายาว

$$F_{cr} = 0.877F_e$$

$$\frac{KL}{r}_{\text{ของจริง}} > \frac{KL}{r}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}$$

โดย $\left(\frac{KL}{r}\right)_{\text{ของจริง}}$ ขึ้นกับ

1. การยึดรั้งที่ปลายของเสา
2. ความยาวของเสา
3. รัศมีไจเรชั่นของเสา

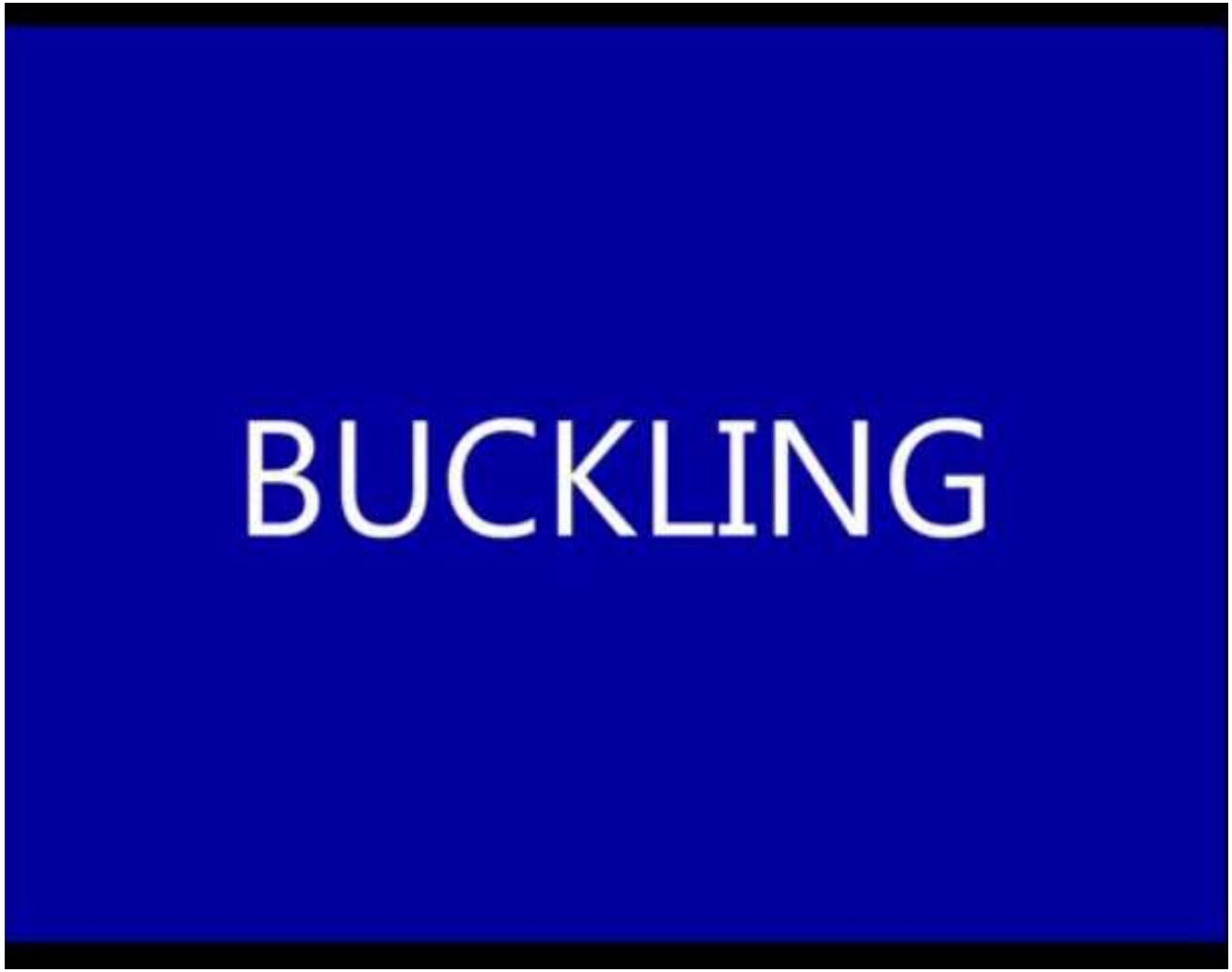
$\left(\frac{KL}{r}\right)_{\text{ของจริง}} < \frac{KL}{r}$

$\frac{KL}{r} = 4.71\sqrt{\frac{E}{QF_y}}$

$\left(\frac{KL}{r}\right)_{\text{ของจริง}} > \frac{KL}{r}$

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_{\text{ของจริง}} = max\left[\left(\frac{KL}{r}\right)_x, \left(\frac{KL}{r}\right)_y\right]$$

การมองค่า K ของเสา (ในแต่ละแกน)



What is the effect of column fixity (connection), reflecting K value?

สรุปขั้นตอนการหา **กำลังรับแรงอัดของเสา**

เตรียมข้อมูล **คุณสมบัติพื้นฐาน**

- Material property (E , F_y)
- Section property (I_x , I_y , r_x , r_y , A)

พิจารณา KL/r ของ แกน x และ แกน y

ใช้ค่าสูงสุด !!!

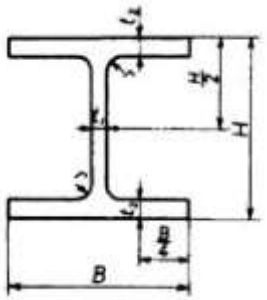
- K (connection)
- L = Length

Use Engineering Judgment for K

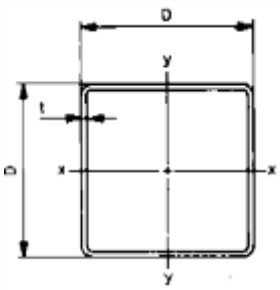
ดูว่า เสา มีพฤติกรรม เป็นเสายาว หรือ เสา ยาวปานกลาง

- Check **KL/r** กับ $4.71\sqrt{(E/F_y)}$

คำนวณค่ากำลังรับแรงอัด จากสมการในมาตรฐาน



H 200x200
Linear Wt. (kg/m): 50
A (cm^2): 63.53
I_x / I_y (cm^4): 4,720 / 1,600



H 175x175x4.5
Linear Wt. (kg/m): 23.7
A (cm^2): 30.17
I_x / I_y (cm^4): 1,450 / 1,450

Practical information for designers

Economy in Steel

By Charles J. Carter, P.E., S.E., Thomas M. Murray, P.E., Ph.D., and William A. Thornton, P.E., Ph.D.

- **Economize web penetration to minimize or eliminate web stiffening**

  เพื่อลดปริมาณการเสริมเหล็กจากการเจาะรูที่เอวคาน

- **Favor the use of partially composite action in beam design.**

  เพราะคาน fully composite มักมีราคาแพงเกินความจำเป็น (50 – 75% composite)

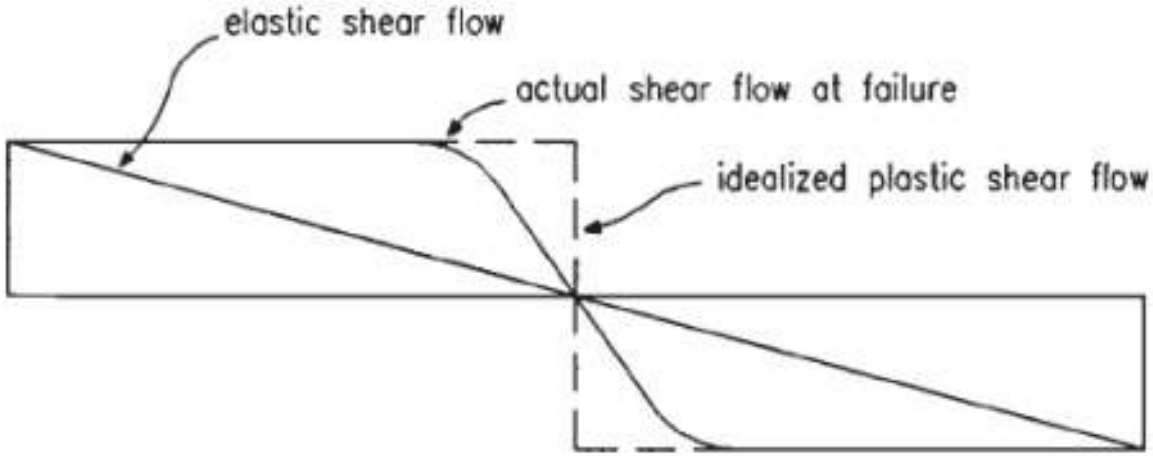
- **Consider cantilevered construction for roofs and 1-story structures.**

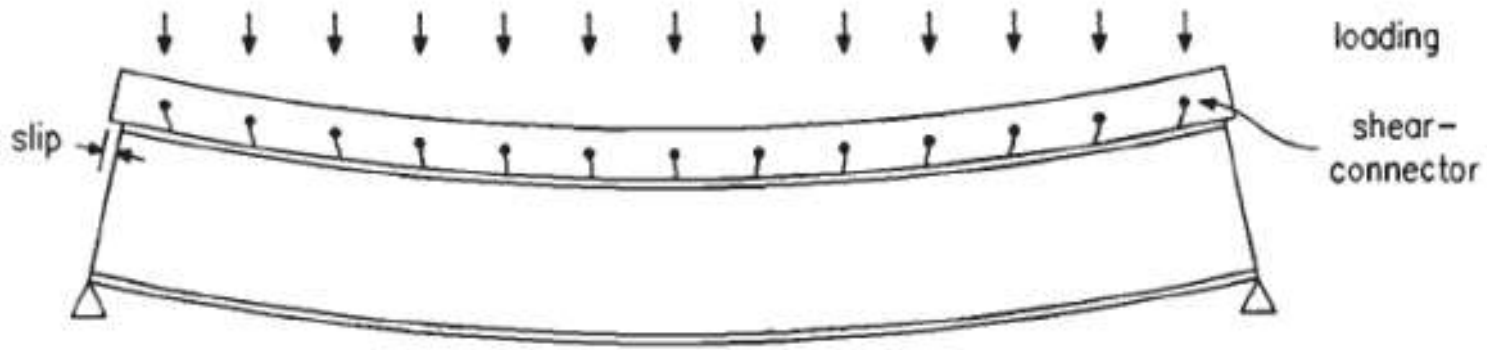
  เพราะช่วยลดน้ำหนักของโครงสร้างลงได้มาก โดยเฉพาะค่า connection

- **Optimize bay size.**

  จากผลการศึกษา พบว่าสำหรับพื้นที่ขนาด ประมาณ 100 m^2 (1,000 ft^2) ควรกำหนดอัตราส่วนความยาวต่อความกว้างให้อยู่ในช่วง 1.25 – 1.50

COMPOSITE ACTION & BEHAVIOR





Practical information for designers

Economy in Steel

By Charles J. Carter, P.E., S.E., Thomas M. Murray, P.E., Ph.D., and William A. Thornton, P.E., Ph.D.

- **Eliminate column splices as possible.**

  เพื่อลดค่าใช้จ่าย (กำหนดเสาให้ยาวมากสุดเท่าที่จะสามารถขนส่งได้)

- **Configure column base details that are erectable without guying.**

  ถ้าเป็นไปได้เลือก pattern สลักสมอให้เป็น 4 ตัว โดยไม่ต้องทำค้ำยัน

- **Make beams, connections and base plates more repetitive as possible.**

  ออกแบบให้คาน จุดต่อ หรือ base plate ให้มีขนาดที่ซ้ำกันมากที่สุด เพื่อลดความสับสน และสามารถสั่งซื้อแบบยก lot ได้

- **Use snug-tightened installation whenever possible.**

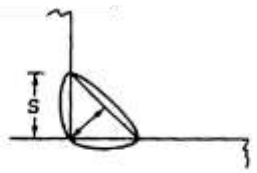
  เพราะการใช้ bolt ประเภทนี้มีราคาถูกกว่าชนิด slip-critical มาก

Practical information for designers

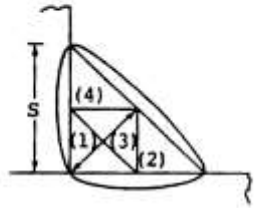
Economy in Steel

By Charles J. Carter, P.E., S.E., Thomas M. Murray, P.E., Ph.D., and William A. Thornton, P.E., Ph.D.

- **Configure welded joints to minimize weld metal volume.**
  กำหนดขนาดรอยเชื่อมให้เหมาะสมเพื่อลดค่าใช้จ่าย



- **Favor fillet welds over groove welds.**
  เลือก fillet ก่อน groove weld เพราะมีราคาถูกกว่า



- **Keep fillet weld size < 8 mm (5/16” หรือ 2.5 หุน).**
  เพราะหากกำหนดขนาดใหญ่กว่านี้จะส่งผลต่อการเชื่อมหลายครั้ง

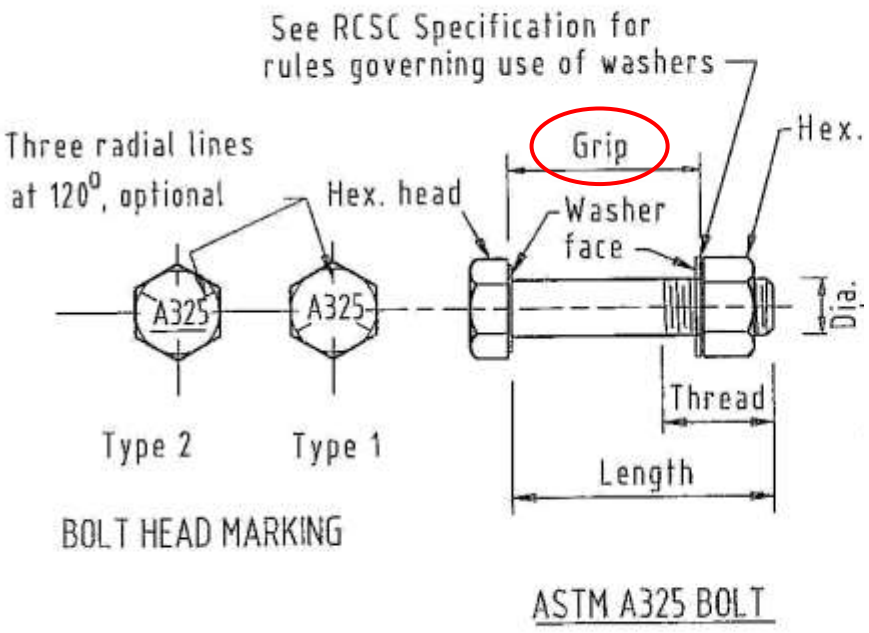
- **Favor the horizontal or flat position and intermittent-fillet welding.**
  พยายามจัดแนวการเชื่อมให้อยู่ในแนวราบ เพราะเสียค่าใช้จ่ายในการเชื่อมต่ำ

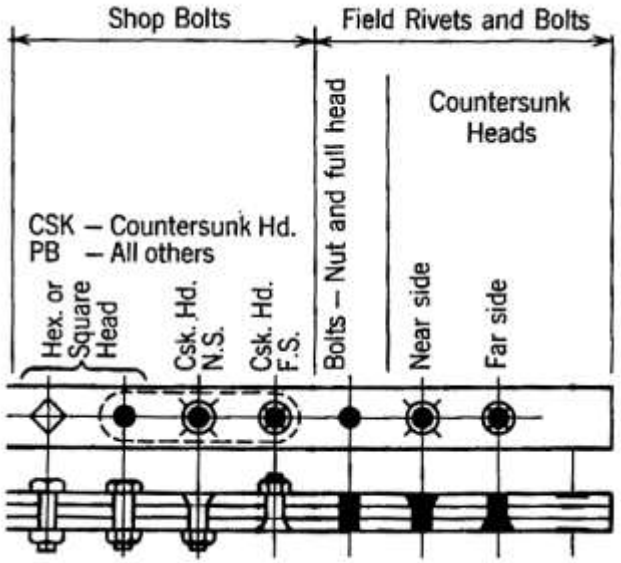
บทที่ 4 สัญลักษณ์และกฎเกณฑ์พื้นฐานในการจัดทำรายละเอียด

4.5 สลักเกลียว (Bolts)

4.5.1 การกำหนดสัญลักษณ์ (Identification)

4.5.2 สัญลักษณ์ (Symbol)





บทที่ 4 สัญลักษณ์และกฎเกณฑ์พื้นฐานในการจัดทำรายละเอียด

4.5 สลักเกลียว (Bolts)

4.5.3 รูสลักเกลียว (Hole)

- รูมาตรฐาน (Standard Hole, STD)
- รูเผื่อขนาด (Oversized Hole, OVS)
- รูร่องยาว (Long Slotted Hole, LSL)
- รูร่องสั้น (Short Slotted Hole, SSL)

บทที่ 4 สัญลักษณ์และกฎเกณฑ์พื้นฐานในการจัดทำรายละเอียด

TABLE J3.3M
Nominal Hole Dimensions, mm

Bolt Diameter, mm	Hole Dimensions			
	Standard (Dia.)	Oversize (Dia.)	Short-Slot (Width × Length)	Long-Slot (Width × Length)
M16	18	20	18 × 22	18 × 40
M20	22	24	22 × 26	22 × 50
M22	24	28	24 × 30	24 × 55
M24	27[a]	30	27 × 32	27 × 60
M27	30	35	30 × 37	30 × 67
M30	33	38	33 × 40	33 × 75
≥ M36	$d + 3$	$d + 8$	$(d + 3) \times (d + 10)$	$(d + 3) \times 2.5d$

[a] Clearance provided allows the use of a 1-in. bolt if desirable.

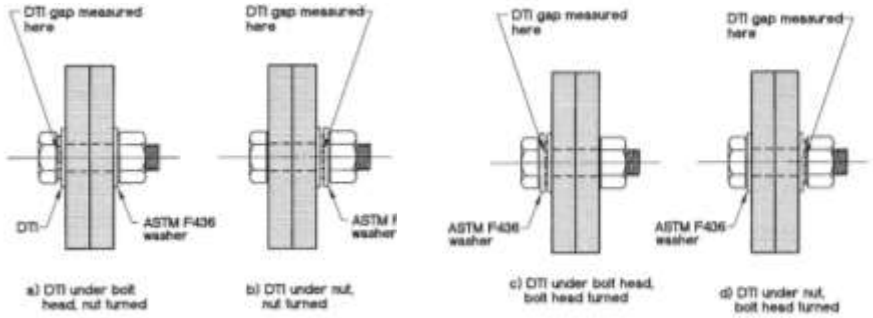
Ref: *ANSI/AISC360-10, "Specification for Structural Steel Buildings," P.121*

บทที่ 4 สัญลักษณ์และกฎเกณฑ์พื้นฐานในการจัดทำรายละเอียด

4.5 สลักเกลียว (Bolts)

4.5.4 การประกอบ (Installation)

- Turn-of-Nut Pretensioning
- Calibrated Wrench Pretensioning
- Twist-off-Type Tension-Control Bolt Pretensioning
- Direct-Tension-Indicator Pretensioning



บทที่ 4 สัญลักษณ์และกฎเกณฑ์พื้นฐานในการจัดทำรายละเอียด

4.6 การเชื่อม (Welding)

4.7 Joint Prequalification

4.8 กระบวนการเชื่อม (Welding Process)

- 4.8.1 Shielded Metal Arc Welding (SMAW)
- 4.8.2 Submerged Arc Welding (SAW)
- 4.8.3 Gas Metal Arc Welding (GMAW)
- 4.8.4 Flux Cored Arc Welding (FCAW)
- 4.8.5 Electrogas Welding (GMAW-EG or FCAW-EG)
- 4.8.6 Electroslag Welding (ESW)
- 4.8.7 Stud Welding
- 4.8.8 Resistance Welding

บทที่ 4 สัญลักษณ์และกฎเกณฑ์พื้นฐานในการจัดทำรายละเอียด

4.10 รูปแบบของการเชื่อม (Weld Type)

4.10.1 การเชื่อมแบบฟิลเลท (Fillet Weld)

4.10.2 การเชื่อมร่อง (Groove Weld)

4.10.3 การเชื่อมอุด (Plug Weld) และการเชื่อมร่อง (Slot Weld)

บทที่ 4 สัญลักษณ์และกฎเกณฑ์พื้นฐานในการจัดทำรายละเอียด

4.8 กระบวนการเชื่อม (Welding Process)

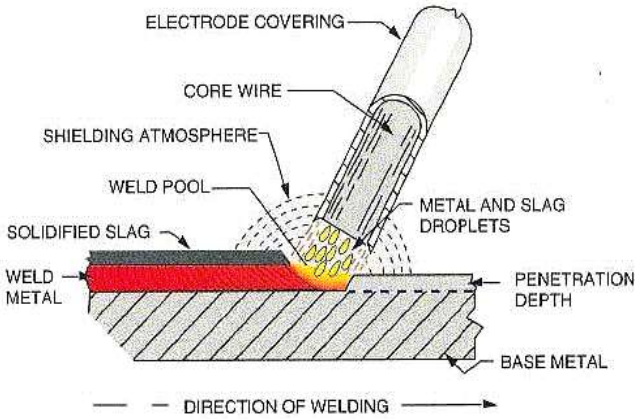
4.8.1 Shielded Metal Arc Welding (SMAW)

- กระบวนการเริ่มจากประกายจากกระแสไฟฟ้าจะถูกสร้างขึ้นระหว่างปลายของลวดโลหะเชื่อมเคลือบ (Coated Metal Electrode) และชิ้นส่วนเหล็กที่จะถูกนำมาเชื่อมประกอบเข้าด้วยกัน ประกายไฟอาร์ค (Arc) นี้จะเหนี่ยวนำให้วัสดุฐาน (Base metal) และธูปเชื่อมเกิดมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นจนกระทั่งวัสดุทั้งสองเกิดการหลอมละลายและเกิดการประสานจนเป็นเนื้อเดียวกัน
- มักเป็นการเชื่อมแบบ Manual
- **ข้อดี** คือเป็นการเชื่อมที่สามารถดำเนินการได้ง่าย และได้หลากหลายสภาพที่หน้างาน
- **ข้อเสีย** คือใน 1 pass จะไม่สามารถเชื่อมให้หนาได้ (Efficiency ต่ำ)
- ข้อกำหนดอ้างอิง Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding Electrodes (AWS A5.1) และ Specification for Low-Alloy Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding (AWS A5.5)

บทที่ 4 สัญลักษณ์และกฎเกณฑ์พื้นฐานในการจัดทำรายละเอียด

4.8 กระบวนการเชื่อม (Welding Process)

4.8.1 Shielded Metal Arc Welding (SMAW)



บทที่ 4 สัญลักษณ์และกฎเกณฑ์พื้นฐานในการจัดทำรายละเอียด

4.8 กระบวนการเชื่อม (Welding Process)

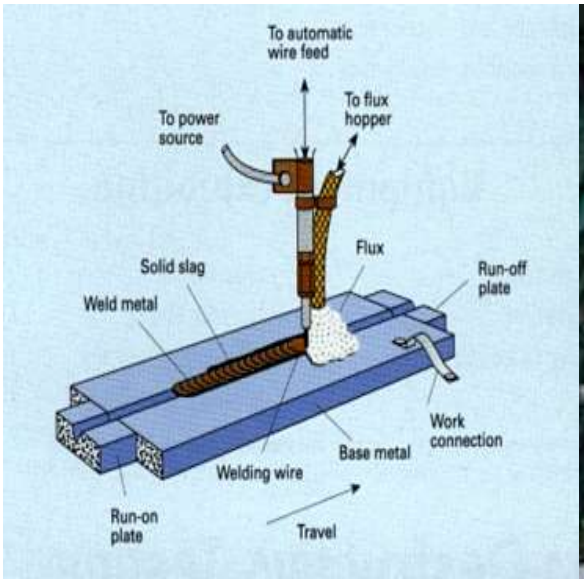
4.8.2 Submerged Arc Welding (SAW)

- กระบวนการในการเชื่อมมีหลักการคล้ายคลึงกับการเชื่อมแบบ SMAW แต่มีข้อแตกต่างคือ การเชื่อมโดยวิธี SAW นี้ใช้ลวดเชื่อมแบบเปลือยแทนการใช้ธูปเชื่อมที่เป็นแท่ง และมีการใช้สารพอกหุ้มที่มีลักษณะเป็นผง (Granular Form) โดยวัสดุเชื่อมที่มีลักษณะเป็นผงนี้จะถูกเติมที่ตำแหน่งที่ต้องการเชื่อมต่อโดยในระหว่างการเชื่อม ลวดเชื่อมซึ่งอยู่ที่ตำแหน่งปลายของเครื่องเชื่อมจะเป็นตัวที่ก่อให้เกิดประกายไฟและเกิดความร้อนจนทำให้วัสดุเชื่อมดังกล่าวเกิดการหลอมละลาย และเกิดขี้โลหะเคลือบขึ้นป้องกันโลหะที่หลอมละลายที่ตำแหน่งการเชื่อม
- มักเป็นการเชื่อมแบบอัตโนมัติและกึ่งอัตโนมัติ
- **ข้อดี** คือสามารถเชื่อมเติมได้ปริมาณมาก (Efficiency สูง)
- **ข้อจำกัด** คือสามารถเชื่อมได้ในการเชื่อมแนวราบ (Flat Position) เท่านั้น

บทที่ 4 สัญลักษณ์และกฎเกณฑ์พื้นฐานในการจัดทำรายละเอียด

4.8 กระบวนการเชื่อม (Welding Process)

4.8.2 Submerged Arc Welding (SAW)



- ข้อกำหนดอ้างอิง Specification for Bare Carbon Steel Electrodes and Fluxes for Submerged Arc Welding (AWS A5.17) และ Specification for Low Alloy Steel Electrodes and Fluxes for Submerged Arc Welding (AWS A5.23)

บทที่ 4 สัญลักษณ์และกฎเกณฑ์พื้นฐานในการจัดทำรายละเอียด

4.8 กระบวนการเชื่อม (Welding Process)

4.8.3 Gas Metal Arc Welding (GMAW)

- กระบวนการในการเชื่อมมีการดำเนินการโดยใช้ลวดเชื่อมเปลือยเป็นตัวนำไฟฟ้า และมีการปล่อยก๊าซที่ไปปกคลุมป้องกันรอยเชื่อม บางครั้งอาจเรียกการเชื่อมวิธีนี้ว่าการเชื่อมแบบ MIG ซึ่งมาจาก Metal Inert Gas Welding หรืออาจเรียกว่า CO2 Welding ถ้าใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นก๊าซที่ใช้ป้องกันรอยเชื่อม
- **ข้อดี** คือเป็นการเชื่อมที่สามารถปรับรูปแบบและวิธีการเชื่อมได้ในทุกตำแหน่งการเชื่อมจึงเหมาะสำหรับการเชื่อมภายในโรงงาน และสามารถเชื่อมกับรอยเชื่อมที่มีขนาดใหญ่ และต้องการการแทรกซึมของรอยเชื่อมในเนื้อโลหะได้ลึก
- **ข้อจำกัด** คือด้วยเหตุที่มีการใช้ก๊าซสำหรับเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการในการเชื่อมดังกล่าว การเชื่อมแบบ GMAW นี้จึงไม่นิยมใช้ในการเชื่อมที่หน้างานเนื่องจากต้องมีการจัดเตรียมการป้องกันการรบกวนก๊าซดังกล่าวจากลมที่อาจเกิดขึ้นได้ที่หน้างาน

4.8 กระบวนการเชื่อม (Welding Process)

4.8.3 Gas Metal Arc Welding (GMAW)

- ข้อกำหนดอ้างอิง Specification for Carbon Steel Electrodes and Rods for Gas Shielded Arc Welding (AWS A5.18) และ Specification for Low Alloy Steel Filler Metals for Gas Shielded Arc Welding (AWS A5.28)

บทที่ 4 สัญลักษณ์และกฎเกณฑ์พื้นฐานในการจัดทำรายละเอียด

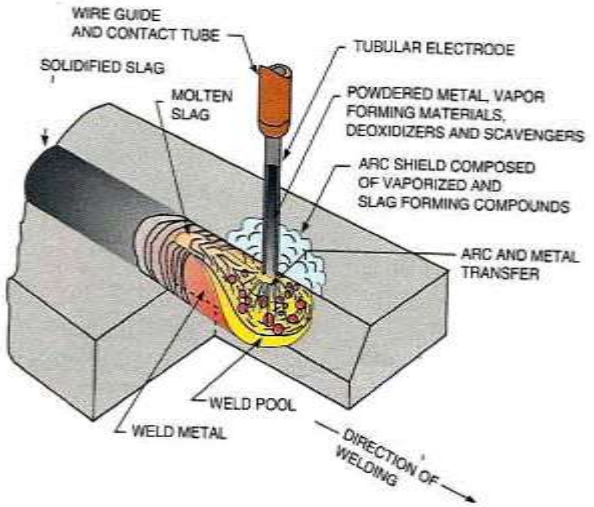
4.8 กระบวนการเชื่อม (Welding Process)

4.8.4 Flux Cored Arc Welding (FCAW)

- กระบวนการในการเชื่อมมีการใช้ธูปเชื่อมมีลักษณะเป็นแท่งซึ่งมีแกนที่มีสารพอกหุ้ม (Flux) อยู่ภายใน โดยแกนที่ห่อหุ้มโดยสารพอกหุ้ม (Flux) ดังกล่าวจะมีการสร้างวัสดุที่มาป้องกันวัสดุเชื่อม ดังนั้นการเชื่อมโดยวิธี FCAW นี้มีลักษณะคล้ายคลึงกับการเชื่อมแบบ GMAW แต่มีความแตกต่างตรงที่วัสดุที่ใช้ป้องกันที่ไม่ได้อยู่ในรูปก๊าซ
- **ข้อดี** คือสามารถดำเนินการได้ที่หน้างาน และหากต้องการให้มีประสิทธิภาพในการป้องกันวัสดุเชื่อมให้มากยิ่งขึ้น ก็สามารถใช้ก๊าซที่ผลิตจากอุปกรณ์เสริมมาใช้ควบคู่กับเครื่องเชื่อมแบบ FCAW ได้
- **ข้อจำกัด** คือ Flux ที่ใช้สำหรับงานเชื่อมส่งกลิ่นที่รุนแรง และการเชื่อมวิธีนี้ต้องใช้ช่างเชื่อมที่มีประสบการณ์ในการควบคุมอุปกรณ์การเชื่อม

4.8 กระบวนการเชื่อม (Welding Process)

4.8.4 Flux Cored Arc Welding (FCAW)



- ข้อกำหนดอ้างอิง Specification for Carbon Steel Electrodes and Rods for Flux Cored Arc Welding (AWS A5.20) และ Specification for Low Alloy Steel Filler Metals for Flux Cored Arc Welding (AWS A5.29)

4.8 กระบวนการเชื่อม (Welding Process)

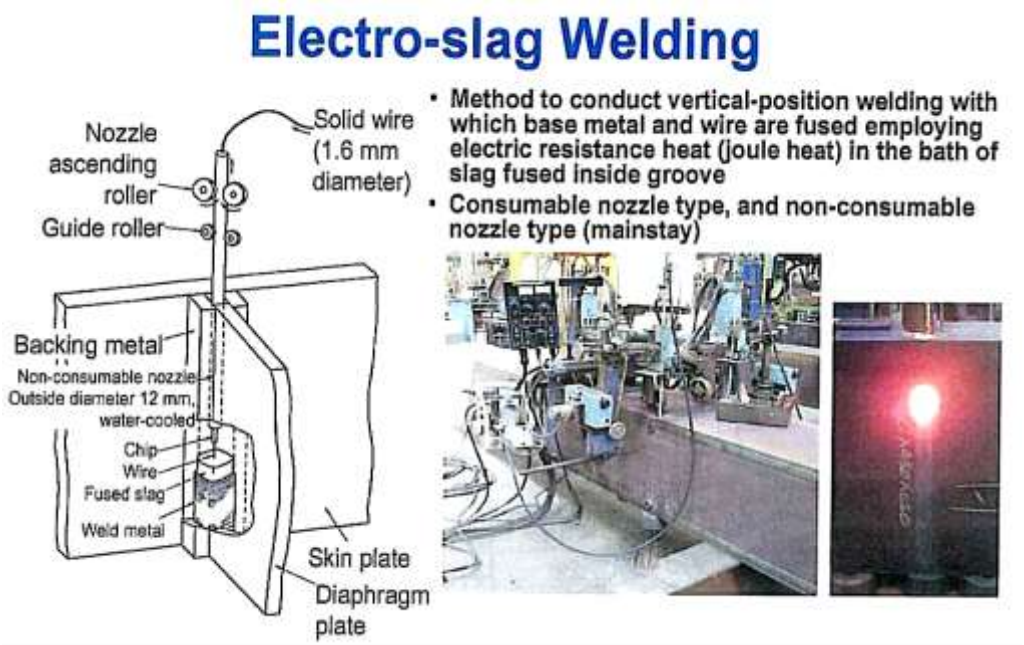
4.8.6 Electroslag Welding (ESW)

- การเชื่อมแบบ ESW เป็นรูปแบบการเชื่อมที่สามารถเชื่อมได้ในแนวดิ่งจากล่างขึ้นบนที่ภายในร่องเชื่อมเพื่อสำหรับข้อต่อโครงสร้างแบบต่อชนหรือข้อต่อรูปตัวที โดยมีการใช่แผ่นทองเหลืองประกบทั้งสองด้านและมีการหล่อเย็นด้วยน้ำเพื่อสร้างรอยเชื่อมให้เกิดขึ้นจากวัสดุที่หลอมละลายและจากขี้โลหะ (Slag) ทั้งนี้ในขณะที่ทำการเชื่อมจะมีการใช้ Granular Flux และใช้ธูปเชื่อม (Electrode) เพื่อให้เกิดประกายไฟอาร์ค (Arc) ขึ้น กระบวนการที่กล่าวไปนั้นมีลักษณะที่ไม่ได้แตกต่างจากการเชื่อมโดยวิธี Electrogas Welding แต่ในกระบวนการต่อมาคือเมื่อ Slag เกิดการหลอมละลายขึ้น การเกิดประกายไฟอาร์คก็จะหยุดลงและเกิดมีกระแสไฟผ่านเข้าไปยัง Slag อันส่งผลให้เกิดอุณหภูมิที่สูงขึ้นถึง 3500 F Slag ที่มีความร้อนสูงนี้จะไปหลอมละลายชิ้นโลหะที่จะนำมาเชื่อมประกอบกัน และหลอมละลายธูปเชื่อม ส่งผลให้เกิดการเชื่อมประสานกันของวัสดุที่เกิดการหลอมละลายขึ้นดังกล่าว

บทที่ 4 สัญลักษณ์และกฎเกณฑ์พื้นฐานในการจัดทำรายละเอียด

4.8 กระบวนการเชื่อม (Welding Process)

4.8.6 Electroslag Welding (ESW)



- ข้อกำหนดอ้างอิง Specification for Carbon and Low Alloy Steel Electrodes and Fluxes for Electroslag Welding (AWS A5.5)

บทที่ 4 สัญลักษณ์และกฎเกณฑ์พื้นฐานในการจัดทำรายละเอียด

4.8 กระบวนการเชื่อม (Welding Process)

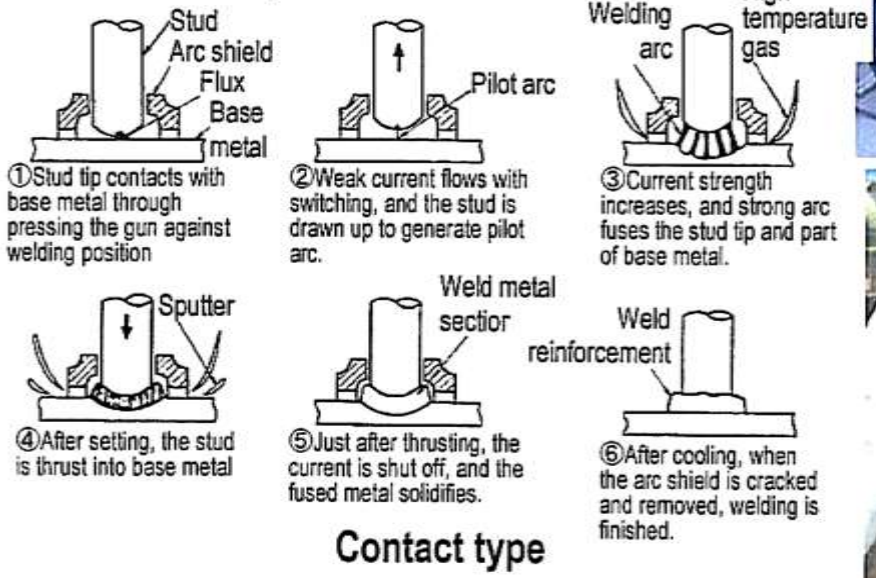
4.8.7 Stud Welding

- การเชื่อม Stud Welding นี้เป็นกระบวนการที่ใช้สำหรับการติดตั้งสลักรับแรงเฉือนให้ติดกับองค์อาคารของโครงสร้าง โดยการเชื่อมที่ตำแหน่งปลายของสลักรับแรงเฉือน อุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งนั้นมีลักษณะคล้ายกระบอกปืนที่มีสลักรับแรงเฉือนอยู่ในตำแหน่งที่พร้อมติดตั้ง โดยในระหว่างการติดตั้งก็จะเกิดมีประการไฟอาร์คที่ตำแหน่งการต่อเชื่อม และเมื่ออุณหภูมิที่ตำแหน่งปลายดังกล่าวสูงขึ้นจนทำให้โลหะเกิดการหลอมละลายได้นั้น อุปกรณ์ติดตั้งสลักรับแรงเฉือนก็จะดันสลักให้เข้าไปยังวัสดุที่เกิดการหลอมละลายเพื่อให้เกิดการยึดติดกัน
- ตามข้อกำหนดของ The Occupational Safety and Health Administration (OSHA) ได้กำหนดให้การติดตั้งสลักรับแรงเฉือนสำหรับการทำโครงสร้างพื้นแบบคอมโพสิต (Composite Steel Deck) ต้องดำเนินการที่หน้างานเท่านั้น เพื่อป้องกันการสะดุดหกล้มของผู้ก่อสร้างในขณะต้องที่เดินบนคานเหล็ก

4.8 กระบวนการเชื่อม (Welding Process)

4.8.7 Stud Welding

- Method to fuse and join the contact section of stud material and base metal by passing welding current (large current and short time) between them
- No use of welding material



บทที่ 4 สัญลักษณ์และกฎเกณฑ์พื้นฐานในการจัดทำรายละเอียด

4.8 กระบวนการเชื่อม (Welding Process)

4.8.8 Resistance Welding

- การเชื่อม Resistance Welding เป็นการเชื่อมที่ใช้การเหนี่ยวนำของความร้อนจนทำให้วัสดุเกิดการหลอมละลาย โดยอาศัยความต้านทานของโลหะต่อกระแสไฟที่ถูกปล่อยเข้าสู่บริเวณที่ต้องการเชื่อม เมื่ออุณหภูมิของวัสดุที่นำมาต่อกันนี้เพิ่มสูงขึ้นถึงจุดที่ต้องการ วัสดุที่นำมาประกอบกันนี้ก็จะถูกดันให้ติดกันจนเกิดการประสานกันขึ้นอย่างสมบูรณ์
- มักใช้กับการเชื่อมชิ้นส่วนที่มีขนาดบางในโรงงาน เช่นการเชื่อมตงถักเหล็กเอวโปร่ง (Open-Web Steel Joist) การเชื่อมหน้าตัดท่อเหลี่ยม ท่อกลม หรือการประกอบองค์อาคารขนาดเบาประเภทอื่นๆ

บทที่ 4 สัญลักษณ์และกฎเกณฑ์พื้นฐานในการจัดทำรายละเอียด

Engineered Structural Section Production Lines

Standard & Specialized Structural Sections Produced with Lean Manufacturing Principles

THERMATOOL ESS HISTORY

The birthplace of high frequency welded beam production lines, Thermatool Corp., continues to pursue alternative structural processes. Over time, many new and innovative I-Beam sections have been designed and manufactured for various applications. For this reason, Thermatool now uses the phrase "Engineered Structural Sections" to define what is commonly known as a welded "I Beam".

With the advent of new steel chemistries and improved flat rolled technologies, a new era in engineered structural section production has begun to meet the demands of ever-changing architecture.

Until recently, the ability to purchase structural sections has been limited to the standard catalog of symmetrical shapes and sizes that are practical to produce by rolling ingot metal to the required shape while red hot.

Today designers, architects, engineers and manufacturers are looking for new ways to lower costs, improve product performance, and reduce lead times.

HIGH FREQUENCY CONTACT WELDING

The use of solid state, high frequency contact technology to heat and subsequently forge weld engineered structural shapes at high speeds with maximum precision and strength, enables the production of a virtually unlimited selection of custom beam profiles.

- Achieve highest power cost savings with the contact welding process.
- Engineered structural custom beam sections can be delivered cut to length.
- The cost of an ESS system is considerably less than a hot rolling mill.
- Flexibility to change the sizes of the beam to meet various requirements.
- Enhanced ability to meet shorter lead times.

Engineered Structural Section Production Lines

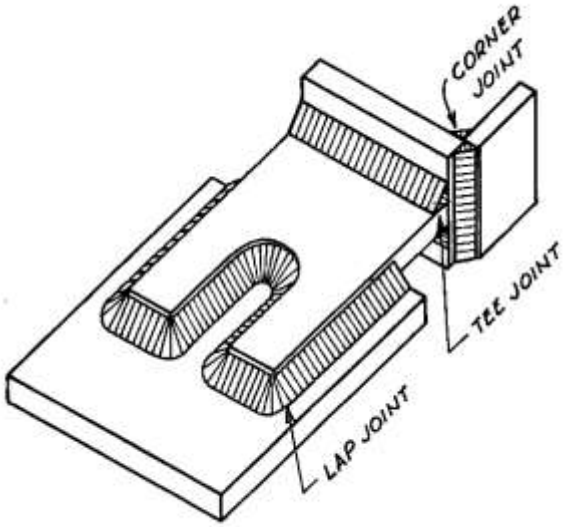
Standard & Specialized Structural Sections Produced with Lean Manufacturing Principles

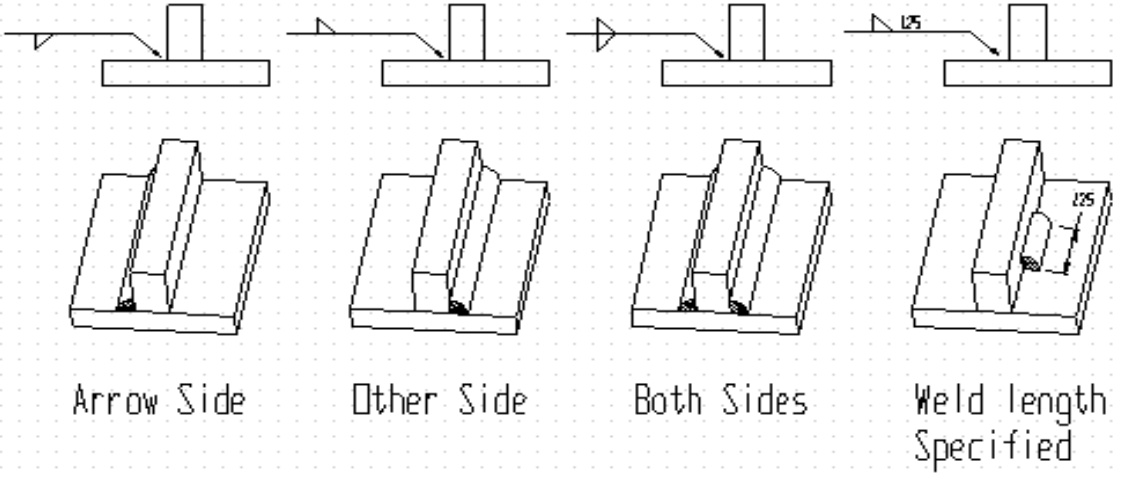
For more information, call 203/468-4100, email: thermatool@ttool.com or visit www.thermatool.com

บทที่ 4 สัญลักษณ์และกฎเกณฑ์พื้นฐานในการจัดทำรายละเอียด

4.10 รูปแบบของการเชื่อม (Weld Type)

4.10.1 การเชื่อมแบบฟิลเลท (Fillet Weld)





บทที่ 4 สัญลักษณ์และกฎเกณฑ์พื้นฐานในการจัดทำรายละเอียด

4.10 รูปแบบของการเชื่อม (Weld Type)

4.10.2 การเชื่อมร่อง (Groove Weld)

จำแนกประเภทตามรูปร่างของร่อง

- รูปสี่เหลี่ยม (Square Groove Weld)
- รูปตัววีด้านเดียว (Single-Vee Groove Weld)
- รูปตัววีสองด้าน (Double-Vee Groove Weld)
- รูปบีเวลด้านเดียว (Single-Bevel Groove Weld)
- รูปบีเวลสองด้าน (Double-Bevel Groove Weld)
- รูปตัวยูด้านเดียว (Single-U Groove Weld)
- รูปตัวยูสองด้าน (Double-U Groove Weld)
- รูปตัวเจด้านเดียว (Single-J Groove Weld)
- รูปตัวเจสองด้าน (Double-J Groove Weld)

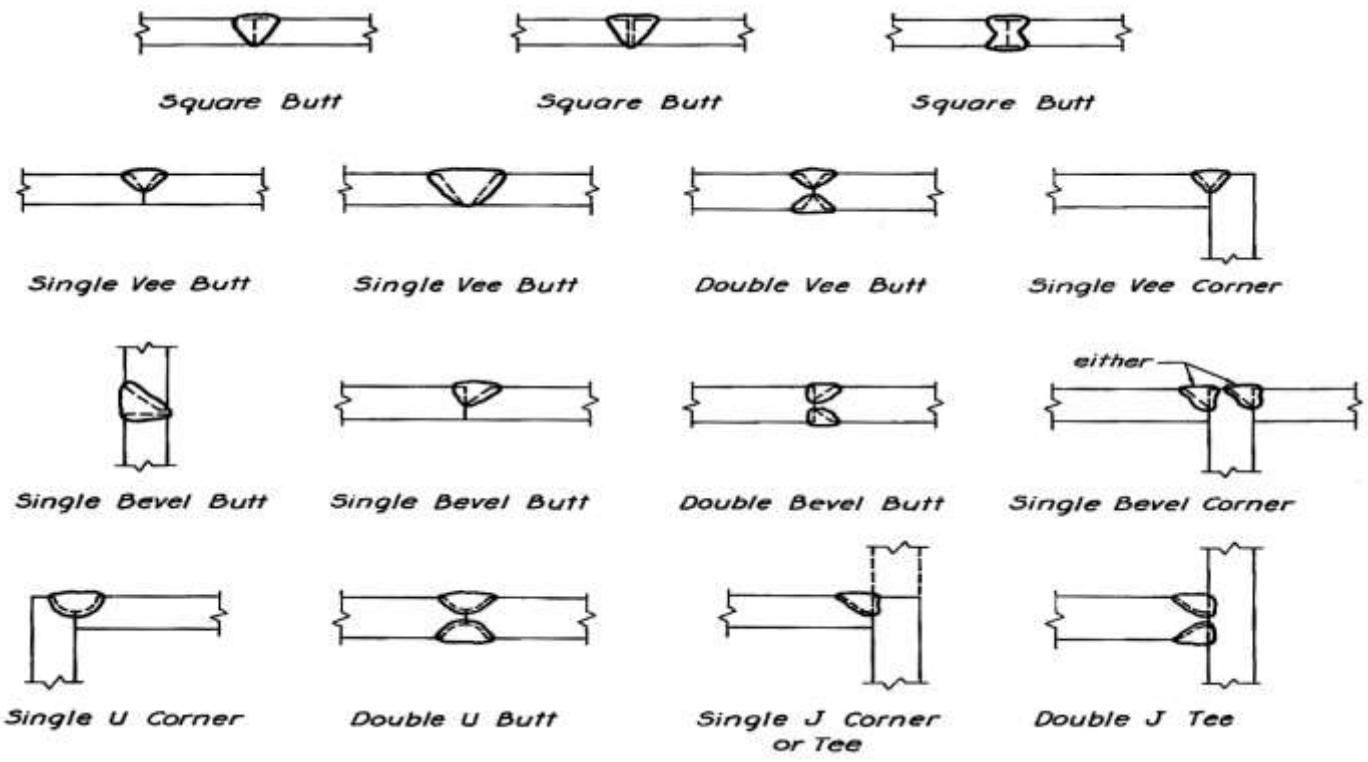
บทที่ 4 สัญลักษณ์และกฎเกณฑ์พื้นฐานในการจัดทำรายละเอียด

4.10 รูปแบบของการเชื่อม (Weld Type)

4.10.2 การเชื่อมร่อง (Groove Weld)

จำแนกประเภทตามการซึมลึกของรอยเชื่อม

- การเชื่อมร่องแบบซึมลึกบางส่วน (Partial Joint Penetration Groove Weld)



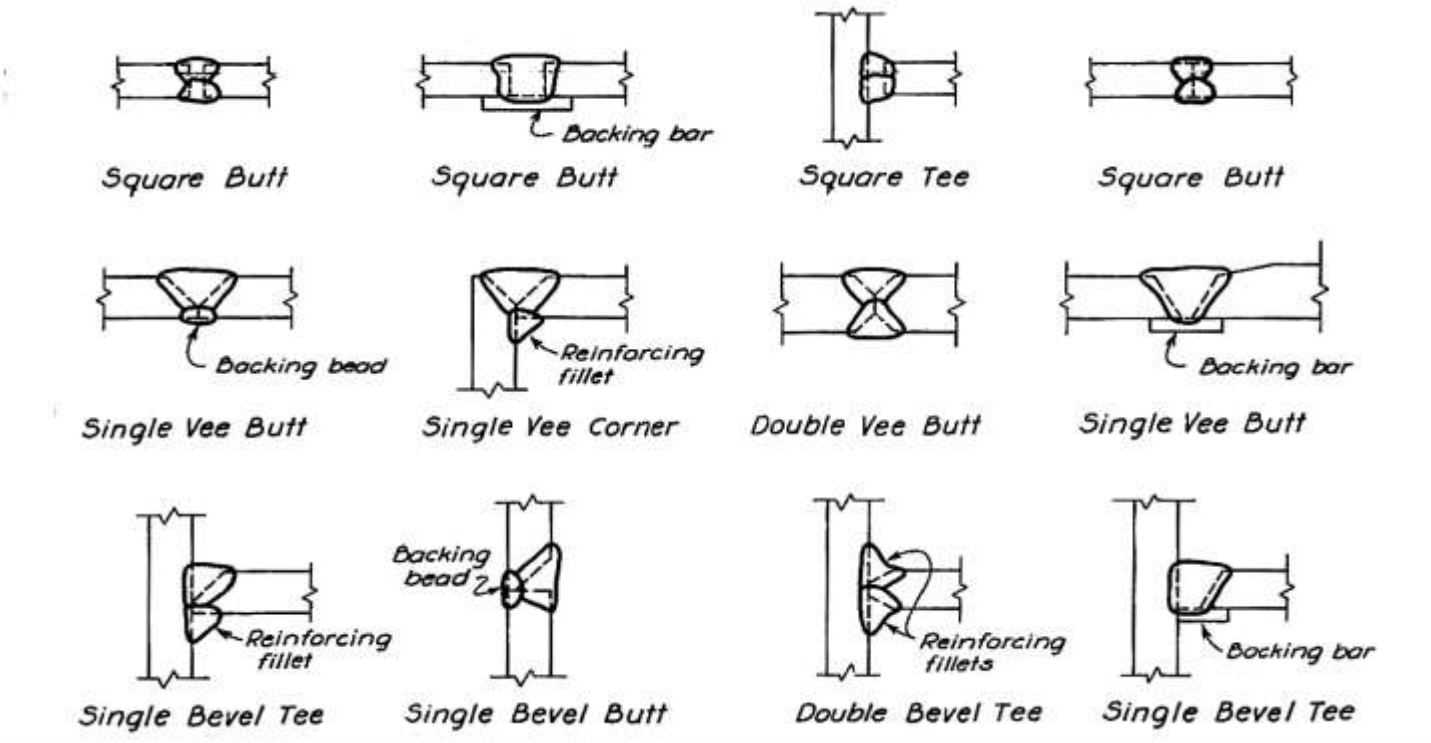
บทที่ 4 สัญลักษณ์และกฎเกณฑ์พื้นฐานในการจัดทำรายละเอียด

4.10 รูปแบบของการเชื่อม (Weld Type)

4.10.2 การเชื่อมร่อง (Groove Weld)

จำแนกประเภทตามการซึมลึกของรอยเชื่อม

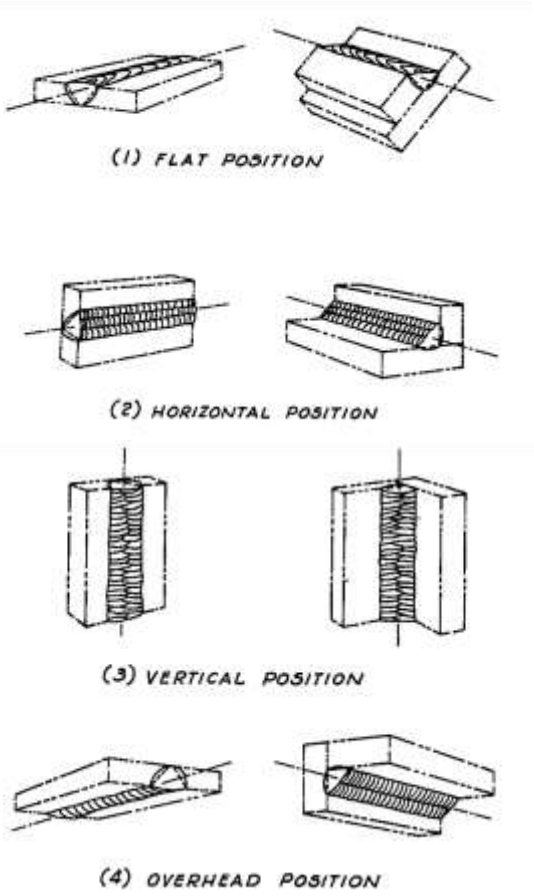
- การเชื่อมร่องแบบซึมลึกเต็มหน้าตัด (Complete Joint Penetration Groove Weld)



บทที่ 4 สัญลักษณ์และกฎเกณฑ์พื้นฐานในการจัดทำรายละเอียด

4.11 ตำแหน่งการเชื่อม (Welding Position)

- Flat Position
- Horizontal Position
- Vertical Position
- Overhead Position

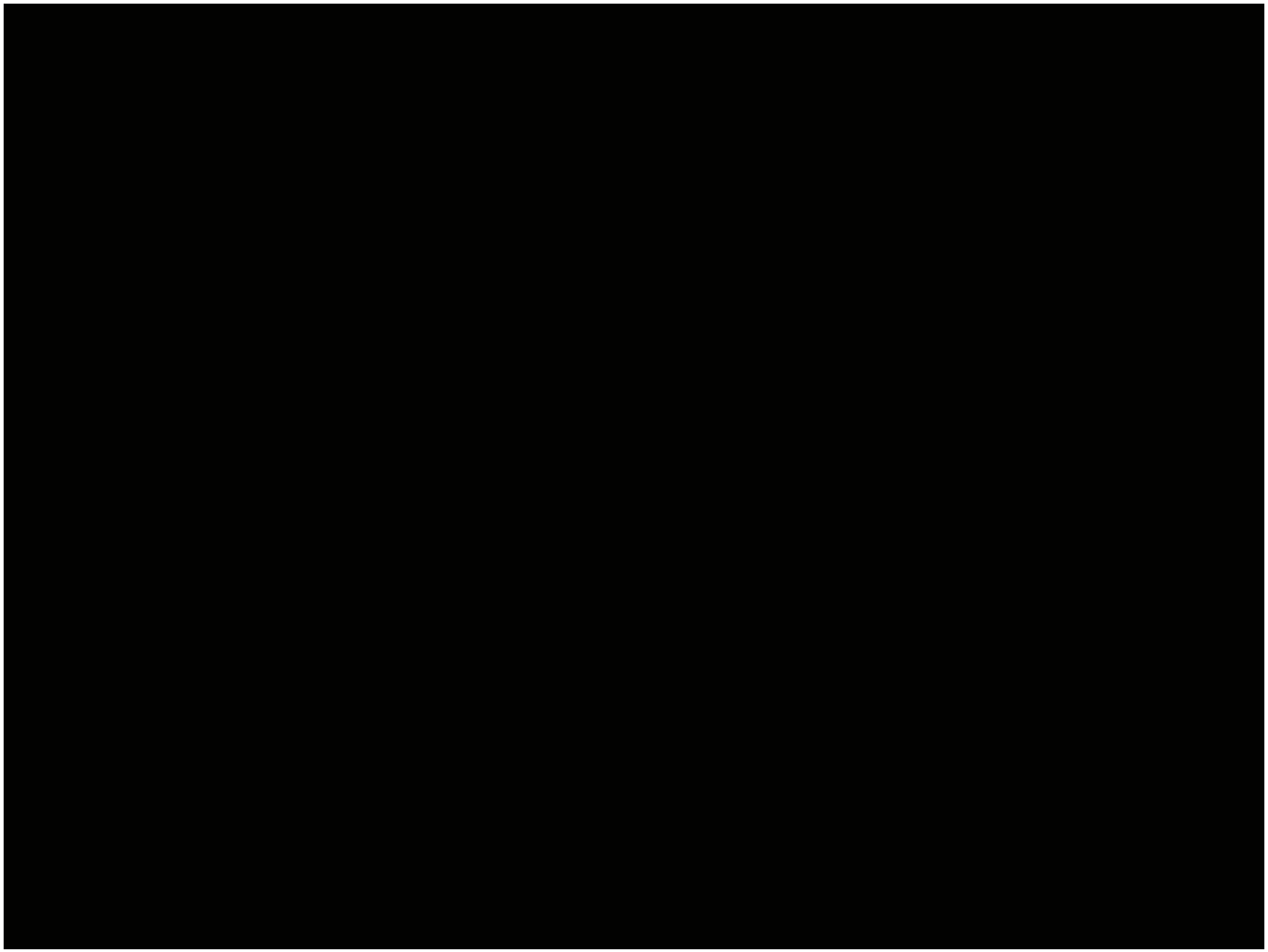


Note: การเชื่อมในแนวราบเป็นการเชื่อมที่ควรต้องออกแบบให้มีจำนวนมากกว่าการเชื่อมตำแหน่งอื่นๆ เนื่องจากวัสดุเชื่อมสามารถติดได้รวดเร็วกว่าและได้ง่ายกว่าการเชื่อมรูปแบบอื่นๆ ตัวอย่างเช่น สำหรับการเชื่อมพอกขนาด 5/16 นิ้ว นั้น การเชื่อมในแนวนอนอาจต้องใช้ระยะเวลาในการทำงานมากกว่าการเชื่อมในแนวราบกว่า 50% เพื่อให้วัสดุเชื่อมเกิดการติดประสานได้อย่างสมบูรณ์

การปฏิบัติงานก่อสร้าง
โครงสร้างเหล็กยุคใหม่ ด้วย BIM

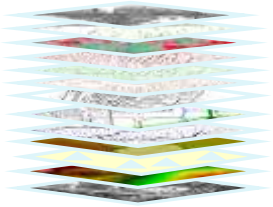
Steel Construction Workflow with Building Information Modeling (BIM)

NEW CONSTRUCTION ERA



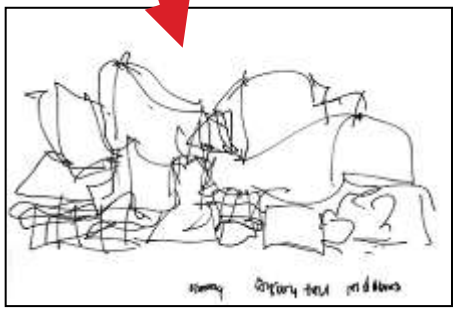
NEW CONSTRUCTION ERA

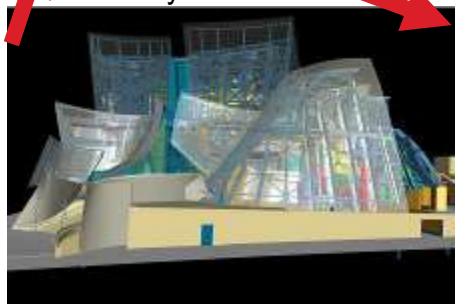
Geotech Data



Ordering/ Delivery

Computerized Maintenance Management System (CMMS)

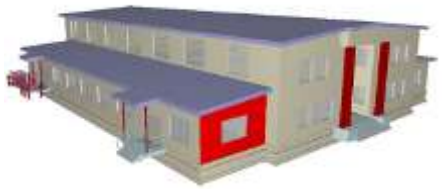




Planning **Design** **Construction** **Operations** **Sustainment**

Legal Data

Engineering Analysis



Computer Aided Facility Management

Tablet for Construction Supervision

สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย
IRON AND STEEL INSTITUTE OF THAILAND

...END...

หากต้องการสอบถาม หรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติม สามารถติดต่อมาได้ที่

ณัฐพล สุทธิธรรม

Email: nuttapon_s@isit.or.th

nuttapons@ssi-steel.com

nuttapon.sut@pacifipipe.co.th

Line ID: 5482310826

Facebook: www.facebook.com/jtepasteelconstruction