

Who WLSC are ?



WE ♥ STEEL CONSTRUCTION



WE LOVE STEEL CONSTRUCTION



LINE ID: @060tlizi

We
Love
Steel
Construction



visit new
WEBSITE

NEW



<https://welovesteelconstruction.ssi-steel.com>

แหล่งรวมความรู้งานโครงสร้าง

เหล็ก

Have you specified steel products correctly?

ระบบการหล่อต่อเนื่อง

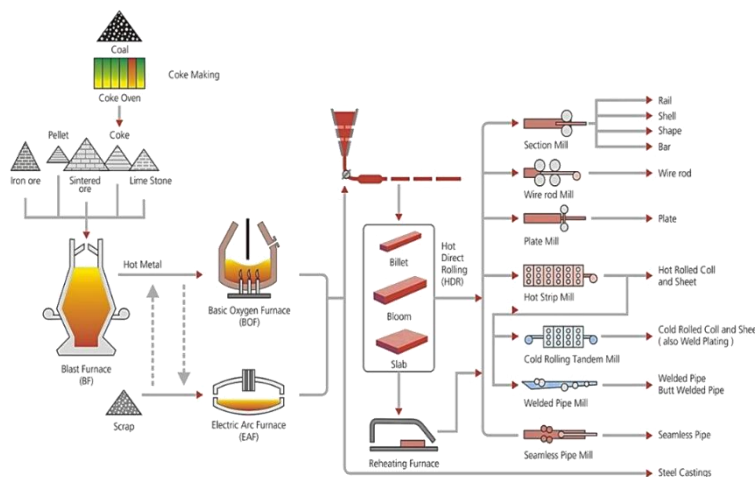
โดย Corus Group

เป็นกระบวนการผลิต “ผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จ (semi-finished product)” ซึ่งประกอบไปด้วย Billet (แท่งเหล็กเล็ก สำหรับผลิตเหล็กเส้น) Bloom (แท่งเหล็กใหญ่ สำหรับผลิตเหล็กรูปพรรณรีดร้อน) หรือ Slab (เหล็กแท่งแบน สำหรับผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อน หรือเหล็กแผ่นหนา) ที่นำเหล็กหลอมเหลวได้ไหลผ่านแบบหล่อ (mold) อย่างต่อเนื่องและแข็งตัวเป็น ผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จ (semi-finished product) ซึ่งสามารถตัดและนำไปผ่านกระบวนการแปรรูปต่อไป

Hot Rolling

โดย Corus Group

เป็นกระบวนการรีดเหล็กด้วยความร้อน โดยส่วนใหญ่ใช้ semi-finished product ไม่ว่าจะเป็น Billet (ผลิตเหล็กเส้น เหล็กหลอด เหล็กเพลลา) Bloom (ผลิตเหล็กรูปพรรณรีดร้อน H beam) และ Slab (ผลิตเหล็กแผ่นหนา เหล็กแผ่นรีดร้อนชนิดม้วน) โดยนำไปเผาใน reheating furnace แล้วจึงนำไปผ่านลูกรีด เพื่อรีดให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ



Ref: www.forbesmarshall.com

การผลิตท่อเหล็ก

โดย Corus Group

สำหรับท่อเหล็กขนาดทั่วไป ที่ความหนาท่อไม่เกิน 12 mm นิยมใช้การผลิตด้วยวิธีการพับขึ้นรูปเย็น (cold-forming) และเชื่อมต่อเนื่องด้วยวิธีการเชื่อม ERW หรือ Electric Resistance Welding ซึ่งเป็นการเชื่อมที่อาศัยการเหนี่ยวนำด้วยกระแสไฟฟ้า ทำให้เหล็กที่ต้องการเชื่อมเกิดการหลอมละลาย โดยไม่ต้องมีการเติมลวดเชื่อม แต่สำหรับท่อเหล็กที่หนามาก อาจพิจารณาใช้การกด (pressing) แล้วจึงทำการเชื่อมด้วยวิธี Submerged Arc Welding (SAW) ซึ่งจะเห็นการเติมลวดเชื่อมและการใช้ flux คลุมบริเวณรอยเชื่อมเพื่อรักษาคุณภาพรอยเชื่อมให้สมบูรณ์

การผลิต metal deck

โดย Corus Group

Metal deck เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากเหล็กแผ่นรีดเย็นชนิดม้วน ที่ผ่านการชุบสังกะสี มาเข้ากระบวนการพับขึ้นรูปเย็น (cold forming) ให้เป็นลอน (rib) และเนื่องจาก metal deck จะต้องใช้ร่วมกับคอนกรีตที่จะเทในพื้น metal deck ที่ปูเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงต้องมีการทำปุ่ม (embossment) ที่ลอน เพื่อให้เกิด friction ระหว่างผิวคอนกรีตและ metal deck อันส่งผลให้ คอนกรีตและ metal deck มีพฤติกรรมร่วมกัน (composite) ในการรับน้ำหนัก

LOHAKIT
In Quality, We Trust

POSCO
THAINOX

TG PRO
No. 1 in Stainless Steel

Special Steel & Stainless

Fabrication & Erection

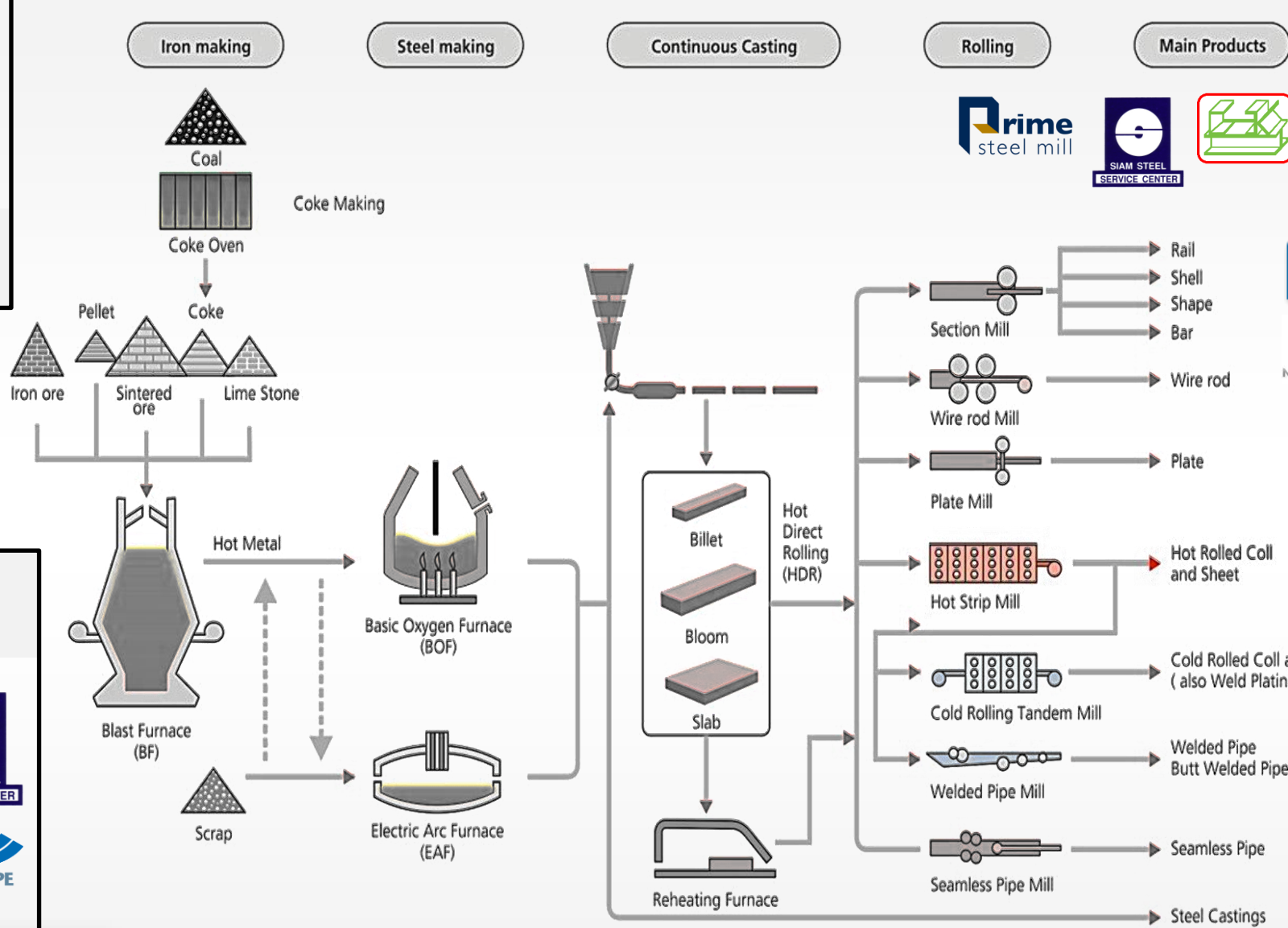
WCE
West Coast Engineering Co., Ltd.

SSI BUILDING TECH

MCS
M.C.B. STEEL
PUBLIC COMPANY LIMITED

SIAM STEEL SERVICE CENTER

BLUESCOPE STEEL



Main Products

2S METAL **TMT** **A**

prime steel mill **SIAM STEEL SERVICE CENTER** **CITY STEEL p.l.c.** **SERVICE** **GP**

STC **TYCONS** **MILLCON** **BSBM** **SPM** **SSI** **GJS GSteel** **THE STEEL** **TCRSS** **BlueScope** **CCM** **TMT** **Samchai**

ผลิต

เหล็กรูปพรรณรีดร้อน



เหล็กแผ่นหนา



เหล็กเส้น



ท่อเหล็ก เหล็กขึ้นรูปเย็น



เหล็กรีดเย็น



Metal sheet



เหล็กแผ่นรีดร้อนชนิดม้วน



Service & Sales



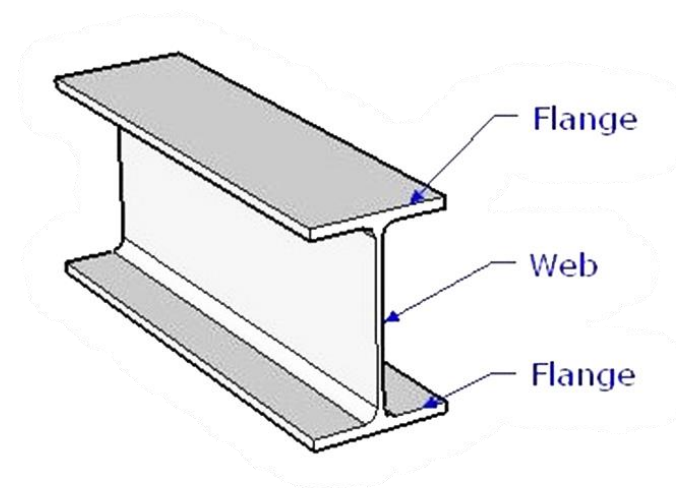
ก่อสร้าง



ผลิตภัณฑ์เหล็กสำหรับงานก่อสร้าง

#WeLoveSteelConstruction

1. เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน
(Hot-Rolled Structural Steel Section)
2. เหล็กโครงสร้างรูปพรรณขึ้นรูปเย็น
(Cold-Formed Structural Steel Section)
3. เหล็กโครงสร้างรูปพรรณประกอบ
(Built-Up Structural Steel Section)

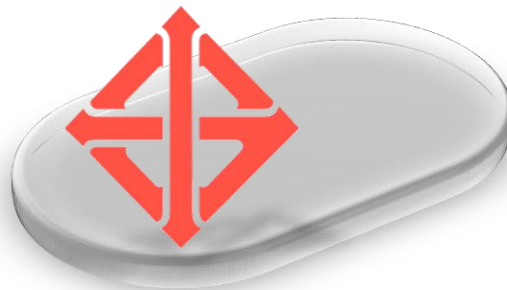
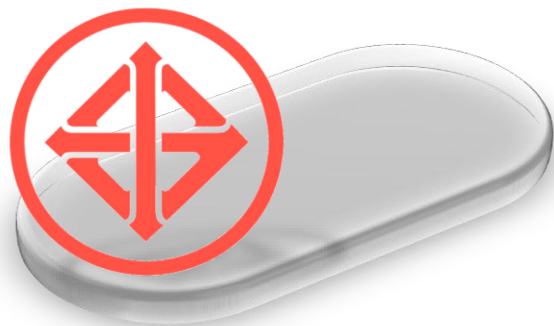


ผลิตภัณฑ์เหล็กสำหรับงานก่อสร้าง

#WeLoveSteelConstruction

1. เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน
(Hot-Rolled Structural Steel Section)
2. เหล็กโครงสร้างรูปพรรณขึ้นรูปเย็น
(Cold-Formed Structural Steel Section)
3. เหล็กโครงสร้างรูปพรรณประกอบ
(Built-Up Structural Steel Section)

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



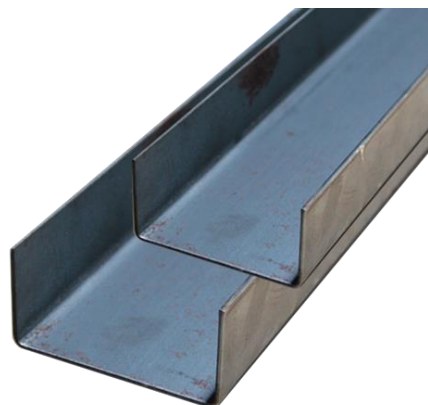
- SS = Steel Structure
- SM = Steel Marine
- SS400, SS490 ไม่ควบคุม C, Si, Mn จึงไม่เหมาะกับการเชื่อม
- 400 490 520 540 570 สะท้อน tensile strength ของวัสดุ

ผลิตภัณฑ์เหล็กสำหรับงานก่อสร้าง

#WeLoveSteelConstruction

1. เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน
(Hot-Rolled Structural Steel Section)
2. เหล็กโครงสร้างรูปพรรณขึ้นรูปเย็น
(Cold-Formed Structural Steel Section)
3. เหล็กโครงสร้างรูปพรรณประกอบ
(Built-Up Structural Steel Section)

แบบ		รูปภาคตัด
เหล็กฉาก (light angle steel)	ขาเท่ากัน (equal leg)	L
	ขาไม่เท่ากัน (unequal leg)	L
เหล็กรูปรางน้ำ (light channel steel)		C
เหล็กรูปตัวซี (lip channel steel)		C
เหล็กรูปตัวแซด (light Z steel)		Z
เหล็กรูปตัวแซดมีขอบ (lip Z steel)		Z
เหล็กรูปหมวก (hat steel)		H



ผลิตภัณฑ์เหล็กสำหรับงานก่อสร้าง

#WeLoveSteelConstruction

1. เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน
(Hot-Rolled Structural Steel Section)
2. เหล็กโครงสร้างรูปพรรณขึ้นรูปเย็น
(Cold-Formed Structural Steel Section)
3. เหล็กโครงสร้างรูปพรรณประกอบ
(Built-Up Structural Steel Section)



อ้างอิง	กลม STK290 400 490 500 540	จัตุรัส STKR290 400 490	เหลี่ยม STKR290 400 490
JIS G3444	OD 21.3 – 1,016 mm Thk 2.0 – 22 mm	ขนาด 40x40 – 350x350 mm Thk 1.6 – 12 mm	ขนาด 50x20 – 400x200 mm Thk 1.6 – 12 mm
ASTM A500	OD 21.3 – 609.6 mm Thk 2.7 – 12.7 mm	ขนาด 25.4x25.4 – 726x726 mm Thk 2.4 – 60 mm	ขนาด 76.2x50.8 – 750x500 mm Thk 3.58 – 40 mm
BS EN 10219	OD 21.3 – 1,219 mm Thk 2.0 – 25 mm	ขนาด 20x20 – 400x400 mm Thk 2.0 – 16 mm	ขนาด 40x20 – 400x300 mm Thk 2.0 – 16 mm



ผลิตภัณฑ์เหล็กสำหรับงานก่อสร้าง

#WeLoveSteelConstruction

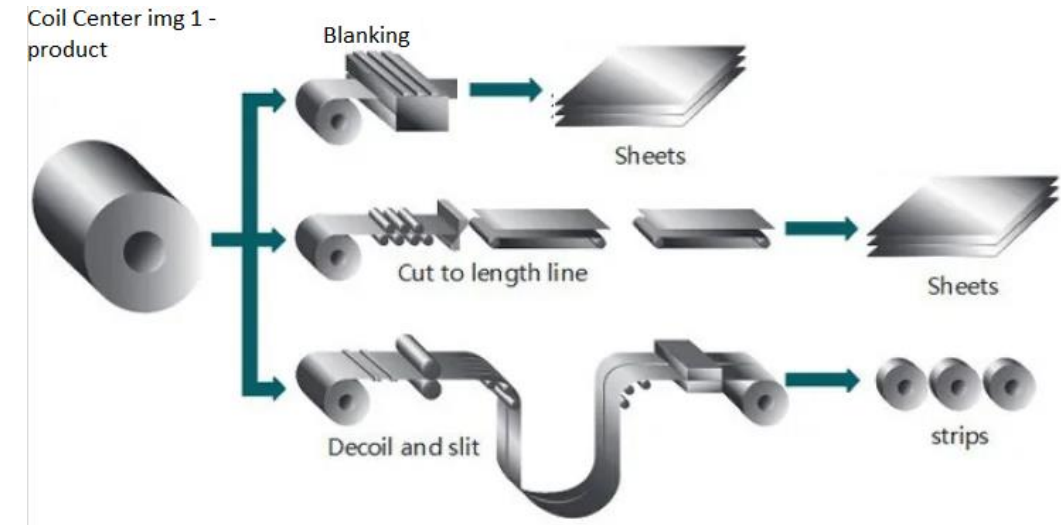
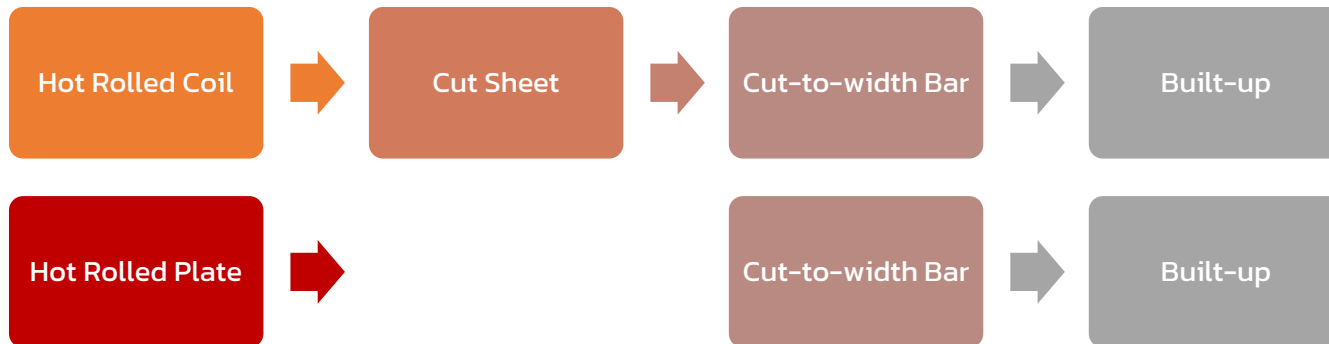
1. เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน
(Hot-Rolled Structural Steel Section)
2. เหล็กโครงสร้างรูปพรรณขึ้นรูปเย็น
(Cold-Formed Structural Steel Section)
3. เหล็กโครงสร้างรูปพรรณประกอบ
(Built-Up Structural Steel Section)



ผลิตภัณฑ์เหล็กสำหรับงานก่อสร้าง

#WeLoveSteelConstruction

1. เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน
(Hot-Rolled Structural Steel Section)
2. เหล็กโครงสร้างรูปพรรณขึ้นรูปเย็น
(Cold-Formed Structural Steel Section)
3. เหล็กโครงสร้างรูปพรรณประกอบ
(Built-Up Structural Steel Section)



ผลิตภัณฑ์เหล็กสำหรับงานก่อสร้าง

#WeLoveSteelConstruction



เหล็กกล้าต้านทาน
การกัดกร่อน (2982)

- SM400W
- SM490W
- SM520W
- SM570W



ประเภท และมาตรฐานอุปกรณ์ยึด

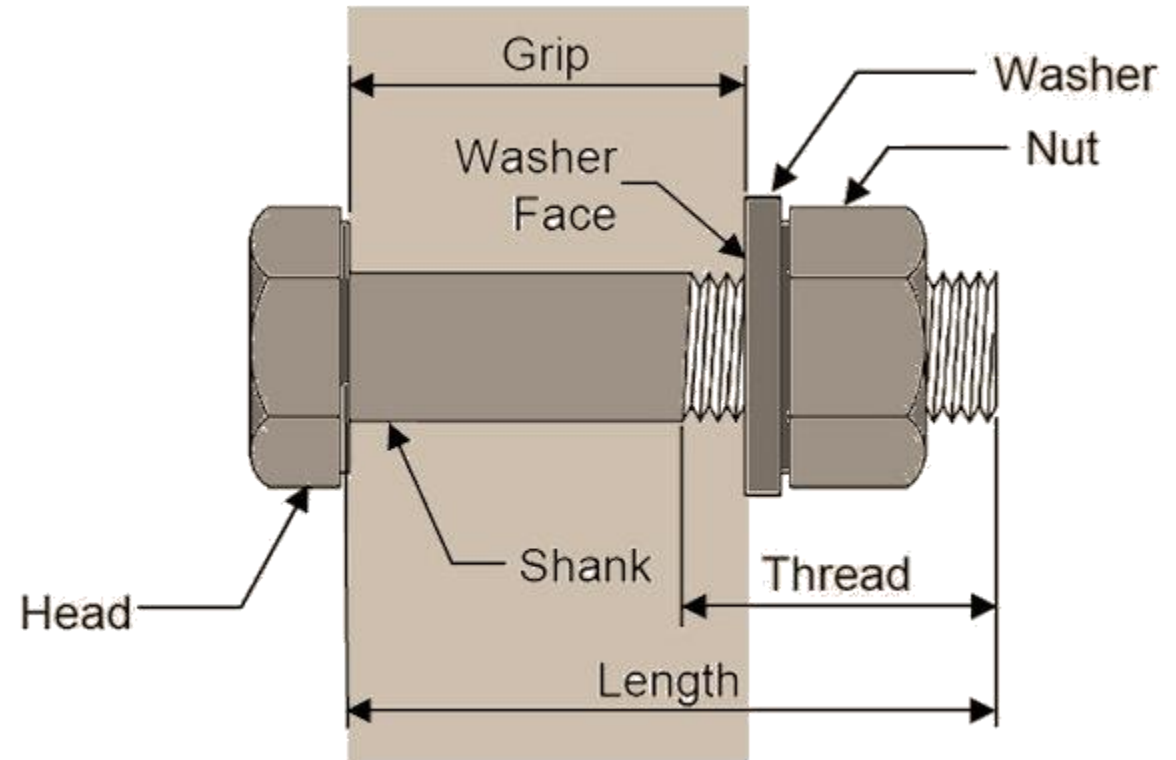
#WeLoveSteelConstruction

Bolt & Nut Nomenclature

#WeLoveSteelConstruction

- การเรียกชื่อ technical term ให้ถูกต้องเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกัน

English	Thai
Bolt	สลักเกลียว
Nut	แป้นเกลียว
Washer	แหวนรอง
Shank	แกนสลักเกลียว
Thread	ร่องเกลียว
Grip	ระยะยึดตามความหนาชิ้นงาน



Ref: <https://www.bhamfast.com/structural-bolt-stickout/>

Structural Bolts

#WeLoveSteelConstruction

จำแนกตามระยะเกลียว

N-Type



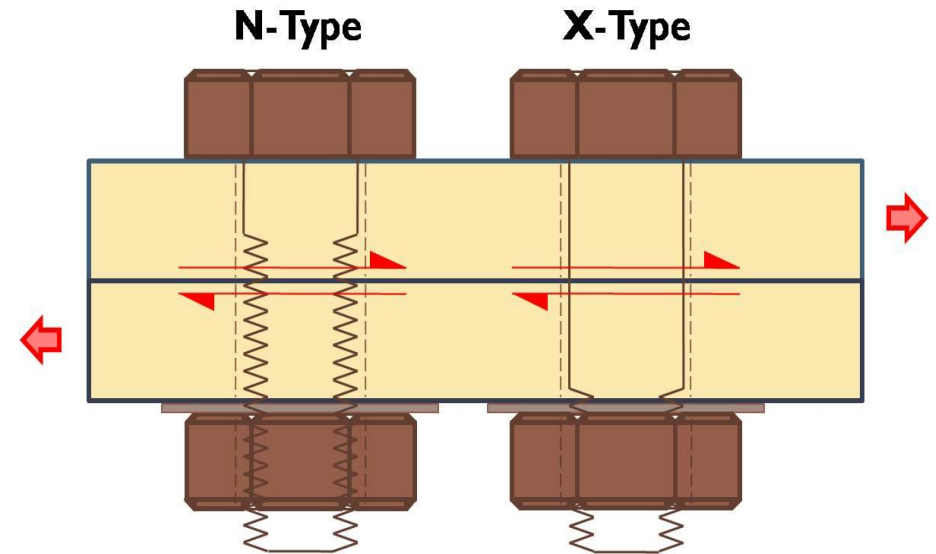
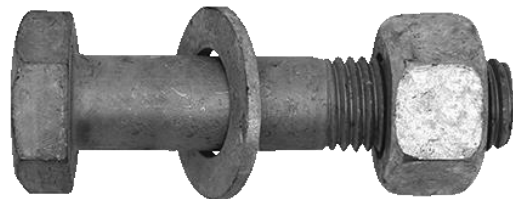
- ☐ Bolt เกลียวเต็ม
- ☐ รับกำลังได้น้อยลง เพราะเสียพื้นที่
- ☐ ราคาแพงกว่า (ทำเกลียวเยอะกว่า)
- ☐ ทำงานได้สะดวกกว่า



X-Type



- ☐ Bolt เกลียวไม่เต็ม
- ☐ รับกำลังได้มากกว่า
- ☐ ราคาถูกกว่า
- ☐ ต้องควบคุมความหนาให้ดี ทำงานยาก



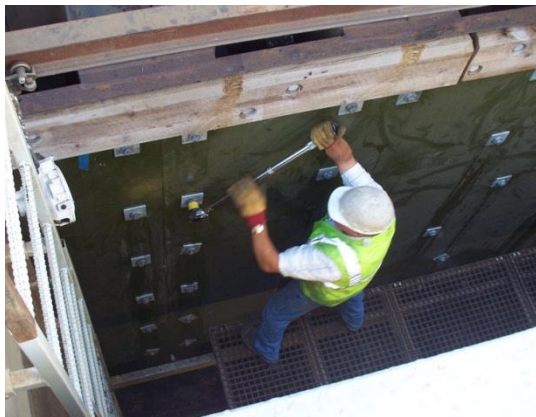
ในทางปฏิบัติ ผู้ออกแบบมักจะที่จะกำหนดให้ใช้ Bolt ประเภท A325N หรือ A490N เพื่อความสะดวกในการออกแบบ และการควบคุมงานเนื่องจากไม่จำเป็นที่จะต้องตรวจสอบว่าเกลียวอยู่ในระยะรับแรงเฉือนหรือไม่ และไม่ต้องเป็นกังวลว่าความหนาชิ้นงานที่จับยึดจะไม่เพียงพอ อันส่งผลต่อความแน่นในการจัดยึด

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

สลักเกลียวแบบใส่แรงตึงก่อน (Pre-tension 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

- ขันแน่นแบบใส่แรงตึงก่อน
- กำลังเท่า Snug-tightened bolt

SC

Slip-critical bolt

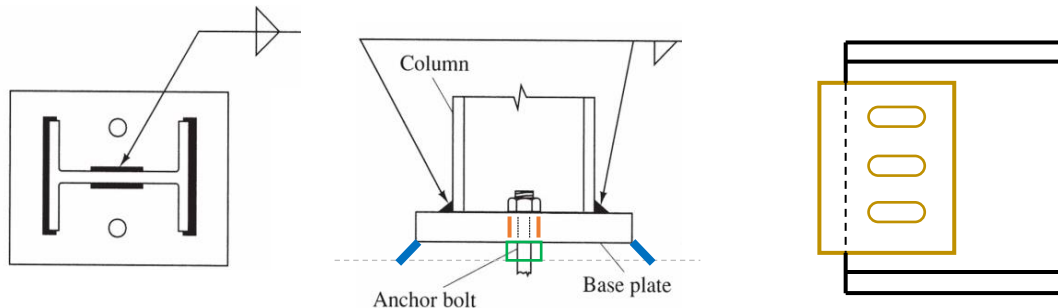
- เลื่อนวิกฤต
- ต้องขันแน่นดังเช่น TC bolt แต่ต้องทำ surface treatment
- ใช้ limit state ที่ “การ slip” หรือ วิบัติเมื่อเลื่อน หรือ ขยับ

Structural Bolts

#WeLoveSteelConstruction

สลักเกลียวแบบเลื่อนวิกฤต (Slip Critical Bolt)

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



จำแนกตามการขันแน่น

N or X Snug-tightened bolt

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

TC Pretensioned bolt

- ขันแน่นแบบใส่แรงดึงก่อน
- กำลังเท่า Snug-tightened bolt

SC Slip-critical bolt

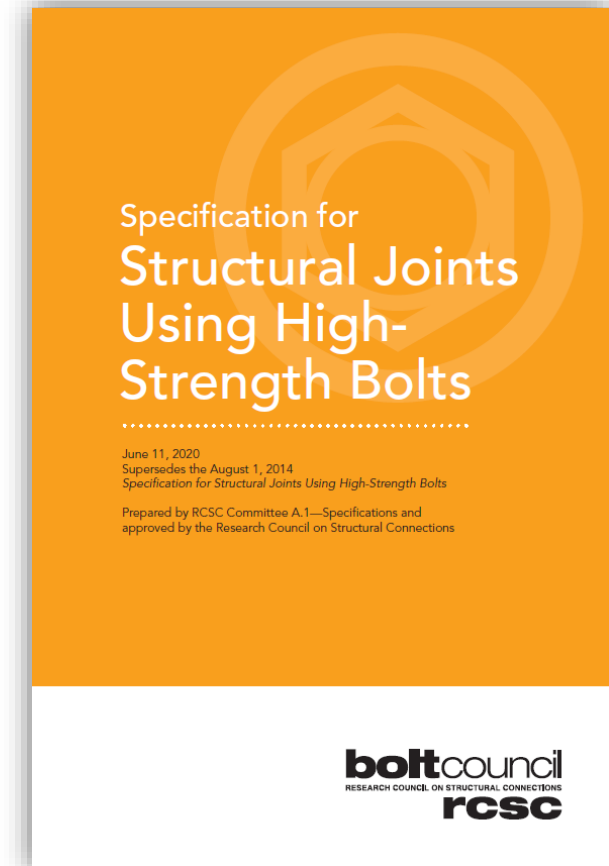
- เลื่อนวิกฤต
- ต้องขันแน่นดังเช่น TC bolt แต่ต้องทำ surface treatment
- ใช้ limit state ที่ "การ slip" หรือ วิบัติเมื่อเลื่อน หรือ ขยับ

Latest US Reference for Bolt

#WeLoveSteelConstruction

Table 2.1 Group Designations for Bolts and Matched Bolting Assemblies			
Group	Tensile Strength	Bolts	Matched Bolting Assemblies
Group 120	120 ksi (840 MPa)	ASTM F3125 Grade A325	ASTM F3125 Grade F1852
Group 144	144 ksi	—	ASTM F3148 Grade 144
Group 150	150 ksi (1,050 MPa)	ASTM F3125 Grade A490	ASTM F3125 Grade F2280

Hot-dip or mechanical galvanizing of Group 150 heavy hex bolts or Group 150 spline-end matched bolting assemblies is not permitted.



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 vs. Japan High Strength Bolts

#WeLoveSteelConstruction

Bolt Standard ... ที่น่าสับสน

#WeLoveSteelConstruction

- **มาตรฐานการออกแบบโครงสร้างเหล็กของประเทศไทย** (วสท. มยพ.)
จึงมักอ้างอิง Bolt standard ตาม ASTM A325 A490
- **มาตรฐาน Bolt ของประเทศไทย** แม้ว่าจะมีปรากฏเฉพาะ มอก. 2454-52
ซึ่งจำกัดเฉพาะ bolt ขนาดเล็ก (small series) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง
ใหญ่สุด 16 mm กำลัง Bolt อ้างอิง ISO 898 class 8.8 10.9 11.9
- **มาตรฐาน Bolt ของประเทศญี่ปุ่น** อ้างอิง JIS B 1186 แสดงสัญลักษณ์
ด้วยขนาด เช่นเดียวกับ ASTM และ ISO หน่วย metric ที่ใช้ทั่วไปกับงาน
โครงสร้าง คือ M16 M20 M22 M24 M27 แต่กำหนดเกรดวัสดุด้วย
สัญลักษณ์ "F" ย่อมาจาก Friction Grip

JIS B 1186 Bolt Standard

#WeLoveSteelConstruction

- เป็น Bolt (สลักเกลียว) หัวหกเหลี่ยม ที่ขันแน่นด้วย Nut (แป้นเกลียว)
- **Grade: F8T** (F_u 800 MPa) **F10T** (F_u 1,000 MPa) **F11T** (F_u 1,100 MPa)
- **Proof stress** สะท้อนค่า stress ใน bolt ที่ไม่ทำให้ bolt เกิดการเสียรูปถาวร
- **การขันแน่น** (torque) หรือ แน่นตึงพอดี (snug) เป็นอีก มิติ ไม่เกี่ยวกับ bolt grade

Grade according to mechanical properties of bolt	Proof stress N/mm ² {kgf/mm ² }	Tensile strength N/mm ² {kgf/mm ² }	Elongation %	Reduction of area %
F 8T	640 min. {65.3 min.}	800 to 1000 {81.6 to 102.0}	16 min.	45 min.
F10T	900 min. {91.8 min.}	1000 to 1200 {102.0 to 122.4}	14 min.	40 min.
F11T	950 min. {96.9 min.}	1100 to 1300 {112.2 to 132.6}	14 min.	40 min.

TC Bolt

#WeLoveSteelConstruction

- มี Bolt อีกประเภท ที่ไม่ใช่หัวหกเหลี่ยม (Hex Bolt) แต่เป็น Bolt หัวกลม หางยาวที่ขันด้วยประแจพิเศษทางด้านหาง โดยไม่ต้องยัดหัว Bolt เวลาขัน ที่เมื่อได้ความแน่น (ได้ torque) หางจะขาดออก ตาม ASTM จะระบุ F1852 เทียบเท่า A325 และ F2250 เทียบเท่า A490 เรียก Bolt ประเภทนี้ว่า Tension-Controlled Bolt หรือ **TC Bolt**
- ในประเทศญี่ปุ่น JSSC: Japan Society of Steel Construction ได้กำหนดมาตรฐาน Bolt ประเภทนี้ออกมา รหัส JSS II-09 โดยระบุเกรดเป็น "S" หรือ Shear (หางฉีกขาดเมื่อแน่น) คล้ายคลึงกับ JIS 1186 ที่กำกับด้วย "F" หรือ Friction

F10T vs. S10T

#WeLoveSteelConstruction

Grade according to mechanical properties of bolt	Proof stress N/mm ² {kgf/mm ² }	Tensile strength N/mm ² {kgf/mm ² }	Elongation %	Reduction of area %
F 8T	640 min. {65.3 min.}	800 to 1000 {81.6 to 102.0}	16 min.	45 min.
F10T	900 min. {91.8 min.}	1000 to 1200 {102.0 to 122.4}	14 min.	40 min.
F11T	950 min. {96.9 min.}	1100 to 1300 {112.2 to 132.6}	14 min.	40 min.

Grade according to mechanical properties of bolt	Tensile loads (minimum) (kN) (kgf)							Hardness
	Designations of screw threads							
	M 12	M 16	M 20	M 22	M 24	M 27	M 30	
F 8T	68 (6 934)	126 (12 848)	196 (19 987)	243 (24 779)	283 (28 858)	368 (37 526)	449 (45 785)	18 to 31 HRC
F10T	85 (8 668)	157 (16 010)	245 (24 983)	303 (30 898)	353 (35 996)	459 (46 805)	561 (57 206)	27 to 38 HRC
F11T	93 (9 483)	173 (17 641)	270 (27 532)	334 (34 059)	389 (39 667)	505 (51 496)	618 (63 019)	30 to 40 HRC

Grade by mechanical properties of bolt	Proof stress kgf/mm ² {N/mm ² } *	Tensile strength kgf/mm ² {N/mm ² }	Elongation %	Reduction of area %
S 10T	min. 90 {min. 882.6}	100 to 120 {980.7 to 1176.8}	min. 14	min. 40

Grade by mechanical properties of bolt	Tensile load (min.) (kgf){kN}				Hardness
	Designation of bolt				
	M 16	M 20	M 22	M 24	
S 10T	15700 {154.0}	24500 {240.3}	30300 {297.1}	35300 {346.2}	H _R ^C 27 to 38

The background of the image shows several steel fasteners. On the left, a long bolt with a hexagonal head is partially visible. In the center, there is a hexagonal nut and a washer. To the right, there are two more bolts, one with a hexagonal head and another with a round head. The text is overlaid on this background.

ISO 898 vs. ASTM A325 A490 Bolts

#WeLoveSteelConstruction

ISO Bolt

#WeLoveSteelConstruction

- กำหนดคุณสมบัติ หรือ property class ตามกำลัง แบ่งเป็น class 5.5 8.8 และ 10.9
- ตัวเลขด้านหน้าก่อนจุดทศนิยม แสดงค่า tensile strength ในหน่วย MPa คูณด้วย 100 เช่น class 8.8 มีค่า $F_u = 800$ MPa เป็นต้น
- ตัวเลขด้านหลังจุดทศนิยม แสดง "สัดส่วน" F_y/F_u หาด้วย 10 เช่น class 10.9 มีค่า $F_u = 1,000$ MPa มีค่า $F_y = 9 \times 1,000 / 10 = 900$ MPa หรือ class 8.8 มีค่า $F_y = 8 \times 800 / 10 = 640$ MPa
- Conversion: 1 ksi = 6.895 MPa ดังนั้น A325 มีค่า $F_u = 827$ MPa และ A490 มีค่า $F_u = 1,034$ MPa
- หลายครั้ง จะแสดงคุณสมบัติด้วยค่า Proof strength ซึ่งนิยามว่า คือ แรงที่ไม่ทำให้ bolt เกิด plastic deformation โดยปกติมีค่าประมาณ 85%-95% ของ yield strength หรือ F_y

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

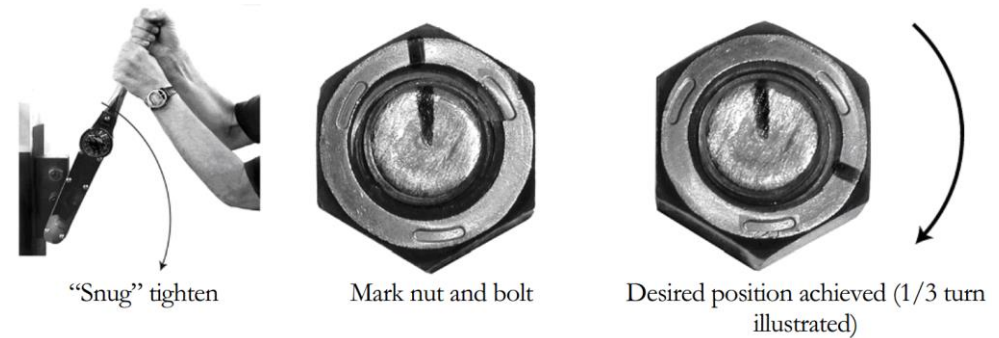
^[a] Equal to 0.70 times the minimum tensile strength of bolts, rounded off to nearest kN, as specified in ASTM F3125/F3125M for Grade A325M and Grade A490M bolts with UNC threads.

Bolt Pre-Tensioning Method (1)

#WeLoveSteelConstruction

- **Turn-of-nut method**
การหมุนแป้นเกลียว

เมื่อขันสลักเกลียว (bolt) ให้แน่นพอดี (snug) แล้ว ให้ทำการ mark ตำแหน่งด้วยปากกา จากนั้นจึงทำการขันแป้นเกลียว (nut) เพิ่มเข้าไปอีก ขึ้นกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (D) และ ความยาวแกนสลักเกลียว (bolt shank length)



Ref: <https://www.fastenal.com/content/feds/pdf/2017/02/Structural%20Bolts%20rev%202017-02-21.pdf>

Bolt Length	Condition Under Bolt Head and Under Nut		
	Both faces flat (normal to bolt axis)	One face sloped, but not more than 1:20	Both faces sloped, but not more than 1:20
Less than or equal to 4D	1/3 Turn	1/2 Turn	2/3 Turn
More than 4D and less than or equal to 8D	1/2 Turn	2/3 Turn	5/6 Turn
More than 8D and less than or equal to 12D	2/3 Turn	5/6 Turn	1 Turn

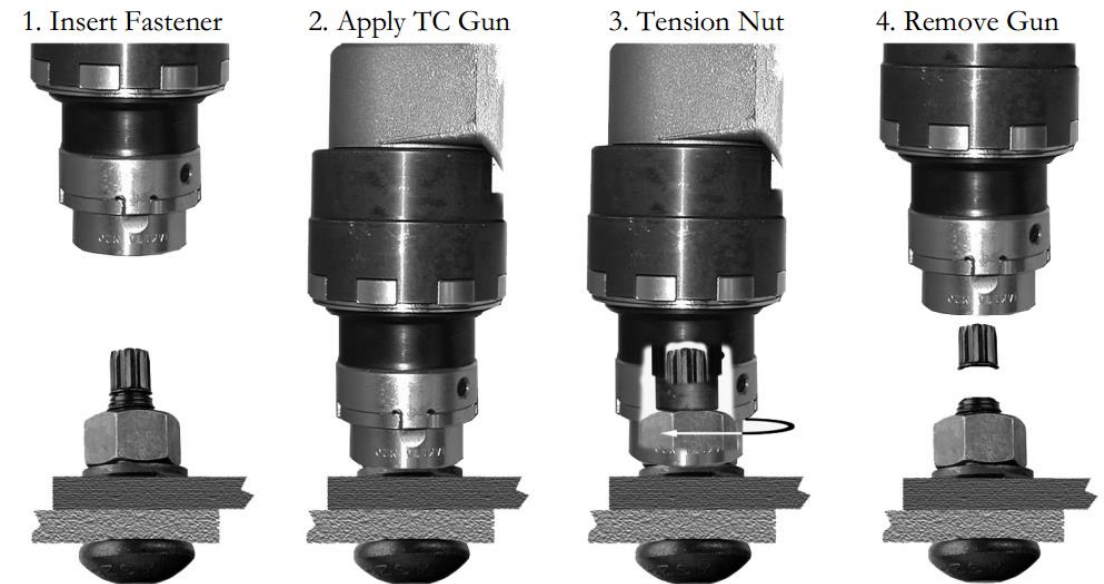
Bolt Pre-Tensioning Method (2)

#WeLoveSteelConstruction

- **Tension-Controlled Bolt**
การใช้สลักเกลียวควบคุมแรงดึง

ใช้สลักเกลียวชนิดพิเศษ ที่เรียกว่า TC bolt หรือ Twist-off bolt (F1852 / F2280) ร่วมกับ TC gun ที่เมื่อขันจนได้ความแน่นตามต้องการ แล้วปลาย (หาง) จะหลุดขาดออก

กำลังรับแรง ของ TC จะเหมือนกับ bolt เกรดปกติ แต่จะกำกับด้วยรหัสที่แตกต่างกันโดย ASTM A325 จะเป็น TC bolt เกรด ASTM F1852 และ ASTM A490 จะเป็น TC bolt เกรด ASTM F2280



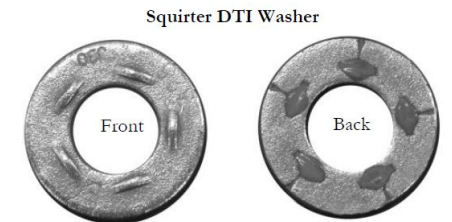
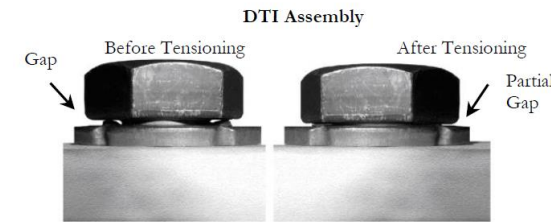
Ref: <https://www.fastenal.com/content/feds/pdf/2017/02/Structural%20Bolts%20rev%202017-02-21.pdf>

Bolt Pre-Tensioning Method (3)

#WeLoveSteelConstruction

- **Direct Tension Indicator (DTI)**
การใช้อุปกรณ์บ่งชี้แรงดึงโดยตรง

เป็นการใช้แหวนรอง (washer) ที่มีปุ่มนูน ที่ผ่านการควบคุมกำลังวัสดุ เรียกว่า DTI โดยเมื่อขันแน่นถึงระดับที่ควบคุม ปุ่มนูนนี้จะแบนราบ จนไม่สามารถสอด gauge วัดเข้าไประหว่างปุ่มนูนนี้ได้ ถือว่า bolt ที่ขันได้ความแน่นตามต้องการ



Ref: <https://www.fastenal.com/content/feds/pdf/2017/02/Structural%20Bolts%20rev%202017-02-21.pdf>



วิธีการข้างต้นมีข้อจำกัดเรื่องการตรวจสอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการขัน bolt ในที่สูง จึงมีผู้คิดค้น DTI ชนิดพิเศษที่มี silicone สะท้อนแสง แทรกอยู่ เมื่อได้ความแน่นตามต้องการ silicone ก็ถูกกดจนปลิ้นออกมา ทำให้สามารถตรวจสอบด้วยตาเปล่าได้ง่าย

Bolt Pre-Tensioning Method (4)

#WeLoveSteelConstruction

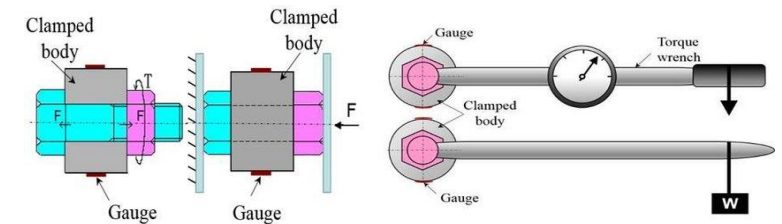
• Calibrated Wrench Method การใช้ประแจวัดความตึง

เป็นการใช้ประแจชนิดพิเศษที่มีการติดตั้ง gauge วัดค่าแรงตึง หรือ clamping force วิธีการนี้ค่อนข้างสะดวก และประหยัด แต่ผู้ติดตั้งจำเป็นต้องทำการปรับค่า หรือ calibrate เกจวัดอย่างสม่ำเสมอด้วยน้ำหนัก (w) ที่ทราบค่า ตามวิธีของผู้ผลิต

ทั้งนี้ clamping force (F) ประมาณการได้จาก 75% ของ proof load ซึ่งเท่ากับ proof strength (ksc) คูณกับพื้นที่หน้าตัดที่คำนวณจาก เส้นผ่าศูนย์กลาง (d) ของ bolt ซึ่งสามารถแปลงกลับไปเป็นค่า Torque (T) ได้จาก $T = K \cdot d \cdot F$ โดยที่ K เป็นค่าคงที่ ขึ้นกับลักษณะทางกายภาพของ bolt ว่าสามารถขันได้แน่นได้โดยง่ายหรือไม่เพียงใด



Ref:
<https://www.fastenal.com/content/feds/pdf/2017/02/Structural%20Bolts%20rev%202017-02-21.pdf>



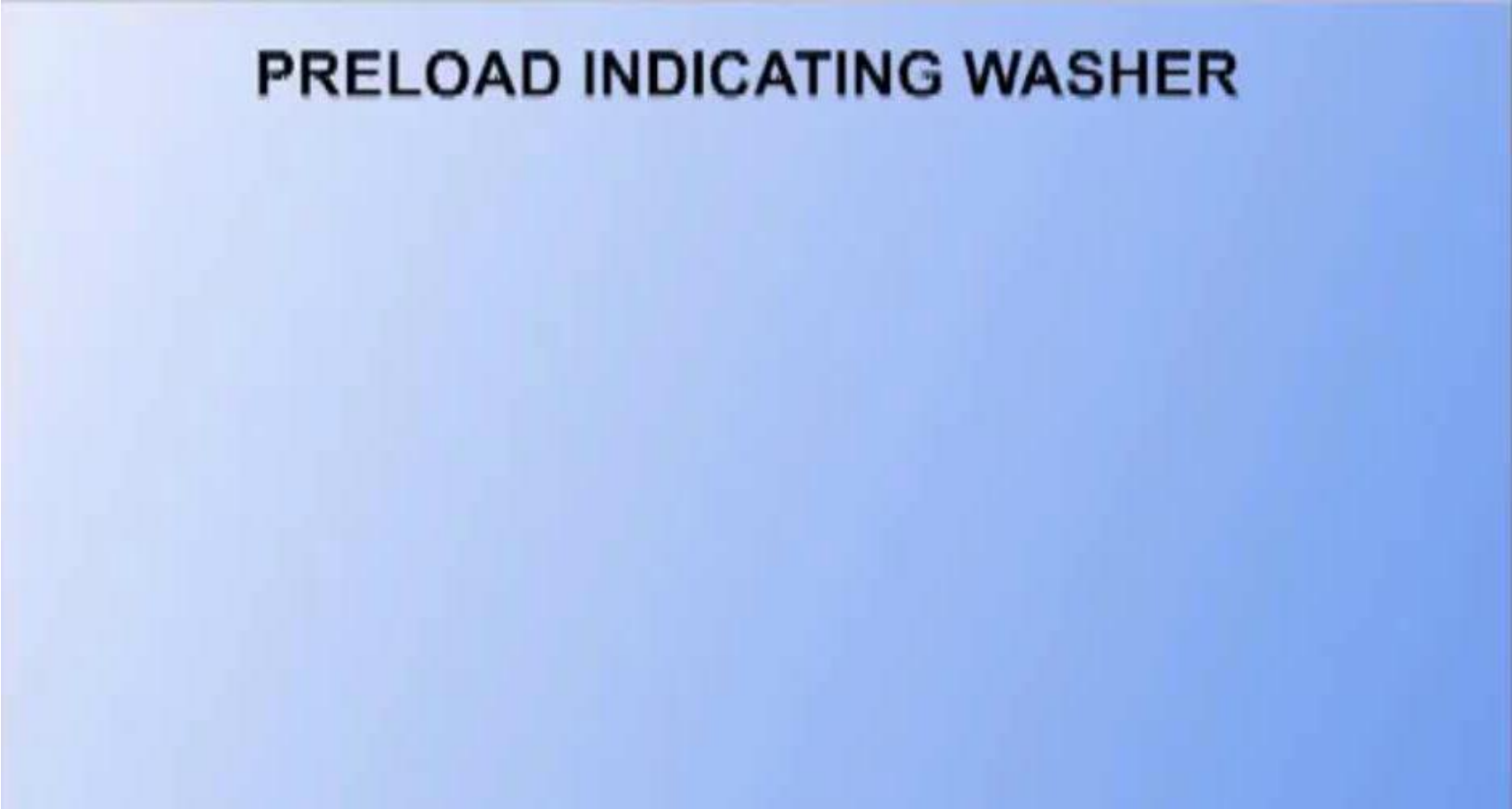
Ref:
https://www.researchgate.net/figure/calibration-method-for-torque-wrench_fig1_325714143

Bolt condition	K factor
Bolt ดำ ไม่เคลือบผิว	0.20 – 0.30
Bolt ชุบเคลือบสังกะสี	0.17 – 0.22
Bolt ทาเคลือบด้วยน้ำมัน	0.12 – 0.16
Bolt ชุบเคลือบแคดเมียม	0.11 – 0.15

Bolt Pre-Tensioning Method

#WeLoveSteelConstruction

PRELOAD INDICATING WASHER

A blue rectangular area with the text "PRELOAD INDICATING WASHER" at the top. The rest of the area is a solid blue color.

ASTM vs. ISO Bolt Strength

#WeLoveSteelConstruction

Bolt Specification	Fu (ksc)	Ft = 75%Fu (ksc)	Fv (X-type) = 0.62*0.9*Fu (ksc)	Fv (N-type) = 0.8*Fv (X-type) (ksc)
ASTM A307	4,200	3,150	2,340	1,875
ISO 5.5	5,000	3,750	2,790	2,232
ASTM A325	8,400	6,300	4,690	3,750
ISO 8.8	8,000	6,000	4,465	3,570
ASTM A490	10,500	7,875	5,860	4,690
ISO 10.9	10,000	7,500	5,580	4,465

- หมายเหตุ:**
- ค่าที่แสดงอาจแตกต่างจากข้อมูลที่ปรากฏในแหล่งอ้างอิงอื่นๆ จากเหตุผลด้านการประมาณการ แปลงหน่วย ปิดเศษ แต่ก็ไม่ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
 - ความสามารถในการรับแรง (kg) ให้น้ำพื้นที่หน้าตัด (sq.cm.) ไปคูณกำลัง (หน่วย ksc)
 - พิจารณา Factor of Safety = 2 (ASD) หรือ Resistance Factor = 0.75 (LRFD)



เมื่อไหร่ ???

สามารถขัน bolt แค่นี้
แน่นพอดี

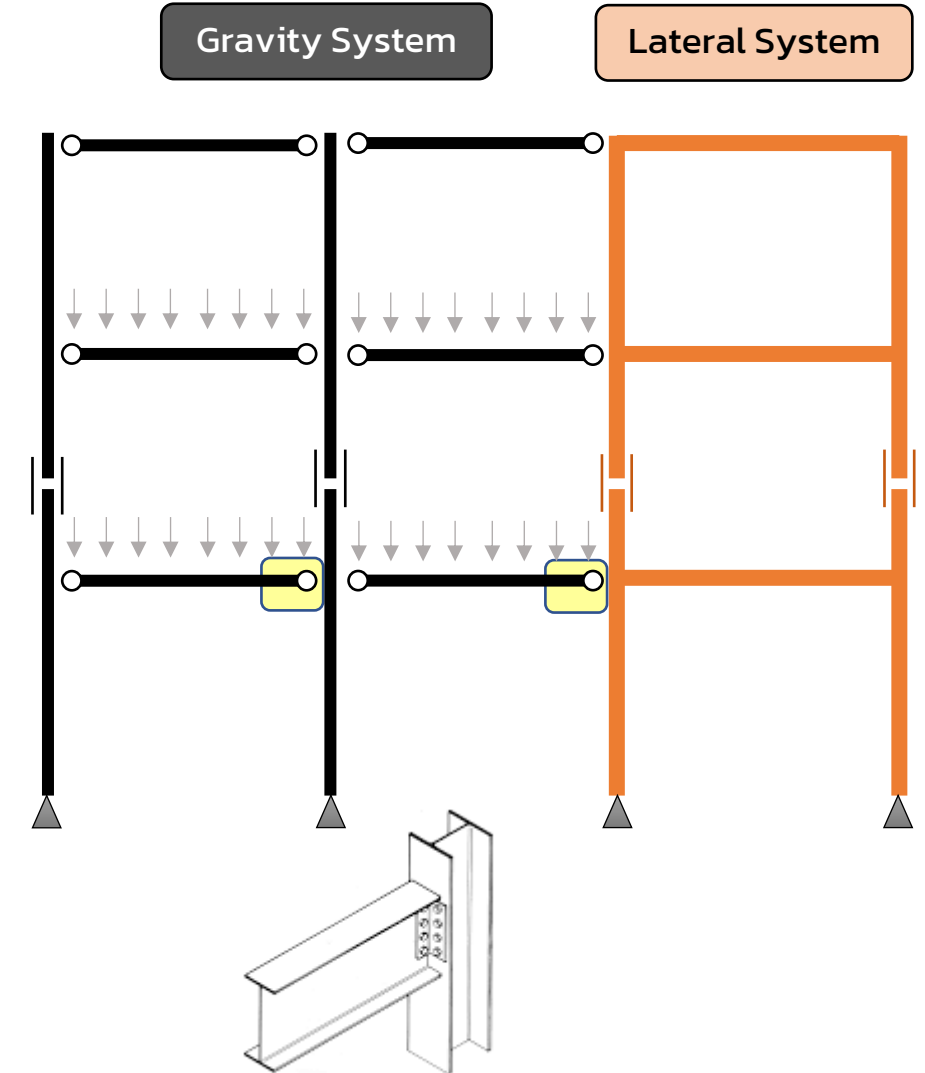
และเมื่อไหร่ต้องขัน
bolt ให้ได้ torque

#WeLoveSteelConstruction

Snug-tightened (ST) Bolt

#WeLoveSteelConstruction

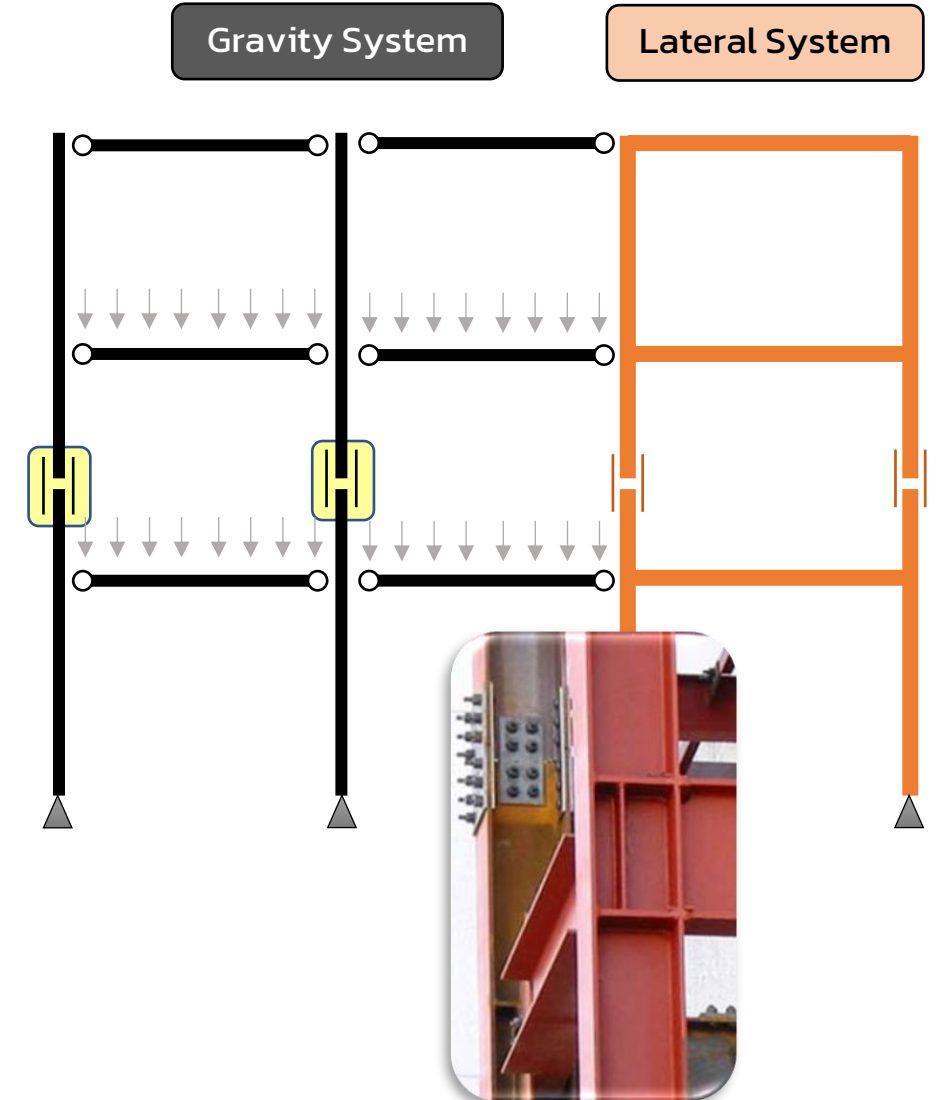
- Snug-tightened Bolt สลักเกลียวแบบขันแน่นพอดี คือ สลักเกลียวที่ขันให้แน่นพอตึงมือ โดยใช้ประแจขันแบบธรรมดาโดยคนงาน (ไม่ต้องโหนแรง) หรืออาจใช้ ประแจแบบกระแทก (impact wrench)
- ใช้กับรอยต่อที่สลักเกลียวรับแรงเฉือนเป็นหลัก หรือรับแรงเฉือนและแรงดึง ที่ไม่มีการเปลี่ยนทิศทางของแรงกระทำ (static) เช่น รอยต่อคานเหล็กแบบรับแรงโน้มถ่วง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



Pretensioned (PT) Bolt

#WeLoveSteelConstruction

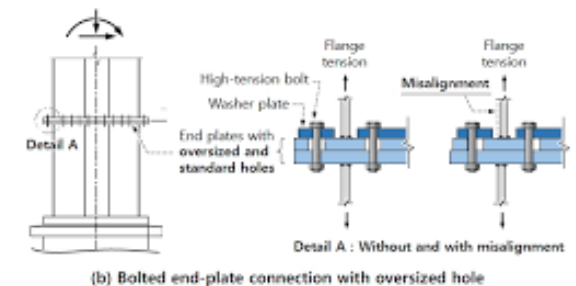
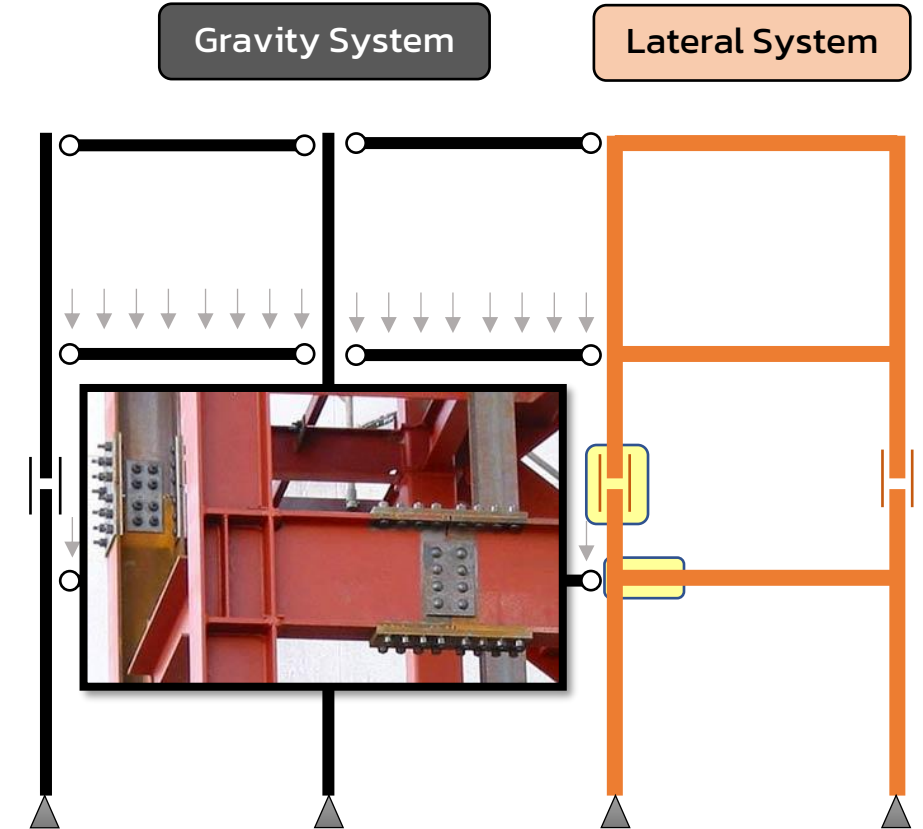
- Pretensioned bolt คือสลักเกลียวที่ต้องขันแน่นจนได้แรงไม่น้อยกว่าค่าแรงดิ่งขึ้นต่ำที่ระบุ (ในมาตรฐาน แต่ไม่เกิน proof strength ซึ่งเป็นกำลัง ณ ระดับที่ทำให้ bolt เกิด plastic deformation)
- ใช้กับส่วนของอาคารที่ต้องการให้อาคารมีสภาพะการใช่งานที่ดี (Serviceability) ผู้ใช้อาคาร “รู้สึก” ปลอดภัย รอยต่อมีความแน่น 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 เพื่อให้เกิดการถ่าย แรงแผ่นผิวสัมผัส (friction)
- ใช้กับโครงสร้างที่ต้องรับแรงแบบ Dynamic load โดยแรงกระทำมีลักษณะเปลี่ยนทิศไป-มา เช่น สะพาน โครงสร้างเหล็กที่ต้องรับแรงกระแทกจากยานพาหนะ เป็นประจำ หรือ lateral system ของอาคาร ที่ต้องรับ แรงลมแรงแผ่นดินไหวกลับไปกลับมา หรือ จุดต่อที่ใช้ รูเจาะขนาดใหญ่กว่ามาตรฐาน (oversized hole) เพื่อ อำนวยความสะดวกติดตั้ง เป็นต้น





Good practices in steel connection

#WELOVESTEELCONSTRUCTION

Bolted Connection – Part 1 / Tip 1

- เลือก Bolt กำลังสูง ASTM A325 เทียบเท่า ISO Class 8.8 (Fu ประมาณ 8,300 – 8,400 ksc) หรือ ASTM A490 เทียบเท่า ISO Class 10.9 (Fu ประมาณ 10,400 – 10,500 ksc) ด้วยมีกำลังรับแรงที่มากเพียงพอ ราคาเหมาะสม และหาไม่ยากนักในท้องตลาด

Grade	Min. Strength	Type		Style
A325	120 ksi	1	3	Heavy Hex Head
A325M	830 MPa	1	3	Heavy Hex Head
A490	150 ksi	1	3	Heavy Hex Head
A490M	1040 MPa	1	3	Heavy Hex Head
F1852	120 ksi	1	3	Twist-Off
F2280	150 ksi	1	3	Twist-Off

ISO 898-1 Bolt Mechanical Properties and Head Marking

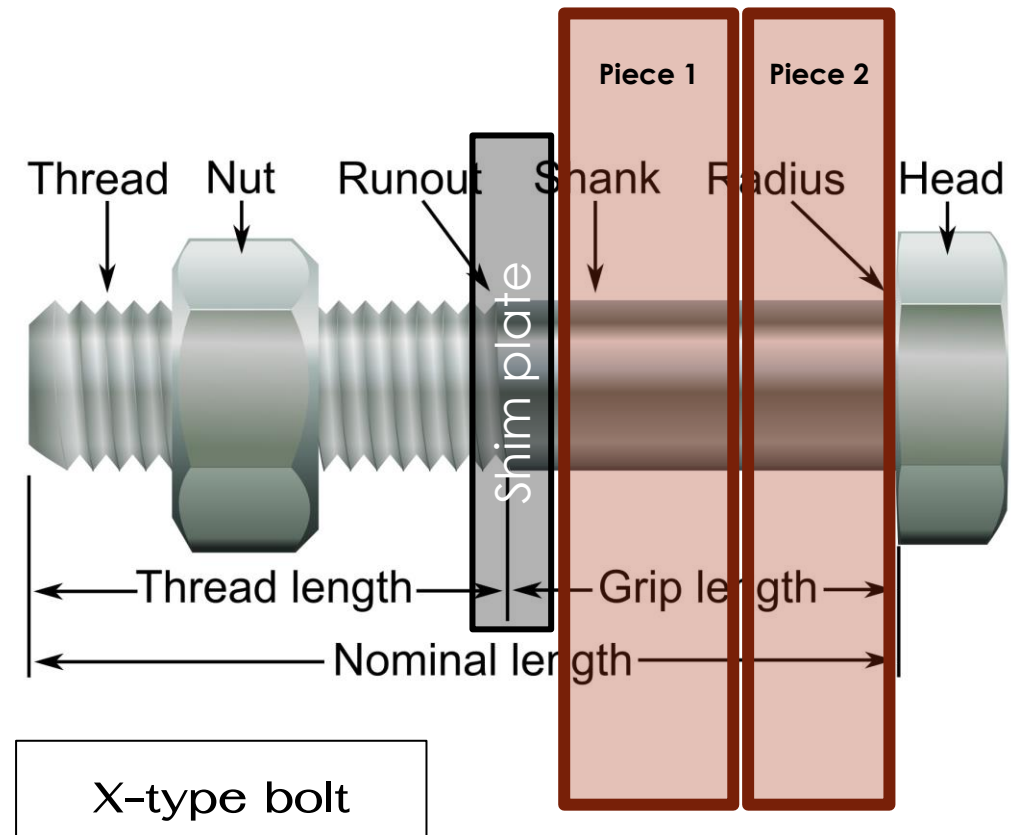
Standard for Bolt	Class	Tension Strength	Yield Strength	Enlogation	Hardness	Head Marking
		Mpa	Mpa	%		
ISO 898-1 2009(DIN931/933)	4.8	420 min	340 min	-	B71-95	
	6.8	600 min	480 min	-	B89-99.5	
	8.8	D<= 16, 800 min D> 16, 830 min	-	12	C22-32	
	10.9	1040 min	-	9	C32-39	
	12.9	1220 min	-	8	C39-44	

The value-added source for quality bolts, nuts, screw, washers and other industrial fasteners & hardware
 Shanghai Jian & Mei Industry and Trade Co., Ltd Tel:0086-21 33328690
 E-mail: info@jm-industry.com Fax:021-68413263

Bolted Connection – Part 1 / Tip 2

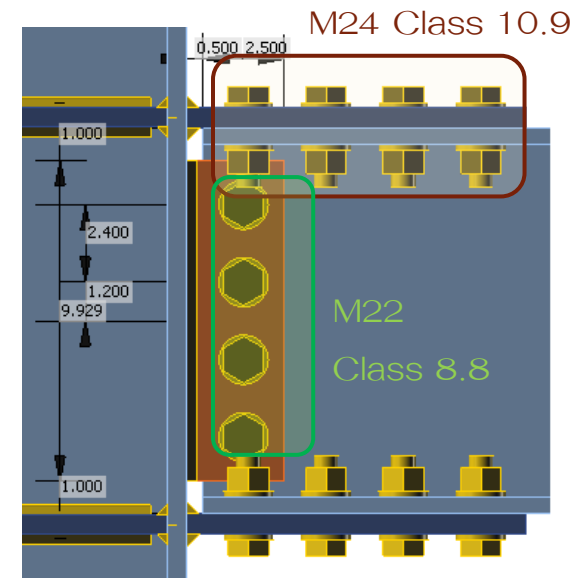
- ▶ เลือก bolt ที่มีประเภทเกลียวเป็นแบบ “เกลียวเต็ม” หรือ N-type bolt แม้ว่าจะมีกำลังรับน้ำหนักน้อยกว่า และราคาสูงกว่า bolt “เกลียวไม่เต็ม” หรือ X-type bolt สำหรับใช้ในโครงการ เพื่อป้องกันความผิดพลาดในกรณีที่ชิ้นงานที่ต้องการต่อกันด้วย bolt มีความบางจนทำให้ไม่สามารถขันเกลียวให้แน่นตามต้องการได้

ทางแก้ไข อาจต้องเตรียม shim plate แผ่นเหล็กเติมช่องเพื่อให้สามารถขัน nut จากที่ความยาวของ shank มากกว่าความหนาของชิ้นงานที่มาประกบติดกัน



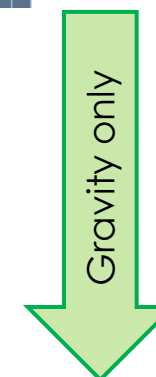
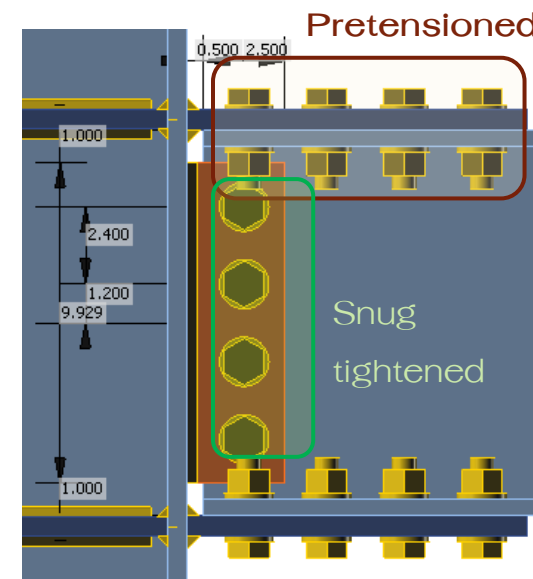
Bolted Connection – Part 1 / Tip 3

- ▶ อย่าออกแบบให้ bolt มีหลายเกรด และหลายขนาด เพราะจะทำให้ช่างที่ติดตั้งเกิดความสับสน และยากต่อการตรวจสอบคุณภาพของวิศวกรผู้ควบคุมงาน ทั้งนี้หากต้องการแบ่ง ควรกำหนดประเภท connection ให้ที่ต่างประเภทกัน กับการใช้ bolt ที่ต่างกัน เช่น M22 Class 8.8 กับ shear connection และ M24 Class 10.9 กับ moment connection เป็นต้น เพื่อให้ง่ายและสะดวกกับการก่อสร้างและการควบคุมคุณภาพ



Bolted Connection – Part 1 / Tip 4

- ▶ ควรออกแบบ bolt ที่ใช้กับ shear connection ของ beam ที่รับ gravity load ให้มีการติดตั้งแบบขันแน่นพอดี (snug tightened bolt) เพื่อความประหยัด แต่ moment connection สำหรับส่วนที่เป็น moment frame ควรออกแบบให้มีการติดตั้ง bolt แบบขันแน่นโดยใส่แรงตึงก่อน (pretensioned or tension-controlled bolt) เพื่อป้องกันการสั่นทางด้านข้างที่มากจนผู้ใช้อาคารอยู่ไม่สบาย และพยายามหลีกเลี่ยงการใช้ bolt ประเภท slip critical bolt หากสามารถหลีกเลี่ยงได้ เพราะมีราคาแพง และได้กำลังรับแรงที่น้อยกว่าการติดตั้ง bolt ด้วยวิธีการอื่น



A close-up, high-contrast photograph of a welding process. A bright, intense light from the welding torch illuminates the scene, creating a strong blue and white glow. The background is dark, making the bright light of the weld stand out. The weld itself is a bright, glowing line of molten metal, with sparks and smoke visible around it. The overall composition is dynamic and industrial.

Welding

#WeLoveSteelConstruction

Welding Overview

#WeLoveSteelConstruction

- การเชื่อม มีกระบวนการที่คล้ายคลึงกับการตัดโลหะ ด้วยความร้อน กล่าวคือเป็นการให้ความร้อนแก่วัสดุ เพื่อให้เปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว โดยหากต้องการตัด ก็ทำการดึงให้ออกจากกัน แต่หากต้องการเชื่อม ก็ทำการอัดให้ติดกัน
- วิธีในการเชื่อม มีหลายวิธีขึ้นกับรูปแบบของลวดเชื่อม และวัสดุปกคลุม เพื่อป้องกันการเกิด oxidation ซึ่งเกิดจากการที่ก๊าซออกซิเจนในอากาศไปผสมปนเข้ากับโลหะหลอมละลาย (ณ จุดเชื่อม) ส่งผลต่อความไม่สมบูรณ์ของรอยเชื่อม
- รูปแบบวัสดุปกคลุมมีหลายประเภท เช่น ฟลักซ์ (flux) กับการเชื่อม SAW หรือ FCAW หรือก๊าซ CO_2 กับการเชื่อม MAG (เชื่อม CO_2) หรือก๊าซ Ar กับการเชื่อม MIG (รวมเรียก MIG และ MAG ว่า GMAW)

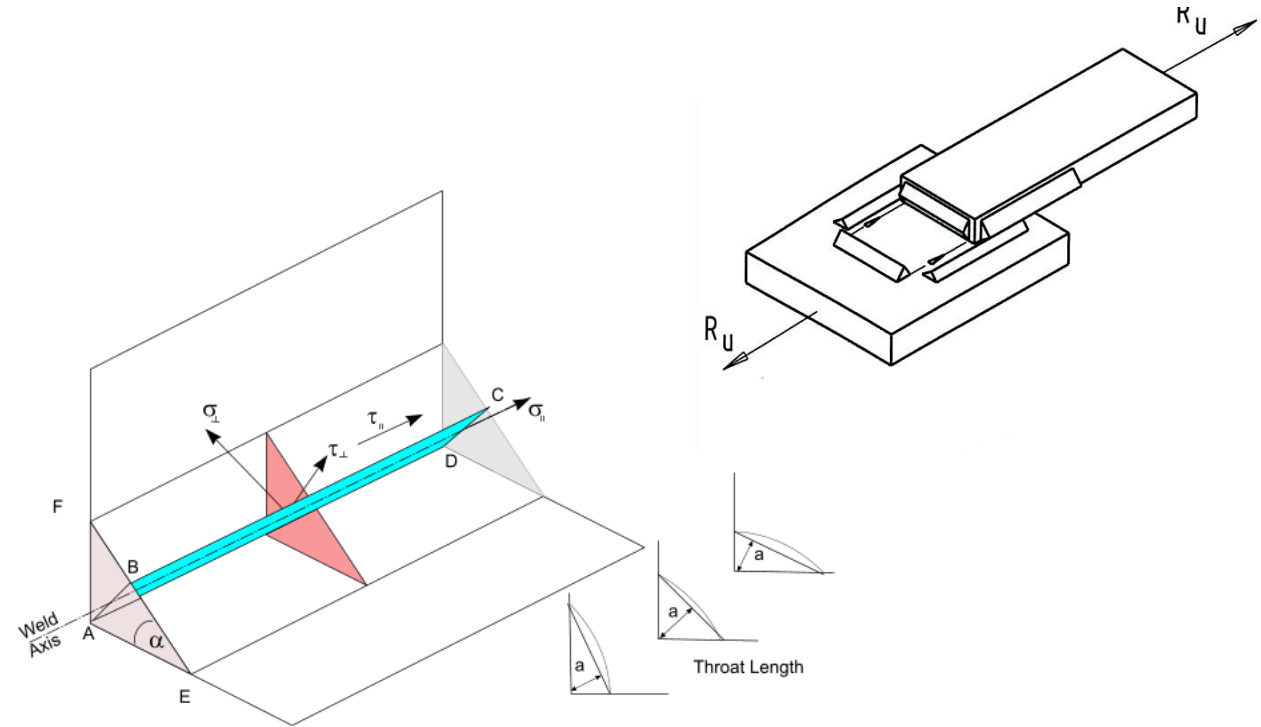


รอยเชื่อม fillet weld ที่ไม่สมบูรณ์

กำลังรับแรงของรอยเชื่อม

#WeLoveSteelConstruction

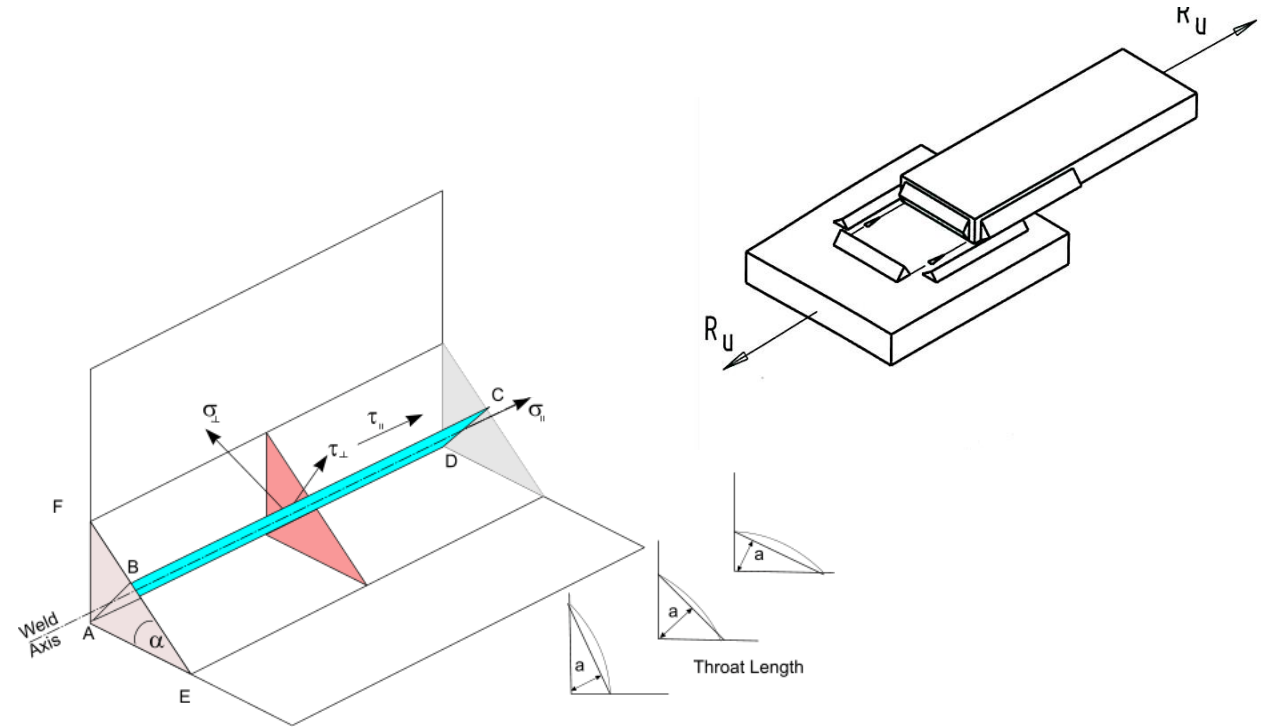
- เกรดของวัสดุเชื่อม (welding material) มักอ้างอิงมาตรฐานอเมริกา โดยกำหนด F_{Exx} โดยที่ xx แสดง “กำลังรับแรงดึงสูงสุด” ของวัสดุเชื่อมในหน่วย ksi (แปลงเป็น MPa คูณ 7 เป็น ksc คูณ 70)
- F_{E70} มี $F_u = 70 \text{ ksi} = 490 \text{ MPa} = 4,900 \text{ ksc}$ เป็นเกรดที่นิยมใช้มากที่สุด แต่ยังมีเกรดอื่นให้เลือกใช้ เช่น F_{E60} หรือ F_{E80}
- การเชื่อมพอก หรือ fillet weld มักรับ “แรงเฉือน” ดังนั้น การคำนวณกำลังรับแรง (เฉือน) ของรอยเชื่อม จึงต้องแปลง F_u เป็น F_{vu} โดย $F_u = 0.6 * F_{vu}$ ตามทฤษฎี yield criteria



กำลังรับแรงของรอยเชื่อม

#WeLoveSteelConstruction

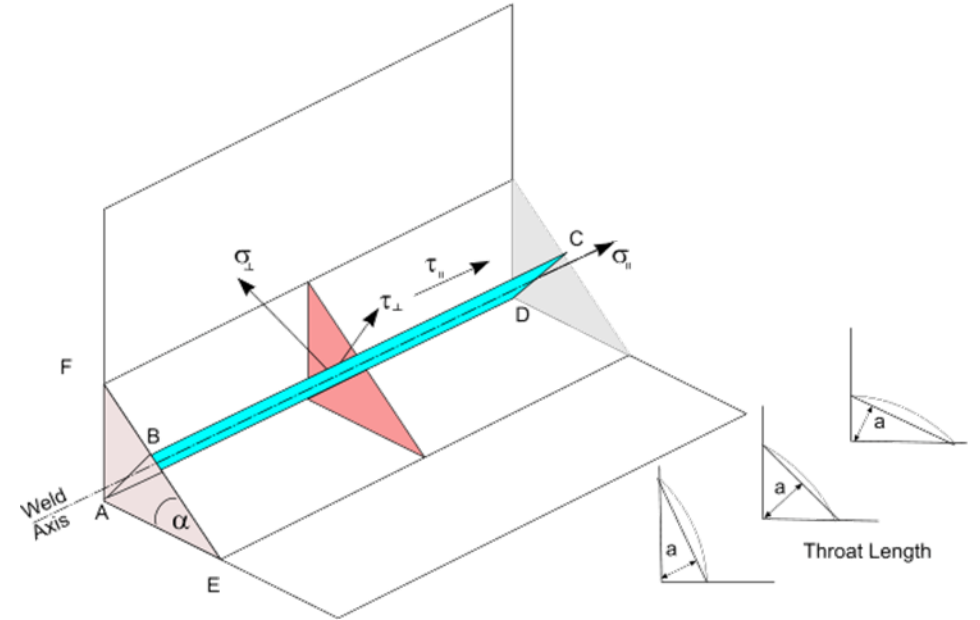
- พื้นที่รับแรง (เฉือน) ของ fillet weld เป็นพื้นที่ที่อยู่ในแนวทแยง จาก weld leg (AE หรือ AF ดังรูป) ในแนว AB ซึ่งหาก $AE = AF$ จะได้ว่า $AB = \text{leg size} / \sqrt{2}$ ไปคูณกับความยาวของ fillet weld
- ดังนั้น Nominal weld shear capacity (rupture) $= R_n = (0.6F_u) * \text{Effective area}$ โดยที่ Effective area $= A_e = (AE/\sqrt{2}) * L$
- Unified method: $R_n = (0.6F_u) * A_e$
[ASD] $\Omega = 2.0$
[LRFD] $\gamma = 0.75$



Fillet Weld Strength

#WeLoveSteelConstruction

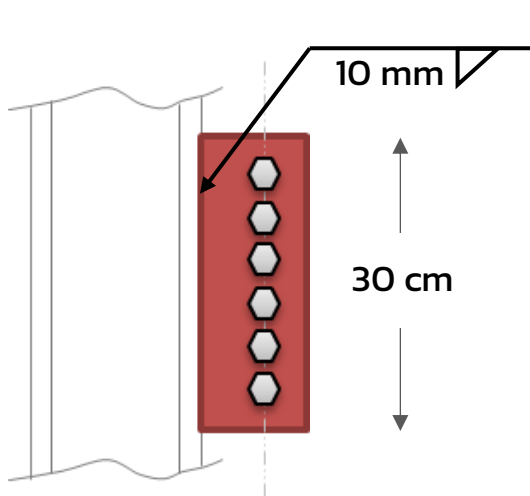
- การเชื่อมพอก หรือ fillet weld ระบุว่าเกิดการวิบัติเป็นระนาบที่มีขนาดเล็กที่สุดที่จะถูกเฉือนขาด ซึ่งเป็นมุม 45 องศา วัดจากขอบที่ตึงฉาก
- กำลังรับแรงเฉือน ~ 60% ของกำลังรับแรงดึง
พื้นที่รับแรงเฉือน ~ $\text{leg size} / \sin(45^\circ) * \text{ความยาว}$
กำลังรับแรงเฉือนระบุ (nominal shear strength)
 $=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



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

Fillet Weld Strength – Quick Number

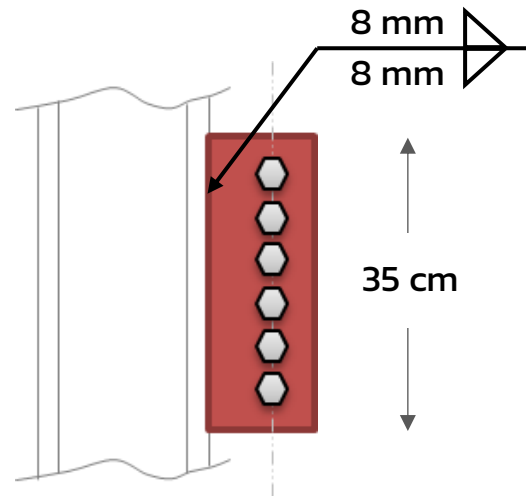
#WeLoveSteelConstruction



รอยเชื่อม fillet weld นี้

รับน้ำหนักได้ปลอดภัย 30 ตัน

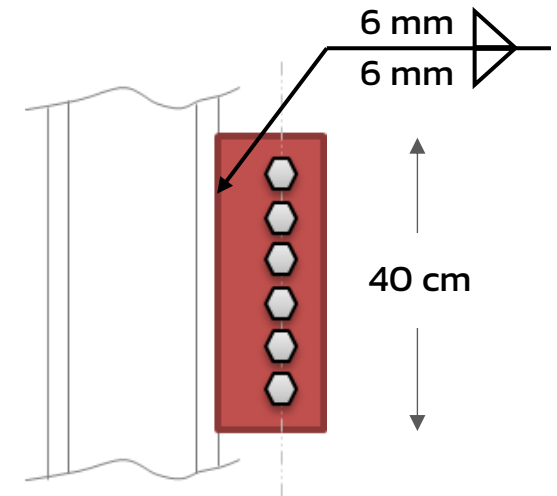
รับน้ำหนักได้สูงสุด 45 ตัน



รอยเชื่อม fillet weld นี้

รับน้ำหนักได้ปลอดภัย 56 ตัน

รับน้ำหนักได้สูงสุด 84 ตัน



รอยเชื่อม fillet weld นี้

รับน้ำหนักได้ปลอดภัย 48 ตัน

รับน้ำหนักได้สูงสุด 72 ตัน



Good practices in steel connection

#WELOVESTEELCONSTRUCTION

#WeLoveSteelConstruction

State of the Art: Welding

1) Material Grade Selection

เปรียบเทียบการออกแบบโดยใช้
SS400 และ **SM520**

แบบโกดังหน้ากว้าง 16 เมตร



ออกแบบโดยเกรด **SS400**

ออกแบบโดยเกรด **SM520**

อ้างอิง <https://www.facebook.com/syssteel/photos/pcb.2072824046084518/2072823659417890>

SS = Steel for Structure

% Carbon ไม่ได้มีการกำกับไว้ **SS**
จึงมีความเสี่ยงที่จะเชื่อมแล้วไม่ได้
คุณภาพ ควรใช้กับงาน bolt & nut

SM = Steel for Marine

% C Si P Mn S มีการกำกับไว้ใน
มาตรฐาน **SM** จึงเหมาะกับงานที่
ต้องนำไปติดตั้งด้วยการเชื่อม



Groove weld
เชื่อมร่อง



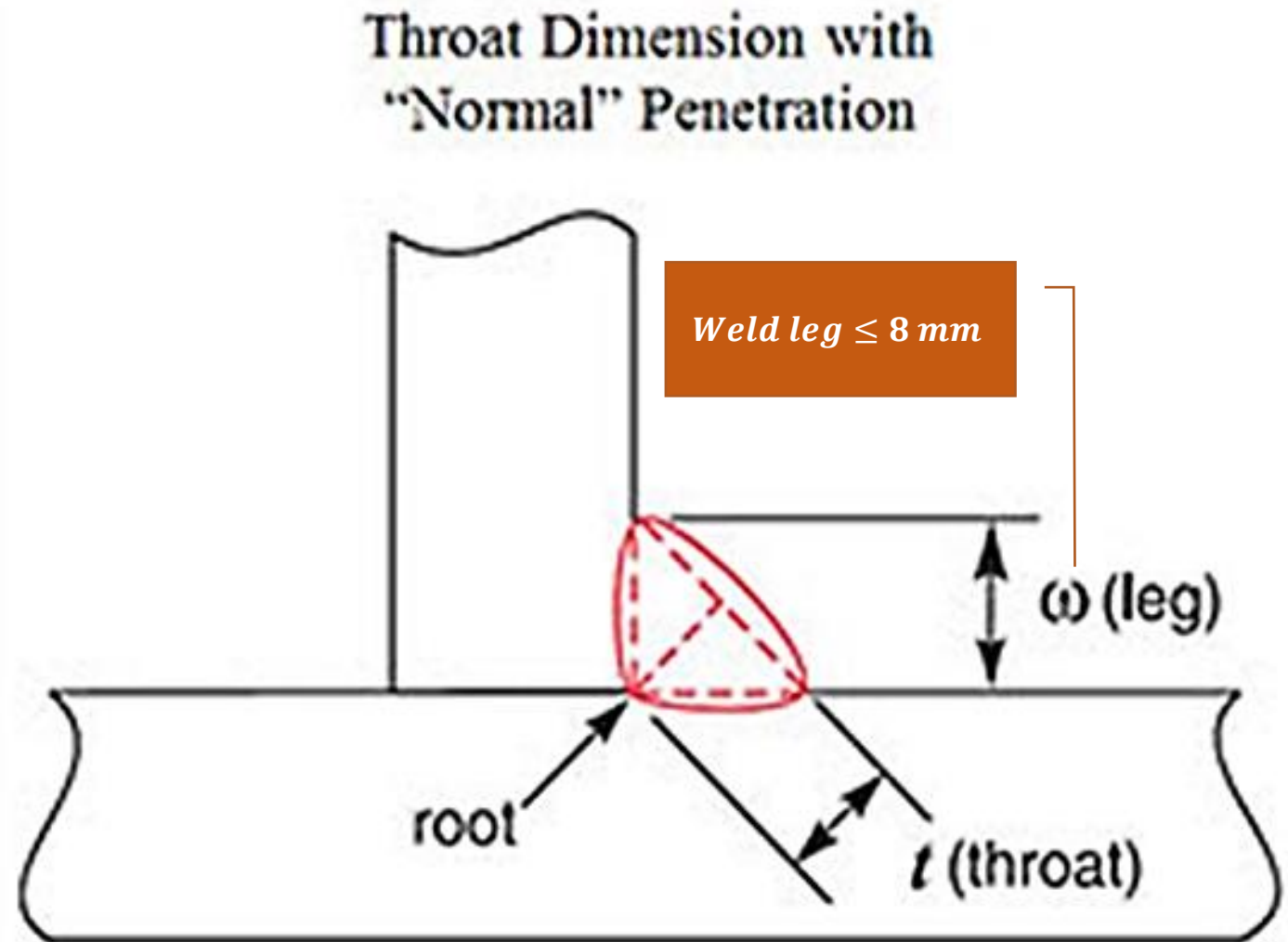
Fillet weld
เชื่อมพอก

State of the Art: Welding

2) Fillet weld before Groove weld if structurally permissible

State of the Art: Welding

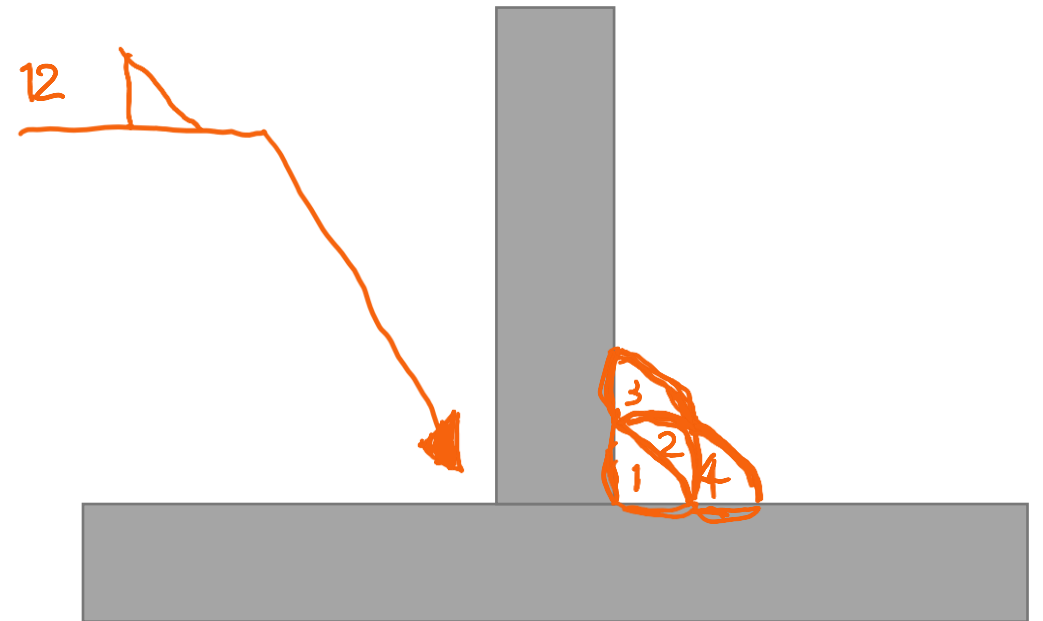
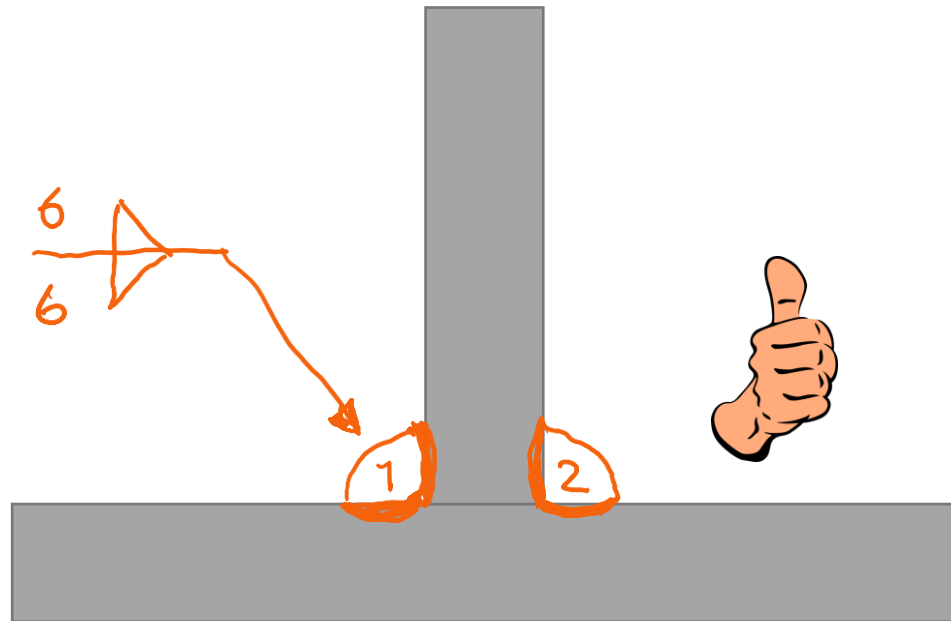
3) Limit leg size less than 8 mm
(1 pass welding)



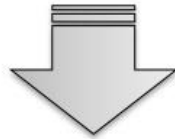
อ้างอิงรูปจาก <https://weldinganswers.com/importance-of-root-fusion/>

State of the Art: Welding

4) Both-sided fillet weld is cheaper than 1-sided fillet weld at the same capacity



Protective Coating for Steel Structures



Law of Energy Conservation



พลังงาน



เหล็กออกไซด์



พลังงาน



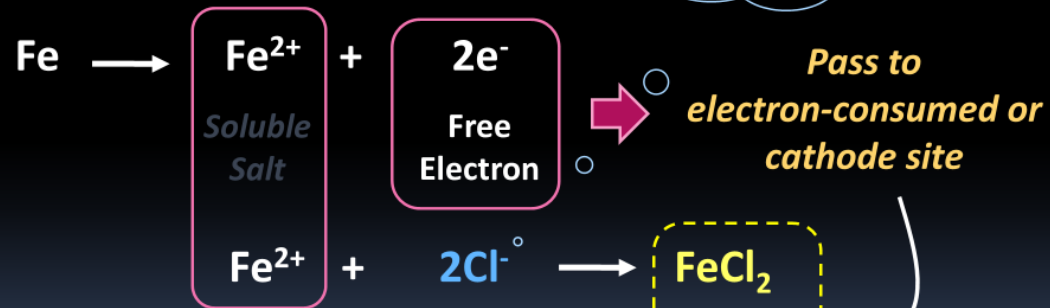
STRUCTURAL MAINTENANCE

STEEL MAINTENANCE OVERVIEW

POTENTIAL DETERIORATION - RUST

■ MECHANISM

□ ANODIC REACTION

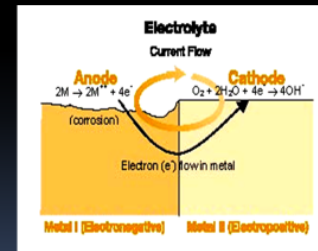


□ CATHODIC REACTION



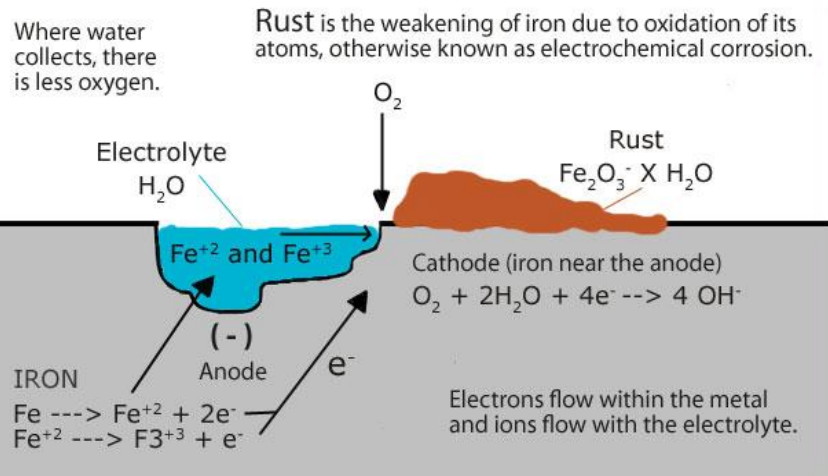
■ MECHANISM

□ ANODIC REACTION



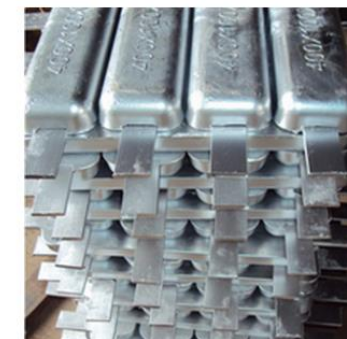
Oxygen จึงเป็น “หนึ่งในปัจจัย” ที่ทำให้เกิดสนิม

Corrosion (Fe_2O_3) thus occurs at the anode but not at the cathode.

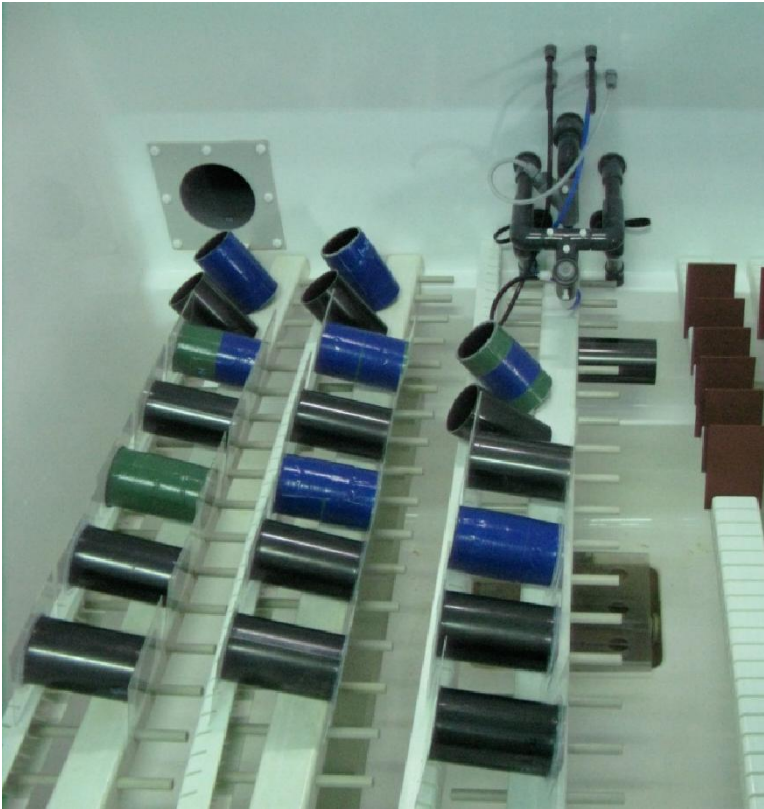


Electromotive Force Series (77°F)

Element	Electrode Reaction	Standard Electrode Potential (v)
Sodium	$Na \rightarrow Na^+ + e^-$	-2.712
Magnesium	$Mg \rightarrow Mg^{++} + 2e^-$	-2.340
Beryllium	$Be \rightarrow Be^{++} + 2e^-$	-1.700
Aluminum	$Al \rightarrow Al^{+++} + 3e^-$	-1.670
Manganese	$Mn \rightarrow Mn^{++} + 2e^-$	-1.050
Zinc	$Zn \rightarrow Zn^{++} + 2e^-$	-0.762
Chromium	$Cr \rightarrow Cr^{+++} + 3e^-$	-0.710
Iron	$Fe \rightarrow Fe^{+++} + 3e^-$	-0.440
Cadmium	$Cd \rightarrow Cd^{++} + 2e^-$	-0.402
Cobalt	$Co \rightarrow Co^{++} + 2e^-$	-0.277
Nickel	$Ni \rightarrow Ni^{++} + 2e^-$	-0.250
Tin	$Sn \rightarrow Sn^{++} + 2e^-$	-0.136
Lead	$Pb \rightarrow Pb^{++} + 2e^-$	-0.126
Hydrogen	$H \rightarrow 2H^+ + 2e^-$	(reference) 0.000
Copper	$Cu \rightarrow Cu^{++} + 2e^-$	0.345
Copper	$Cu \rightarrow Cu^+ + e^-$	0.522
Silver	$Ag \rightarrow Ag^+ + e^-$	0.800
Platinum	$Pt \rightarrow Pt^{++} + 2e^-$	1.200
Gold	$Au \rightarrow Au^{+++} + 3e^-$	1.420



การทดสอบอัตราการเกิดสนิมของท่อเหล็ก

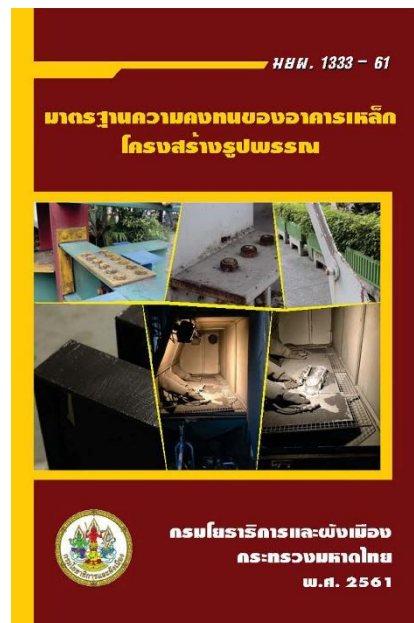


□ บทสรุป

1. ท่อเหล็กที่มีการปิดไม่ให้ผิวท่อเหล็กด้านในสัมผัสกับบรรยากาศกัดกร่อน **แทบไม่เกิดการกัดกร่อนที่ผิวชิ้นงานด้านในท่อ**
2. ท่อเหล็กที่มีการเปิดให้ผิวท่อเหล็กด้านในสัมผัสกับบรรยากาศกัดกร่อนได้นั้น จะเกิดการกัดกร่อนที่ผิวเหล็กด้านใน โดยความรุนแรงของการกัดกร่อนขึ้นอยู่กับ **อัตราการเปิด** กล่าวคือ ยิ่งมีอัตราการเปิดของผิวด้านในสู่บรรยากาศกัดกร่อนมาก ความรุนแรงของการกัดกร่อนยิ่งมากตามไปด้วย
3. ตำแหน่งของชิ้นงานมีผลต่ออัตราการกัดกร่อนภายในของท่อเหล็ก (ที่เปิดปลาย) โดยตำแหน่งครึ่งซีกล่างของท่อที่วางในเครื่องทดสอบจะมีการกัดกร่อนที่สูงกว่าตำแหน่งครึ่งซีกบน ซึ่งเป็นผลมาจากการที่ซังของบรรยากาศกัดกร่อนที่มากกว่าครึ่งซีกล่างของท่อ
4. การกัดกร่อนของโครงสร้างท่อเหล็กที่มีการเปิดสู่บรรยากาศกัดกร่อนมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อระยะเวลาการเปิดสู่บรรยากาศกัดกร่อนมากขึ้น

Protective Coating per DPT 1333

Resistance	Load
ระบบสีเคลือบป้องกัน	ที่ตั่ง อันส่งผลต่อปริมาณ ไอเกลือ
ระยะเวลา (ปี) ที่ต้องการความทนทาน	ลักษณะการใช้งาน อันอาจส่งผลต่อ ไอกรด



ระดับความรุนแรง	ทนทานน้อย <5 ปี	ทนทานปานกลาง ~10 ปี	ทนทานมาก >15 ปี
รุนแรงน้อย ระดับ C1	C1 ทนทานน้อย	C1 ทนทานปานกลาง	C1 ทนทานมาก
รุนแรงค่อนข้างน้อย C2	C2 ทนทานน้อย	C2 ทนทานปานกลาง	C2 ทนทานมาก
รุนแรงปานกลาง C3	C3 ทนทานน้อย	C3 ทนทานปานกลาง	C3 ทนทานมาก
รุนแรงค่อนข้างมาก C4	C4 ทนทานน้อย	C4 ทนทานปานกลาง	C4 ทนทานมาก
รุนแรงมาก ระดับ C5	C5 ทนทานน้อย	C5 ทนทานปานกลาง	C5 ทนทานมาก

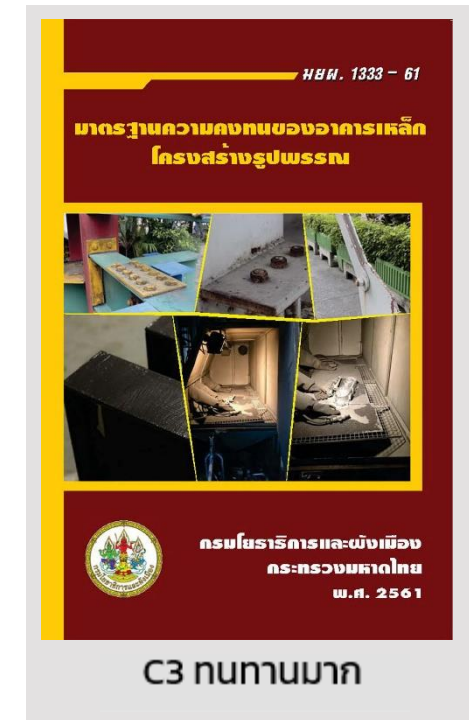
หมายเหตุ

1. ผู้ออกแบบเก็บ requirement จากเจ้าของโครงการว่าต้องการระดับความทนทานเท่าใด
2. ผู้ออกแบบ identify ระดับความรุนแรงของสภาพแวดล้อม
3. ผู้ออกแบบเลือกระบบสีกันสนิม อ้างอิง มยพ. 1333-61 (อ้างอิง ISO 12944)

Protective Coating per DPT 1333

ตารางที่ 12 ระบบสีป้องกันการกัดกร่อนเหล็กชุบสังกะสีเคลือบสีสำหรับสภาพแวดล้อม C3

hot-dip-galvanized steel							
ระบบสี หมายเลข	สีรองพื้น			สีทับหน้า		รวม	
	ตัวยึดประสาน	จำนวน ชั้น	NDFT (μm)	ตัวยึดประสาน	จำนวน ชั้น	NDFT (μm)	อายุใช้งาน (ปี)
A7.01	-	-	-	PVC	1	80	2 ถึง 5
A7.02	PVC	1	40	PVC	2	120	> 5 ถึง 10
A7.03	PVC	1	80	PVC	2	160	> 5 ถึง 10
A7.04	PVC	1	80	PVC	3	240	> 5 ถึง 10
A7.05	-	-	-	AY	1	80	2 ถึง 5
A7.06	AY	1	40	AY	2	120	> 5 ถึง 10
A7.07	AY	1	80	AY	2	160	> 5 ถึง 10
A7.08	AY	1	80	AY	3	240	> 5 ถึง 10
A7.09	-	-	-	EP, PUR Aliphatic	1	80	> 5 ถึง 10
A7.10	EP, PUR	1	60	EP, PUR Aliphatic	2	120	> 5 ถึง 10
A7.11	EP, PUR	1	80	EP, PUR Aliphatic	2	160	> 10 ถึง 15
A7.12	EP, PUR	1	80	EP, PUR Aliphatic	3	240	> 15 ถึง 20
A7.13	EP, PUR	1	80	EP, PUR Aliphatic	3	320	> 15 ถึง 20



มีระบบสี 2 สูตร คือ A7.12 และ A7.13 (นุ 15 – 20 ปี)

สูตร **A7.13** ทารองพื้นด้วย Epoxy หรือ Polyurethane 1 ชั้นหนา 80 ไมครอน จากนั้นทาทับหน้าด้วย Epoxy หรือ Polyurethane ชนิด Aliphatic ให้ความหนารวม 320 ไมครอน

Innovation in Bridge Construction

#WeLoveSteelConstruction

