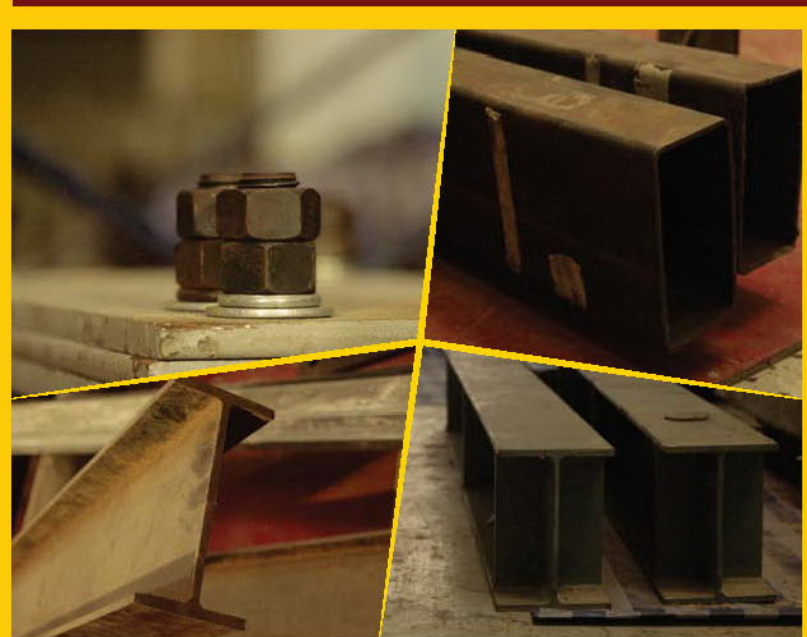


มาตรฐานคุณลักษณะเฉพาะของเหล็ก
โครงสร้างรูปพรรณ ที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร



สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร

กรมโยธาธิการและผังเมือง

ถ.พระรามที่ 6 แขวงสามเสนใน

เขตปทุมธานี กรุงเทพฯ 10400

โทร. 0-2299-4363 โทรสาร 0-2299-4366



กรมโยธาธิการและผังเมือง
กระทรวงมหาดไทย

พ.ศ. 2561



มาตรฐานคุณลักษณะเฉพาะของหลัก

โครงสร้างรูปพรรณที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร

มยผ. 1107 - 61

กรมโยธาธิการและผังเมือง

กระทรวงมหาดไทย

กรมโยธาธิการและผังเมือง

มาตรฐานคุณลักษณะเฉพาะของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร

ISBN 978-974-458-599-8

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2558

โดย สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร

กรมโยธาธิการและผังเมือง

ถ.พระราม 6 แขวงสามเสนใน

เขตปทุมธานี กรุงเทพฯ 10400

โทร. 0-2299-4321 โทรสาร 0-2299-4321

คณะผู้จัดทำมาตรฐานคุณลักษณะเฉพาะของหลักสูตรสร้างรูปพรรณที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร

ที่ปรึกษาโครงการ

นายอดิสร มโนมัยธำรงกุล

ผู้จัดการโครงการ

รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ยอดสุดใจ

บุคลากรหลัก

1. รองศาสตราจารย์ ดร.ตระกุล อร่ามรักษ์
2. รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีป ชัยสมภพ
3. รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ รุ่งทองใบสุรีย์
4. รองศาสตราจารย์ ดร.ปิยะ โชติกไกร
5. รองศาสตราจารย์ ดร.อัศววัชร เล่นวารี
6. รองศาสตราจารย์ ดร.อภินิติ โชติสังกาศ
7. ดร.รังสรรค์ วงศ์จิรภัทร

บุคลากรสนับสนุน

1. นายอนุรักษ เทพกรณ์
2. นายสิทธิพนธ์ แก้วสว่าง
3. นางสาวพลอยเครือ แจ่มวิถิเลิศ
4. นางสาวสิรินัดดา บุญเป็ง

คณะกรรมการกำกับดูแลการปฏิบัติงานของที่ปรึกษา
เรื่อง มาตรฐานคุณลักษณะเฉพาะของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร

ประธานกรรมการ

นายสินธุ์ บุญสิทธิ์
ผู้อำนวยการสำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร

คณะกรรมการ

ดร.เสถียร เจริญเหรียญ
ผู้อำนวยการสำนักวิศวกรรมโครงสร้างและงานระบบ
รักษาการในตำแหน่งวิศวกรใหญ่

นายอนวัช บุรพาชน

วิศวกรโยธาเชี่ยวชาญ

นายวิบูลย์ ลีพัฒนากิจ
วิศวกรโยธาเชี่ยวชาญ

นายกนก สุจริตสัณชัย

วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ

รักษาการในตำแหน่งวิศวกรโยธาเชี่ยวชาญ

นายพรชัย สังข์ศรี
วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ

นางสาวสุรีย์ ประเสริฐสุด

วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ

นายสมโชค เล่งวงศ์
วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ

ดร.ทยากร จันทรางศุ

วิศวกรโยธาชำนาญการ

รักษาการในตำแหน่งวิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ

กรรมการและเลขานุการ

ดร.ธนิต ใจสอาด
วิศวกรโยธาชำนาญการ

กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

นายวิโชติ กันภัย

วิศวกรโยธาชำนาญการ

นายธีรภัทร สุนทรชื่น

วิศวกรโยธาปฏิบัติการ

ผู้ทรงคุณวุฒิในการจัดทำมาตรฐานคุณลักษณะเฉพาะของหลักสูตรสร้างรูปพรรณ
ที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร

1. ศาสตราจารย์ ดร.ทักษิณ เทพชาตรี
2. รองศาสตราจารย์ ดร.การุญ จันทรางศุ
3. รองศาสตราจารย์ ดร.สุทัศน์ ลีลาทวีวัฒน์
4. นายธนา แก้วกระจ่าง
5. นายสยามภู เฮนะเกษตร

คำนำ

ในปัจจุบันการก่อสร้างอาคารด้วยเหล็กโครงสร้างรูปพรรณได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากคุณสมบัติวัสดุของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณมีความเหนียวสูงทำให้ผู้ออกแบบสามารถออกแบบรูปทรงของอาคารได้หลากหลายมากขึ้น เทคโนโลยีการก่อสร้างอาคารด้วยเหล็กโครงสร้างรูปพรรณมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องทำให้สามารถก่อสร้างได้อย่างรวดเร็วและสามารถลดปริมาณวัสดุสูญเสียในระหว่างการก่อสร้างได้มาก อีกทั้งแนวโน้มราคาที่ลดลงของวัสดุเหล็กโครงสร้างรูปพรรณเมื่อเปรียบเทียบกับราคาในอดีตที่ผ่านมา ทำให้ต้นทุนการก่อสร้างอาคารด้วยเหล็กโครงสร้างรูปพรรณลดลงตามมา

อย่างไรก็ตามการก่อสร้างอาคารด้วยเหล็กโครงสร้างรูปพรรณยังจำเป็นต้องมีข้อกำหนดในการควบคุมคุณสมบัติวัสดุและควบคุมการก่อสร้างอย่างเหมาะสมเพื่อให้อาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณมีความมั่นคงแข็งแรงตามที่ออกแบบไว้ กรมโยธาธิการและผังเมืองซึ่งเป็นหน่วยงานที่มีภารกิจในการกำหนดมาตรฐานการก่อสร้างอาคารจึงได้ร่วมกับมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ปรึกษาโครงการจัดทำมาตรฐานการออกแบบและการก่อสร้างอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ ทำการศึกษาและจัดทำมาตรฐานคุณลักษณะเฉพาะของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร (มยพ. 1107 - 61) นี้ขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้การก่อสร้างอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณเป็นไปตามหลักวิชาการและมาตรฐานสากล

กรมโยธาธิการและผังเมือง หวังเป็นอย่างยิ่งว่าการนำมาตรฐานฉบับนี้ไปใช้ในทางปฏิบัติจะทำให้การออกแบบและก่อสร้างอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณมีความมั่นคงแข็งแรง ซึ่งจะช่วยให้เกิดความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนเพิ่มมากยิ่งขึ้น



(นายมนทล สุตประเสริฐ)

อธิบดีกรมโยธาธิการและผังเมือง

บทนำ

มาตรฐานคุณลักษณะเฉพาะของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณที่ใช้ในโครงสร้างอาคาร (มยผ. 1107 - 61) ฉบับนี้ จัดทำขึ้นเพื่อกำหนดคุณสมบัติทางกล เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของหน้าตัด การทดสอบ รายละเอียดการประกอบ การติดตั้ง และการควบคุมคุณภาพงานอาคารที่ก่อสร้างด้วยเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ เพื่อให้การก่อสร้างอาคารโครงสร้างเหล็กรูปพรรณมีการปฏิบัติอย่างถูกต้องเหมาะสมตามหลักวิชาการ

มาตรฐานฉบับนี้ได้แบ่งเหล็กโครงสร้างรูปพรรณที่นำมาใช้ในงานอาคารออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ เหล็กรูปพรรณขึ้นรูปร้อนและท่อเหล็กกล้า ซึ่งมีรายละเอียดข้อกำหนดคุณสมบัติทางกล เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของหน้าตัด และวิธีการรับรองคุณสมบัติระบุไว้ในบทที่ 3 และมาตรฐานฉบับนี้ยังรวมถึงข้อกำหนดคุณลักษณะเฉพาะของสลักเกลียวและลวดเชื่อมสำหรับงานโครงสร้างอาคาร ซึ่งมีรายละเอียดข้อกำหนดระบุในบทที่ 4 และบทที่ 5 ตามลำดับ รวมทั้งข้อกำหนดในการเตรียมและการประกอบชิ้นงาน การติดตั้ง และการควบคุมคุณภาพสำหรับงานก่อสร้างอาคารด้วยเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ ซึ่งมีรายละเอียดระบุไว้ในบทที่ 6

ในฐานะหัวหน้าโครงการจัดทำมาตรฐานการออกแบบและการก่อสร้างอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ ผมใคร่ขอขอบคุณคณะที่ปรึกษาทุกท่านที่ได้ร่วมกันดำเนินงานจนสำเร็จลุล่วง และขอขอบคุณคณะกรรมการกำกับดูแลการปฏิบัติงานของที่ปรึกษาและผู้ทรงคุณวุฒิที่กรมโยธาธิการและผังเมืองแต่งตั้ง ประกอบด้วย ศาสตราจารย์ ดร.ทักษิณ เทพชาตรี รองศาสตราจารย์ ดร.การุญ จันทรางศุ รองศาสตราจารย์ ดร.สุทัศน์ ลีลาพิวัฒน์ คุณธนา แก้วกระจ่าง และคุณสยามภู เฮนะเกษตร ที่ได้ให้คำชี้แนะในการจัดทำมาตรฐานฉบับนี้



(รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ยอดสุดใจ)

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หัวหน้าโครงการฯ

สารบัญ

สารบัญ	i
สารบัญรูป	ii
สารบัญตาราง.....	iii
บทที่ 1 ทัวไป	1
1.1 วัตถุประสงค์	1
1.2 ขอบข่าย	1
บทที่ 2 นิยาม และสัญลักษณ์.....	3
2.1 นิยาม	3
2.2 สัญลักษณ์.....	3
2.3 มาตรฐานอ้างอิง.....	3
บทที่ 3 ข้อกำหนดของหลักโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน วัสดุท่อเหล็กกล้า และเหล็กแผ่น.....	5
สำหรับงานโครงสร้าง	
3.1 ข้อกำหนดของหลักโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน	5
3.2 ข้อกำหนดวัสดุท่อเหล็กกล้าสำหรับงานโครงสร้าง.....	9
3.3 ข้อกำหนดเหล็กแผ่น	11
บทที่ 4 ข้อกำหนดของสลักเกลียวในงานโครงสร้างอาคาร.....	19
บทที่ 5 ข้อกำหนดของลวดเชื่อมที่ใช้ในงานเชื่อมโครงสร้างอาคาร.....	23
บทที่ 6 ข้อกำหนดในการเตรียม และประกอบชิ้นงาน การติดตั้ง และการควบคุมคุณภาพ.....	27
สำหรับงานอาคารเหล็กโครงสร้าง	
6.1 แบบรายละเอียดประกอบการก่อสร้าง และแบบขยายการติดตั้ง	27
6.2 การประกอบชิ้นงาน.....	27
6.3 การทำความสะอาดและทาสี.....	38
6.4 การติดตั้ง.....	39
6.5 การควบคุมคุณภาพ	40
เอกสารอ้างอิง.....	47

สารบัญรูป

รูปที่ 1	ระยะห่างในการเชื่อมชิ้นงานแบบร่อง	28
รูปที่ 2	รอยเชื่อมที่ใช้ได้.....	30
รูปที่ 3	รอยเชื่อมเข้าฉากที่ใช้ไม่ได้	30
รูปที่ 4	รอยเชื่อมเข้าร่องที่ยอมรับได้ เมื่อต้องการเชื่อมชิ้นงาน.....	31
รูปที่ 5	รอยเชื่อมเข้าร่องที่ยอมรับไม่ได้ เมื่อต้องการเชื่อมชิ้นงาน	31
รูปที่ 6	แสดงการตรวจหาระยะความคลาดเคลื่อนโค้งงอสำหรับการประกอบติดตั้งโครงถัก	37

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1	สมบัติทางกลของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน.....	5
ตารางที่ 2	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของมวลต่อเมตรของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน	6
ตารางที่ 3	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน สำหรับเหล็กฉาก เหล็กรูปร่างน้ำ เหล็กรูปตัวไอ และเหล็กรูปตัวที....	7
ตารางที่ 4	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน สำหรับเหล็กรูปตัวเอช	8
ตารางที่ 5	สมบัติทางกลของท่อแบบกลม	9
ตารางที่ 6	สมบัติทางกลของท่อแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส และแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า	9
ตารางที่ 7	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของมิติสำหรับท่อแบบกลม	10
ตารางที่ 8	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของมิติสำหรับท่อแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส และแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า.....	11
ตารางที่ 9	สมบัติทางกลของเหล็กแผ่น.....	12
ตารางที่ 10	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของความหนา	13
ตารางที่ 11	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของความกว้าง	14
ตารางที่ 12	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของความยาว	16
ตารางที่ 13	ระยะเบี่ยงเบนของขอบโค้งที่ด้านเว้าของแผ่นเหล็กแผ่นหนาขอบตัดและแผ่นบางขอบตัด.....	16
ตารางที่ 14	ระยะเบี่ยงเบนของขอบโค้งที่ด้านเว้าของแผ่นเหล็กม้วนขอบตัด และเหล็กแผ่นแถบ	17
ตารางที่ 15	ระยะเบี่ยงเบนของความราบของเหล็กแผ่นหนาและเหล็กแผ่นบาง	17
ตารางที่ 16	สัญลักษณ์ที่ใช้ที่สลักเกลียวหัวหกเหลี่ยม และหมุดเกลียวหัวหกเหลี่ยม.....	21
ตารางที่ 17	สัญลักษณ์สำหรับความต้านทาน และความยืดของเนื้อโลหะเชื่อม.....	24
ตารางที่ 18	สัญลักษณ์สำหรับความต้านทาน และความยืดของเนื้อโลหะเชื่อม.....	24
ตารางที่ 19	สัญลักษณ์ของสมบัติการกระแทกของเนื้อโลหะเชื่อม	25
ตารางที่ 20	สัญลักษณ์ชนิดสารพอกหุ้ม.....	25
ตารางที่ 21	สัญลักษณ์ชนิดสารพอกหุ้ม.....	26
ตารางที่ 22	ขนาดขาลูกสุดของรอยเชื่อม	29
ตารางที่ 23	ผิวเชื่อมแบบโค้งนูน ควรมีขนาดไม่เกินค่าต่อไปนี้.....	30
ตารางที่ 24	รายการตรวจสอบก่อนการเชื่อม.....	41

ตารางที่ 25	รายการตรวจสอบระหว่างการเชื่อม	42
ตารางที่ 26	รายการตรวจสอบหลังการเชื่อม	43
ตารางที่ 27	รายการตรวจสอบก่อนการติดตั้งสลักเกลียว	44
ตารางที่ 28	รายการตรวจสอบระหว่างการติดตั้งสลักเกลียว	44
ตารางที่ 29	รายการตรวจสอบหลังการติดตั้งสลักเกลียว	45

บทที่ 1 ทั่วไป

1.1 วัตถุประสงค์

มาตรฐานคุณลักษณะเฉพาะของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณสำหรับงานโครงสร้างอาคารฉบับนี้ให้ข้อกำหนดคุณสมบัติทางกลของวัสดุ ข้อกำหนดการประกอบ การติดตั้ง และการควบคุมคุณภาพงานอาคารเหล็กที่ก่อสร้างด้วยโครงสร้างรูปพรรณ เพื่อให้การก่อสร้างอาคารดังกล่าวมีการปฏิบัติอย่างถูกต้องเหมาะสมตามหลักวิชาการ

1.2 ขอบข่าย

มาตรฐานคุณลักษณะเฉพาะของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณสำหรับงานโครงสร้างอาคารฉบับนี้ ครอบคลุมข้อกำหนดวัสดุเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ (structural steel shapes) บางชนิด ซึ่งไม่รวมถึงหน้าตัดประกอบ (built - up section) โดยมาตรฐานฉบับนี้แบ่งเหล็กที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคารออกเป็น 3 ชนิด คือ

- (1) เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อนสำหรับงานอาคาร โดยมีหน้าตัดเป็นรูปลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ เหล็กgrupตัวเอช (H - section) เหล็กgrupตัดไอ (I - section) เหล็กฉาก (angle) เหล็กgrupรางน้ำ (channel) เหล็กgrupตัวที (T - section)
- (2) ท่อเหล็กกล้าสำหรับงานโครงสร้าง โดยมีหน้าตัดกลม หรือสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า
- (3) เหล็กแผ่นสำหรับงานโครงสร้าง

ส่วนเหล็กโครงสร้างรูปพรรณชนิดอื่นและหน้าตัดประกอบให้เป็นไปตามมาตรฐาน AISC - 360 หรือมาตรฐานอื่นที่คณะกรรมการควบคุมอาคารให้การรับรอง

คุณลักษณะเฉพาะของเหล็กรูปพรรณสำหรับงานโครงสร้างอาคารในมาตรฐานฉบับนี้มีข้อกำหนดอยู่ 2 ด้าน คือ ด้านสมบัติทางกล และด้านเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของมิติ โดยมาตรฐานได้ให้ข้อกำหนดการชักตัวอย่างสำหรับการทดสอบสมบัติทางกลและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ นอกจากนี้ มาตรฐานฯ ยังครอบคลุมข้อกำหนดวัสดุรอยต่อ ได้แก่ สลักเกลียว และลวดเชื่อม ข้อกำหนดในการเตรียม การประกอบชิ้นงาน การติดตั้ง และการควบคุมคุณภาพงานอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ

บทที่ 2

นิยาม และสัญลักษณ์

2.1 นิยาม

“สลักเกลียว” หมายความว่า เหล็กต้นรูปทรงกระบอก ปลายหนึ่งมีหัวเป็นรูปต่าง ๆ อีกปลายหนึ่งเป็นเกลียว ใช้ร้อยผ่านตลอดรูกลางของชิ้นส่วนที่ต้องการจะยึดให้ติดกัน โดยมีแป้นเกลียวชั้นเข้าทางปลายที่เป็นเกลียว

“สลักเกลียวสองข้าง” หมายความว่า เหล็กต้นรูปทรงกระบอกมีเกลียวทั้งสองปลาย ใช้สำหรับยึดชิ้นส่วนให้ติดกัน

“หมุดเกลียว” หมายความว่า เหล็กต้นรูปทรงกระบอก ปลายหนึ่งมีหัวเป็นรูปต่าง ๆ อีกปลายหนึ่งเป็นเกลียว ใช้สำหรับยึดชิ้นส่วนให้ติดกันโดยไม่ต้องใช้แป้นเกลียว

“เหล็กโครงสร้างรูปพรรณ” หมายความว่า เหล็กที่ผลิตออกมามีหน้าตัดเป็นรูปลักษณะต่าง ๆ ใช้ในงานโครงสร้าง

2.2 สัญลักษณ์

d_b	หมายถึง	เส้นผ่านศูนย์กลางระบุของสลักเกลียว (มิลลิเมตร)
T_m	หมายถึง	แรงดึงต่ำสุดสำหรับสลักเกลียวแบบใส่แรงดึงก่อน (กิโลนิวตัน)
t	หมายถึง	ความหนาชิ้นส่วน (มิลลิเมตร)
W	หมายถึง	ความกว้างของผิวรอยเชื่อม (มิลลิเมตร)

2.3 มาตรฐานอ้างอิง

มาตรฐานที่ใช้อ้างอิงประกอบด้วย

- (1) สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, “เหล็กโครงสร้างรูปพรรณกลวง (มอก. 107)”, 2533.
- (2) สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, “เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน (มอก. 1227)”, 2558.
- (3) สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, “เหล็กกล้าคาร์บอนรีดร้อนแผ่นม้วน แผ่นแถบ แผ่นหนา และแผ่นบางสำหรับงานโครงสร้างทั่วไป (มอก. 1479)”, 2541.
- (4) สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, “สมบัติทางกลของสลักเกลียว หมุดเกลียวและสลักเกลียวสองข้าง (มอก. 171)”, 2530.
- (5) สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, “การทดสอบเหล็กและเหล็กกล้า เล่ม 1 การทดสอบความแข็งวิกเกอร์สำหรับเหล็กกล้า เล่ม 2 การทดสอบความแข็งบริเนลล์สำหรับเหล็กกล้าและเหล็กหล่อ เล่ม 3 การทดสอบความแข็งรอกเวลล์สำหรับเหล็กกล้าสเกล B และ C (มอก. 244)”, 2520.

- (6) สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, “ลวดเชื่อมไฟฟ้ามีสารพอกหุ้มใช้เชื่อม เหล็กกล้าไม่เจือและ เกรนละเอียด ด้วยการเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ (มอก. 49)”, 2556.
- (7) American Society for Testing and Materials (ASTM), “Standard Specification for Structural Bolts, Steel, Heat Treated 830 MPa Minimum Tensile Strength (Metric) (A325M - 09)”, 2009.
- (8) American Society for Testing and Materials (ASTM), “Standard Specification for High-Strength Steel Bolts, Classes 10.9 and 10.9.3, for Structural Steel Joints (Metric) (A490M - 08)”, 2008.
- (9) American Society for Testing and Materials (ASTM), “Standard Specification for Compressible – Washer - Type Direct Tension Indicators for Use with Structural Fasteners (F959 - 09)”, 2009.
- (10) American Society for Testing and Materials (ASTM), “Standard Specification for “Twist Off” Type Tension Control Structural Bolt/Nut/Washer Assemblies, Steel, Heat Treated, 120/105 ksi Minimum Tensile Strength (F1852 - 08)”, 2008.
- (11) American Society for Testing and Materials (ASTM), “Standard Specification for “Twist Off” Type Tension Control Structural Bolt/Nut/Washer Assemblies, Steel, Heat Treated, 150 ksi Minimum Tensile Strength (F2280 - 08)”, 2008.
- (12) American Welding Society (AWS), “Structural Welding Code – Steel (ANSI/AWS D1.1)”, 2010.

บทที่ 3

ข้อกำหนดของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน วัสดุท่อเหล็กกล้า และเหล็กแผ่นสำหรับงานโครงสร้าง

3.1 ข้อกำหนดของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน

3.1.1 คุณสมบัติเฉพาะของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน

เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อนที่เป็นไปตาม มอก.1227 - 2558 ต้องมีสมบัติทางกล ประกอบด้วยความต้านแรงดึงที่จุดคราก ความต้านแรงดึงประลัย และความยืดต่ำสุด ให้เป็นไปตามตารางที่ 1 โดยการทดสอบให้ปฏิบัติตาม มอก.1227 - 2558

ตารางที่ 1 สมบัติทางกลของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน

(ข้อ 3.1.1)

ชั้น คุณภาพ	ความต้านแรงดึงที่จุดคราก ต่ำสุด (เมกะปาสคาล)		ความต้านแรง ดึงประลัย (เมกะปาสคาล)	ความยืดต่ำสุด (ร้อยละ)		
	ความหนาไม่ เกิน 16 มิลลิเมตร	ความหนา เกิน 16 มิลลิเมตร		ความหนา ไม่เกิน 5 มิลลิเมตร	ความหนา 5 ถึง 16 มิลลิเมตร	ความหนา เกิน 16 มิลลิเมตร
SM 400	245	235	400 - 510	23	18	22
SM 490	325	315	490 - 610	22	17	21
SM 520	365	355	520 - 640	19	15	19
SM 570	460	450	570 - 720	19	19	26
SS 400	245	235	400 - 510	21	17	21
SS 490	285	275	490 - 610	19	15	19
SS 540	400	390	540 ต่ำสุด	16	13	17

เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของมวลต่อเมตรให้เป็นไปตามตารางที่ 2 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของขนาด ความหนา ความยาว ความได้ฉาก ความโก่ง และระยะเยื้องศูนย์สำหรับเหล็กฉาก เหล็กรูปรางน้ำ เหล็กรูป ตัวไอ และเหล็กรูปตัวทีให้เป็นไปตามตารางที่ 3 และเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของขนาด ความหนา ความยาว ความได้ฉาก ความโก่ง ระยะเยื้องศูนย์ ความเว้าของลำตัว และความได้ฉากของปลายตัดสำหรับเหล็กรูปตัวเอชให้เป็นไปตามตารางที่ 4 โดยการทดสอบให้ปฏิบัติตาม มอก.1227 - 2558

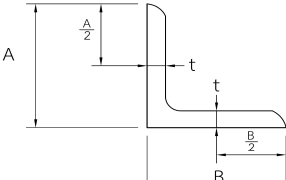
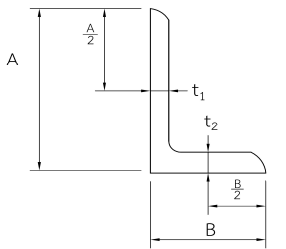
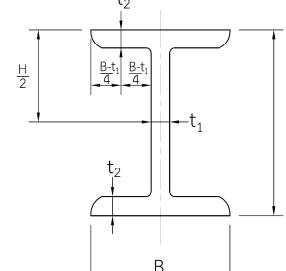
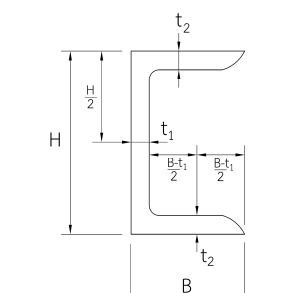
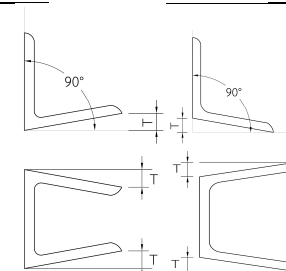
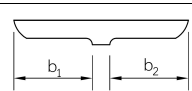
ตารางที่ 2 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของมวลต่อเมตรของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน
(ข้อ 3.1.1)

ความหนา (มิลลิเมตร)	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน (ร้อยละ)
น้อยกว่า 10	± 5.0
10 และมากกว่า	± 4.0

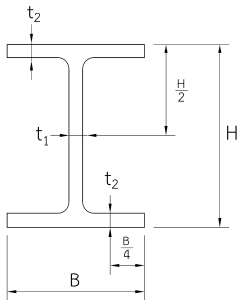
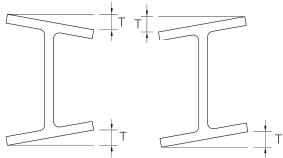
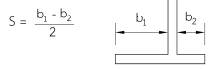
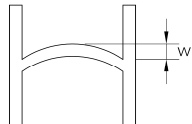
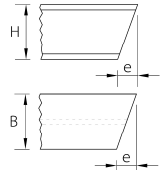
3.1.2 การเก็บตัวอย่างทดสอบของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน

การเก็บตัวอย่าง การทดสอบคุณสมบัติทางกล และการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของหน้าตัดเหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อนให้เป็นไปตามข้อกำหนดของผู้ออกแบบ โดยเหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อนที่มีคุณสมบัติทางกลหรือขนาดหน้าตัดไม่เป็นไปตาม มอก.1227 - 2558 ให้ทดสอบคุณสมบัติทางกลและความคลาดเคลื่อนโดยสถาบันที่เชื่อถือได้ ตามข้อกำหนดของผู้ออกแบบ คุณสมบัติทางกลที่ทดสอบได้ต้องไม่น้อยกว่าความต้านทานแรงดึง ที่จุดคราก ความต้านทานแรงดึงประลัย และความยืดต่ำสุดตามที่ผู้ออกแบบกำหนด

ตารางที่ 3 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน สำหรับเหล็กฉาก เหล็กูปรางน้ำ เหล็กูปรตัวไอ และเหล็กูปรตัวที
(ข้อ 3.1.1)

รายการตรวจสอบ			เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน	หมายเหตุ
A หรือ B	น้อยกว่า 50 มม.		± 1.5 มม.	
	50 ถึงน้อยกว่า 100 มม.		± 2.0 มม.	
	100 ถึงน้อยกว่า 200 มม.		± 3.0 มม.	
	200 และมากกว่า มม.		± 4.0 มม.	
H	น้อยกว่า 100 มม.		± 1.5 มม.	
	100 ถึงน้อยกว่า 200 มม.		± 2.0 มม.	
	200 ถึงน้อยกว่า 400 มม.		± 3.0 มม.	
	400 มม.และมากกว่า		± 4.0 มม.	
ความหนา (t หรือ t ₁ , t ₂)	H ไม่เกิน 130 มม.	น้อยกว่า 6.3 มม.	± 0.6 มม.	
		6.3 ถึงน้อยกว่า 10 มม.	± 0.7 มม.	
		10 ถึงน้อยกว่า 16 มม.	± 0.8 มม.	
		16 มม.และมากกว่า	± 1.0 มม.	
	H เกิน 130 มม.	น้อยกว่า 6.3 มม.	± 0.7 มม.	
		6.3 ถึงน้อยกว่า 10 มม.	± 0.8 มม.	
		10 ถึงน้อยกว่า 16 มม.	± 1.0 มม.	
		16 ถึงน้อยกว่า 25 มม.	± 1.2 มม.	
		25 มม.และมากกว่า	± 1.5 มม.	
ความยาวต่อท่อน	ไม่เกิน 7 ม.		+ 40 / -0 มม.	
	เกิน 7 ม.		ส่วนเกิน 40 มม. บวก 5 มม. ทุก ๆ ความยาว 1 ม. ที่มากกว่า 7 ม., ส่วนขาด ไม่มี	
ความได้ฉาก (squareness) (T)	เหล็กูปรตัวไอ		ไม่เกินร้อยละ 2.0 ของมิติ B	
	เหล็กฉาก และเหล็กูปรางน้ำ		ไม่เกินร้อยละ 2.5 ของมิติ B	
ความโก่ง (bend)	เหล็กูปรตัวไอ และตัวที		ไม่เกินร้อยละ 0.20 ของความยาว	
	เหล็กฉาก และเหล็กูปรางน้ำ		ไม่เกินร้อยละ 0.30 ของความยาว	
ระยะเยื้องศูนย์ (eccentricity) (S)	เหล็กูปรตัวที		± 3.0 มม.	$S = \frac{b_1 - b_2}{2}$ 

ตารางที่ 4 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน สำหรับเหล็กรูปตัวเอช
(ข้อ 3.1.1)

รายการตรวจสอบ			เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน	หมายเหตุ
H	น้อยกว่า 380 มม.		± 2.0 มม.	
	380 ถึงน้อยกว่า 580 มม.		± 3.0 มม.	
	580 มม.และมากกว่า		± 4.0 มม.	
B	น้อยกว่า 95 มม.		± 2.0 มม.	
	95 ถึงน้อยกว่า 190 มม.		± 2.5 มม.	
	190 มม.และมากกว่า		± 3.0 มม.	
ความหนา (t_1, t_2)	t_1	น้อยกว่า 16 มม.	± 0.7 มม.	
		16 ถึงน้อยกว่า 25 มม.	± 1.0 มม.	
		25 ถึงน้อยกว่า 40 มม.	± 1.5 มม.	
	t_2	น้อยกว่า 16 มม.	± 1.0 มม.	
		16 ถึงน้อยกว่า 25 มม.	± 1.5 มม.	
		25 ถึงน้อยกว่า 40 มม.	± 1.7 มม.	
ความยาว	ไม่เกิน 7 ม.		+40 / -0 มม.	
	เกิน 7 ม.		ส่วนเกิน 40 มม. บวก 5 มม. ทุก ๆ ความยาว 1 ม.ที่มากกว่า 7 ม., ส่วนขาด ไม่มี	
ความได้ฉาก (T)	H ไม่เกิน 300 มม.	B ไม่เกิน 150 มม.	ไม่เกิน 1.5 มม.	
		B เกิน 150 มม.	ไม่เกินร้อยละ 1.0 ของมิติ B	
	H เกิน 300 มม.	B ไม่เกิน 125 มม.	ไม่เกิน 1.5 มม.	
		B เกิน 125 มม.	ไม่เกินร้อยละ 1.2 ของมิติ B	
ความโก่ง	H ไม่เกิน 300 มม.		ไม่เกินร้อยละ 0.15 ของความยาว	
	H เกิน 300 มม.		ไม่เกินร้อยละ 0.10 ของความยาว	
ระยะเยื้องศูนย์กลาง (S)	H ไม่เกิน 300 มม.และ B ไม่เกิน 200 มม.		± 2.5 มม.	
	H เกิน 300 มม.หรือ B เกิน 200 มม.		± 3.5 มม.	
ความเว้าของลำตัว (concavity of web) (W)	H	น้อยกว่า 400 มม.	2.0 มม.	
		400 ถึงน้อยกว่า 600 มม.	2.5 มม.	
		600 มม.และมากกว่า	3.0 มม.	
ความได้ฉากของปลายตัด (squareness of cut end) (e)	H ไม่เกิน 187.5 มม.		ไม่เกิน 3.0 มม.	
	B ไม่เกิน 187.5 มม.		ไม่เกิน 3.0 มม.	
	H เกิน 187.5 มม.		ไม่เกินร้อยละ 1.6 ของมิติ H	
	B เกิน 187.5 มม.		ไม่เกินร้อยละ 1.6 ของมิติ B	

3.2 ข้อกำหนดวัสดุท่อเหล็กกล้าสำหรับงานโครงสร้าง

3.2.1 คุณสมบัติเฉพาะของท่อเหล็กกล้าสำหรับงานโครงสร้าง

ท่อเหล็กกล้าสำหรับงานโครงสร้างที่เป็นไปตาม มอก.107 - 2533 ต้องมีคุณสมบัติทางกลเป็นไปตามข้อกำหนดในหัวข้อนี้

ท่อเหล็กกล้าแบบกลมในมาตรฐานฉบับนี้ แบ่งเป็น 5 ชั้นคุณภาพตามคุณสมบัติทางกล ได้แก่ STK 290 STK 400 STK 490 STK 500 และ STK 540 โดยมีค่าความต้านแรงดึงประลัย ความต้านแรงดึงที่จุดคราก และความยืดต่ำสุด ตามตารางที่ 5

ท่อเหล็กกล้าแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัสและแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้าในมาตรฐานฉบับนี้ แบ่งเป็น 3 ชั้นคุณภาพตามคุณสมบัติทางกล ได้แก่ STKR 290 STKR 400 STKR 490 โดยมีค่าความต้านแรงดึง ความต้านแรงดึงที่จุดคราก และความยืดต่ำสุด ตามตารางที่ 6

ตารางที่ 5 สมบัติทางกลของท่อแบบกลม

(ข้อ 3.2.1)

สมบัติทางกล	ตามชั้นคุณภาพ				
	STK 290	STK 400	STK 490	STK 500	STK 540
ความต้านแรงดึงประลัย (เมกะปาสคาล) ไม่น้อยกว่า	290	400	490	500	540
ความต้านแรงดึงที่จุดคราก (เมกะปาสคาล) ไม่น้อยกว่า	-	235	315	355	390
ความยืดต่ำสุด (%) ไม่น้อยกว่า	25	18	18	10	16

ตารางที่ 6 สมบัติทางกลของท่อแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส และแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า

(ข้อ 3.2.1)

สมบัติทางกล	ตามชั้นคุณภาพ		
	STKR 290	STKR 400	STKR 490
ความต้านแรงดึงประลัย (เมกะปาสคาล) ไม่น้อยกว่า	290	400	490
ความต้านแรงดึงที่จุดคราก (เมกะปาสคาล) ไม่น้อยกว่า	-	245	325
ความยืดต่ำสุด (%) ไม่น้อยกว่า	30	23	23

เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของมิติ ได้แก่ เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก ความหนาผนังท่อ มวลต่อเมตร ความยาว และความตรง สำหรับท่อแบบกลมให้เป็นไปตามตารางที่ 7 และเกณฑ์

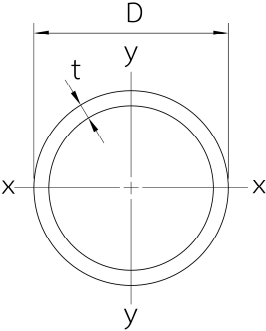
ความคลาดเคลื่อนของมิติ ได้แก่ เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก ความหนาผนังท่อ มวลต่อเมตร ความยาว และความตรง สำหรับท่อแบบ สีเหลี่ยมจัตุรัส และแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า ให้เป็นไปตามตารางที่ 8 โดยการทดสอบให้ปฏิบัติตาม มอก. 107 - 2533

3.2.2 การเก็บตัวอย่างทดสอบของท่อเหล็กกล้าสำหรับงานโครงสร้าง

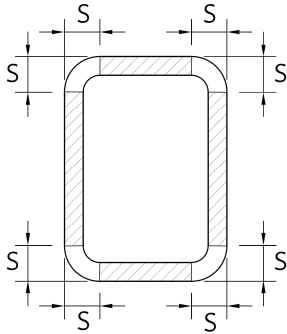
การเก็บตัวอย่าง การทดสอบคุณสมบัติทางกล และการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของมิติ ท่อเหล็กกล้าสำหรับงานโครงสร้างให้เป็นไปตามข้อกำหนดของผู้ออกแบบ โดยท่อเหล็กกล้าที่มีคุณสมบัติทางกลหรือขนาดหน้าตัดไม่เป็นไปตาม มอก.107 - 2533 ให้ทดสอบคุณสมบัติทางกลและความคลาดเคลื่อนโดยสถาบันที่เชื่อถือได้ตามข้อกำหนดของผู้ออกแบบ คุณสมบัติทางกลที่ทดสอบได้ต้องไม่น้อยกว่าความต้านทานแรงดึงที่จุดคราก ความต้านทานแรงดึงประลัย และความยืดต่ำสุดตามที่ผู้ออกแบบกำหนด

ตารางที่ 7 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของมิติสำหรับท่อแบบกลม

(ข้อ 3.2.1)

มิติ		เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน	หมายเหตุ
เส้นผ่านศูนย์กลาง ภายนอก (D)	< 50 มม.	± 0.5 มม.	
	≥ 50 มม.	± 1%	
ความหนาผนัง ท่อ (t)	< 4 มม.	+ 0.6 มม.	
		- 0.5 มม.	
	4 มม. ≤ t < 12 มม.	+ 15%	
		- 12.5%	
	≥ 12 มม.	+ 15%	
		- 1.5 มม.	
มวลต่อเมตร		± 10%	
ความยาว		+ ไม่กำหนด	
		0	
ความตรง		+ 0.3% ของความยาว	

ตารางที่ 8 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของมิติสำหรับท่อแบบสลิ้มจัตุรัส และแบบสลิ้มผืนผ้า
(ข้อ 3.2.1)

มิติ		เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน	หมายเหตุ
ขนาด	≤ 100 มม.	± 1.5 มม.	
	> 100 มม.	± 1.5%	
ความหนาผนัง ท่อ (t)	< 3 มม.	± 0.3 มม.	
	≥ 3 มม.	± 10%	
มวลต่อเมตร		± 10%	
ความยาว		+ ไม่กำหนด	
ความตรง		± 0.3% ของความยาว	
ความได้ฉากของด้านประชิด		90° ± 1.5°	
ความโค้งหรือความเว้าของส่วน ราบ	≤ 100 มม.	ไม่เกิน 0.5 มม.	
	> 100 มม.	ไม่เกิน 0.5% ของขนาด	
ส่วนโค้งของมุม (S)		ไม่เกิน 3t	

3.3 ข้อกำหนดเหล็กแผ่น

3.3.1 คุณสมบัติเฉพาะของเหล็กแผ่นสำหรับงานโครงสร้าง

เหล็กแผ่นสำหรับงานโครงสร้างที่เป็นไปตาม มอก.1499 - 2541 ต้องมีคุณสมบัติทางกลเป็นไปตามข้อกำหนดในหัวข้อนี้

เหล็กแผ่นสำหรับงานโครงสร้างในมาตรฐานฉบับนี้ แบ่งเป็น 11 ชั้นคุณภาพตามคุณสมบัติทางกล ได้แก่ SM 400 A, SM 400 B, SM 400C, SM 490 A, SM 490B, SM 490 C, SM 490 YA, SM 490 YB, SM 520 B, SM 520 C และ SM570 โดยมีค่าความต้านทานแรงดึง ความต้านทานแรงดึงที่จุดคราก และความยืดต่ำสุด ตามตารางที่ 9

ตารางที่ 9 สมบัติทางกลของเหล็กแผ่น

(ข้อ 3.3.1)

ชั้นคุณภาพ	ความต้านทานแรงดึงที่จุดครากต่ำสุด (เมกะปาสคาล)				ความต้านทานแรงดึง (เมกะปาสคาล)	ความหนาของเหล็กแผ่น (มม.)	ความยืดต่ำสุด (ร้อยละ)
	ความหนาของเหล็กแผ่น						
	ไม่เกิน 16 มม.	มากกว่า 16 มม. ถึง 40 มม.	มากกว่า 40 มม. ถึง 75 มม.	มากกว่า 75 มม. ถึง 100 มม.			
SM 400 A SM 400 B SM 400 C	245	235	215	215	400 ถึง 510	ไม่เกิน 5 มากกว่า 5 ถึง 16 มากกว่า 16 ถึง 50 มากกว่า 40	23 18 22 24
SM 490 A SM 490 B SM 490 C	325	315	295	295	490 ถึง 610	ไม่เกิน 5 มากกว่า 5 ถึง 16 มากกว่า 16 ถึง 50 มากกว่า 40	22 17 21 23
SM 490 YA SM 490 YB	365	355	335	325	490 ถึง 610	ไม่เกิน 5 มากกว่า 5 ถึง 16 มากกว่า 16 ถึง 50 มากกว่า 40	19 15 19 21
SM 520 B SM 520 C	365	355	335	325	520 ถึง 640	ไม่เกิน 5 มากกว่า 5 ถึง 16 มากกว่า 16 ถึง 50 มากกว่า 40	19 15 19 21
SM 570	460	450	430	420	570 ถึง 720	ไม่เกิน 16 มากกว่า 16 มากกว่า 20	19 26 20

เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของมิติ ได้แก่ ความหนา ความกว้าง ความยาว ขอบโค้งที่ด้านเว้า และความราบ ให้เป็นไปตามตารางที่ 10 ถึง 14 โดยการทดสอบให้ปฏิบัติตาม มอก. 1499 – 2541

ตารางที่ 10 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของความหนา
(ข้อ 3.3.1)

ความหนา (มิลลิเมตร)	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน (มิลลิเมตร)				
	ความกว้าง น้อยกว่า 1600 มิลลิเมตร	ความกว้าง 1600 มิลลิเมตร ถึงน้อยกว่า 2000 มิลลิเมตร	ความกว้าง 2000 มิลลิเมตร ถึงน้อยกว่า 2500 มิลลิเมตร	ความกว้าง 2500 มิลลิเมตร ถึงน้อยกว่า 3150 มิลลิเมตร	ความกว้าง 3150 มิลลิเมตร ถึง 4000 มิลลิเมตร
น้อยกว่า 1.25	± 0.16	-	-	-	-
1.25 ถึงน้อยกว่า 1.60	± 0.18	-	-	-	-
1.60 ถึงน้อยกว่า 2.00	± 0.19	± 0.23	-	-	-
2.00 ถึงน้อยกว่า 2.50	± 0.20	± 0.25	-	-	-
2.50 ถึงน้อยกว่า 3.15	± 0.22	± 0.29	± 0.29	-	-
3.15 ถึงน้อยกว่า 4.00	± 0.24	± 0.34	± 0.34	-	-
4.00 ถึงน้อยกว่า 5.00	± 0.45	± 0.55	± 0.55	± 0.65	-
5.00 ถึงน้อยกว่า 6.30	± 0.50	± 0.60	± 0.60	± 0.75	± 0.75
6.30 ถึงน้อยกว่า 16.00	± 0.55	± 0.65	± 0.65	± 0.80	± 0.80
16.00 ถึงน้อยกว่า 25.00	± 0.65	± 0.75	± 0.75	± 0.95	± 0.95
25.00 ถึงน้อยกว่า 40.00	± 0.70	± 0.80	± 0.80	± 1.00	± 1.00
40.00 ถึงน้อยกว่า 63.00	± 0.80	± 0.95	± 0.95	± 1.10	± 1.10
63.00 ถึง 100.00	± 0.90	± 1.10	± 1.10	± 1.30	± 1.30

ตารางที่ 11 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของความกว้าง
(ข้อ 3.3.1)

ความกว้าง (มิลลิเมตร)	ความหนา (มิลลิเมตร)	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน (มิลลิเมตร)				
		ขอบรีด		ขอบตัด		
		เหล็กแผ่นหนา และ แผ่นบาง	เหล็กแผ่นม้วนและ เหล็กแผ่นตัดจาก แผ่นม้วน	ตัดปกติ	ตัดแต่งซ้ำ	ตัดซอย
น้อยกว่า 160	น้อยกว่า 3.15	-	-	+5 0	+2 0	±0.30
	3.15 ถึงน้อยกว่า 6.00			+5 0	+3 0	±0.50
	6.00 ถึงน้อยกว่า 20.00			+10 0	+4 0	-
	20.00 ขึ้นไป			+10 0	-	
160 ถึงน้อยกว่า 250	น้อยกว่า 3.15	-	-	+5 0	+2 0	±0.40
	3.15 ถึงน้อยกว่า 6.00			+5 0	+3 0	±0.50
	6.00 ถึงน้อยกว่า 20.00			+10 0	+4 0	-
	20.00 ขึ้นไป			+15 0	-	
250 ถึงน้อยกว่า 400	น้อยกว่า 3.15	+ไม่ระบุ 0	-	+5 0	+2 0	±0.50
	3.15 ถึงน้อยกว่า 6.00			+5 0	+3 0	±0.50
	6.00 ถึงน้อยกว่า 20.00			+10 0	+4 0	-
	20.00 ขึ้นไป			+15 0	-	
400 ถึงน้อยกว่า 630	น้อยกว่า 3.15	+ไม่ระบุ 0	+20 0	+10 0	+3 0	±0.50
	3.15 ถึงน้อยกว่า 6.00			+10 0	+3 0	±0.50
	6.00 ถึงน้อยกว่า 20.00			+10 0	+5 0	-
	20.00 ขึ้นไป			+15 0	-	

ตารางที่ 11 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของความกว้าง (ต่อ)
(ข้อ 3.3.1)

ความกว้าง (มิลลิเมตร)	ความหนา (มิลลิเมตร)	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน (มิลลิเมตร)				
		ขอบรีด		ขอบตัด		
		เหล็กแผ่นหนา และ แผ่นบาง	เหล็กแผ่นม้วนและ เหล็กแผ่นตัดจาก แผ่นม้วน	ตัดปกติ	ตัดแต่งซ้ำ	ตัดซอย
630 ถึงน้อยกว่า 1,000	น้อยกว่า 3.15	+ไม่ระบุ 0	+25 0	+10 0	+4 0	-
	3.15 ถึงน้อยกว่า 6.00			+10 0	+4 0	
	6.00 ถึงน้อยกว่า 20.00			+10 0	+6 0	
	20.00 ขึ้นไป			+15 0	-	
1,000 ถึงน้อยกว่า 1,250	น้อยกว่า 3.15	+ไม่ระบุ 0	+30 0	+10 0	+4 0	-
	3.15 ถึงน้อยกว่า 6.00			+10 0	+4 0	
	6.00 ถึงน้อยกว่า 20.00			+15 0	+6 0	
	20.00 ขึ้นไป			+15 0	-	
1,250 ถึงน้อยกว่า 1,600	น้อยกว่า 3.15	+ไม่ระบุ 0	+35 0	+10 0	+4 0	-
	3.15 ถึงน้อยกว่า 6.00			+10 0	+4 0	
	6.00 ถึงน้อยกว่า 20.00			+15 0	+6 0	
	20.00 ขึ้นไป			+15 0	-	
1,600 ขึ้นไป	น้อยกว่า 3.15	+ไม่ระบุ 0	+40 0	+10 0	+4 0	-
	3.15 ถึงน้อยกว่า 6.00			+10 0	+4 0	
	6.00 ถึงน้อยกว่า 20.00			+ร้อยละ 1.2 0	+6 0	
	20.00 ขึ้นไป			+ร้อยละ 1.2 0	-	

ตารางที่ 12 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของความยาว
(ข้อ 3.3.1)

ความยาว (มิลลิเมตร)	ความหนา (มิลลิเมตร)	ขอบตัดปกติ (มิลลิเมตร)	ขอบตัดแต่งซ้ำ (มิลลิเมตร)
น้อยกว่า 6,300	น้อยกว่า 6.00	+25 0	+5 0
	6.00 ขึ้นไป	+25 0	+10 0
6,300 ขึ้นไป	น้อยกว่า 6.00	+ร้อยละ 0.5 0	+10 0
	6.00 ขึ้นไป	+ร้อยละ 0.5 0	+15 0

หมายเหตุ เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่กำหนดสำหรับเหล็กแผ่นขอบตัดแต่งซ้ำ ใช้สำหรับเหล็กแผ่นขอบตัดแต่งซ้ำที่มีความหนาน้อยกว่า 20 มิลลิเมตร

ตารางที่ 13 ระยะเปี่ยงเบนของขอบโค้งที่ด้านเว้าของแผ่นเหล็กแผ่นหนาขอบตัดและแผ่นบางขอบตัด
(ข้อ 3.3.1)

ความยาว (มิลลิเมตร)	ระยะเปี่ยงเบนของขอบโค้งที่ด้านเว้า (มิลลิเมตร)		
	ความกว้าง 250 ถึงน้อยกว่า 630 มิลลิเมตร	ความกว้าง 630 ถึงน้อยกว่า 1,000 มิลลิเมตร	ความกว้าง 1,000 มิลลิเมตร ขึ้นไป
น้อยกว่า 2,500	5	4	3
2,500 ถึงน้อยกว่า 4,000	8	6	5
4,000 ถึงน้อยกว่า 6,300	12	10	8
6,300 ถึงน้อยกว่า 10,000	20	16	12
10,000 ขึ้นไป	20 ต่อความยาว 10,000	16 ต่อความยาว 10,000	12 ต่อความยาว 10,000

หมายเหตุ สำหรับเหล็กแผ่นหนาและเหล็กแผ่นบางที่มีความกว้างน้อยกว่า 250 มิลลิเมตร ให้ใช้ระยะเปี่ยงเบนของขอบโค้งที่ด้านเว้าตามตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ระยะเบี่ยงเบนของขอบโค้งที่ด้านเว้าของแผ่นเหล็กม้วนขอบตัด และเหล็กแผ่นแถบ
(ข้อ 3.3.1)

ความกว้าง	ระยะเบี่ยงเบนของขอบโค้งที่ด้านเว้าต่อความยาว 2,000 มิลลิเมตร
น้อยกว่า 250 มิลลิเมตร	8 มิลลิเมตร
250 มิลลิเมตรขึ้นไป	5 มิลลิเมตร

ตารางที่ 15 ระยะเบี่ยงเบนของความราบของเหล็กแผ่นหนาและเหล็กแผ่นบาง
(ข้อ 3.3.1)

ความหนา (มิลลิเมตร)	ระยะเบี่ยงเบนของความราบ (มิลลิเมตร)				
	ความกว้าง น้อยกว่า 1,250 มิลลิเมตร	ความกว้าง 1,250 ถึงน้อยกว่า 1,600 มิลลิเมตร	ความกว้าง 1,600 ถึงน้อยกว่า 2,000 มิลลิเมตร	ความกว้าง 2,000 ถึงน้อยกว่า 3,000 มิลลิเมตร	ความกว้าง 3,000 มิลลิเมตร ขึ้นไป
น้อยกว่า 1.60	18	20	-	-	-
1.60 ถึงน้อยกว่า 3.15	16	18	20	-	-
3.15 ถึงน้อยกว่า 4.00	16			-	-
4.00 ถึงน้อยกว่า 6.00	14			24	25
6.00 ถึงน้อยกว่า 10.00	13			21	22
10.00 ถึงน้อยกว่า 25.00	12			16	17
25.00 ถึงน้อยกว่า 40.00	9			13	14
40.00 ถึงน้อยกว่า 63.00	8			11	11
63.00 ถึง 100.00	7			10	10

หมายเหตุ ระยะเบี่ยงเบนของความราบที่กำหนดในตารางที่ 15 นี้ ใช้กับความยาวในระยะ 2,000 มิลลิเมตร สำหรับเหล็กแผ่นหนา และเหล็กแผ่นบางที่มีความยาวน้อยกว่า 2,000 มิลลิเมตร ให้ใช้ความยาวเต็มแผ่น

3.3.2 การเก็บตัวอย่างทดสอบของเหล็กแผ่นสำหรับงานโครงสร้าง

การเก็บตัวอย่างทดสอบของเหล็กแผ่นสำหรับงานโครงสร้างให้เป็นไปตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้

- 1) กรณีที่ใช้เหล็กแผ่นสำหรับงานโครงสร้างที่มีคุณสมบัติทางกลและขนาดหน้าตัดเป็นไปตาม มอก.1499 - 2541 ไม่จำเป็นต้องมีการทดสอบคุณสมบัติทางกลและความคลาดเคลื่อน เว้นแต่มีการกำหนดเพิ่มเติมจากผู้ออกแบบ
- 2) กรณีที่ใช้เหล็กแผ่นสำหรับงานโครงสร้างที่มีคุณสมบัติทางกลและขนาดหน้าตัดไม่เป็นไปตาม มอก.1499 - 2541 ให้ทดสอบคุณสมบัติทางกลและความคลาดเคลื่อนโดยสถาบันที่เชื่อถือได้ โดยการเก็บตัวอย่างทดสอบ วิธีการทดสอบ และคุณสมบัติทางกลให้เป็นไปตามที่ผู้ออกแบบกำหนด คุณสมบัติทางกลที่ทดสอบได้ต้องไม่น้อยกว่าความต้านทานแรงดึงที่จุดคราก ความต้านทานแรงดึงประลัย และความยืดต่ำสุดตามผู้ออกแบบกำหนด

บทที่ 4

ข้อกำหนดของสลักเกลียวในงานโครงสร้างอาคาร

การต่อโครงสร้างอาคารเหล็กgrupพรรณโดยใช้สลักเกลียว มีข้อกำหนดของสลักเกลียว ให้มีสมบัติทางกล และคุณสมบัติด้านอื่น ๆ ซึ่งให้เป็นไปตาม มอก. 171 - 2530 สมบัติทางกล ได้แก่ ความต้านทานแรงดึง ความแข็ง กำลังที่จุดคราก ความยืดต่ำสุด และความต้านทานแรงกระแทก ให้เป็นไปตามตารางที่ 16 โดยการทดสอบให้ปฏิบัติตาม มอก. 171 - 2530

สัญลักษณ์ หมายถึง สัญลักษณ์แสดงถึงชั้นสมบัติ ประกอบด้วยตัวเลข 2 ตัว เลขหน้าจุดแสดงค่า 1 ใน 100 ของความต้านทานแรงดึงระบุ และเลขหลังจุดแสดงค่า 10 เท่า ของอัตราส่วนระหว่างกำลังครากระบุ หรือกำลังที่จุดยึดถาวรระบุ กับกำลังต้านทานแรงดึงระบุ สัญลักษณ์ที่ใช้ที่สลักเกลียวหัวหกเหลี่ยม และหมุดเกลียวหัวหกเหลี่ยม แสดงในตารางที่ 17

ตารางที่ 16 สมบัติทางกลของสลักเกลียว หมุดเกลียว และสลักเกลียวสองข้าง

รายการที่	สมบัติทางกล		ชั้นสมบัติ										
			3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8		9.8	10.9	12.9
									≤M16	>M16	≤M16		
1 และ 2	ความต้านทานแรงดึง, Rm (MPa)	ระบุ	300	400		500		600	800	900	900	1000	1200
		ต่ำสุด	330	400	420	500	520	600	800	830	900	1040	1220
3	ความแข็งวิกเกอร์ ²⁾ HV,F ≥ 98 นิวตัน	ต่ำสุด	98	120	130	155	160	190	230	255	280	310	372
		สูงสุด	220					250	300	336	360	362	484
4	ความแข็งบริเนลล์ ²⁾ HB,F = 30D ²	ต่ำสุด	90	114	124	147	152	181	219	242	268	295	352
		สูงสุด	209					238	285	319	342	363	412
5	ความแข็งรอกเวลล์ ²⁾ HR	ต่ำสุด	52	67	71	79	82	89	-	-	-	-	-
		HRB											
		ต่ำสุด	-	-	-	-	-	-	20	23	27	31	38
		HRC											
		สูงสุด	95					99	-	-	-	-	-
		HRB											
		สูงสุด	-			-		-	30	34	36	39	44
		HRC											
		สูงสุด	-						320	358	380	402	454

ตารางที่ 16 (ต่อ) สมบัติทางกลของสลักเกลียว หมุดเกลียว และสลักเกลียวสองข้าง

7	ความเค้นคราก ³⁾	ระบุ	180	240	320	300	400	480	-	-	-	-	-
	R _{eL} , MPa.	ต่ำสุด	190	240	340	300	420	480	-	-	-	-	-
8	ความเค้นที่จุดยึดถาวร	ระบุ	-						640	640	720	900	1080
	R _{p0.2} , MPa.	ต่ำสุด	-						640	660	720	940	1100
9	ความเค้นพิสูจน์, Sp	Sp/R _{eL} หรือ R _{p0.2}	0.94	0.94	0.91	0.94	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.88	0.88
		MPa.	180	225	310	280	380	440	580	600	650	830	970
10	ความยืดหลังจากขาด , A ₅	ร้อยละต่ำสุด	25	22	14	20	10	8	12	12	10	9	8
11	ความต้านภายใต้ภาระรูปลิ่ม MPa.	ต่ำสุด	330	400	420	500	520	600	800	830	900	1040	1220
12	ความต้านทานแรงกระแทก J	ต่ำสุด	-			25	-		30	30	25	20	15
13	ความแข็งแรงของหัว		ต้องไม่แตกร้าว ⁴⁾										
14	ความสูงของเขตเกลียวที่ไม่ต้องลดคาร์บอน , E	ต่ำสุด	-						1/2H ₁			2/3H ₁	3/4H ₁
	ความลึกที่มีการลดคาร์บอนสมบูรณ์ G มิลลิเมตร	สูงสุด	-						0.015				

หมายเหตุ 1) สลักเกลียวที่ใช้กับโครงสร้างรับแรงกำลังสูง ให้ใช้กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระบุตั้งแต่ 12 มิลลิเมตรขึ้นไป

2) คำนวณความแข็งตามมาตรฐาน มอก.การทดสอบเหล็ก และเหล็กกล้า เล่ม 1 การทดสอบความแข็งวิกเกอร์ส สำหรับเหล็กกล้า เล่ม 2 การทดสอบความแข็งบริเนลล์สำหรับเหล็กกล้า และเล่ม 3 การทดสอบความแข็งรอกเวลล์สำหรับเหล็กกล้าเกรด B และ C มอก.244 เล่ม 1 เล่ม 2 และเล่ม 3

3) ในกรณีที่ไม่มีค่าความเค้นคราก ให้วัดค่าความเค้นที่จุดยึดถาวรแทน

4) หมุดเกลียวที่มีเกลียวตลอด เกลียวแรกจากหัวอาจแตกร้าวได้แต่ต้องไม่หลุดออกจากกัน

ตารางที่ 17 สัญลักษณ์ที่ใช้ที่สลักเกลียวหัวหกเหลี่ยม และหมุดเกลียวหัวหกเหลี่ยม

ชั้นสมบัติ	3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9
สัญลักษณ์	3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9

บทที่ 5

ข้อกำหนดของลวดเชื่อมที่ใช้ในงานเชื่อมโครงสร้างอาคาร

ในงานเชื่อมโครงสร้างอาคารเหล็กรูปพรรณ ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดลวดเชื่อมไฟฟ้ามีสารพอกหุ้มและเนื้อโลหะเต็มแล้ว (deposited metal) ในสภาพการเชื่อม (as - welded condition) และสภาพผ่านกรรมวิธีทางความร้อนหลังเชื่อม (post - weld heat - treated condition) สำหรับการเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือของเหล็กกล้าไม่เจือ และเกรนละเอียดที่มีค่าความต้านการครากต่ำสุด (minimum yield strength) ไม่เกิน 500 เมกะปาสคาล หรือความต้านทานแรงดึงต่ำสุด (minimum tensile strength) ไม่เกิน 570 เมกะปาสคาล

การจำแนกประเภทโดยใช้ระบบยึดถือความต้านทานการคราก และค่าเฉลี่ยพลังงานกระแทกของเนื้อโลหะเชื่อมที่ 47 J (ระบบ A ตาม มอก.49 - 2556) หรือใช้ระบบยึดถือความต้านทานการคราก และค่าเฉลี่ยพลังงานกระแทกของเนื้อโลหะเชื่อมที่ 27 J (ระบบ B ตาม มอก.49 - 2556)

ย่อหน้า และตารางต่าง ๆ ที่มีอักษร “A” ต่อท้าย ให้ใช้กับลวดเชื่อมไฟฟ้ามีสารพอกหุ้มประเภทในระบบยึดถือความต้านทานการคราก และค่าเฉลี่ยพลังงานกระแทกของเนื้อโลหะเชื่อมที่ 47 J เท่านั้น

ย่อหน้า และตารางต่าง ๆ ที่มีอักษร “B” ต่อท้าย ให้ใช้กับลวดเชื่อมไฟฟ้ามีสารพอกหุ้มประเภทในระบบยึดถือความต้านทานการคราก และค่าเฉลี่ยพลังงานกระแทกของเนื้อโลหะเชื่อมที่ 27 J เท่านั้น

ย่อหน้า และตารางต่าง ๆ ที่ไม่มีอักษร “A” และ “B” ต่อท้าย ให้ใช้กับลวดเชื่อมไฟฟ้ามีสารพอกหุ้มทั้งสองประเภท

ลวดเชื่อมจะมีสัญลักษณ์เริ่มต้น ด้วยอักษร “E” หมายถึง กระบวนการเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ สำหรับสัญลักษณ์หลังจาก “E” แสดงถึง สมบัติทางกล ได้แก่ ความต้านแรงดึง และความยืด ในตารางที่ 18 (ระบบ A) และ 19 (ระบบ B) และสมบัติการกระแทกโดยระบุอุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบเฉพาะระบบ A ในตารางที่ 20 นอกจากนี้จะมีสัญลักษณ์อื่น ๆ ที่แสดงถึง ชนิดของสารพอกหุ้มซึ่งขึ้นกับตำแหน่งการเชื่อม และชนิดกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในตารางที่ 21 (ระบบ A) และ 22 (ระบบ B)

สำหรับรายละเอียดเพิ่มเติมเพื่อกำหนดคุณลักษณะของลวดเชื่อมรวมถึงวิธีการทดสอบ ให้เป็นไปตาม มอก. 49 - 2556

ตารางที่ 18 สัญลักษณ์สำหรับความต้านทาน และความยืดของเนื้อโลหะเชื่อม
(การจำแนกประเภทตามความต้านทานคราก และพลังงานกระแทกของเนื้อโลหะเชื่อมที่ 47 J)

สัญลักษณ์	ค่าความต้านการครากต่ำสุด ^ก (เมกะปาสคาล)	ความต้านทานแรงดึง (เมกะปาสคาล)	ความยืดต่ำสุด ^ข %
35	355	440 ถึง 570	22
38	380	470 ถึง 600	20
42	420	500 ถึง 640	20
46	460	530 ถึง 680	20
50	500	560 ถึง 720	18
หมายเหตุ ^ก ให้ใช้ความต้านการครากต่ำสุด (R_{CL}) เมื่อการครากเกิดขึ้น หรือใช้ความต้านพิสูจน์ร้อยละ 0.2 $R_{p0.2}$ ^ข ความยาวพิกัดเท่ากับ 5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวอย่างทดสอบ			

ตารางที่ 19 สัญลักษณ์สำหรับความต้านทาน และความยืดของเนื้อโลหะเชื่อม
(การจำแนกประเภทตามความต้านทานคราก และพลังงานกระแทกของเนื้อโลหะเชื่อมที่ 27 J)

สัญลักษณ์	ความต้านแรงดึงต่ำสุด (เมกะปาสคาล)
43	430
49	490
55	550
57	570

ตารางที่ 20 สัญลักษณ์ของสมบัติการกระแทกของเนื้อโลหะเชื่อม
(การจำแนกประเภทตามความต้านทานคราก และพลังงานกระแทกของเนื้อโลหะเชื่อมที่ 47 J)

สัญลักษณ์	อุณหภูมิของพลังงานกระแทกเฉลี่ยต่ำสุด 47 J (องศาเซลเซียส)
Z	ไม่กำหนด
A	+20
0	0
527	-20
3	-30
4	-40
5	-50
6	-60

ตารางที่ 21 สัญลักษณ์ชนิดสารพอกหุ้ม
(การจำแนกประเภทตามความต้านทานคราก และพลังงานกระแทกของเนื้อโลหะเชื่อมที่ 47 J)

สัญลักษณ์	ชนิดสารพอกหุ้ม
A	สารพอกหุ้มที่เป็นกรด
C	สารพอกหุ้มที่เป็นเซลล์ูโลส
R	สารพอกหุ้มที่เป็นรูไทล์
RR	สารพอกหุ้มที่เป็นรูไทล์หนา
RC	สารพอกหุ้มที่เป็นรูไทล์ - เซลล์ูโลส
RA	สารพอกหุ้มที่เป็นกรด - รูไทล์
RB	สารพอกหุ้มที่เป็นต่าง - รูไทล์
B	สารพอกหุ้มที่เป็นต่าง

ตารางที่ 22 สัญลักษณ์ชนิดสารพอกหุ้ม
(การจำแนกประเภทตามความต้านทานคราก และพลังงานกระแทกของเนื้อโลหะเชื่อมที่ 27 J)

สัญลักษณ์	ชนิดสารพอกหุ้ม	ตำแหน่งการเชื่อม	ชนิดกระแสไฟฟ้า
03	ต่าง - รูไทล์	ทุกตำแหน่ง	a.c. และ d.c. ($\pm$)
10	เซลลูโลส	ทุกตำแหน่ง	d.c. (+)
11	เซลลูโลส	ทุกตำแหน่ง	a.c. และ d.c. (+)
12	รูไทล์	ทุกตำแหน่ง	a.c. และ d.c. (-)
13	รูไทล์	ทุกตำแหน่ง	a.c. และ d.c. ($\pm$)
14	รูไทล์ - ผงเหล็ก	ทุกตำแหน่ง	a.c. และ d.c. ($\pm$)
15	ต่าง	ทุกตำแหน่ง	d.c. (+)
16	ต่าง	ทุกตำแหน่ง	a.c. และ d.c. (+)
18	ต่าง - ผงเหล็ก	ทุกตำแหน่ง	a.c. และ d.c. (+)
19	อีพอกไซด์	ทุกตำแหน่ง	a.c. และ d.c. ($\pm$)
20	เหล็กออกไซด์	PA PB	a.c. และ d.c. (-)
24	รูไทล์ - ผงเหล็ก	PA PB	a.c. และ d.c. ($\pm$)
27	เหล็กออกไซด์+ผงเหล็ก	PA PB	a.c. และ d.c. ($\pm$)
28	ต่าง+ผงเหล็ก	PA PB PC	a.c. และ d.c. (+)
40	ไม่ได้ระบุ	ตามคำแนะนำของผู้ทำ	
45	ต่าง	ทุกตำแหน่ง	d.c. (+)
48	ต่าง	ทุกตำแหน่ง	a.c. และ d.c. (+)
หมายเหตุ ก PA=แนวราบ PB=แนวระดับต่อฉาก PC= แนวระดับ PG= แนวตั้งเชื่อมลง ข a.c. = ไฟฟ้ากระแสสลับ d.c.= ไฟฟ้ากระแสตรง ค การระบุ “ทุกตำแหน่ง” อาจรวมหรือไม่รวมตำแหน่งแนวตั้งเชื่อมลง (PG) ซึ่งต้องระบุในเอกสารของผู้ผลิต			

บทที่ 6

ข้อกำหนดในการเตรียม และประกอบชิ้นงาน การติดตั้ง และการควบคุมคุณภาพสำหรับงาน อาคารเหล็กโครงสร้าง

6.1 แบบรายละเอียดประกอบการก่อสร้าง และแบบขยายการติดตั้ง

แบบรายละเอียดประกอบการก่อสร้าง และแบบขยายการติดตั้งควรถูกเตรียมล่วงหน้าก่อนการติดตั้ง สำหรับขั้นตอนการก่อสร้าง การประกอบชิ้นงาน และให้ข้อมูลที่จำเป็นให้ครบถ้วนสำหรับการประกอบติดตั้ง ชิ้นส่วนของโครงสร้างเหล็ก รวมถึงตำแหน่งที่ติดตั้ง ชนิด ขนาดของลวดเชื่อม และสลักเกลียว แบบรายละเอียดประกอบการก่อสร้าง และแบบขยายการติดตั้งต้องจำแนกความแตกต่างได้อย่างชัดเจนระหว่างแบบรายละเอียดประกอบการก่อสร้าง และการเชื่อมในที่ และสลักเกลียว และควรระบุให้ชัดเจนว่าเป็นจุดต่อของสลักเกลียวแบบใส่แรงดึงก่อน หรือจุดต่อของสลักเกลียวกำลังสูงแบบเลื่อนวิกฤติ แบบรายละเอียดประกอบการก่อสร้างและแบบขยายการติดตั้ง ควรพิจารณาถึงความรวดเร็วในการทำงาน และความประหยัดในการประกอบชิ้นงานและการติดตั้ง

6.2 การประกอบชิ้นงาน

6.2.1 การยกโค้งหลังเต่า การยกเพื่อการแอ่นตัว การตัดโค้ง และการตัดให้ตรง ด้วยความร้อน

การใช้ความร้อนหรือการตัดด้วยเครื่องจักรเฉพาะจุด ในการปรับแก้ชิ้นส่วนที่เป็นโค้งหลังเต่า โค้งแอ่นตัว เพื่อเหี่ยยดให้กลับมาตรง อุณหภูมิในบริเวณที่ถูกความร้อนควรไม่เกิน 1,200 องศาฟาเรนไฮต์ หรือ 649 องศาเซลเซียส

6.2.2 การตัดชิ้นส่วนด้วยความร้อน

6.2.2.1 ขอบของชิ้นส่วนหลักที่ถูกตัดด้วยความร้อนจะต้องมีความเรียบและสะอาด ปราศจากเศษโลหะ ยกเว้นขอบด้านปลายอิสระที่ถูกตัดด้วยความร้อนที่จะรับความเค้นดึง ซึ่งต้องไม่มีร่องปลายมนที่ลึกเกินกว่า 5 มิลลิเมตร (3/16 นิ้ว) และปราศจากรอยบากรูปตัววีสำหรับร่อง และรอยบากที่ลึกเกินกว่า 5 มิลลิเมตร (3/16 นิ้ว) จะต้องเอาออกโดยการเจีย หรือเชื่อมปิด

6.2.2.2 มุมหักเข้าข้างในควรเข้ามุมด้วยการเปลี่ยนโค้ง โดยมีรัศมีไม่เกินกว่าที่ต้องการให้พอดี จุดต่อ พื้นผิวที่ติดกันต้องไม่มีการเยื้องหรือตัดผ่านเส้นสัมผัส มุมที่ไม่ต่อเนื่อง ซึ่งวัสดุทั้งสองด้านของมุมหักเข้าข้างในที่ไม่ต่อเนื่องถูกเชื่อมต่อกับชิ้นคู่ เพื่อป้องกันการเสียรูป และสัมพันธ์กับความเค้นรวมศูนย์ที่มุม มุมหักเข้าข้างในที่มีรัศมีระหว่าง

10 – 13 มิลลิเมตร (1/2 - 3/8 นิ้ว) สามารถยอมรับได้สำหรับงานที่รับน้ำหนักบรรทุกทุกแบบสถิต โดยที่ชิ้นส่วนต้องยึดเข้าด้วยกันอย่างแน่นหนา

6.2.3 การตัดขอบให้เรียบ

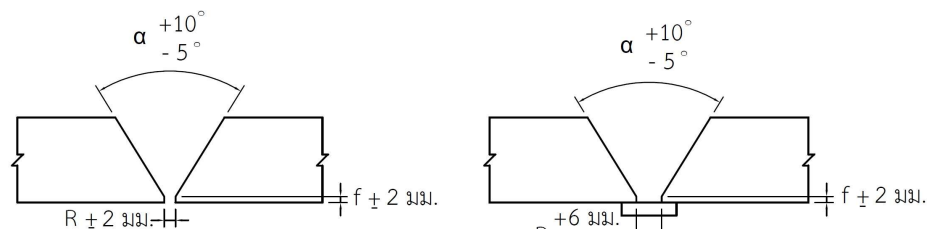
การตัดขอบของชิ้นส่วนด้วยความร้อนในแผ่นเหล็กหรือเหล็กรูปพรรณไม่จำเป็นต้องทำให้เรียบ ยกเว้นจะระบุในรายการประกอบแบบ หรือจำเป็นต้องทำให้เรียบเพื่อเตรียมพื้นผิวสำหรับงานเชื่อม

6.2.4 การเชื่อม

เทคนิคในการเชื่อม ช่างฝีมือ ลักษณะ และคุณภาพของงานเชื่อม รวมถึงวิธีการเชื่อม (ดังแสดงในตารางที่ 23 กำหนดขนาดขาเล็กสุดของรอยเชื่อม) ให้เป็นไปตามมาตรฐาน AWS D1.1/D1.1M ยกเว้น ระบุเป็นอย่างอื่น

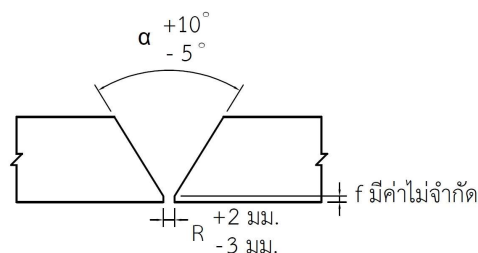
6.2.4.1 การเว้นระยะสำหรับงานเชื่อมชิ้นส่วนโครงสร้างเหล็ก

ช่างฝีมืองานเชื่อม ควรเว้นระยะห่างในการเชื่อมชิ้นงานแบบร่อง (butted weld) ตามรูปที่ 1



กรณี (ก) ไม่มีชิ้นงานปิดร่อง บากชิ้นงานในแนวตั้ง
ได้ 2 มิลลิเมตร

กรณี (ข) มีชิ้นงานปิดร่อง



กรณี (ค) ไม่มีชิ้นงานปิดร่อง บากชิ้นงานในแนวตั้งได้มากกว่า
2 มิลลิเมตร

รูปที่ 1 ระยะห่างในการเชื่อมชิ้นงานแบบร่อง

(ข้อ 6.2.4.1)

ตารางที่ 23 ขนาดขาลึกสุดของรอยเชื่อม

(ข้อ 6.2.4)

ความหนาของชิ้นงานเชื่อม		ขนาดขาลึกสุดของรอยเชื่อม	
นิ้ว	มิลลิเมตร	นิ้ว	มิลลิเมตร
$T \leq 1/4$	$T \leq 6$	1/8	3
$1/4 < T \leq 1/2$	$6 < T \leq 12$	3/16	5
$1/2 < T \leq 3/4$	$12 < T \leq 20$	1/4	6
$3/4 < T$	$20 < T$	5/16	8

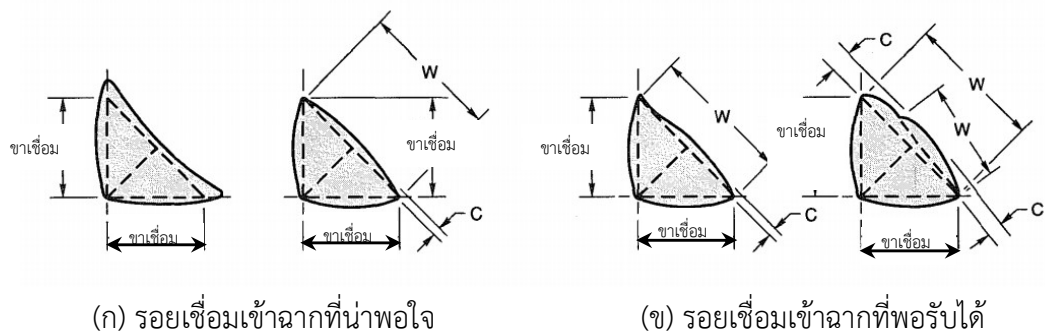
6.2.4.2 ความคลาดเคลื่อนของแผ่นเหล็กเสริมกำลัง (stiffeners)

- (1) เมื่อมีการใช้แผ่นเหล็กเสริมเอวแบบพอดี (tight fit) ช่องว่างที่ยอมให้ระหว่างแผ่นเสริมเอวและปีกคานไม่ควรเกิน 2 มิลลิเมตร (1/16 นิ้ว)
- (2) ความไม่ตรง (out – of - straightness) ของแผ่นเสริมเอว จะต้องไม่เกิน 12 มิลลิเมตร (1/2 นิ้ว) สำหรับคานที่มีความลึกไม่เกิน 1.8 เมตร (6 ฟุต) และจะต้องไม่เกิน 20 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว) สำหรับคานที่มีความลึกเกิน 1.8 เมตร (6 ฟุต) โดยคำนึงถึง ชั้นส่วนในของค้ำอาคารของโครงข้อแข็ง
- (3) ความไม่ตรง (out – of - straightness) ของแผ่นรองรับแรงกด จะต้องไม่เกิน 6 มิลลิเมตร (1/4 นิ้ว) สำหรับคานที่มีความลึกเกิน 1.8 เมตร (6 ฟุต) หรือจะต้องไม่เกิน 12 มิลลิเมตร (1/2 นิ้ว) สำหรับคานที่มีความลึกเกิน 1.8 เมตร (6 ฟุต) โดยแนวเส้นผ่านศูนย์กลางจริงของแผ่นรองรับแรงกด ไม่ควรคลาดเคลื่อนจากที่ระบุในแบบเกินความหนาของแผ่นรองรับแรงกด

6.2.4.3 สภาพงานเชื่อม

รอยเชื่อมทุกแนว ยกเว้นระบุเป็นอย่างอื่น ควรปราศจากรอยร้าว รอยเชื่อมเหลื่อม และมีสภาพผิวที่ยอมรับไม่ได้ ดังรูปที่ 5

- (1) รอยเชื่อมเข้าฉาก (fillet weld) ควรมีสภาพผิวงานเชื่อมเป็นลักษณะ โค้งนูน (convex) เรียบ (flat) หรือค่อนข้างโค้งเว้า (concave) ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 รอยเชื่อมที่ใช้ได้

(ข้อ 6.2.4.3)

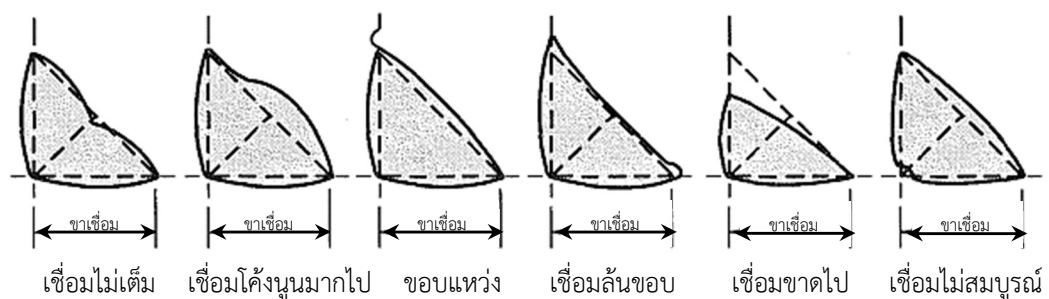
- (2) รอยเชื่อมที่มีสภาพตามรูปที่ 5 ไม่ควรนำมาใช้งานที่จุดปลายของรอยเชื่อม นอกความยาวประสิทธิผล ยกเว้นสำหรับการเชื่อมแหง (undercut)

ตารางที่ 24 ผิวเชื่อมแบบโค้งนูน ควรมีขนาดไม่เกินค่าต่อไปนี้

(ข้อ 6.2.4.3)

ความกว้างของผิวรอยเชื่อม (W)	ระยะโค้งนูน (c)
$W \leq 5/16$ นิ้ว (8 มิลลิเมตร)	$1/16$ นิ้ว (2 มิลลิเมตร)
$W > 5/16$ นิ้ว (8 มิลลิเมตร) to $W < 1$ นิ้ว (25 มิลลิเมตร)	$1/8$ นิ้ว (3 มิลลิเมตร)
$W \geq 1$ นิ้ว (25 มิลลิเมตร)	$3/16$ นิ้ว (5 มิลลิเมตร)

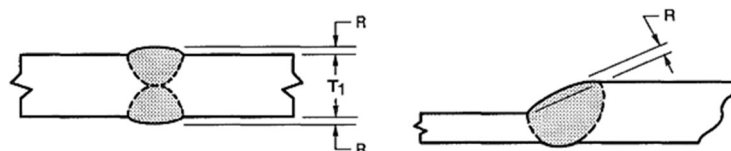
- (3) ลักษณะโค้งนูน ยกเว้นรอยเชื่อมด้านนอกที่ข้อต่อมุม ระยะโค้งนูน (C) ต้องไม่เกินค่าในตารางที่ 24



รูปที่ 3 รอยเชื่อมเข้าฉากที่ใช้ไม่ได้

(ข้อ 6.2.4.3)

- (4) รอยเชื่อมแบบร่อง หรือรอยเชื่อมชน รอยเชื่อมแบบร่องควรเชื่อมให้มีผิวรอยเชื่อมขนานตามระยะขั้นต่ำ ถ้าไม่ได้ระบุเป็นอย่างอื่น ในกรณีเชื่อมชนและรอยต่อเข้ามุม ความสูงของผิวรอยเชื่อมจะต้องไม่เกิน 3 มิลลิเมตร (1/8 นิ้ว) (ดังแสดงในรูปที่ 4 และรูปที่ 5)
- (5) รอยเชื่อมจะต้องเปลี่ยนแปลงอย่างค่อยเป็นค่อยไปในระนาบหน้าตัดสัมผัส ต้องไม่มีการตัดแหงน ยกเว้นมีค่าที่ยอมให้



รอยเชื่อมชนมีความหนาเสมอแผ่นเหล็ก

รอยเชื่อมชน ที่แผ่นเหล็กหนาไม่เท่ากัน

เมื่อค่า R ต้องไม่เกิน 3 มิลลิเมตร (1/8 นิ้ว)

รูปที่ 4 รอยเชื่อมเข้าร่องที่ยอมรับได้ เมื่อต้องการเชื่อมชนชิ้นงาน

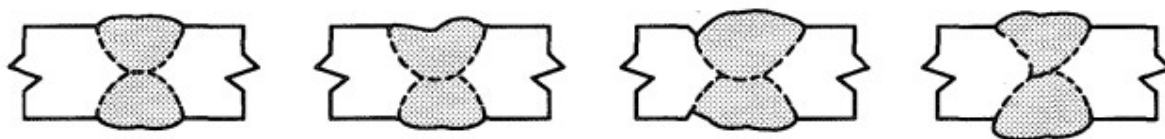
(ข้อ 6.2.4.3)

เชื่อมโค้งนูนมากเกินไป

เชื่อมไม่เต็ม

เชื่อมแหงน

เชื่อมล้นขอบ



รูปที่ 5 รอยเชื่อมเข้าร่องที่ยอมรับไม่ได้ เมื่อต้องการเชื่อมชนชิ้นงาน

(ข้อ 6.2.4.3)

6.2.4.4 ผิวรอยเชื่อมแบบเรียบ รอยเชื่อมชนเมื่อต้องการผิวเรียบ ต้องไม่ทำให้ความหนาลดลง รอยเชื่อมต้องไม่บางกว่าความหนาชิ้นงาน หรือควรหนามากกว่าชิ้นงาน 1 มิลลิเมตร (1/32 นิ้ว) หรือ 5 เปอร์เซ็นต์ของความหนาชิ้นงาน แล้วแต่จำนวนใดจะน้อยกว่า ความสูงของผิวรอยเชื่อมที่เหลืออยู่ควรจะมากกว่า 1 มิลลิเมตร (1/32 นิ้ว) อย่างไรก็ตาม เนื้อเหล็กที่จะถูกขัดออกจะต้องทำอย่างค่อยเป็นค่อยไป อย่าให้เกิดการกัดแหงนชิ้นงาน

6.2.4.5 วิธีตกแต่งผิวรอยเชื่อม รอยบิ่น และร่อง สามารถใช้การขัดในการตกแต่งได้ หากมีการกำหนดการตกแต่งพื้นผิว ความขรุขระของผิวไม่ควรเกิน 6.3 ไมโครเมตร (250 ไมโครนิ้ว) พื้นผิวรอยเชื่อมที่ตกแต่งแล้วไม่ควรมีค่าเกิน 3.2 ไมโครเมตร (125 ไมโครนิ้ว) ถึง 6.3 ไมโครเมตร (250 ไมโครนิ้ว) หากตกแต่งขนานไปกับทิศทางของหน่วยแรงหลัก

ของชิ้นส่วน และมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 3.2 ไมโครเมตร (125 ไมโครนิ้ว) หากตกแต่งในทิศทางใด ๆ

6.2.4.6 เทคนิคสำหรับการเชื่อมแบบอุดรู (plug weld) หรืออุดร่อง (slot weld)

- (1) การเชื่อมแบบอุดรู (plug weld) โดยใช้ลวดเชื่อมแบบไฟฟ้า SMAW (shield metal arc welding) หรือการเชื่อมด้วยแก๊ส GMAW (gas metal arc welding) ยกเว้นต่อเชื่อมต่อไฟแบบลัดวงจร (GMAW - S) และการเชื่อมแบบฟลักซ์คอร์ FCAW (flux cored arc welding) กระบวนการควรเป็น ดังนี้
 - (ก) ทำเชื่อมแนวราบให้เริ่มจากจุดกลางรู แล้วเชื่อมวนขึ้นจนเต็มรูจากล่างขึ้นบน เศษลวดเชื่อมจะถูกหลอมละลาย ลอยขึ้นด้านบน เมื่อเย็นตัวแล้วก็ถูกกำจัดออกไป
 - (ข) ทำเชื่อมแนวตั้งให้เริ่มจากด้านล่างของรูเชื่อมเติมขึ้นด้านบนจนเต็มรู เศษลวดเชื่อมจะถูกหลอมละลายลอยออกมาด้านบน เมื่อเย็นตัวแล้วก็ถูกกำจัดออกไป
 - (ค) ทำเชื่อมแบบเหนือศีรษะให้เริ่มจากจุดศูนย์กลางรูแล้วเชื่อมวนจนเต็มรู เศษลวดเชื่อมจะลอยออกมาด้านบน เมื่อเย็นตัวแล้วจะถูกกำจัดออกไป เชื่อมเติมใหม่ให้เต็มความลึกที่ต้องการ
- (2) การเชื่อมแบบอุดร่อง ใช้เทคนิคเดียวกับการอุดรู แต่ถ้าร่องมีความยาวมากเกินไป 3 เท่าความกว้าง หรือร่องที่ต้องเชื่อมติดขอบของชิ้นงาน ให้ใช้เทคนิคเดียวกับทำเชื่อมเหนือศีรษะ

6.2.4.7 งานซ่อมรอยเชื่อม

ในการเอาโลหะเชื่อมออกหรือการแบ่งโลหะฐาน อาจใช้เครื่องจักรในการฝน การเลาะ หรือการแซะ โดยไม่ควรทำให้โลหะเชื่อมข้างเคียงหรือโลหะฐานเกิดแหงหรือเป็นรอย และไม่ควรใช้การแซะด้วยออกซิเจนกับเหล็กที่ผ่านการชุบแข็งและอบคืนหลังจากกำจัดรอยเชื่อมออกแล้ว ต้องทำความสะอาดผิว ก่อนทำการเชื่อมใหม่ รอยเชื่อมใหม่จะต้องขัดเชยขนาดขาเชื่อมที่ขาดไป

(1) ทางเลือกของผู้รับจ้าง

ผู้รับจ้างมีทางเลือกระหว่างการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนรอยเชื่อม สำหรับรอยเชื่อมที่ไม่สามารถยอมรับได้ ยกเว้นมีการปรับแก้ตามวิศวกรแนะนำ งานซ่อมจะต้องถูกนำไปทดสอบด้วยวิธีการ และคุณภาพเดียวกับงานเดิม ถ้าผู้รับจ้างใช้วิธีการซ่อมแซมรอยเชื่อม การซ่อมแซมต้องนั้นมีการแก้ไขดังต่อไปนี้

- (ก) รอยเชื่อมเหลื่อมกัน รอยเชื่อมมีส่วนโค้งงอเกินไป ต้องถูกกำจัดออกไป
 - (ข) เชื่อมโค้งงอเกินไป หรือเชื่อมแล้วมีรูเหมือนปล่องภูเขาไฟ เชื่อมแล้วขนาดขาเชื่อมเล็กกว่าแบบ หรือการตัดแหงนขึ้นงาน ต้องมีการเตรียมพื้นผิวเหมือนหัวข้อ ทำความสะอาดผิวเชื่อม แล้วเชื่อมเดิม
 - (ค) ลวดเชื่อมที่ละลายไม่สมบูรณ์ เชื่อมพูนมากเกินไป หรือเชื่อมมีตะกรัน ส่วนที่ยอมรับไม่ได้จะถูกกำจัดออกไปแล้วเชื่อมใหม่
 - (ง) เกิดรอยร้าวในรอยเชื่อม หรือเกิดรอยร้าวในชิ้นงาน จะต้องมีการตรวจสอบขอบเขตของรอยร้าว โดยการใช้กรดกัด การตรวจสอบด้วยอนุภาคแม่เหล็ก ย้อมทดสอบแทรกซึม หรือการทดสอบที่มีคุณภาพอื่น รอยร้าว และโลหะที่สมบูรณ์ที่อยู่ถัดออกไปจากรอยร้าวเป็นระยะ 50 มิลลิเมตร (2 นิ้ว) จะต้องถูกกำจัดออกแล้วเชื่อมใหม่
- (2) ข้อจำกัดของอุณหภูมิที่ใช้ในงานเชื่อม
- เมื่อขึ้นงานอาจมีการบิดตัวควรใช้วิธีทางกลทำให้ตรงภายในระยะที่ยอมให้ เมื่อเกิดการบิดงอ ความร้อนที่ใช้ในงานเชื่อมต้อง ไม่เกิน 600 องศาเซลเซียส (1,100 องศาฟาเรนไฮต์) สำหรับเหล็กกล้าชุบแข็ง และต้องไม่เกิน 650 องศาเซลเซียส (1,200 องศาฟาเรนไฮต์) สำหรับเหล็กอื่น ส่วนที่อุณหภูมิให้ความร้อนเพื่อให้เหล็กตรงจะต้องปราศจากความเค้น และแรงภายนอก ยกเว้น ความเค้นนั้นเป็นผลจากการใช้เครื่องจักรกลในการทำให้ตรง ที่ใช้การประยุกต์ความร้อนในการเชื่อม
- (3) การอนุมัติโดยวิศวกร
- ควรมีการอนุมัติจากวิศวกร ก่อนมีการเชื่อมแซมโลหะฐาน รอยแตกร้าว ซ่อมรอยเชื่อมที่มีความบกพร่อง หรือแก้ไขการออกแบบเพื่อทดแทนข้อบกพร่อง วิศวกรควรได้รับรู้ปัญหา ก่อนที่ชิ้นส่วนที่เชื่อมแล้วนั้นจะถูกแก้ไข

6.2.4.8 รอยเชื่อมที่ยอมรับไม่ได้ที่เข้าไม่ถึง

หากหลังจากที่เกิดรอยเชื่อมที่รับไม่ได้แล้วยังมีงานต่อ ทำให้รอยเชื่อมนั้นไม่สามารถเข้าถึงได้ หากมีการกำหนดให้แก้ไขรอยเชื่อมนั้นภายหลัง สามารถทำได้โดยใช้การทำงานอื่นเพิ่มเติมเพื่อแก้ไขตามการออกแบบสำหรับแก้ไขที่ได้รับการอนุมัติแล้ว

6.2.4.9 รอยเชื่อมยกขอบ (peening)

รอยเชื่อมยกขอบ อาจถูกนำมาใช้ในชั้นรอยเชื่อมเพื่อควบคุมความเค้นจากการหดตัวในรอยเชื่อมที่หนา เพื่อป้องกันรอยเชื่อมร้าว หรือบิดตัว ไม่ควรเชื่อมยกขอบที่ฐานรอยเชื่อม (root) ผิวรอยเชื่อม หรือโลหะฐานที่ขอบ ควรระมัดระวังการเลื่อมหรือรอยร้าวของรอยเชื่อม หรือโลหะฐาน

6.2.4.10 การเชื่อมปิดรู (caulking)

การเชื่อมปิดรูคือ การใช้วิธีทางกลในการเชื่อมผิว โดยทำให้โลหะฐานและวัสดุเชื่อมเกิดการเสียรูปแบบพลาสติก (plastic deformation) การเชื่อมปิดรูนี้ห้ามใช้กับโลหะฐาน ที่มีความเค้นจุดครากมากกว่า 345 เมกะปาสคาล (50 กิโลปอนด์/ตารางนิ้ว)

สำหรับแผ่นเหล็กชิ้นงานฐานที่มีความเค้นจุดครากกระบูอย่างน้อยกว่า 345 เมกะปาสคาล (50 กิโลปอนด์/ตารางนิ้ว) การเชื่อมปิดรูนี้ ทำได้ต่อเมื่อ

- (ก) ตรวจสอบแล้วมีความสมบูรณ์ และยอมรับได้
- (ข) การเชื่อมอุดรูนี้มีความจำเป็น และป้องกันการการวิบัติ
- (ค) เป็นเทคนิค และข้อจำกัดที่ได้รับอนุมัติจากวิศวกร

6.2.4.11 การทำความสะอาดรอยเชื่อม (weld cleaning)

- (1) ในระหว่างการเชื่อม ควรกำจัดตะกั่วและแปร่งทำความสะอาดรอยเชื่อมและโลหะฐานข้างเคียง ข้อกำหนดนี้ควรใช้ทั้งบริเวณที่ทำงานเรียบร้อย และบริเวณที่อยู่ระหว่างทำงานแต่ยังไม่เรียบร้อย
- (2) การทำความสะอาดรอยเชื่อมที่สมบูรณ์แล้ว ควรจำกัดตะกั่วออกจากรอยเชื่อมที่สมบูรณ์ ควรแปร่งตะกั่วออกให้หมด หรือใช้วิธีการอื่นที่เหมาะสม ซึ่งการทำความสะอาดนี้จะมีประโยชน์ต่อการทดสอบแบบไม่ทำลายด้วย และควรทาสีรอยเชื่อมหลังได้รับการอนุมัติแล้ว

6.2.5 การยึดด้วยสลักเกลียว

ชิ้นส่วนที่ยึดด้วยสลักเกลียวจะต้องยึดด้วยหมด หรือสลักเกลียวให้ตึงเท่ากันทุกตัว การใส่หมดไม่มีเกลียวในรูสลักเกลียวขณะทำการประกอบ จะต้องไม่ทำให้เหล็กเสียรูปหรือไปขยายขนาดรูเจาะ รูเจาะที่มีขนาดไม่เหมาะสมกับสลักเกลียวจะทำให้ถูกปฏิกิริยาการผ่านงานได้

ถ้าใช้สลักเกลียวกำลังสูง ยกเว้น การเจาะรูด้วยความร้อน ยอมให้ผิวไม่เรียบได้ไม่เกิน 25 ไมโครเมตร (1,000 ไมโครนิ้ว) การแซะ (gouges) ต้องไม่เกินความลึก หรือ 2 มิลลิเมตร (1/16 นิ้ว) ยอมให้เจาะด้วยแรงดันน้ำ

อนุญาตให้ใช้แผ่นรองปรับระดับแผ่นเหล็กทำเป็นร่องเว้นระยะเท่า ๆ กัน (finger shims) ที่มี ความหนาไม่เกิน 6 มิลลิเมตร (1/4 นิ้ว) ภายในจุดต่อได้โดยไม่ทำให้กำลังที่ใช้ในการออกแบบ เปลี่ยนแปลง ทิศทางการวางลิ้มปรับระดับไม่ขึ้นกับทิศทางของน้ำหนักบรรทุกทุกที่กระทำ

ก่อนทำการติดตั้ง อุปกรณ์ยึดประกอบต้องเก็บรักษาอย่างเหมาะสม ปราศจากฝุ่นละออง และความชื้น ไม่นำอุปกรณ์ที่สกปรก หรือเกิดสนิม มาใช้ประกอบติดตั้งชิ้นงาน และไม่ทำ ความสะอาด หรือแก้ไข เปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ให้ต่างไปจากสภาพจากโรงงาน สำหรับจุดต่อแบบขัน แน่นพอดี (snug - tightened Joints) ให้ทำการติดตั้งสลักเกลียวตามหัวข้อ 8.2.5.1 ส่วนจุดต่อ แบบใส่แรงตึงก่อน หรือแบบเลื่อนวิกฤต (pretension or slip - critical) ให้ทำการติดตั้ง สลักเกลียวตามข้อแนะนำของผู้ผลิต

6.2.5.1 จุดต่อแบบขันแน่นพอดี (snug - tightened joints)

รูเจาะของสลักเกลียวต้องอยู่ตรงแนวที่สามารถใส่สลักเกลียวได้โดยไม่ทำให้เกลียว เกิดความเสียหาย ใส่สลักเกลียวในทุกรูเจาะพร้อมแหวนรองในตำแหน่ง และขันแป้น เกลียวเพื่อยึดชิ้นงาน การขันแน่นพอดีต้องยึดแต่ละชิ้นส่วนแนบเข้าด้วยกันด้วยสลักเกลียว และสลักเกลียวทุกตัวต้องถูกขันแน่นเพียงพอที่แป้นเกลียวจะไม่คลายตัวโดยไม่ใช้ประแจ

6.2.6 รอยต่อรับแรงอัด

รอยต่อรับแรงอัดที่กำลังในการรับแรงอัดขึ้นอยู่กับแรงกดของพื้นผิวที่สัมผัส ให้เตรียมพื้นผิว ที่สัมผัสด้วยการไส การเลื่อย หรือวิธีอื่นที่เหมาะสม

6.2.7 ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้

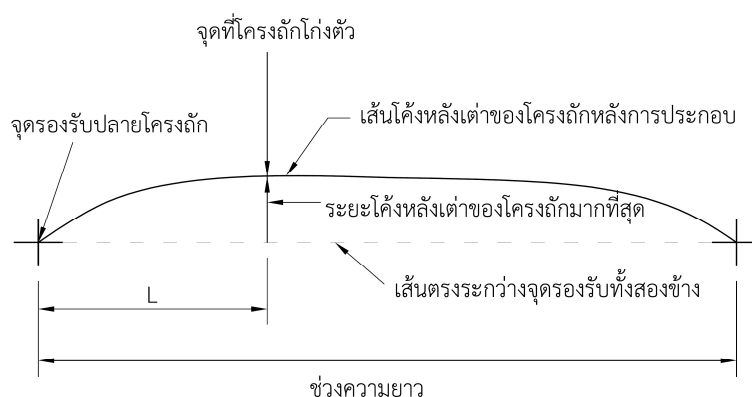
ความคลาดเคลื่อนในการประกอบติดตั้ง

(1) สำหรับชิ้นส่วนที่ปลายยึดทั้งสองด้านรับแรงกด ความยาวชิ้นส่วนควรเท่ากับ หรือยาวน้อยกว่าระยะในแบบ 1 มิลลิเมตร (1/32 นิ้ว) สำหรับชิ้นส่วนอื่นในโครงข้อแข็ง หรือชิ้นส่วนอื่นในโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ การเปลี่ยนแปลงความยาวเป็นดังนี้

(ก) สำหรับชิ้นส่วนที่ยาวเท่ากับ หรือน้อยกว่า 9 เมตร (30 ฟุต) ความคลาดเคลื่อนในระยะ ควรเท่ากับ หรือน้อยกว่า 2 มิลลิเมตร (1/16 นิ้ว)

- (ข) สำหรับชิ้นส่วนที่ยาวมากกว่า 9 เมตร (30 ฟุต) ความคลาดเคลื่อนในระยะควรเท่ากับ หรือน้อยกว่า 3 มิลลิเมตร (1/8 นิ้ว)
- (2) สำหรับชิ้นส่วนตรงอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ชิ้นส่วนรับแรงอัด ไม่ว่าจะเป็นชิ้นส่วนเดี่ยวตามมาตรฐาน แต่ละรูปทรง หรือชิ้นส่วนประกอบต้องมีความตรงเท่ากับ หรือน้อยกว่าที่ระบุในหน้าตัด ปีกกว้าง ยกเว้นระบุน้อยกว่าในเอกสารรายการประกอบแบบ สำหรับชิ้นส่วนรับแรงอัด ไม่ว่าจะเป็นชิ้นส่วนเดี่ยวตามมาตรฐานแต่ละรูปทรง หรือชิ้นส่วนประกอบต้องมีความตรงเท่ากับ หรือน้อยกว่า 1/1000 วัดจากแนวแกนระหว่างจุดรองรับที่ปลายชิ้นส่วน สำหรับชิ้นส่วนโค้ง ความคลาดเคลื่อนจากโค้งตามทฤษฎี มีค่าไม่เกินความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับชิ้นส่วน ตรง โดยความยาวนั้นคิดจากระยะตามแนวโค้ง สำหรับทุกกรณี ชิ้นส่วนที่สมบูรณ์ จะปราศจากการบิด ดัด และจุดต่อแบบเปิด ชิ้นส่วนที่มีข้อบกพร่อง หรือขอไม่ควรใช้เป็นชิ้นส่วนโครงสร้าง
- (3) สำหรับคาน หรือโครงถัก ที่ไม่ได้มีการให้รายละเอียดในเรื่องโค้งหลังเต่า(camber) หลังจากติดตั้งแล้ว ควรให้ชิ้นส่วนมีการโก่งขึ้นไว้
- (4) สำหรับคานที่มีการระบุข้อกำหนดของโค้งหลังเต่าในเอกสารสัญญา หากชิ้นงานที่ได้รับจาก โรงงานขึ้นรูป มีระยะโก่งหลังเต่าถึง 75% ของระยะโก่งที่กำหนดไว้แล้ว ไม่จำเป็นต้องทำให้ ระยะโก่งเพิ่มขึ้น แต่หากระยะโก่งไม่เป็นไปตามที่กล่าวข้างต้น ระยะโก่งนั้นต้อง
- (ก) สำหรับคาน ที่ยาวน้อยกว่าเท่ากับ 15 เมตร (50 ฟุต) ความคลาดเคลื่อนของระยะโก่งที่ ยอมให้คือ -0 มิลลิเมตร / +13 มิลลิเมตร (1/2 นิ้ว)
- (ข) สำหรับคานที่ยาวมากกว่าเท่ากับ 15 เมตร (50 ฟุต) ความคลาดเคลื่อนของระยะโก่งที่ ยอมให้คือ -0 มิลลิเมตร / +13 มิลลิเมตร (1/2 นิ้ว) และยอมให้เพิ่มขึ้น +3 มิลลิเมตร (+1/8 นิ้ว) ทุกความยาว 3 เมตร (10 ฟุต) หรือเศษของ 3 เมตร
- (5) สำหรับการประกอบโครงถัก ถ้าในเอกสารสัญญาระบุข้อกำหนดการโก่งขึ้น ความคลาดเคลื่อนของระยะโก่งในแต่ละจุดที่ระบุไว้ในแบบไม่ควรเกิน $\pm 1/800$ ของระยะ ระหว่างจุดรองรับ สำหรับการตรวจสอบ (ดังแสดงในรูปที่ 6) ให้วัดการโก่งขณะอยู่ในโรงงาน ประกอบในสภาวะปราศจากความเค้น หากในเอกสารสัญญาไม่ได้ระบุข้อกำหนดการโก่งขึ้น แต่ละจุดต่อของโครงถักควรมีระยะโก่งขึ้นเป็นศูนย์
- (6) เมื่อคานมีการเปลี่ยนแปลงความลึกของหน้าตัดบริเวณจุดต่อ การเปลี่ยนแปลงความลึกของ หน้าตัดต้อง
- (ก) สำหรับรอยต่อที่ใช้สลักเกลียว ความลึกที่เปลี่ยนแปลงต้องมีการใช้แผ่นเหล็กมาเติม ช่องว่างนั้นที่จุดต่อ

- (ข) สำหรับรอยต่อที่ใช้การเชื่อม แนวการเชื่อมควรจะสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงความลึก พื้นที่หน้าตัดของรอบเชื่อมและความลาดเอียงของรอยผิวยอยเชื่อมต้องมีความเหมาะสมตามข้อกำหนดเรื่องรอยเชื่อม



เมื่อ L เป็นระยะจากจุดรองรับของโครงถักถึงจุดที่มีระยะโค้งมากที่สุด ระยะคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ของระยะโค้งโครงถักคำนวณจาก $L/800$ โดยที่ L ต้องเท่ากับหรือน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของช่วงคาน

รูปที่ 6 แสดงการตรวจหาระยะความคลาดเคลื่อนโค้งงอสำหรับการประกอบติดตั้งโครงถัก (ข้อ 6.2.7)

6.2.8 การยึดฐานเสา

การยึดฐานเสา และแผ่นเหล็กรองใต้เสาจะต้องทำตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้

- (1) แผ่นรับแรงกดที่มีความหนาไม่เกิน 50 มิลลิเมตร (2 นิ้ว) ไม่จำเป็นต้องตกแต่งผิวโดยการไส ถ้าพื้นผิวสัมผัสสามารถรับแรงกดได้เพียงพอ แผ่นรับแรงกดที่มีความหนาดั้งเดิมตั้งแต่ 50 มิลลิเมตร (2 นิ้ว) ถึง 100 มิลลิเมตร (4 นิ้ว) สามารถนำมาตัดให้ตรงได้โดยการกด ในกรณีที่ไม่สามารถใช้วิธีการกดได้ ให้ใช้การไสตกแต่งผิวโดยการไสได้พื้นผิวด้านล่างของแผ่นเหล็กรับแรงกด และแผ่นเหล็กรองใต้ฐาน เมื่อปรับระดับแล้ว ควรอุดช่องว่างระหว่างแผ่นเหล็กกับฐานด้วยซีเมนต์ที่ด้านทานการหดตัว เพื่อให้รับแรงกดได้อย่างสมบูรณ์
- (2) พื้นผิวด้านบนของแผ่นเหล็กรองใต้เสาไม่จำเป็นต้องไส เมื่อใช้วิธีการเชื่อมแบบบากร่องในรอยต่อระหว่างเสากับแผ่นเหล็กรองใต้เสา

6.2.9 รูสำหรับเดือยเหล็ก (anchor rod)

รูสำหรับเหล็กเดือยสามารถใช้การเจาะแบบใช้ความร้อนได้ โดยรอยเจาะนั้นต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของการตัดด้วยความร้อน

6.2.10 ระบายน้ำในชั้นส่วนรูปปิด

สำหรับชั้นส่วนรูปปิด หรือเหล็กกล่อง ระหว่างทำการก่อสร้างและใช้งาน ต้องมีการปิดปลาย และมีรูเจาะสำหรับระบายน้ำที่ฐาน หรือวิธีการอื่นที่เหมาะสม

6.3 การทำความสะอาดและทาสี

6.3.1 ข้อกำหนดทั่วไป

หากไม่ได้กำหนดเป็นอย่างอื่นในมาตรฐานความคงทนของอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณของกรมโยธาธิการและผังเมือง ให้เป็นไปตามข้อกำหนดในมาตรฐานฉบับนี้

เหล็กโครงสร้างที่ไม่ได้กำหนดให้มีการทาสีจากโรงงานผลิต จะต้องมีการทำความสะอาดให้ปราศจากคราบน้ำมัน คราบจาระบี ฝุ่น หรือเศษวัสดุต่าง ๆ ด้วยวิธีการที่เหมาะสม สำหรับเหล็กโครงสร้างที่กำหนดให้มีการทาสีจากโรงงานผลิต มีข้อกำหนดต่อไปนี้

- (1) ผู้ผลิตไม่ต้องรับผิดชอบความเสียหายของสีที่เกิดจากการสัมผัสสิ่งแวดล้อมที่รุนแรงกว่าสภาพแวดล้อมปกติ
- (2) หากไม่มีการระบุในสัญญาจ้าง ผู้ผลิตควรกำจัดสนิมฝุ่นหรือสิ่งสกปรกที่ไม่พึงประสงค์ต่าง ๆ ออกจากผิวเหล็กก่อนที่จะทาสี ด้วยวิธีที่เหมาะสม
- (3) หากไม่มีการระบุในสัญญาจ้าง ผู้ผลิตสามารถใช้วิธีใดก็ได้ที่เหมาะสมในการลงสี และสีนั้นต้องมีความหนาอย่างน้อย 25 ไมโครเมตร
- (4) รอยขีดข่วนต่าง ๆ ที่เกิดจากการจัดการหลังจากทาสีเรียบร้อยแล้ว ถือว่าอยู่ในความรับผิดชอบของผู้รับจ้างที่ทำให้เกิดรอยนั้นขึ้น

6.3.2 พื้นผิวที่ไม่สามารถเข้าถึงได้

พื้นผิวที่ไม่สามารถเข้าถึงได้หลังจากประกอบติดตั้งชิ้นส่วนแล้วจะต้องทำความสะอาด และทาสีให้ทั่วถึงก่อนทำการประกอบติดตั้ง

6.3.3 พื้นผิวสัมผัส (contact surface)

รอยต่อรับแรงแบกทานสามารถทาสีได้เลย ส่วนรอยต่อแบบเลื่อนวิกฤติผิวสัมผัสต้องเป่าให้สะอาด และทาสีด้วยสีที่ได้มาตรฐาน (class A และ class B)

6.4 การติดตั้ง

6.4.1 การวางตำแหน่งฐานเสา

ฐานเสาควรมีการตรวจสอบค่าระดับ เพื่อให้ได้ความสูงที่ถูกต้อง และสามารถรับน้ำหนักแบกทานบนคอนกรีต หรืออิฐรับแรง

6.4.2 เสถียรภาพ และจุดยึดต่อ

ระบบโครงข้อแข็งโครงสร้างเหล็กจะต้องได้ดังฉาก ตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานการก่อสร้าง ระหว่างการติดตั้งชิ้นส่วนโครงสร้างควรมีค้ำยันชั่วคราวที่มั่นคง สามารถรองรับน้ำหนักระหว่างการติดตั้งได้ รวมถึงเครื่องจักร และเครื่องมือในการยกติดตั้ง ควรมีการค้ำยัน และวางในจุดที่สามารถทำงานได้อย่างปลอดภัย

6.4.3 การจัดแนว

ไม่ควรทำการยึดแน่นด้วยสลักเกลียวหรือเชื่อมแข็ง จนกว่าจะได้ทำการจัดแนวของระบบโครงสร้างในส่วนที่ติดกันให้ได้ดังฉากถูกต้องเสียก่อน

6.4.4 การติดตั้งเสา รอยต่อรับแรงอัด และแผ่นเหล็กรองรับเสา

ยอมให้พื้นผิวสัมผัสของชิ้นส่วนรับแรงอัดสามารถห่างออกจากกันได้ไม่เกิน 2 มิลลิเมตร (1/16 นิ้ว) โดยไม่ต้องคำนึงถึงชนิดรอยต่อ (เช่น การเชื่อมแบบบากร่อง หรือ การต่อโดยใช้สลักเกลียว)

ถ้าผิวสัมผัสของชิ้นส่วนรับแรงอัดมีช่องว่างห่างกันเกิน 2 มิลลิเมตร (1/16 นิ้ว) แต่ไม่เกิน 6 มิลลิเมตร (1/4 นิ้ว) และวิศวกรได้ตรวจสอบแล้วว่าพื้นที่สัมผัสไม่เพียงพอ จะต้องมีการปิดช่องว่างด้วยเหล็กเศษเหล็กรูปสี่เหลี่ยม ซึ่งเป็นวัสดุเหล็กกล้าอะลูมิเนียม โดยไม่ต้องคำนึงถึงวัสดุหลักที่ใช้

6.4.5 การเชื่อมที่หน้างาน

พื้นผิวที่ใกล้รอยต่อที่จะต้องเชื่อมที่หน้างาน จะต้องจัดเตรียมให้สะอาดปราศจากสนิมและฝุ่นละออง เพื่อจะสามารถทำงานเชื่อมได้อย่างมีคุณภาพ ในขั้นตอนการเตรียมจะรวมถึงการป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น และลำดับขั้นตอนในการประกอบชิ้นงานด้วย

6.4.6 การทาสีที่หน้างาน

การทาสีซ่อม การทำความสะอาด และการทาสีที่หน้างาน จะต้องสอดคล้องกับการปฏิบัติที่หน้างาน และมีความชัดเจนในเอกสารการออกแบบ

6.5 การควบคุมคุณภาพ

การควบคุมคุณภาพ (QC) ที่ระบุในส่วนนี้ให้ดำเนินการโดยผู้ประกอบชิ้นงาน (fabricator) และผู้ติดตั้ง (erector) การประกันคุณภาพ (QA) ที่ระบุในส่วนนี้ให้ดำเนินการโดยหน่วยงานอื่นเมื่อถูกกำหนดโดยหน่วยงานที่มีอำนาจตามกฎหมาย มาตรฐานสำหรับอาคารที่เกี่ยวข้อง ผู้ซื้อ เจ้าของงาน หรือวิศวกรผู้รับผิดชอบ (engineer of record) การทดสอบแบบไม่ทำลายต้องจัดทำโดยหน่วยงานหรือองค์กรที่มีหน้าที่เกี่ยวกับการประกันคุณภาพ

6.5.1 การตรวจสอบการเชื่อม

การสังเกตรอยต่อเชื่อมและการตรวจพินิจในระหว่างการทำงาน และเมื่อการเชื่อมแล้วเสร็จ อันดับแรกตรวจสอบวัสดุ กระบวนการ และช่างฝีมือ ให้เป็นไปตามรายการประกอบแบบ และสำหรับโครงสร้างเหล็กให้เป็นไปตาม มอก. 49 - 2556 หรือมาตรฐานอื่นที่เกี่ยวข้อง หรือตามข้อกำหนดในรายการประกอบแบบ ดังแสดงในตารางที่ 25 - 27

ตารางที่ 25 รายการตรวจสอบก่อนการเชื่อม
(ข้อ 6.5.1)

รายการตรวจสอบก่อนการเชื่อม	ควบคุม คุณภาพ	การประกัน คุณภาพ
รายการประกอบแบบขั้นตอนการเชื่อมที่มีอยู่	P	P
ตรวจสอบคุณสมบัติของลวดเชื่อม	P	P
ตรวจสอบคุณสมบัติของวัสดุ เหล็ก (ชนิด/ชั้นคุณภาพ)	○	○
คุณสมบัติของช่างเชื่อม	○	○
ตรวจสอบความพอดีของรอยเชื่อมแบบเซาะร่อง (รวมถึง มุม และตำแหน่งของชิ้นส่วน) - เตรียมความพร้อมของวัสดุ และอุปกรณ์ในการทำรอยต่อ - มิติ (การจัดตำแหน่ง, ช่องเปิด, หน้าสัมผัส, ความเอียง) - ความสะอาด (สภาพของผิวเหล็ก) - การเชื่อมตะ (คุณภาพและตำแหน่ง) - เสริมแถบเหล็กด้านหลังให้พอดี (ถ้าจำเป็น)	○	○
คำนวณ และวางตำแหน่งรูเจาะ	○	○
เชื่อมเข้ามุมให้พอดี - มิติ (การจัดตำแหน่ง, ช่องว่าง) - ความสะอาด (สภาพของผิวเหล็ก) - การเชื่อมตะ (คุณภาพ และตำแหน่ง)	○	○
ตรวจสอบอุปกรณ์การเชื่อม	○	○

○ – ตรวจสอบรายการเหล่านี้แบบสุ่ม กระบวนการทำงานไม่จำเป็นต้องชะลอเพื่อตรวจสอบนี้

P – ทำการตรวจสอบกิจกรรมดังกล่าวในแต่ละรอยเชื่อมของจุดต่อหรือองค์อาคาร

ตารางที่ 26 รายการตรวจสอบระหว่างการเชื่อม
(ข้อ 6.5.1)

รายการตรวจสอบระหว่างการเชื่อม	ควบคุม คุณภาพ	การประกัน คุณภาพ
ช่างเชื่อมเป็นไปตามคุณสมบัติที่กำหนด	○	○
ตรวจสอบคุณภาพของลวดเชื่อม ● การบรรจุหีบห่อ ● ลวดเชื่อมละลายได้ดี	○	○
ไม่มีรอยร้าวระหว่างการเชื่อม	○	○
สภาพแวดล้อม ● ความเร็วลมไม่เกินที่กำหนด ● ความสม่ำเสมอของกระแสไฟและอุณหภูมิ	○	○
รายการประกอบแบบรอยเชื่อม ● การติดตั้งอุปกรณ์การเชื่อม ● ความเร็วในการเชื่อม ● การเลือกวัสดุตามที่กำหนดในแบบ ● ชนิดของแก๊ส และอัตราการไหล ● มีการให้ความร้อนก่อน ● อุณหภูมิระหว่างการเชื่อม (ค่าต่ำสุด/ค่าสูงสุด) ● ทำเชื่อม(ท่าราบ ท่าตั้ง ท่าระดับ ท่าเหนือศีรษะ)	○	○
เทคนิคการเชื่อม ● ความสะอาดระหว่าง และหลังเสร็จงาน ● ความเรียบของรอยเชื่อมหลังเสร็จงาน ● รอยเชื่อมมีคุณภาพตามที่กำหนดในงาน	○	○

○ – ตรวจสอบรายการเหล่านี้แบบสุ่ม กระบวนการทำงานไม่จำเป็นที่จะต้องชะลอเพื่อการตรวจสอบนี้

P – ทำการตรวจสอบกิจกรรมดังกล่าวในแต่ละรอยเชื่อมของจุดต่อหรือองค์อาคาร

ตารางที่ 27 รายการตรวจสอบหลังการเชื่อม
(ข้อ 6.5.1)

รายการตรวจสอบหลังการเชื่อม	ควบคุม คุณภาพ	การประกัน คุณภาพ
รอยเชื่อมสะอาด	O	O
ขนาด ความยาว ตำแหน่ง ของรอยเชื่อมถูกต้องตามแบบ	P	P
รอยเชื่อมผ่านคุณสมบัติการตรวจพินิจ ● ไม่มีรอยแตกร้าว ● รอยเชื่อม ความสม่ำเสมอ ● ช่องเปิดของหน้าตัด ● ผิวหลังการเชื่อม ● ขนาดรอยเชื่อม ● ผิวหลังการตัด ● ความพรุน	P	P
เชื่อมโค้ง	P	P
K - Area	P	P
เอาค้ายันออก หรือเอาที่เชื่อมค้ำออก (ถ้าต้องการ)	P	P
งานซ่อม	P	P
เอกสารส่งงาน หรือปฏิสรรอยเชื่อมของชิ้นส่วน	P	P

O – ตรวจสอบรายการเหล่านี้แบบสุ่ม กระบวนการทำงานไม่จำเป็นที่จะต้องชะลอเพื่อตรวจสอบนี้

P – ทำการตรวจสอบกิจกรรมดังกล่าวในแต่ละรอยเชื่อมของจุดต่อหรือองค์อาคาร

6.5.2 การตรวจสอบรอยต่อสลักเกลียวกำลังสูง

สังเกตการติดตั้งสลักเกลียว อันดับแรกตรวจสอบวัสดุ กระบวนการ และช่างฝีมือ ให้เป็นไปตามรายการประกอบแบบ ในข้อต่อขันแน่นพอดี ขึ้นเตรียมการทดสอบ ระหว่างการติดตั้ง และหลังการติดตั้งแสดงในตารางที่ 28 - 30

ตารางที่ 28 รายการตรวจสอบก่อนการติดตั้งสลักเกลียว
(ข้อ 6.5.2)

รายการตรวจสอบก่อนการติดตั้งสลักเกลียว	ควบคุม คุณภาพ	การประกัน คุณภาพ
เอกสารรับรองวัสดุยึดที่ทางโรงงานรับรองมา	O	P
วัสดุยึดต้องมีเครื่องหมายตามข้อกำหนดของ ASTM	O	O
ตรวจสอบคุณสมบัติของวัสดุยึด (ชนิด, ชั้นคุณภาพ, ความยาวสลักเกลียว ถ้าเกลียวอยู่ใน ระนาบแรงเฉือน)	O	O
ขั้นตอนการติดตั้งตามแบบรายละเอียดของข้อต่อ	O	O
จุดต่อชิ้นส่วน รวมถึงการเตรียมพื้นผิว รูเจาะะ เป็นไปตามข้อกำหนด	O	O
ก่อนติดตั้งควรทดสอบประกอบชิ้นส่วน เพื่อสังเกตตามเอกสารประกอบของอุปกรณ์ยึด และวิธีการติดตั้ง	P	O
การกองเก็บสลักเกลียว แป้นเกลียว แหวนรอง และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ	O	O

- O – ตรวจสอบรายการเหล่านี้แบบสุ่ม กระบวนการทำงานไม่จำเป็นต้องชะลอเพื่อตรวจสอบนี้
P – ทำการตรวจสอบกิจกรรมดังกล่าวในแต่ละรอยเชื่อมของจุดต่อหรือองค์อาคาร

ตารางที่ 29 รายการตรวจสอบระหว่างการติดตั้งสลักเกลียว
(ข้อ 6.5.2)

รายการตรวจสอบระหว่างการติดตั้งสลักเกลียว	ควบคุม คุณภาพ	การประกัน คุณภาพ
อุปกรณ์ยึด ติดตั้งในทุกจุด มีแหวนรอง (ถ้าระบุในแบบ) อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง	O	O
ข้อต่อมีการขันแน่นก่อนรับแรงดึง	O	O
อุปกรณ์ยึดยังไม่ถูกขันด้วยประแจ	O	O
อุปกรณ์ยึดรับแรงดึงก่อน	O	O

- O – ตรวจสอบรายการเหล่านี้แบบสุ่ม กระบวนการทำงานไม่จำเป็นต้องชะลอเพื่อตรวจสอบนี้
P – ทำการตรวจสอบกิจกรรมดังกล่าวในแต่ละรอยเชื่อมของจุดต่อหรือองค์อาคาร

ตารางที่ 30 รายการตรวจสอบหลังการติดตั้งสลักเกลียว

(ข้อ 6.5.2)

รายการตรวจสอบก่อนการติดตั้งสลักเกลียว	ควบคุม คุณภาพ	การประกัน คุณภาพ
เอกสารตรวจรับงานหรือปฏิเสธ การติดตั้งสลักเกลียว	P	P

O – ตรวจสอบรายการเหล่านี้แบบสุ่ม กระบวนการทำงานไม่จำเป็นที่จะต้องชะลอเพื่อตรวจสอบนี้

P – ทำการตรวจสอบกิจกรรมดังกล่าวในแต่ละรอยเชื่อมของจุดต่อหรือองค์อาคาร

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิงเกี่ยวกับการเชื่อม (American Welding Society, AWS)

- (1) American Welding Society (AWS), “Structural Welding Code – Steel (AWS D1.1/D1.1M)”, 2010

เอกสารอ้างอิงเกี่ยวกับสลักเกลียว (American Society for Testing and Materials, ASTM)

- (1) American Society for Testing and Materials (ASTM), “Standard Specification for Structural Bolts, Steel, Heat Treated, 120/105 ksi Minimum Tensile Strength (ASTM A325 - 09a)”, 2009
- (2) American Society for Testing and Materials (ASTM), “Standard Specification for Heat - Treated Steel Structural Bolts, 150 ksi Minimum Tensile Strength (ASTM A490 - 09)”, 2009
- (3) American Society for Testing and Materials (ASTM), “Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Nuts (ASTM A563 - 07a)”, 2007
- (4) American Society for Testing and Materials (ASTM), “Standard Specification for Hardened Steel Washers (ASTM F436 - 09)”, 2009
- (5) American Society for Testing and Materials (ASTM), “Standard Specification for Compressible-Washer-Type Direct Tension Indicators for Use with Structural Fasteners (ASTM F959 - 09)”, 2009
- (6) American Society for Testing and Materials (ASTM), “Standard Specification for “Twist Off” Type Tension Control Structural Bolt/Nut/Washer Assemblies, Steel, Heat Treated, 120/105 ksi Minimum Tensile Strength (ASTM F1852 - 08)”, 2008
- (7) American Society for Testing and Materials (ASTM), “Standard Specification for “Twist Off” Type Tension Control Structural Bolt/Nut/Washer Assemblies, Steel, Heat Treated, 150 ksi Minimum Tensile Strength (ASTM F2280 - 08e1)”, 2008