



สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร

กรมโยธาธิการและผังเมือง

ถ.พระรามที่ 6 แขวงสามเสนใน

เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400

โทร. 0-2299-4363 โทรสาร 0-2299-4366

คู่มือการก่อสร้างอาคารเหล็ก โครงสร้างรูปพรรณ



กรมโยธาธิการและผังเมือง
กระทรวงมหาดไทย



คู่มือการก่อสร้างอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ

กรมโยธาธิการและผังเมือง
กระทรวงมหาดไทย

กรมโยธาธิการและผังเมือง
คู่มือการก่อสร้างอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ

ISBN 978-974-458-620-9

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2558

โดย สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร

กรมโยธาธิการและผังเมือง

ถ.พระรามที่ 6 แขวงสามเสนใน

เขตปทุมไท กรุงเทพฯ 10400

โทร. 0-2299-4321 โทรสาร 0-2299-4321

คณะผู้จัดทำคู่มือการก่อสร้างอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ

ที่ปรึกษาโครงการ

นายอดิศร มโนมัยอำรุงกุล

ผู้จัดการโครงการ

รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ยอดสุดใจ

บุคลากรหลัก

1. รองศาสตราจารย์ ดร.ตระกูล อร่ามรักษ์
2. รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีป ชัยสมภพ
3. รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ รุ่งทองใบสุรีย์
4. รองศาสตราจารย์ ดร.ปิยะ โชติกไกร
5. รองศาสตราจารย์ ดร.อัศววัชร เล่นวารี่
6. รองศาสตราจารย์ ดร.อภินิติ โชติสังกาศ
7. ดร.รังสรรค์ วงศ์จิรัฏฐ

บุคลากรสนับสนุน

1. นายอนุรักษ์ เทพกรณ์
2. นายสิทธิพนธ์ แก้วสว่าง
3. นางสาวพลอยเครือ แจ่มวิถึเลิศ
4. นางสาวสิรินัดดา บุญเป็ง

คณะกรรมการกำกับดูแลการปฏิบัติงานของที่ปรึกษา
เรื่อง คู่มือการก่อสร้างอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ

ประธานกรรมการ

นายสินธิ์ บุญสิทธิ์

ผู้อำนวยการสำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร

คณะกรรมการ

ดร.เสถียร เจริญเหรียญ

ผู้อำนวยการสำนักวิศวกรรมโครงสร้างและงานระบบ

รักษาการในตำแหน่งวิศวกรใหญ่

นายอนวัช บุรพาชน

วิศวกรโยธาเชี่ยวชาญ

นายวิบูลย์ ลิพัฒน์กิจ

วิศวกรโยธาเชี่ยวชาญ

นายกนก สุจริตสัจชัย

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 สุนทรขึ้น

วิศวกรโยธาปฏิบัติการ

ผู้ทรงคุณวุฒิในการจัดทำคู่มือการก่อสร้างอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ

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

คำนำ

การก่อสร้างอาคารหลักโครงสร้างรูปพรรณในปัจจุบันพบว่าผู้ทำการก่อสร้างมีรูปแบบการดำเนินงานที่แตกต่างหลากหลายวิธีขึ้นกับความถนัดและประสบการณ์การทำงานที่ผ่านมา อีกทั้งทักษะของแรงงานก็มีความหลากหลายแตกต่างกันไป ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพของงานอาคารหลักโครงสร้างรูปพรรณ และอาจทำให้ขาดการตรวจสอบและการควบคุมคุณภาพในขณะดำเนินการก่อสร้างอย่างเหมาะสมได้ กรมโยธาธิการและผังเมืองซึ่งเป็นหน่วยงานที่มีภารกิจในการกำหนดมาตรฐานการก่อสร้างอาคารจึงได้ร่วมกับมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์เป็นที่ปรึกษาโครงการจัดทำมาตรฐานการออกแบบและการก่อสร้างอาคารหลักโครงสร้างรูปพรรณ ทำการศึกษาและจัดทำ “คู่มือการก่อสร้างอาคารหลักโครงสร้างรูปพรรณ” เพื่อใช้เป็นแนวทางในการดำเนินการก่อสร้างและการตรวจสอบงาน รวมถึงการควบคุมคุณภาพอาคารโครงสร้างหลักรูปพรรณ เพื่อให้มั่นใจได้ว่าการก่อสร้างได้ดำเนินการตามวิธีที่เหมาะสม ถูกต้องตามหลักวิชาการ โครงสร้างมีความปลอดภัยและมีอายุการใช้งานเป็นไปตามที่กำหนด

กรมโยธาธิการและผังเมือง หวังเป็นอย่างยิ่งว่าการนำคู่มือการก่อสร้างอาคารหลักโครงสร้างรูปพรรณไปใช้ในทางปฏิบัติ จะช่วยให้อาคารหลักโครงสร้างรูปพรรณมีความมั่นคงแข็งแรงตามที่ออกแบบไว้ ซึ่งจะก่อให้เกิดความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนเพิ่มมากยิ่งขึ้น



(นายมนทล สุดประเสริฐ)

อธิบดีกรมโยธาธิการและผังเมือง

บทนำ

ในปัจจุบัน การก่อสร้างอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณในประเทศไทย ยังไม่มีข้อกำหนดที่ชัดเจนเกี่ยวกับขั้นตอนการปฏิบัติงาน ข้อกำหนดขั้นต่ำของการประกอบชิ้นงานและการติดตั้ง รวมถึงข้อกำหนดการตรวจสอบและการควบคุมคุณภาพ ซึ่งมีส่วนสำคัญต่อคุณภาพของอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ ในทางปฏิบัติผู้รับเหมาก่อสร้างมีรูปแบบและขั้นตอนการดำเนินงานที่แตกต่างหลากหลายวิธีขึ้นอยู่กับความถนัด อุปกรณ์ที่มีอยู่ รวมถึงประสบการณ์การทำงานที่ผ่านมา อีกทั้งยังขึ้นกับทักษะและประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติงานเป็นอย่างมาก การที่ยังไม่มีข้อกำหนดในการควบคุมคุณภาพและตรวจสอบงานก่อสร้างอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณในประเทศไทยนั้นส่งผลต่อความปลอดภัย และอายุการใช้งานของอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ ดังนั้น ควรที่จะกำหนดแนวทางการก่อสร้างอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณให้เป็นไปในทิศทางเดียวกันตามรายละเอียดในคู่มือการก่อสร้างอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณฉบับนี้

คู่มือการก่อสร้างอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณฉบับนี้ประกอบด้วย รายละเอียดการประกอบชิ้นงาน ความคลาดเคลื่อน การติดตั้ง และการควบคุมคุณภาพและการประกันคุณภาพ ทั้งนี้ เนื่องจากการปฏิบัติงานอาจมีความแตกต่างกันได้ตามประสบการณ์และวิธีการในการดำเนินงานของผู้ผลิตและผู้ประกอบชิ้นงานในแต่ละราย คู่มือฉบับนี้เป็นเพียงแนวทางในการควบคุมคุณภาพและการตรวจสอบเพื่อให้ได้ผลสัมฤทธิ์ตามที่ระบุ โดยวิธีในการดำเนินการอาจแตกต่างกันได้ในผู้ผลิตและผู้ประกอบชิ้นงานแต่ละราย สำหรับข้อแนะนำของงานเชื่อมจะประกอบไปด้วยข้อมูลเบื้องต้นสำหรับงานเชื่อม ซึ่งข้อมูลในคู่มือฯ จะอ้างอิงมาตรฐานงานเชื่อมของประเทศสหรัฐอเมริกา ตามมาตรฐาน AWS D1.1 Structural Welding Code – Steel สำหรับการตรวจสอบงานเชื่อมและงานการขันสลักเกลียว จะมีวิธีขั้นตอนแนะนำเพื่อที่จะมั่นใจได้ว่าผลงานอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณที่ประกอบขึ้นมีคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานที่สากล มีความปลอดภัย และมีอายุการใช้งานตามที่ระบุไว้

ในฐานะหัวหน้าโครงการจัดทำมาตรฐานการออกแบบและการก่อสร้างอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ ผมใคร่ขอขอบคุณคณะที่ปรึกษาทุกท่านที่ได้ร่วมกันดำเนินงานจนเสร็จลุล่วง และขอขอบคุณคณะกรรมการกำกับดูแลการปฏิบัติงานของที่ปรึกษาและผู้ทรงคุณวุฒิที่กรมโยธาธิการและผังเมืองแต่งตั้ง ประกอบด้วย ศาสตราจารย์ ดร.ทักษิณ เทพชาตรี รองศาสตราจารย์ ดร.การุณ จันทรางศุ รองศาสตราจารย์ ดร.สุทัศน์ ลีลาทวีวัฒน์ คุณธนา แก้วกระจำ และคุณสมภพ เฮนะเกษตร ที่ได้ให้คำชี้แนะในการจัดทำคู่มือฉบับนี้



(รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ยอดสุใจ)

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หัวหน้าโครงการฯ

สารบัญ

สารบัญ	i
สารบัญรูป	ii
สารบัญตาราง.....	iii
บทที่ 1 ทั่วไป.....	1
1.1 ขอบเขต	1
1.2 นิยาม	1
1.3 มาตรฐานอ้างอิง.....	3
บทที่ 2 การประกอบชิ้นงาน ความคลาดเคลื่อน และการติดตั้ง.....	5
2.1 แบบรายละเอียดประกอบการก่อสร้างและแบบรายละเอียดการประกอบชิ้นงาน	5
2.2 วัสดุ.....	5
2.3 การประกอบชิ้นงาน (fabrication).....	6
2.4 การทาสีจากโรงงาน	25
2.5 การจัดส่งวัสดุ.....	26
2.6 การติดตั้ง	27
2.7 อุปกรณ์ป้องกันสำหรับความปลอดภัยในการติดตั้ง	42
บทที่ 3 การควบคุมคุณภาพ และการประกันคุณภาพ.....	45
3.1 ขอบเขต	45
3.2 แผนการการควบคุมคุณภาพของผู้ประกอบชิ้นงาน และผู้ติดตั้ง	45
3.3 เอกสารของผู้ประกอบชิ้นงาน และผู้ติดตั้ง	46
3.4 บุคลากรสำหรับการตรวจสอบ และการทดสอบแบบไม่ทำลาย.....	47
3.5 ข้อกำหนดขั้นต่ำสำหรับการตรวจสอบอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ	48
3.6 ผู้ประกอบชิ้นงาน และผู้ติดตั้ง ที่ได้รับใบอนุญาต.....	59
3.7 วัสดุ และผลงานที่ไม่เป็นไปตามที่กำหนด.....	60
ภาคผนวก ก	63
ภาคผนวก ข.....	71

สารบัญรูป

รูปที่ 1	ตัวอย่างโคงหลังเต่า.....	6
รูปที่ 2	ตัวอย่างการตัดด้วยความร้อน	7
รูปที่ 3	ตัวอย่างมุมบรรจบ	7
รูปที่ 4	ตัวอย่างมุมบรรจบตัดเป็นแนวโคง.....	8
รูปที่ 5	ตัวอย่างรายละเอียดช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึง.....	9
รูปที่ 6	ระยะห่างในการเชื่อมชิ้นงานแบบบากร่อง	11
รูปที่ 7	ตัวอย่างการติดตั้งสลักเกลียวโดยใช้ตัววัดแรงดึงโดยตรง	21
รูปที่ 8	ตัวอย่างการเจาะรูระบาย.....	25
รูปที่ 9	ตัวอย่างการตรวจสอบแนวตั้งและการจัดแนวเสา	27
รูปที่ 10	ตัวอย่างการยึดเสาชั่วคราวด้วยลวดสลิงเพื่อให้เสามีเสถียรภาพ	28
รูปที่ 11	การยกคานโดยทั่วไป.....	29
รูปที่ 12	การยกคานที่มีช่วงยาวขึ้นประกอบด้วยการใช้ lifting beam.....	29
รูปที่ 13	การยกคานที่มีช่วงยาวขึ้นประกอบด้วยการใช้ spreader beam.....	30
รูปที่ 14	การยกคานที่ยาวมากและค่อนข้างเสียรูปง่ายด้วย spreader bar	30
รูปที่ 15	ตัวอย่างการยกคานประกอบขนาดใหญ่ (plate girder) ที่สูงและมีช่วงยาวมาก	31
รูปที่ 16	ตัวอย่างการจัดสถานที่ก่อสร้าง	32
รูปที่ 17	ตัวอย่างการเก็บสลักเกลียวและแป้นเกลียวในภาชนะบรรจุจนกว่าจะมีการใช้งาน.....	33
รูปที่ 18	ตัวอย่างการเก็บอุปกรณ์ยึดและเครื่องมือโดยใช้ชั้นเก็บของแบบ racking system.....	33
รูปที่ 19	ตัวอย่างการกองเก็บเหล็กรูปพรรณแยกตามหมวดหมู่.....	34
รูปที่ 20	ตัวอย่างการกองเก็บชิ้นงานหรือวัสดุ.....	34
รูปที่ 21	สมอยึด (anchor rod) แบบหล่อในที่ชนิดต่างๆ	38
รูปที่ 22	ตัวอย่างรายละเอียดการติดตั้งเสาบนสมอยึด (anchor rod) ชนิดมีการ grout	39
รูปที่ 23	ตัวอย่างการยึดคานด้วยลวดสลิงเพื่อกำยั้นคานขณะติดตั้งเพื่อป้องกันการเกิด การโก่งเดาะของคาน	41
รูปที่ 24	ตัวอย่างอุปกรณ์ความปลอดภัยสำหรับผู้ติดตั้ง	43
รูปที่ 25	ตัวอย่างอุปกรณ์ความปลอดภัย (ราวกันตก).....	43
รูปที่ 26	ตัวอย่างอุปกรณ์ความปลอดภัย (ตาข่ายกันตกรอบอาคารชนิดยึดกับโครงสร้าง ตามมาตรฐาน AS/NZS 4576)	44

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1	ขนาดขาคีลที่สุดของรอยเชื่อมพอก (fillet weld).....	12
ตารางที่ 2	ค่าแรงดึงต่ำสุดสำหรับสลักเกลียว.....	18
ตารางที่ 3	การหมุนแป้นเกลียวเพิ่มจากสภาวะขันแน่นพอดี (snug-tight condition) สำหรับการให้แรงดึงก่อนโดยวิธีหมุนแป้นเกลียว (turn-of-nut pretensioning)	19
ตารางที่ 4	ค่าแรงดึงต่ำสุดสำหรับการตรวจสอบสลักเกลียวก่อนการติดตั้ง.....	22
ตารางที่ 5	ข้อแนะนำสำหรับขนาดของรูเจาะบนแผ่นรองฐาน (base plate) สำหรับสมอยึด (anchor rod) ขนาดต่างๆ	24
ตารางที่ 6	รายการตรวจสอบก่อนการเชื่อม.....	50
ตารางที่ 7	รายการตรวจสอบระหว่างการเชื่อม	51
ตารางที่ 8	รายการตรวจสอบหลังการเชื่อม	52
ตารางที่ 9	รายการตรวจสอบก่อนการติดตั้งสลักเกลียว.....	56
ตารางที่ 10	รายการตรวจสอบระหว่างการติดตั้งสลักเกลียว	57
ตารางที่ 11	รายการตรวจสอบภายหลังการติดตั้งสลักเกลียว	58

บทที่ 1

ทั่วไป

1.1 ขอบเขต

คู่มือการก่อสร้างอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานก่อสร้างงานอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ ให้เป็นไปตามมาตรฐานอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณของกรมโยธาธิการและผังเมือง หรือมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง และคู่มือการออกแบบอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ และตัวอย่างประกอบ โดยมีเนื้อหาประกอบไปด้วยการประกอบชิ้นงาน การติดตั้งชิ้นงาน การควบคุมคุณภาพ และการประกันคุณภาพรวมถึงการตรวจสอบการประกอบและการติดตั้งชิ้นงาน

1.2 นิยาม

“การขันแน่นพอดี” (snug tight) หมายถึง การขันสลักเกลียวโดยความแน่นที่ได้จากการกระแทกเล็กน้อยจากประแจแบบกระแทก (impact wrench) หรือขันด้วยแรงเต็มที่ของผู้ประกอบชิ้นงานด้วยประแจแบบธรรมดา

“การตัดโดยใช้ความร้อน” (thermally cut) หมายถึง การตัดด้วยก๊าซ พลาสมา หรือเลเซอร์

“การทดสอบแบบไม่ทำลาย” (nondestructive testing) หมายถึง กระบวนการตรวจสอบหรือทดสอบโดยที่วัสดุไม่ถูกทำลาย หรือความสมบูรณ์ของวัสดุหรือชิ้นส่วนไม่ได้รับผลกระทบ

“การบาก” (cope) หมายถึง การตัดปีกขององค์อาคารโครงสร้างออก เพื่อให้สอดคล้องกับรูปร่างขององค์อาคารที่มาต่อ

“คาน” (beam) หมายถึง องค์อาคารที่ทำหน้าที่หลักในการรับน้ำหนักที่กระทำตามขวางกับแนวแกนตามยาว

“ความเค้นขุมขุม” (stress concentration) หมายถึง ความเค้นเฉพาะที่มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยมาก เกิดจากการเปลี่ยนแปลงรูปร่างอย่างทันทีทันใดหรือจากแรงกระทำเฉพาะที่

“โค้งหลังเต่า” (camber) หมายถึง การดัดหรือประกอบโครงสร้างให้โค้งขึ้นเพื่อเผื่อการแอ่นตัวเมื่อโครงสร้างรับน้ำหนัก

“ช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึง” (weld access hole) หมายถึง ช่องเจาะในแผ่นเอวที่ปลายคานเพื่อให้สามารถเชื่อมต่อระหว่างปีกของคานที่เจาะ และชิ้นส่วนต่อได้สะดวก

“ฐานเสา” (column base) หมายถึง การประกอบหน้าตัดทางโครงสร้าง แผ่นเหล็ก ตัวยึด สลักเกลียวแท่งเหล็ก ที่ฐานของเสา เพื่อใช้สำหรับส่งผ่านแรงระหว่างโครงสร้างเหล็กเหนือพื้นดินและฐานราก

“น้ำหนักบรรทุก” (load) หมายถึง แรงหรือการกระทำอื่นๆ ที่เกิดจากน้ำหนักของวัสดุอาคาร ผู้ใช้งาน ผลจากการเข้าใช้งาน ผลจากสภาพแวดล้อม การเคลื่อนตัวที่ต่างกันหรือระยะการยึดรั้งที่เปลี่ยนไป

“แบบรายละเอียดประกอบการก่อสร้าง” (shop drawing) หมายถึง เอกสารแสดงภาพ และข้อมูลของ โครงสร้าง องค์อาคาร จุดต่อ และอื่นๆ ที่มีรายละเอียดเหมาะสำหรับการประกอบ ติดตั้ง และก่อสร้าง

“ผิวสัมผัสระหว่างองค์อาคาร” (faying surface) หมายถึง ผิวสัมผัสระหว่างองค์อาคารที่รอยต่อ หรือบริเวณใกล้เคียงกับชิ้นส่วนต่อ

“แผ่นรอง” (backing, backing bar) หมายถึง แผ่นเหล็กที่ใช้รองด้านหลังหรือด้านล่างของรอยเชื่อม เพื่อป้องกันไม่ให้โลหะเชื่อมไหลออกจากรอยต่อ

“แผ่นรอง” (shim) หมายถึง แผ่นวัสดุบาง ใช้สำหรับเสริมในช่องว่างระหว่างผิวสัมผัส หรือผิวรับแรง แยกทาน

“มุมบรรจุ” (reentrant corner) หมายถึง ในการบากหรือช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึง หมายถึงการตัด ที่เปลี่ยนทิศทางอย่างทันทีทันใด มีลักษณะเว้า

“รอยต่อ” (connection) หมายถึง การรวมกันของชิ้นส่วนทางโครงสร้างและจุดต่อ สำหรับส่งผ่านแรง ระหว่างองค์อาคารสองชิ้นหรือมากกว่า

“รอยต่อแบบเลื่อนวิกฤต” (slip-critical connection) หมายถึง รอยต่อแบบสลักเกลียวที่ออกแบบให้ ด้านทานการเคลื่อนที่โดยแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของรอยต่อภายใต้แรงบีบจากสลักเกลียว

“รอยต่อแบบขันแน่นก่อน” (pretensioned joint) หมายถึง รอยต่อโดยใช้สลักเกลียวกำลังสูงขันจนได้ ค่าแรงไม่น้อยกว่าค่าแรงดึงขั้นต่ำที่ระบุ

“รอยต่อประเภทรับแรงแยกทาน” (bearing-type connection) หมายถึง รอยต่อแบบสลักเกลียวโดยที่ แรงเฉือนส่งผ่านด้วยแรงแยกทานของสลักเกลียวบนชิ้นส่วนรอยต่อ

“วิธีหมุนแป้นเกลียว” (turn-of-nut method) หมายถึง วิธีการซึ่งการขันแน่นก่อน (pre-tension) ในสลักเกลียวกำลังสูง ถูกควบคุมโดยรอบการหมุนของชิ้นส่วนอุปกรณ์ยึด โดยกำหนดจากจุดที่สลักเกลียว ถูกขันให้แน่นพอดี

“สมอยึด” (anchor rod) หมายถึง ส่วนประกอบที่เป็นเหล็กซึ่งฝังอยู่ในคอนกรีต ทำหน้าที่ส่งถ่ายน้ำหนัก กระทำภายนอกไปยังโครงสร้างคอนกรีต โดยอาศัยแรงแยกทาน แรงเฉือน แรงยึดเหนี่ยว แรงเสียดทาน หรือแรงข้างต้นร่วมกัน สมอยึดอาจเป็น แผ่นเหล็ก เหล็กขึ้นรูป แท่งเหล็ก สลักเกลียว ท่อ สลักเกลียวไม่มีหัว เหล็กเสริมที่ใช้ในโครงสร้างคอนกรีต สลักรับแรงเฉือน หรืออุปกรณ์ข้างต้นร่วมกัน

“เสา” (column) หมายถึง ชิ้นส่วนโครงสร้างแนวตั้งที่ทำหน้าที่ต้านทานแรงอัดตามแนวแกนเป็นหลัก

“การแซะ” (gouge) หมายถึง หลุม หรือร่องที่มีผิวค่อนข้างเรียบ เกิดจากการเสียรูปพลาสติก หรือจากการ เอาวัสดุออก

“อุปกรณ์ยึด” (fastener) หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้ในการยึดต่อหรือเชื่อมต่อ เช่น สลักเกลียว หรือหมุดย้ำ

“เอกสารการออกแบบ” (design document) หมายถึง เอกสารแสดงข้อมูล ข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ

1.3 มาตรฐานอ้างอิง

- 1.3.1 สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, “มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน (มอก. 1227-2558)”, 2558.
- 1.3.2 สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, “มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เหล็กโครงสร้างรูปพรรณกลวง (มอก. 107-2533)”, 2533.
- 1.3.3 กรมโยธาธิการและผังเมือง, “มาตรฐานคุณลักษณะเฉพาะของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร (มยพ. 1107)”, 2561.
- 1.3.4 กรมโยธาธิการและผังเมือง, “มาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว (มยพ. 1302)”, 2552.
- 1.3.5 กรมโยธาธิการและผังเมือง, “มาตรฐานความคงทนของอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ (มยพ. 1333)”, 2561.
- 1.3.6 กรมโยธาธิการและผังเมือง, “มาตรฐานการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงสร้างเหล็กรูปพรรณด้วยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย (มยพ. 1561 – มยพ. 1565)”, 2551.
- 1.3.7 กรมโยธาธิการและผังเมือง, “คู่มือการออกแบบอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ”, 2561.
- 1.3.8 American Institute of Steel Construction (AISC), “Specification for Structural Steel Buildings (ANSI/AISC 360-10)”, 2010.
- 1.3.9 American Institute of Steel Construction (AISC), “Code of Standard Practice for Steel Buildings and Bridges (AISC 303-10)”, 2010.
- 1.3.10 American Society for Testing and Materials (ASTM), “Standard Specification for Structural Bolts, Steel, Heat Treated, 120/105 ksi Minimum Tensile Strength (ASTM A325-09)”, 2009.
- 1.3.11 American Society for Testing and Materials (ASTM), “Standard Specification for Structural Bolts, Steel, Heat Treated 830 MPa Minimum Tensile Strength (Metric) (ASTM A325M-09)”, 2009.
- 1.3.12 American Society for Testing and Materials (ASTM), “Standard Specification for Heat-Treated Steel Structural Bolts, 150 ksi Minimum Tensile Strength (ASTM A490-08b)”, 2008.

- 1.3.13** American Society for Testing and Materials (ASTM), “Standard Specification for High-Strength Steel Bolts, Class 10.9 and 10.9.3, for Structural Steel Joints (Metric) (ASTM A490M-08)”, 2008.
- 1.3.14** 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.
- 1.3.15** American Society for Testing and Materials (ASTM), “Standard Specification for Compressible-Washer-Type Direct Tension Indicators for Use with Structural Fasteners (Metric) (ASTM F959M-07)”, 2007.
- 1.3.16** 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.
- 1.3.17** 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 F2280-08)”, 2008.
- 1.3.18** American Welding Society (AWS), “Structural Welding Code – Steel (ANSI/AWS D1.1/D1.1M)”, 2010.
- 1.3.19** Research Council on Structural Connections (RCSC), “Specification for Structural Joints Using High-Strength Bolts”, 2009.
- 1.3.20** Standards Australia, “Guideline for Scaffolding (AS/NZS 4576:1995)”, 1995.

บทที่ 2

การประกอบชิ้นงาน ความคลาดเคลื่อน และการติดตั้ง

ในบทนี้ จะอธิบายข้อกำหนดสำหรับแบบรายละเอียดประกอบการก่อสร้าง วัสดุ การประกอบชิ้นงาน การทาสีจากโรงงาน การจัดส่งวัสดุ การติดตั้ง และอุปกรณ์ป้องกันสำหรับความปลอดภัยในการติดตั้ง

2.1 แบบรายละเอียดประกอบการก่อสร้างและแบบรายละเอียดการประกอบชิ้นงาน

การเตรียมแบบรายละเอียดประกอบการก่อสร้างและแบบรายละเอียดการประกอบชิ้นงาน ควรแบ่งทำเป็นระยะๆ โดยแบบรายละเอียดประกอบการก่อสร้างจะต้องเตรียมให้เรียบร้อยก่อนการประกอบชิ้นงาน และให้ข้อมูลที่จำเป็นครบถ้วนสำหรับการประกอบชิ้นงานแต่ละชิ้นของโครงสร้าง โดยรวมถึงตำแหน่ง ชนิด และขนาด ของรอยเชื่อมและสลักเกลียว ส่วนแบบรายละเอียดการประกอบชิ้นงานจะต้องเตรียมให้เรียบร้อยก่อนการติดตั้งชิ้นงาน และให้ข้อมูลที่จำเป็นครบถ้วนสำหรับการติดตั้งชิ้นงานของโครงสร้าง แบบรายละเอียดประกอบการก่อสร้างและแบบรายละเอียดการประกอบชิ้นงาน จะต้องมีการระบุแยกให้ชัดเจนระหว่างการเชื่อมในโรงงานและการเชื่อมในสนาม รวมถึงการติดตั้งสลักเกลียว อีกทั้งจะต้องมีการระบุรอยต่อสลักเกลียวที่มีการขันให้เกิดแรงตึงก่อน และรอยต่อแบบเลื่อนวิฤติที่ใช้สลักเกลียวกำลังสูงอย่างชัดเจน แบบรายละเอียดประกอบการก่อสร้าง และแบบรายละเอียดการประกอบชิ้นงานจะต้องจัดเตรียมให้สัมพันธ์กับระยะเวลาในการปฏิบัติงานและความประหยัดในการประกอบชิ้นงาน และการติดตั้ง

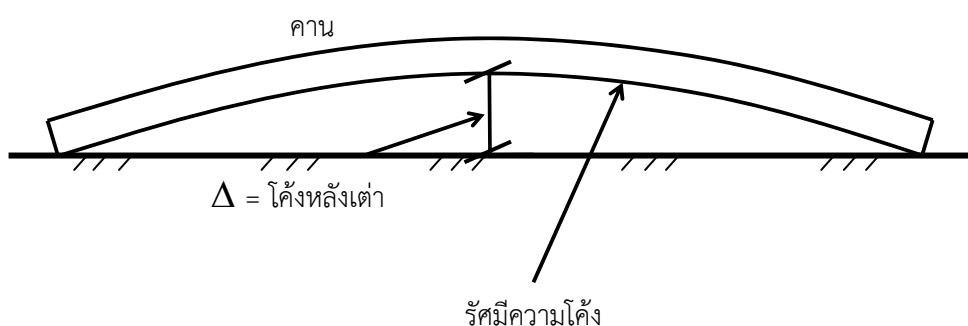
2.2 วัสดุ

- 1) วัสดุที่ใช้สำหรับงานโครงสร้างจะต้องมีคุณสมบัติไม่น้อยกว่าคุณสมบัติขั้นต่ำที่กำหนดไว้ในมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง เช่น มาตรฐานคุณลักษณะเฉพาะของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ เป็นต้น หรือวัสดุที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร ที่ระบุในหนังสือสัญญา
- 2) สามารถใช้รายงานผลการทดสอบวัสดุเป็นเอกสารยืนยันคุณภาพของวัสดุว่าตามข้อกำหนดที่ระบุ
- 3) วัสดุที่ไม่มีมาตรฐานกำกับ หรือมีมาตรฐานต่ำกว่าที่ระบุตามกฎหมายหรือมาตรฐานที่ใช้อยู่ หรือไม่มีผลการทดสอบเพื่อยืนยันคุณสมบัติ จะสามารถใช้ได้หากได้รับการอนุมัติจากตัวแทนของเจ้าของงานที่ดูแลด้านการออกแบบ

2.3 การประกอบชิ้นงาน (fabrication)

2.3.1 การตัดโค้งหลังเต่า (camber) การตัดโค้ง และการตัดให้ตรง

อนุญาตให้ใช้ความร้อนหรือวิธีการทางกลเฉพาะที่ ในการเสริมหรือปรับแก้โค้งหลังเต่า ความโค้ง และความตรง อุณหภูมิของบริเวณที่ถูกความร้อนไม่ควรเกิน 649 องศาเซลเซียส สำหรับเหล็กตามมาตรฐาน มอก. 1227 และ มอก. 107 ตัวอย่างโค้งหลังเต่าแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ตัวอย่างโค้งหลังเต่า

(ข้อ 2.3.1)

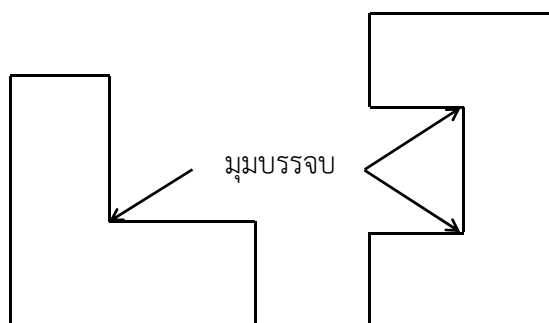
2.3.2 การตัดด้วยความร้อน

ขอบที่ถูกตัดด้วยความร้อนตามรูปที่ 2 จะต้องไม่ขรุขระเกินไป ไม่มีการแฉะ หรือรอยบาก รูปตัววีลึก ยกเว้นขอบอิสระที่ถูกตัดด้วยความร้อนซึ่งขอบนั้นไม่ต้องรับแรงกระทำซ้ำ (fatigue) จะต้องไม่มีการแฉะที่ลึกเกินกว่า 5 มิลลิเมตร และปราศจากรอยบากรูปตัววี สำหรับหลุมหรือรอยบากที่มีขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร จะต้องเอาออกโดยการเจียรหรือการเชื่อมกลับ

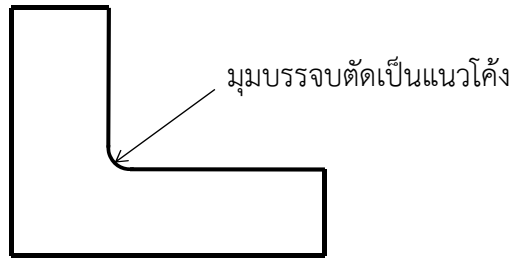


รูปที่ 2 ตัวอย่างการตัดด้วยความร้อน
(ข้อ 2.3.2)

มุมบรรจบ (reentrant corner) จะต้องตัดเป็นแนวโค้งรัศมีมีความโค้งไม่เกินค่าที่ต้องการในการยึดจุดต่อได้พอดี พื้นผิวสองพื้นผิวที่เกิดจากการตัดด้วยหัวตัดแก๊ส (torch cut) ที่มาบรรจบกันไม่นับเป็นความโค้ง ชิ้นส่วนสองชิ้นมาบรรจบที่จุดต่ออาจไม่จำเป็นที่จะต้องต่อเนื่องถ้าหากวัสดุทั้งสองด้านที่ต่อเข้ากับมุมบรรจบที่ไม่ต่อเนื่องมีการยึดกับชิ้นส่วน mating piece ที่สามารถป้องกันการเสียรูป และป้องกันการเกิดความเค้นขมขืนที่เกี่ยวข้องที่มุมได้ รูปที่ 3 แสดงตัวอย่างมุมบรรจบ และรูปที่ 4 แสดงตัวอย่างการตัดมุมบรรจบเป็นแนวโค้ง



รูปที่ 3 ตัวอย่างมุมบรรจบ
(ข้อ 2.3.2)

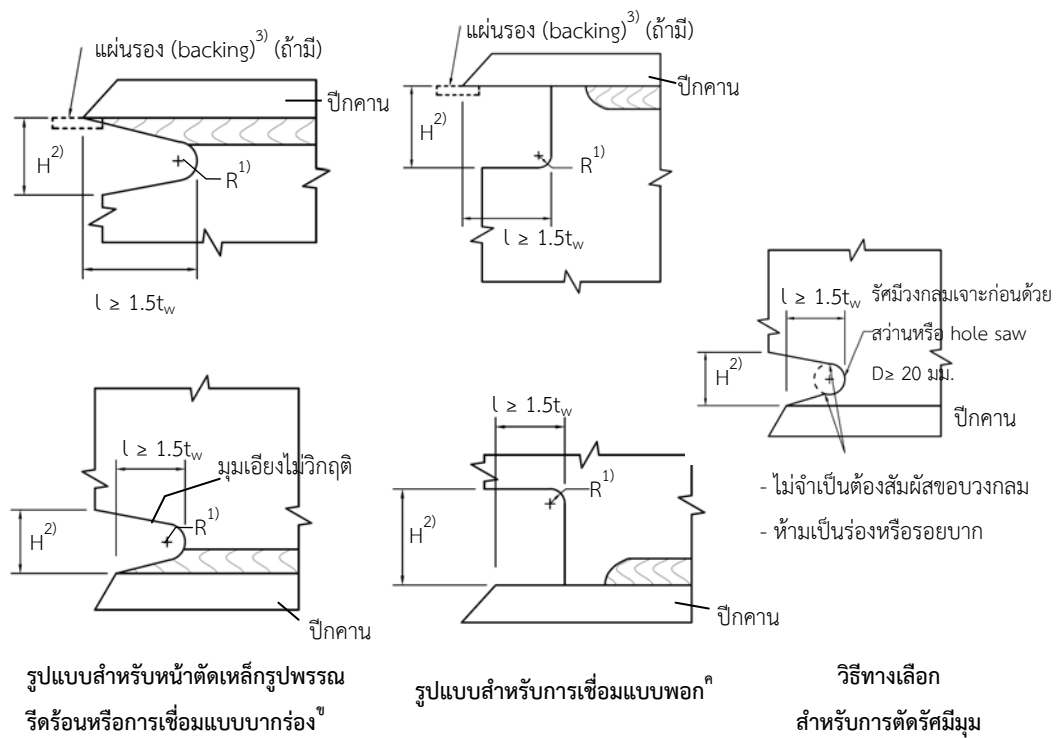


รูปที่ 4 ตัวอย่างมุมบรรจบตัดเป็นแนวโค้ง

(ข้อ 2.3.2)

ช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึงตามรูปที่ 5 จะต้องมีลักษณะเป็นไปตามข้อกำหนดทางเรขาคณิตตามข้อกำหนดในคู่มือการออกแบบอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ ของกรมโยธาธิการและผังเมือง หรือมาตรฐานอื่นที่เกี่ยวข้องและมีข้อกำหนดดังนี้

- 1) การบากปลายคานและช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึง ในหน้าตัดที่จะทำการกลวไนซ์ จะต้องชัดเจนเห็นผิวเงาวาวของเนื้อโลหะ
- 2) สำหรับหน้าตัดเหล็กรูปพรรณที่มีความหนาปีกไม่เกิน 50 มิลลิเมตร ความหยาบของผิวบากที่ตัดด้วยความร้อนจะต้องมีค่าไม่เกินความหยาบของผิวที่ 50 ไมโครเมตร
- 3) การบากปลายคานและตัดช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึงถูกตัดด้วยความร้อน สำหรับหน้าตัดเหล็กรูปพรรณที่มีความหนาปีกเกิน 50 มิลลิเมตร และหน้าตัดประกอบที่เกิดจากการเชื่อมวัสดุที่มีความหนาเกิน 50 มิลลิเมตร จะต้องมีการให้ความร้อนเบื้องต้นที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 66 องศาเซลเซียส ก่อนการตัดด้วยความร้อน
- 4) ผิวของส่วนโค้งของช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึงของหน้าตัดเหล็กรูปพรรณที่มีความหนาปีกเกิน 50 มิลลิเมตร และหน้าตัดประกอบที่วัสดุมีความหนาเกิน 50 มิลลิเมตร ที่ถูกตัดด้วยความร้อนจะต้องมีการเจียรให้เรียบ



หมายเหตุ

- 1) เส้นรัศมีจะต้องต่อเนื่องจากเส้นตรง ไม่มีร่องหรือรอยบาก $R \geq 10$ มม. (ปกติใช้ 12 มม.)
- 2) h_{min} = ค่าที่มากกว่าของ 20 มม. และ t_w (ความหนาแผ่นเอว) และมีค่าไม่เกิน 50 มม.
- 3) เป็นรูปแบบทั่วไปสำหรับรอยต่อที่เชื่อมด้านเดียวบนแผ่นรอง
 - การตัดช่องเปิด กระทำหลังจากที่เชื่อมแผ่นเอวเข้ากับปีกแล้ว
 - การตัดช่องเปิด กระทำก่อนการเชื่อมแผ่นเอวเข้ากับปีก และห้ามเชื่อมวกกลับผ่านช่องเปิด
 - สำหรับหน้าตัดเหล็กรูปพรรณรีดร้อนที่มีความหนาปีกมากกว่า 50 มม. และหน้าตัดประกอบ (built-up shape) ที่มีความหนาแผ่นเอวเกิน 40 มม. จะต้องมีการให้ความร้อนก่อน (preheat) ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ก่อนการตัดด้วยความร้อน และจะต้องมีการเจียรและตรวจสอบช่องเปิดที่ตัดด้วยความร้อนด้วยวิธี MT หรือ PT ก่อนการเชื่อมแบบบากรองระหว่างปีกและแผ่นเอว

รูปที่ 5 ตัวอย่างรายละเอียดช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึง

(ข้อ 2.3.2)

2.3.3 การตกแต่งขอบให้เรียบ (planning of edges)

ที่ขอบของหน้าตัดหรือแผ่นเหล็กที่ตัดโดยใช้ความร้อนหรือการเฉือนไม่จำเป็นที่จะต้องมีการตกแต่งให้เรียบหรือการตกแต่งขั้นสุดท้าย ยกเว้นมีการกำหนดไว้เป็นพิเศษในเอกสารการก่อสร้างหรือมีการระบุเป็นเงื่อนไขสำหรับการเตรียมผิวสำหรับการเชื่อม

2.3.4 การก่อสร้างโดยใช้การเชื่อม

วิธีการเชื่อม ทักษะการทำงาน รูปร่างลักษณะและคุณภาพของงานเชื่อม และวิธีการที่ใช้ในการแก้ไขงานที่ไม่เป็นไปตามที่ระบุ จะต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับที่ระบุในสัญญาหรือเอกสารการก่อสร้าง เช่น มาตรฐาน AWS D1.1/D1.1M หรือตามรายละเอียดที่ระบุดังนี้

1) สภาพแวดล้อมของการเชื่อม

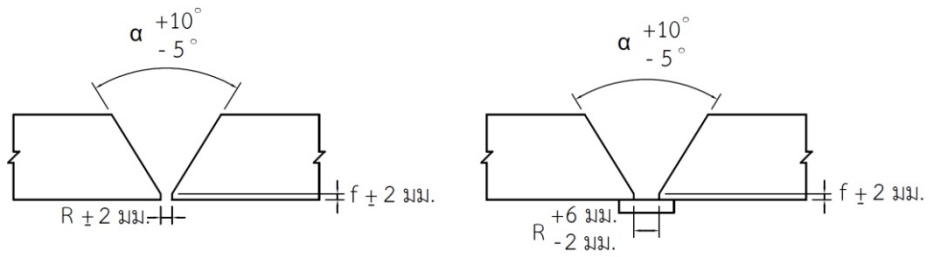
ก) สำหรับการเชื่อมแบบ GMAW GTAW EGW หรือ FCAW-G ไม่อนุญาตให้ทำงานเชื่อมหากมีลมพัดแรง ยกเว้นหากมีอุปกรณ์ป้องกันที่เหมาะสมที่สามารถจำกัดความเร็วลมไม่เกิน 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมงในจุดที่ทำการเชื่อมและบริเวณใกล้เคียง

ข) ไม่อนุญาตให้ทำงานเชื่อม ในกรณีดังนี้

- อุณหภูมิสภาพแวดล้อมของชิ้นงานและบริเวณรอบๆ ต่ำกว่า -20 องศาเซลเซียส หรือ
- พื้นผิวชิ้นงานเปียกชื้น หรือมีฝนหรือหิมะตกใส่
- ลมแรง
- เมื่อช่างฝีมืองานเชื่อมต้องอยู่ในสภาวะที่อันตราย หรือสภาพแวดล้อมที่รุนแรง

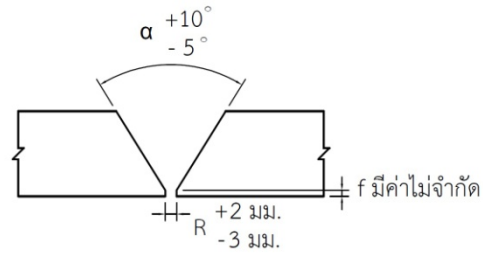
2) ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับงานเชื่อมชิ้นส่วนโครงสร้างเหล็ก

ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ของระยะต่างๆ ในการเชื่อมชิ้นงานแบบบากร่อง กำหนดตามรูปที่ 6



กรณี (ก) ไม่มีชิ้นงานปิดร่อง บากชิ้นงานในแนวตั้ง
ได้ 2 มิลลิเมตร

กรณี (ข) มีชิ้นงานปิดร่อง



กรณี (ค) ไม่มีชิ้นงานปิดร่อง บากชิ้นงานในแนวตั้งได้มากกว่า
2 มิลลิเมตร

รูปที่ 6 ระยะห่างในการเชื่อมชิ้นงานแบบบากร่อง

(ข้อ 2.3.4)

3) ขนาดขาคีที่สุดของรอยเชื่อมพอก (fillet weld)

ขนาดขาคีที่สุดของรอยเชื่อมพอก เป็นไปตามตารางที่ 1 ยกเว้นมีการระบุขนาดรอยเชื่อม
ที่ใหญ่กว่าในเอกสารการก่อสร้าง

ตารางที่ 1 ขนาดขาคเล็กสุดของรอยเชื่อมพอก (fillet weld)
(ข้อ 2.3.4)

ขนาดของชิ้นงานเชื่อม		ขนาดขาคเล็กสุดของรอยเชื่อม ¹⁾	
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

¹⁾ ทั้งนี้ไม่เกินความหนาของวัสดุบางสุดที่นำมาเชื่อม

4) สภาพงานเชื่อม

รอยเชื่อมทุกแนว ควรปราศจากรอยร้าว รอยเชื่อมเหลื่อม และต้องมีสภาพความต่อเนื่องของรอยเชื่อม ยกเว้นที่อนุญาตหรือระบุเป็นอย่างอื่น โดยจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. 1561-51 ถึง มยผ. 1565-51 มาตรฐานการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงสร้างเหล็กรูปพรรณด้วยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

5) งานซ่อมรอยเชื่อม

ในการกำจัดรอยเชื่อมหรือส่วนหนึ่งของวัสดุฐานออก อาจดำเนินการโดยการกลึง การเจียร การขัด การถาก การตัดออก หรือการแช่ โดยจะต้องไม่ทำให้เกิดรอยบากหรือเกิดการแช่ในรอยเชื่อมหรือในวัสดุฐานบริเวณใกล้เคียง การกำจัดรอยเชื่อมที่ใช้ไม่ได้จะต้องระวังไม่ให้วัสดุฐานถูกกำจัดออกมากเกินไป หลังจากกำจัดรอยเชื่อมออกแล้วจะต้องทำความสะอาดผิวก่อนทำการเชื่อมใหม่ รอยเชื่อมใหม่จะต้องเชื่อมชดเชยส่วนที่ขาดหายไป

ก) ทางเลือกของผู้รับจ้าง สามารถเลือกจัดการรอยเชื่อมที่ไม่ผ่านเกณฑ์โดยวิธีการซ่อมรอยเชื่อมหรือวิธีการกำจัดรอยเชื่อมออกหมดแล้วเชื่อมใหม่ ยกเว้นหากเป็นไปตามข้อ ค) จะต้องมีการทดสอบรอยเชื่อมที่ได้รับการซ่อมแซมหรือรอยเชื่อมที่มีการกำจัดรอยเชื่อมเก่าออกและเชื่อมใหม่ด้วยวิธีการเดียวกับที่ใช้ในตอนแรก โดยเทคนิคและเกณฑ์การยอมรับจะต้องเหมือนเดิม ในกรณีที่ผู้รับจ้างใช้วิธีการซ่อมรอยเชื่อม จะต้องดำเนินการดังนี้

- รอยเกย รอยเชื่อมโค้งงอเกินไป หรือรอยเชื่อมส่วนเกิน วัสดุเชื่อมส่วนเกินจะต้องถูกกำจัดออกไป

- รอยเชื่อมโค้งเว้าเกินไป หรือหลุมที่จุดหยุดรอยเชื่อม (crater) รอยเชื่อมไม่ได้ขนาด รอยกัดแหว่ง (undercut) จะต้องมีการเตรียมพื้นผิวตามหัวข้อ 2.3.4 ข้อ 9) แล้วเชื่อมเติม
 - การหลอมละลายไม่สมบูรณ์ เกิดรูพรุนในรอยเชื่อมมากเกินไป หรือมีสแลก ในรอยเชื่อม จะต้องกำจัดออกไปแล้วเชื่อมใหม่
 - หากเกิดรอยร้าวในรอยเชื่อมหรือวัสดุฐาน จะต้องมีการตรวจสอบความยาวของ รอยร้าวโดยการใช้อุปกรณ์วัด การตรวจสอบด้วยผงแม่เหล็ก การทดสอบด้วย สารแทรกซึม หรือการทดสอบอื่นที่เหมาะสม รอยร้าวและส่วนที่ไม่เกิดรอยร้าว เลี่ยงจากปลายรอยร้าวไป 50 มิลลิเมตร จะต้องถูกกำจัดออกแล้วเชื่อมใหม่
- ข) ข้อกำหนดของอุณหภูมิที่ใช้ในการเชื่อมด้วยความร้อนเฉพาะที่ ขึ้นงานที่เกิดการบิดตัว ซึ่งเป็นผลจากการเชื่อมจะต้องทำให้ตรงด้วยวิธีทางกลหรือใช้การให้ความร้อนเฉพาะที่ แบบจำกัด อุณหภูมิบริเวณที่ให้ความร้อนเมื่อวัดด้วยเครื่องมือที่เหมาะสมจะต้องไม่เกิน 600 องศาเซลเซียส สำหรับเหล็กชุบแข็งและอบคืนไฟ (quenched and tempered steel) หรือไม่เกิน 650 องศาเซลเซียส สำหรับเหล็กอื่นๆ ขึ้นส่วนที่ให้ความร้อน เพื่อตัดให้ตรงจะต้องปราศจากความเค้นและแรงภายนอก ยกเว้นความเค้นนั้นเป็นผลจาก วิธีทางกลที่ใช้ทำให้ชิ้นส่วนตรงที่ใช้ร่วมกับวิธีการให้ความร้อนนั้น
- ค) การอนุมัติโดยวิศวกร จะต้องได้รับอนุมัติจากวิศวกรก่อนที่จะดำเนินการเชื่อมแซม สำหรับการเชื่อมแซมที่ลึกถึงวัสดุฐาน การเชื่อมแซมรอยร้าวขนาดใหญ่หรือรอยร้าว ที่เกิดในภายหลัง การเชื่อมแซมรอยเชื่อมที่เชื่อมด้วยกรรมวิธี ESW และ EGW ที่มีข้อบกพร่องภายใน หรือการแก้ไขแบบเพื่อขจัดความบกพร่องที่เกิดขึ้น และจะต้องมี การแจ้งวิศวกรก่อนที่จะดำเนินการตัดแยกชิ้นส่วนที่เชื่อมแล้ว
- 6) รอยเชื่อมที่เข้าไม่ถึง

หากมีการเชื่อมเกิดขึ้นภายหลังจากที่มีรอยเชื่อมที่ไม่ผ่านเกณฑ์ และการเชื่อมดังกล่าว ทำให้ไม่สามารถเข้าถึงหรือเกิดอุปสรรคที่อาจทำให้เป็นอันตรายหากจะดำเนินการซ่อมแซม รอยเชื่อมที่ไม่ผ่านเกณฑ์ดังกล่าว หรือเมื่อซ่อมแล้วไม่ได้ผล จะต้องดำเนินการคืนสภาพบริเวณ ดังกล่าวให้เหมือนในสภาวะที่ยังไม่มีการเชื่อมชิ้นส่วนที่เกิดขึ้นภายหลังนั้น โดยอาจนำชิ้นส่วน หรือรอยเชื่อมออกก่อนที่จะทำการซ่อมแซมแก้ไขรอยเชื่อมที่ไม่ผ่านเกณฑ์นั้น หากไม่ดำเนินการซ่อมแซมรอยเชื่อมที่ไม่ผ่านเกณฑ์นี้ จะต้องมีการดำเนินการอื่นเพิ่มเติมเพื่อ ขจัดความบกพร่องที่เกิดขึ้นโดยจะต้องดำเนินการตามแบบแก้ไขที่ได้รับการอนุมัติแล้ว

7) การ peening

การ peening คือ การตีหรือทุบด้วยวัสดุปลายมน โดยอนุญาตให้ใช้การ peening เพื่อควบคุมหน่วยแรงจากการหดตัว (shrinkage stress) ที่รอยเชื่อมชั้นกลาง ในรอยเชื่อมที่หนาได้ เพื่อป้องกันการแตกร้าวหรือการบิดตัว ห้ามใช้การ peening ที่ชั้นแรกและที่ชั้นนอกสุดของรอยเชื่อม หรือที่ขอบของรอยเชื่อมบนวัสดุฐาน ยกเว้นที่ยอมให้ และจะต้องระวังการเกยกันหรือการเกิดรอยร้าวของรอยเชื่อมหรือวัสดุฐาน

การใช้ค้อนตอกตะกรัน หรือสว่า หรือใช้เครื่องสั่นสะเทือนแบบเบาเพื่อกำจัดตะกรันออก ไม่ถือว่าเป็นการ peening

8) การ caulking

การ caulking คือการทำให้เกิดการเสียรูปแบบพลาสติก (plastic deformation) ของรอยเชื่อมและผิวของวัสดุฐานด้วยวิธีทางกลเพื่อปิดทับหรือปิดบังความไม่ต่อเนื่อง โดยห้ามใช้การ caulking ในวัสดุฐานที่มีค่ากำลังครากต่ำสุดระบุสูงกว่า 345 เมกะปาสกาล

สำหรับวัสดุฐาน ที่มีกำลังครากต่ำสุดระบุ 345 เมกะปาสกาล หรือต่ำกว่า สามารถใช้วิธีการ caulking ได้เมื่อ

- ก) ได้ดำเนินการตรวจสอบรอยเชื่อมทั้งหมดตามข้อกำหนดหรือมาตรฐานที่ระบุที่เกี่ยวข้อง เช่น มยผ. 1561-51 ถึง 1565-51 แล้ว และผลเป็นที่ยอมรับ
- ข) การ caulking จำเป็นสำหรับการป้องกันความเสียหายของชั้นเคลือบ
- ค) ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการได้จากวิศวกรผู้ควบคุมทั้งในด้านวิธีการและข้อจำกัดของการ caulking

9) การทำความสะอาดรอยเชื่อม (weld cleaning)

- ก) การทำความสะอาดในระหว่างกระบวนการเชื่อม ก่อนการเชื่อมทับโลหะที่เดิมแล้ว จะต้องกำจัดตะกรัน ทำความสะอาดรอยเชื่อมและวัสดุฐานด้วยแปรงหรืออุปกรณ์อื่นที่เหมาะสม ข้อกำหนดนี้ครอบคลุมรอยเชื่อมชั้นถัดๆ ไป และแนวเชื่อมถัดๆ ไป รวมถึงพื้นที่หลุมรอยเชื่อมที่จุดเริ่มต้นการเชื่อมหลังจากที่การเชื่อมหยุดไป และเริ่มกลับมาเชื่อมใหม่
- ข) การทำความสะอาดรอยเชื่อมที่สมบูรณ์แล้ว ควรกำจัดตะกรันออกจากรอยเชื่อมที่สมบูรณ์ ควรทำความสะอาดรอยเชื่อมและวัสดุฐานที่ต่อเนื่องกันด้วยแปรงหรืออุปกรณ์อื่น

ที่เหมาะสม ยอมให้มีสะเก็ดเชื่อมที่ยึดติดแน่นหลังจากกระบวนการทำความสะอาดได้ ยกเว้นมีข้อกำหนดที่ต้องกำจัดออกเพื่อการทดสอบแบบไม่ทำลาย การทาสีจุดต่อด้วยการเชื่อม จะต้องรอให้การเชื่อมเสร็จสิ้นสมบูรณ์ มีการตรวจสอบและรับรองก่อนจึงจะทาสีได้

2.3.5 การก่อสร้างโดยใช้สลักเกลียว

จะต้องมีเอกสารจากผู้ผลิตเพื่อรับรองคุณสมบัติของสลักเกลียว แป้นเกลียว แหวน และอุปกรณ์อื่นๆ ว่าได้มาตรฐานตามที่ระบุในเอกสารการก่อสร้าง สำหรับให้วิศวกรผู้ควบคุมงานหรือผู้ตรวจสอบได้ตรวจสอบก่อนการประกอบหรือติดตั้งชิ้นงาน และสลักเกลียว แป้นเกลียว และแหวนที่ใช้ร่วมกันควรจะมาจากผู้ผลิตเดียวกัน

ชิ้นส่วนขององค์อาคารที่ต่อกันด้วยสลักเกลียวจะต้องยึดแน่นติดกันด้วยหมุดหรือสลักเกลียว ขณะทำการประกอบ การใช้สลักปรับแนว (drift pin) ในรูเจาะสลักเกลียวขณะที่ทำการประกอบ จะต้องไม่ทำให้โลหะเสียรูป หรือทำให้รูเจาะใหญ่ขึ้น

รูเจาะขนาดปกติสำหรับสลักเกลียวมีขนาดใหญ่กว่าขนาดสลักเกลียว 1.5 มิลลิเมตร สำหรับรูเจาะประเภทอื่น ให้เป็นไปตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง หรืออยู่ในดุลพินิจของวิศวกรผู้ควบคุม

ในส่วนที่ยอมให้ใช้วิธีการเจาะรูด้วยความร้อน จะยอมให้ผิวไม่เรียบได้ไม่เกิน 25 ไมโครเมตร การแซะ (gouge) ความลึกต้องไม่เกิน 2 มิลลิเมตร และสามารถใช่วิธีการเจาะรูด้วยวิธีใช้แรงดันน้ำได้

สามารถใช้การเจาะรูโดยใช่วิธีการเจาะรูด้วยความร้อนที่มีการควบคุมด้วยวิธีทางกล (mechanically guided mean) สำหรับรอยต่อที่รับแรงกระทำเชิงสถิตย์

สามารถใช้การเจาะรูโดยใช่วิธีการเจาะรูด้วยความร้อนที่ไม่ได้ควบคุมด้วยวิธีทางกล เช่น การเจาะแบบควบคุมด้วยมือโดยอิสระ (free hand) สำหรับรอยต่อที่รับแรงกระทำเชิงสถิตย์ได้ หากได้รับอนุมัติจากวิศวกรผู้ควบคุม

สามารถใช้การเจาะรูโดยใช่วิธีการเจาะรูด้วยความร้อนสำหรับรอยต่อที่รับแรงกระทำซ้ำ (cyclically loaded joint) ได้หากได้รับอนุมัติจากวิศวกรผู้ควบคุม

สามารถใช้แผ่นรองปรับระดับ แบบ finger shim สอดแบบเต็มแผ่น ความหนารวมไม่เกิน 6 มิลลิเมตร ภายในจุดต่อได้ โดยไม่ทำให้กำลังที่ใช้ออกแบบเปลี่ยนแปลง (ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของ

รูเจาะ) สำหรับการออกแบบรอยต่อ ทิศทางการวางแผ่นรองปรับระดับนั้นไม่ขึ้นกับทิศทางของ น้ำหนักบรรทุกที่กระทำ

การใช้งานสลักเกลียวกำลังสูงจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดหรือมาตรฐานที่เกี่ยวข้องสำหรับ สลักเกลียว

ก่อนทำการติดตั้ง จะต้องเก็บรักษาอุปกรณ์ยึดและอุปกรณ์ประกอบต่างๆ อย่างเหมาะสม ปราศจากฝุ่นละออง และความชื้น เก็บในภาชนะปิด ในสถานที่ที่จะทำการประกอบหรือติดตั้ง นำอุปกรณ์ยึดออกมาจากภาชนะที่เก็บเท่าที่จำเป็นต้องใช้ในแต่ละช่วง หากมีอุปกรณ์ยึดเหลือจากการใช้งานในแต่ละช่วง ให้เก็บกลับเข้าไปในภาชนะปิดดั้งเดิมทันทีที่หมดช่วงเวลางานนั้น ไม่ทำความสะอาดหรือแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ยึดให้ต่างไปจากสภาพที่ได้รับจากผู้ผลิต

ไม่นำอุปกรณ์ยึดที่สกรปรกหรือเกิดสนิมมาใช้ในการประกอบติดตั้งชิ้นงาน ยกเว้นแต่จะทำได้ทำความสะอาด หล่อลื่นและทำการทดสอบก่อนการติดตั้งเพื่อยืนยันคุณสมบัติของอุปกรณ์ยึดนั้นๆ ว่าเป็นไปตามคุณสมบัติที่กำหนดแล้ว ทั้งนี้ไม่อนุญาตให้ทำการหล่อลื่นสลักเกลียว ASTM F1852 และ F2280 Twist-off-type tension control bolt เอง หากมีความจำเป็น จะต้องดำเนินการ โดยผู้ผลิตเท่านั้น

ไม่อนุญาตให้มีการใช้ซ้ำสำหรับสลักเกลียวชั้นคุณภาพ ASTM A490, ASTM F1852 และ F2280 twist-off-type tension control bolt, และ ASTM A325 ชนิดกัลวาไนซ์ (galvanized) หรือชนิด Zn/Al inorganic coated และอนุญาตให้ใช้สลักเกลียวสีดำชั้นคุณภาพ ASTM A325 (black A325 bolt) ซ้ำได้หากได้รับการอนุมัติจากวิศวกรผู้ควบคุมงาน สำหรับการใช้อุปกรณ์ สลักเกลียวประเภทอื่นๆ ให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดสำหรับสลักเกลียวประเภทนั้นๆ หรือ มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้การขันสลักเกลียวซ้ำให้แน่นขึ้น หรือการขันซ้ำสลักเกลียวที่หลวม เนื่องจากการติดตั้งสลักเกลียวตัวใกล้เคียงไม่ถึงเป็นการใช้ซ้ำ

จุดต่อแบบขันแน่นพอดี (snug-tightened joint) ให้ทำการติดตั้งสลักเกลียวตามข้อ 1) ของหัวข้อ 2.3.5 ส่วนจุดต่อแบบใส่แรงดึงก่อนหรือแบบเลื่อนวิกฤต (pretension or slip-critical) ให้ทำการติดตั้งสลักเกลียวตามข้อแนะนำของผู้ผลิต หรือตามข้อ 2) ของหัวข้อ 2.3.5

1) จุดต่อแบบขันแน่นพอดี (snug-tightened joint)

รูเจาะของสลักเกลียวต้องอยู่ตรงแนวที่สามารถใส่สลักเกลียวได้โดยไม่ทำให้เกลียวเกิดความเสียหาย ใส่สลักเกลียวในทูลรูเจาะพร้อมแหวนรอง (หากต้องการ) ในตำแหน่งที่เหมาะสม และขันแป้นเกลียวเพื่อยึดชิ้นงาน การประกอบจุดต่อแบบขันแน่นพอดีต้องทำอย่างเป็นขั้นตอน

จากส่วนที่ยึดแน่นที่สุดของจุดต่อ การขันแน่นพอตีต้องยึดแต่ละชั้นส่วนแนบเข้าด้วยกัน ด้วยสลักเกลียวด้วยการกระแทกเล็กน้อยจากประแจแบบกระแทกหรือขันจนสุดความสามารถของผู้ประกอบชิ้นงานด้วยประแจแบบปกติ และสลักเกลียวทุกตัวต้องถูกขันแน่นเพียงพอที่แป้นเกลียวจะไม่คลายตัวโดยไม่ใช้ประแจ

- 2) จุดต่อแบบให้แรงตึงก่อน (pretension joint) และจุดต่อแบบรอยเลื่อนวิกฤติ (slip-critical joint)

หากสลักเกลียวเป็นไปตามที่ระบุใน ข้อ ก) – ง) ให้ใช้วิธีการใส่แรงตึงก่อนวิธีใดวิธีหนึ่งตาม ข้อ ก) – ง) ยกเว้นหากมีการออกแบบอุปกรณ์ยึดด้วยมาตรฐานหรือวิธีอื่นซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้องนั้นๆ หรือการใช้อุปกรณ์ยึดที่ใช้แหวนรองเป็นตัวระบุแรง โดยทั้งสองวิธีนี้จะต้องติดตั้งตามคำแนะนำของผู้ผลิตโดยเคร่งครัด และต้องได้รับการอนุมัติจากวิศวกรผู้ควบคุม

ถ้าในทางปฏิบัติไม่สามารถขันแป้นเกลียวได้ การให้แรงตึงโดยการหมุนที่หัวสลักเกลียวก็สามารถยอมรับได้โดยให้ยึดแป้นเกลียวไว้เพื่อป้องกันการหมุน และใส่แหวนรองตามข้อกำหนด

การให้แรงตึงจะต้องให้มีค่าเท่ากับหรือมากกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2 สำหรับสลักเกลียวมาตรฐาน ASTM A325 และ ASTM A490 สำหรับสลักเกลียวมาตรฐานอื่นๆ ให้เป็นไปตามที่ระบุในมาตรฐานนั้นๆ

การตรวจสอบการให้แรงตึงตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2 ให้ทำการทดสอบก่อนการติดตั้งด้วยเครื่องวัดแรงตึง (tension calibrator) โดยให้เตรียมชิ้นทดสอบที่มีสถานะการใส่แรงตึงเดียวกันกับชิ้นงานที่จะติดตั้งจริง (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความยาว ชั้นคุณภาพ และชุดการผลิต) ไม่น้อยกว่า 3 ชิ้นตัวอย่าง ทำการทดสอบการใส่แรง และตรวจสอบก่อนการติดตั้งจริง โดยจะต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 1.05 เท่าของแรงตึงที่ระบุสำหรับการติดตั้งตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าแรงดึงต่ำสุดสำหรับสลักเกลียว
สำหรับจุดต่อแบบให้แรงดึงก่อนหรือแบบเลื่อนวิกฤต (pretension or slip-critical joint)
 (ข้อ 2.3.5)

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ, d_b , มิลลิเมตร	ค่าแรงดึงต่ำสุดสำหรับสลักเกลียวแบบให้แรงดึงก่อน, T_m , กิโลนิวตัน ^a	
	ASTM A325 และ F1852	ASTM A490 และ F2280
12	53	67
16	85	107
19	125	156
22	173	218
25	227	285
28	249	356
32	316	454
35	378	538
38	458	658
^a มีค่าเท่ากับ 70 เปอร์เซ็นต์ของค่าแรงดึงต่ำสุดของสลักเกลียวที่ระบุตามมาตรฐาน ASTM สำหรับการทดสอบแรงดึงเต็มที่ได้ตามมาตรฐาน ASTM A325 and A490 รับแรงดึงตามแนวแกน ค่าในตารางปัดทศนิยมให้ใกล้เคียงในหน่วยกิโลนิวตัน		

ก) การให้แรงดึงก่อนโดยวิธีหมุนแป้นเกลียว (turn-of-nut pretensioning)

ติดตั้งสลักเกลียวทุกตัวตามขั้นตอน ใส่แหวนรองในตำแหน่งและขันสลักเกลียวแบบแน่นพอดี จากนั้นให้หมุนแป้นเกลียวหรือหัวสลักเกลียวตามที่ระบุในตารางที่ 3 สำหรับสลักเกลียวมาตรฐาน ASTM A325 และ ASTM A490 โดยขันสลักเกลียวทุกตัวในจุดต่อ การขันให้ทำอย่างเป็นขั้นตอนโดยเริ่มจากส่วนที่ยึดแน่นที่สุดของจุดต่อเพื่อจำกัดให้เกิดการคลายตัว (relaxation) น้อยที่สุดในสลักเกลียวที่ใส่แรงดึงไปก่อนหน้าแล้ว จะต้องป้องกันไม่ให้สลักเกลียวตัวอื่นหมุนขณะขันประแจ ขณะทำการหมุนแป้นเกลียวเพื่อใส่แรงดึงไม่ให้หมุนย้อนทางเพื่อคลายแรงดึงของสลักเกลียว อุปกรณ์ยึดไม่ให้นำกลับมาใช้ใหม่ ยกเว้นว่าวิศวกรผู้รับผิดชอบให้การรับรองและกำหนดไว้ให้ใช้ได้

ตารางที่ 3 การหมุนแป้นเกลียวเพิ่มจากสถานะขันแน่นพอดี (snug-tight condition)
สำหรับการให้แรงตึงก่อนโดยวิธีหมุนแป้นเกลียว (turn-of-nut pretensioning)^{a,b}
 (ข้อ 2.3.5)

ความยาวสลักเกลียว ^c	พิจารณาจากหน้าสัมผัสของชิ้นงานกับแกนของสลักเกลียว		
	ทั้งสองด้านของชิ้นงานตั้งฉากกับแกนของสลักเกลียว	หนึ่งด้านของชิ้นงานตั้งฉากกับแกนของสลักเกลียว อีกด้านมีความลาดชันไม่เกิน 1:20 ^d	ทั้งสองด้านของชิ้นงานมีความลาดชันไม่เกิน 1:20 จากแกนของสลักเกลียว ^d
ไม่เกิน 4 d _b	1/3 รอบ	1/2 รอบ	2/3 รอบ
มากกว่า 4 d _b แต่ไม่เกิน 8 d _b	1/2 รอบ	2/3 รอบ	5/6 รอบ
มากกว่า 8 d _b แต่ไม่เกิน 12 d _b	2/3 รอบ	5/6 รอบ	1 รอบ

^a การหมุนแป้นเกลียวจะสัมพันธ์กับสลักเกลียว ไม่คำนึงถึง ชิ้นส่วนอื่น
 สำหรับแป้นเกลียวที่ต้องหมุน 1/2 รอบหรือน้อยกว่า ค่าความคลาดเคลื่อน บวกลบ 30 องศา
 สำหรับแป้นเกลียวที่ต้องหมุน 2/3 รอบหรือมากกว่า ค่าความคลาดเคลื่อน บวกลบ 45 องศา

^b ใช้กับจุดต่อที่วัสดุยึดจับกันเป็นหลัก

^c เมื่อความยาวสลักเกลียวมากกว่า 12d_b, การหมุนแป้นเกลียวเพิ่มต้องใช้วิธีการทดสอบเลียนแบบจากสภาพจริงแล้วเทียบเป็นรอบที่ต้องหมุนเพิ่ม

^d ห้ามใช้แหวนรองที่เอียง

ข) การให้แรงตึงก่อนโดยวิธีการขันด้วยประแจที่มีการสอบเทียบ (calibrated wrench pretensioning)

สำหรับการขันโดยใช้ประแจที่มีการสอบเทียบ ให้ทำการทดสอบทุกวันด้วย tension calibrator เมื่อทำการติดตั้งโดยใช้ประแจที่มีการสอบเทียบ

ติดตั้งสลักเกลียวทุกตัวตามขั้นตอน ใส่แหวนรองในตำแหน่งและขันสลักเกลียวแบบแน่นพอดี จากนั้นให้ใส่แรงบิดกับสลักเกลียวทุกตัวของจุดต่อ การขันให้ทำอย่างเป็นขั้นตอนโดยเริ่มจากส่วนที่ยึดแน่นที่สุดของจุดต่อเพื่อจำกัดให้เกิดการคลายตัว (relaxation) น้อยที่สุดในสลักเกลียวที่ใส่แรงตึงไปก่อนหน้านี้แล้ว จะต้องป้องกันไม่ให้เกิดการคลายตัวอื่นหมุนขณะขันประแจ การใส่แรงบิดต้องไม่ทำให้เกิดการหมุนระหว่างสลักเกลียวและแป้นเกลียวที่มากกว่าค่าที่ระบุไว้ในตารางที่ 3 สำหรับสลักเกลียวมาตรฐาน ASTM A325 และ ASTM A490

- ค) การให้แรงตึงก่อนโดยใช้สลักเกลียวชนิดควบคุมแรงตึงด้วยการบิดปลายขาด (twist-off-type tension-control bolt pretensioning)

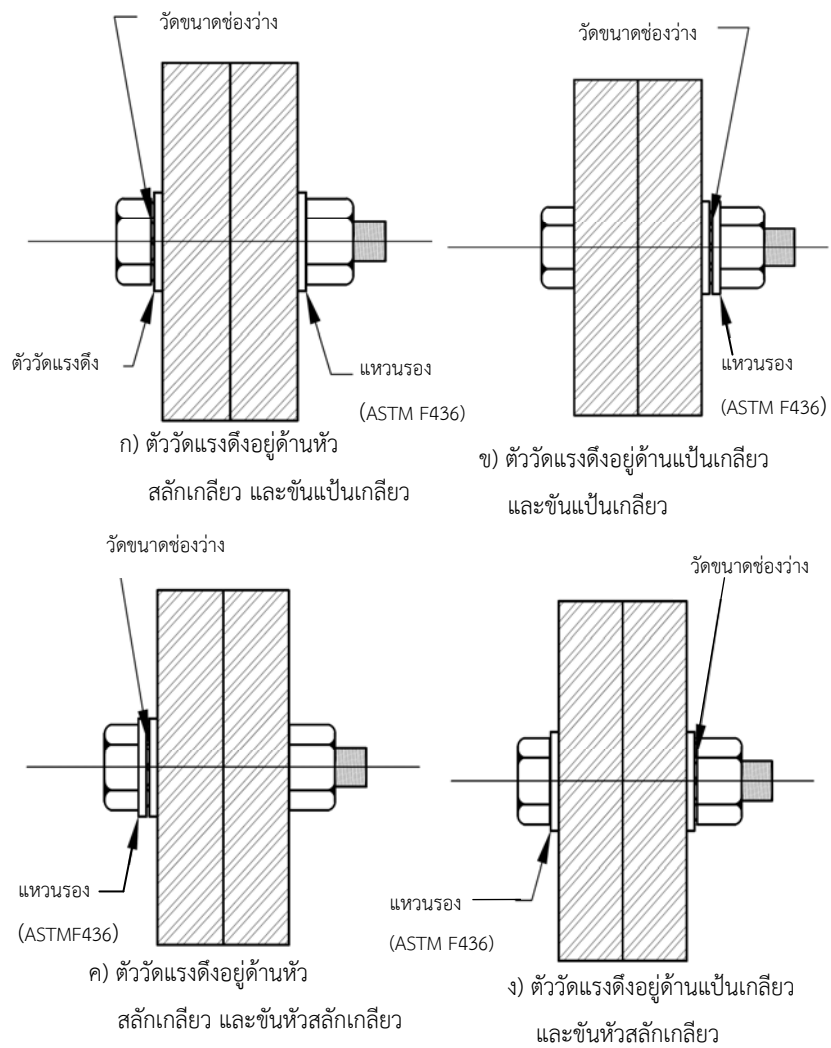
การให้แรงตึงก่อนโดยใช้สลักเกลียวชนิดควบคุมแรงตึงด้วยการบิดปลายขาด จะต้องใช้สลักเกลียวที่เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM F1852 หรือ F2280

ติดตั้งสลักเกลียวทุกตัวตามขั้นตอน ใส่แหวนรองในตำแหน่งและขันสลักเกลียวแบบแน่นพอดี โดยไม่ทำให้ปลายสลักเกลียวเสียหาย หากปลายสลักเกลียวเสียหาย จะต้องทำการเปลี่ยนสลักเกลียวตัวใหม่ทันที จากนั้นให้ขันสลักเกลียวทุกตัวของจุดต่อด้วยประแจสำหรับขันสลักเกลียวชนิดควบคุมแรงตึงด้วยการบิดปลายขาดจนปลายขาด การขันให้ทำอย่างเป็นขั้นตอนโดยเริ่มจากส่วนที่ยึดแน่นที่สุดของจุดต่อเพื่อจำกัดให้เกิดการคลายตัว (relaxation) น้อยที่สุดในสลักเกลียวที่ใส่แรงตึงไปก่อนหน้านี้แล้ว

- ง) การให้แรงตึงก่อนโดยวิธีการขันโดยใช้ตัววัดแรงตึงโดยตรง (direct-tension-indicator pretensioning)

การให้แรงตึงก่อนโดยวิธีการขันโดยใช้ตัววัดแรงตึงโดยตรง ให้ใช้ตัววัดแรงตึงโดยตรงที่เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM F959/F959M จะต้องทำการตรวจสอบก่อนการติดตั้ง โดยเมื่อค่าแรงตึงถึงค่าที่ระบุในตารางที่ 4 ช่องว่างที่เกิดขึ้นจะต้องไม่น้อยกว่าเกณฑ์ที่ระบุไว้ตามมาตรฐาน ASTM F959/F959M

ติดตั้งสลักเกลียวทุกตัวตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ และใส่แหวนรองในตำแหน่งตามรูปที่ 7 ผู้ติดตั้งจะต้องตรวจสอบว่ารอยนูนใต้ตัววัดแรงตึงยังไม่ถูกกดจนเหลือช่องว่างน้อยกว่าเกณฑ์ที่ระบุไว้ตามมาตรฐาน ASTM F959/F959M หากรอยนูนมีค่าน้อยกว่าค่าที่ระบุในมาตรฐาน จะต้องนำออกและทำการเปลี่ยนใหม่ การขันให้ทำอย่างเป็นขั้นตอนโดยเริ่มจากส่วนที่ยึดแน่นที่สุดของจุดต่อเพื่อจำกัดให้เกิดการคลายตัว (relaxation) น้อยที่สุดในสลักเกลียวที่ใส่แรงตึงไปก่อนหน้านี้แล้ว ผู้ติดตั้งจะต้องตรวจสอบให้มั่นใจว่ารอยนูนใต้ตัววัดแรงตึงได้ถูกบีบอัดจนกระทั่งช่องว่างมีค่าน้อยกว่าค่าที่ระบุในมาตรฐาน



รูปที่ 7 ตัวอย่างการติดตั้งสลักเกลียวโดยใช้ตัววัดแรงตึงโดยตรง
ตามมาตรฐาน ASTM F959/F959M ที่เหมาะสม
(ข้อ 2.3.5)

ตารางที่ 4 ค่าแรงดึงต่ำสุดสำหรับการตรวจสอบสลักเกลียวก่อนการติดตั้ง
(ข้อ 2.3.5)

ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลางระบุ d _b , มิลลิเมตร	ค่าแรงดึงต่ำสุดสำหรับการตรวจสอบสลัก เกลียวก่อนการติดตั้ง, กิโลนิวตัน ^๑	
	ASTM A325 และ F1852	ASTM A490 และ F2280
12	58	71
16	89	111
19	129	165
22	182	227
25	240	298
28	262	374
32	334	476
35	396	565
38	480	689
^๑ เท่ากับ 1.05 เท่าของแรงดึงก่อนต่ำสุดระบุ จากตารางที่ 2 ปิดทศนิยมให้ใกล้เคียง ในหน่วยกิโลนิวตัน		

2.3.6 รอยต่อรับแรงอัด

รอยต่อรับแรงอัดซึ่งกำลังส่วนหนึ่งของรอยต่อขึ้นอยู่กับแรงแบกทานที่ผิวสัมผัส จะต้องเตรียม
พื้นผิวที่รับแรงแบกทานของชิ้นส่วนแต่ละชิ้นในรอยต่อโดยการกัด (milling) การเลื่อย (sawing)
หรือวิธีอื่นที่เหมาะสม

2.3.7 ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ของมิติ

ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ของมิติจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานคุณลักษณะเฉพาะของ
เหล็กโครงสร้างรูปพรรณ ที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร (มยผ 1107-61)

2.3.8 การตกแต่งฐานเสา (finish of column bases)

การตกแต่งฐานเสา (column base) และแผ่นรองฐาน (base plate) จะต้องทำตาม
ข้อกำหนดดังต่อไปนี้

- 1) แผ่นเหล็กรับแรงแบกทานที่มีความหนาไม่เกิน 50 มิลลิเมตร ไม่จำเป็นต้องทำการตกแต่งผิว
โดยการกัด (milling) ถ้าพื้นผิวสัมผัสสามารถรับแรงแบกทานได้เพียงพอ แผ่นเหล็กรับแรง
แบกทานที่มีความหนามากกว่า 50 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 100 มิลลิเมตร อนุญาตให้ตัดให้ตรง
โดยการกัดได้ ในกรณีที่ไม่สามารถใช้วิธีการกัดได้ ให้ใช้การกัดพื้นผิวที่รับแรงแบกทานได้

โดยมีข้อยกเว้นที่ระบุในข้อ 2) และ 3) ในหัวข้อนี้ จนได้ผิวสัมผัสรับแรงแบกทานที่ต้องการ แผ่นเหล็กรับแรงแบกทานที่มีความหนามากกว่า 100 มิลลิเมตร ให้ใช้การกัด (milling) พื้นผิวที่รับแรงแบกทาน

- 2) ผิวด้านล่างของแผ่นเหล็กรับแรงแบกทานและฐานเสาไม่จำเป็นต้องทำการกัด (milling) พื้นผิว ถ้ามีการเทพูนชนิดต้านทานการหดตัวเพื่ออุดช่องว่างเพื่อให้ผิวสัมผัสรับแรงแบกทานได้เต็มที่บนฐานราก
- 3) ผิวด้านบนของแผ่นเหล็กรับแรงแบกทานไม่จำเป็นต้องทำการกัดผิว (milling) เมื่อใช้การเชื่อมแบบบากร่องทะลุตลอด (complete-joint-penetration groove weld) ในรอยต่อระหว่างเสาและแผ่นเหล็กรับแรงแบกทาน

2.3.9 รูเจาะสำหรับสมอยึด (holes for anchor rod) และแหวน (washer)

อนุญาตให้เจาะรูสำหรับสมอยึดโดยการเจาะด้วยความร้อนได้ โดยต้องเป็นไปตามข้อกำหนด ข้อ 2.3.2 (การตัดด้วยความร้อน)

ข้อแนะนำสำหรับขนาดของรูเจาะบนแผ่นรองฐาน (base plate) สำหรับสมอยึด (anchor rod) ขนาดต่างๆ (หากไม่มีการกำหนดเป็นอย่างอื่น) แสดงในตารางที่ 5

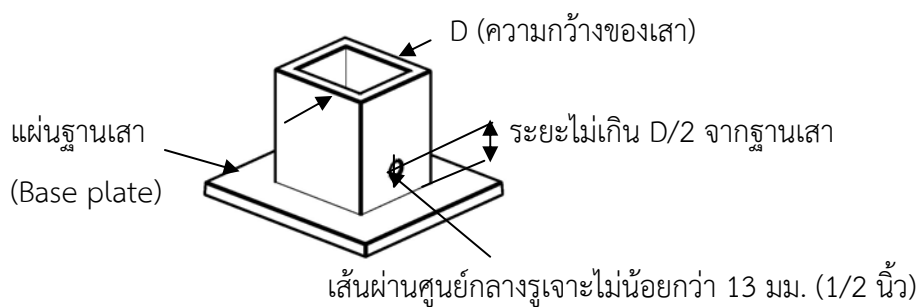
**ตารางที่ 5 ข้อเสนอแนะสำหรับขนาดของรูเจาะบนแผ่นรองฐาน (base plate)
สำหรับสมอยึด (anchor rod) ขนาดต่างๆ**

(ข้อ 2.3.9)

เส้นผ่านศูนย์กลาง สมอยึด (นิ้ว)	เส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่สุด ของรูเจาะบน base plate (นิ้ว)	ขนาดเล็กสุด ของแหวน (washer) (นิ้ว)	ความหนาต่ำสุด ของแหวน (washer) (นิ้ว)
3/4	1 5/16	2	1/4
7/8	1 9/16	2 1/2	5/16
1	1 13/16	3	3/8
1 1/4	2 1/16	3	1/2
1 1/2	2 5/16	3 1/2	1/2
1 3/4	2 3/4	4	5/8
2	3 1/4	5	3/4
2 1/2	3 3/4	5 1/2	7/8
ข้อเสนอแนะ 1 ใช้ได้ทั้งแหวนกลมและแหวนรูปสี่เหลี่ยมที่มีค่าเป็นไปตามที่ระบุ 2 ให้พิจารณาระยะห่างของช่องว่างระหว่างรูเจาะกับขอบต่างๆ เช่น ขอบรอยเชื่อม ปีกของเสา เมื่อเลือกตำแหน่งของรูเจาะด้วย 3 สำหรับหน่วย SI ให้เทียบเคียงกับค่าในตารางโดยใช้ขนาดที่ไม่น้อยกว่าค่าเทียบเคียงที่ระบุ 4 สำหรับแผ่นรองฐาน (base plate) ที่มีความหนาน้อยกว่า 1 1/4 นิ้ว อาจใช้การเจาะรูด้วยการกด (punch) เพื่อความประหยัด โดยลดขนาดรูเจาะเป็น 1 1/16 นิ้ว สำหรับสมอยึด (anchor rod) ขนาด 3/4 นิ้ว และใช้แหวนตามมาตรฐาน ASTM F844 แทนได้ แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงผลที่ตามมาเนื่องจากขนาดรูที่เล็กลงที่จะแตกต่างจากค่าระยะคลาดเคลื่อนของตำแหน่งสมอยึด (anchor rod) ที่อาจเกินค่าคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ (tolerance) ด้วย			

2.3.10 รุระบาย

ถ้าหากน้ำสามารถเข้าถึงภายในองค์อาคารหน้าต่างรูปทอสี่เหลี่ยมหรือรูปกล่อง ทั้งในช่วงระหว่างการก่อสร้างหรือการใช้งาน องค์อาคารต้องถูกปิดเพื่อป้องกันน้ำเข้า และมีการเจาะรูระบายไว้ที่ฐาน หรือป้องกันด้วยวิธีอื่นที่เหมาะสม รูปที่ 8 แสดงตัวอย่าง รายละเอียดการเจาะรูระบายที่ฐานเสา



รูปที่ 8 ตัวอย่างการเจาะรูระบาย

(ข้อ 2.3.10)

2.4 การทาสีจากโรงงาน

2.4.1 ข้อกำหนดทั่วไป

จะต้องมีการระบุในสัญญาถึงส่วนขององค์อาคารหรือส่วนของชิ้นส่วนที่ไม่มีการทาสี และส่วนที่จะต้องทาสี สำหรับส่วนที่จะทาสี จะต้องมีการระบุถึง

- ชิ้นส่วน หรือส่วนที่จะทาสี
- วิธีการเตรียมพื้นผิว
- ข้อกำหนดของสีที่จะใช้ และหมายเลขรหัสสีของผู้ผลิตสี
- ความหนาต่ำสุดของชั้นสีที่แห้งแล้ว

การทาสีจะต้องมีการพิจารณารายละเอียดด้านความคงทนที่สอดคล้องตามมาตรฐาน ความคงทนของอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ (มยผ. 1333-61)

พื้นผิวที่ไม่มีการทาสี จะต้องทำความสะอาดคราบไขมันหรือจารบี หรือสิ่งสกปรกอื่นๆ ด้วยสารทำความสะอาดที่เป็นชนิดตัวทำละลาย

สำหรับส่วนที่จะทาสี จะต้องมีการเตรียมพื้นผิวโดยการทำความสะอาดก่อนการทาสี ด้วยการกำจัดสนิม เศษเหล็กจากการตัด สิ่งสกปรก และสิ่งปนเปื้อนอื่นๆ ด้วยแปรงลวด หรือวิธีอื่นที่เหมาะสม การทาสีจะต้องทาด้วยแปรงทาสี การพ่นสี การใช้ลูกกลิ้ง การไหลผ่าน การชุบ หรือวิธีอื่นที่เหมาะสม โดยมีความหนาของชั้นสีที่แห้งแล้วไม่น้อยกว่า 25 ไมโครเมตร หรือตามที่ระบุในเอกสาร

2.4.2 พื้นผิวส่วนที่ไม่สามารถเข้าถึงได้

พื้นผิวส่วนที่ไม่สามารถเข้าถึงได้หลังจากการประกอบที่โรงงาน (ยกเว้นพื้นผิวสัมผัส) จะต้องมีการทำความสะอาด และทาสีก่อนการประกอบ ถ้ามีการระบุในเอกสารการก่อสร้าง

2.4.3 พื้นผิวสัมผัส

อนุญาตให้มีการทาสีในรอยต่อประเภทรับแรงแบกทานได้ สำหรับรอยต่อแบบรอยเลื่อนวิกฤติ จะต้องมีการทดสอบรอยต่อที่มีการทาสีว่าไม่มีผลกระทบต่อการรับแรงของรอยต่อ

2.4.4 พื้นผิวที่มีการตกแต่ง

พื้นผิวที่มีการตกแต่งด้วยเครื่องจักรจะต้องมีการป้องกันไม่ให้เกิดสนิมโดยการเคลือบด้วยสารป้องกันการเกิดสนิม ที่สามารถกำจัดออกได้ก่อนการติดตั้ง หรือมีคุณสมบัติที่ทำให้ไม่จำเป็นที่จะต้องมีการกำจัดออกก่อนการติดตั้ง

2.4.5 ผิวสัมผัสข้างเคียงรอยเชื่อมในสนาม

พื้นผิวในระยะ 50 มิลลิเมตร ห่างจากตำแหน่งรอยเชื่อมในสนามจะต้องไม่มีวัสดุที่จะทำให้เป็นอุปสรรคต่อการเชื่อม หรือเกิดควันที่เป็นอุปสรรคระหว่างการเชื่อม ยกเว้นหากมีการกำหนดไว้ในเอกสารการออกแบบ

2.5 การจัดส่งวัสดุ

2.5.1 ชิ้นส่วนหลักโครงสร้างที่ประกอบเสร็จแล้ว จะต้องมีการนำส่งตามลำดับที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดและประหยัด ทั้งสำหรับผู้ประกอบชิ้นส่วนและผู้ติดตั้ง และสอดคล้องกับข้อกำหนดในสัญญา หากตัวแทนเจ้าของงานที่ควบคุมงานก่อสร้างต้องการที่จะกำหนดหรือควบคุมลำดับการจัดส่งของวัสดุ จะต้องมีการระบุขั้นตอน ลำดับการจัดส่งในเอกสารสัญญา

2.5.2 สลักสมอ แหวน แป้นเกลียว หรือวัสดุที่เกี่ยวข้องกับสมอ ที่จะต้องมีการฝังลงในคอนกรีต หรืออิฐ จะต้องนำส่งให้เรียบร้อยและพร้อมเมื่อจำเป็นต้องใช้งาน ตัวแทนเจ้าของงานที่ควบคุมงานก่อสร้างจะต้องกำหนดระยะเวลาที่เพียงพอสำหรับผู้ประกอบชิ้นงานที่จะประกอบและนำส่งชิ้นงาน เมื่อถึงเวลาที่ต้องใช้งาน

2.5.3 หากวัสดุที่นำส่งมีไม่ครบตามที่ระบุในเอกสารนำส่ง ตัวแทนเจ้าของงานที่ควบคุมงานก่อสร้าง หรือผู้ติดตั้งชิ้นงานจะต้องแจ้งผู้ประกอบชิ้นงานโดยทันทีเพื่อการตรวจสอบ

2.5.4 หากวัสดุที่นำส่งมีสภาพเสียหาย ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการรับสินค้าจะต้องแจ้งผู้ประกอบการชิ้นงาน และบริษัทส่งสินค้าก่อนที่จะมีการขนถ่ายสินค้า หรือแจ้งทันทีที่พบก่อนการติดตั้งชิ้นงาน

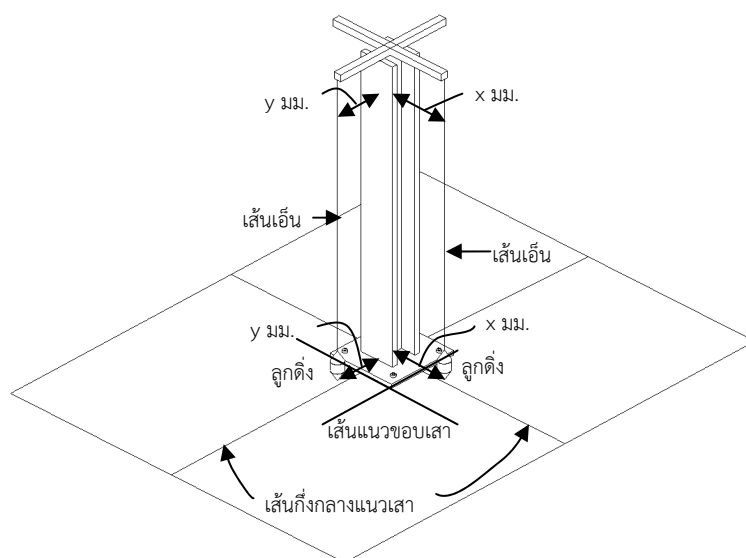
2.6 การติดตั้ง

2.6.1 วิธีการติดตั้ง

ผู้ติดตั้งงานหลักโครงสร้างจะต้องติดตั้งโดยใช้วิธีและลำดับการติดตั้งที่มีประสิทธิภาพ ประหยัด และปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน และเป็นไปตามข้อกำหนดที่ระบุในสัญญา หากเจ้าของงาน หรือตัวแทนเจ้าของงานที่ควบคุมงานก่อสร้างต้องการที่จะกำหนดหรือควบคุมวิธีการติดตั้ง หรือลำดับการติดตั้ง หรือมีชิ้นส่วนบางชิ้นที่ไม่สามารถติดตั้งโดยขั้นตอนปกติได้ จะต้องมีการระบุ วิธีการและขั้นตอนการติดตั้งในเอกสารสัญญา

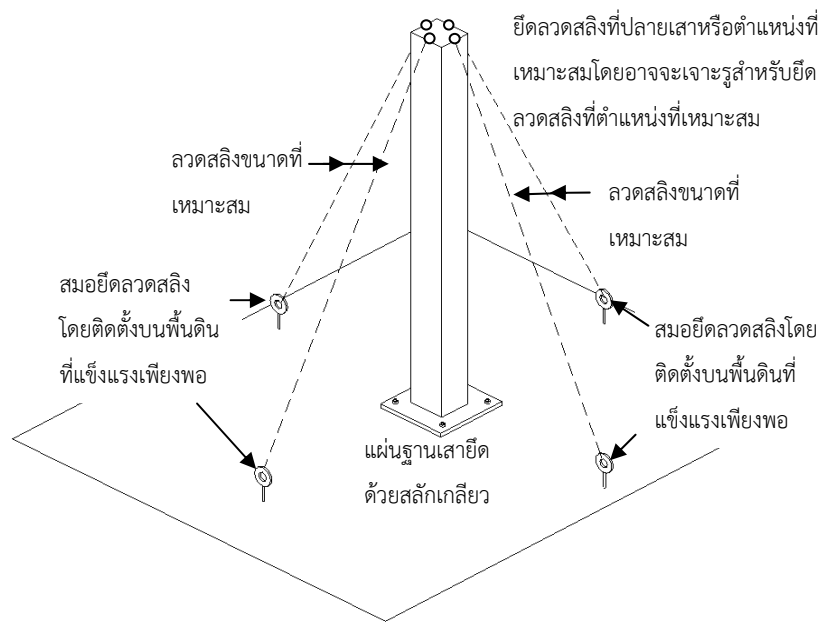
การติดตั้งเสาจะต้องมีการตรวจสอบแนวตั้งและการจัดแนวเสาให้เป็นไปตามเอกสาร การก่อสร้าง และจะต้องมีค่าคลาดเคลื่อนไม่เกินค่าที่ระบุในมาตรฐานคุณลักษณะเฉพาะของหลัก โครงสร้างรูปพรรณ ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร (มยผ. 1107) รูปที่ 9 แสดงการตรวจสอบแนวตั้ง ด้วยลูกดิ่งและการจัดแนวเสา

การติดตั้งเสา หากเสาไม่มีเสถียรภาพเพียงพอภายหลังจากที่ปลดอุปกรณ์ยกออก จะต้องมีการติดตั้งค้ำยันชั่วคราวเพื่อให้เสามีเสถียรภาพ โดยค้ำยันจะต้องเหมาะสม ถูกต้อง และเพียงพอ รูปที่ 10 แสดงตัวอย่างการติดตั้งค้ำยันโดยการยึดเสาด้วยลวดสลิงทั้งสี่ด้านเพื่อให้เสามีเสถียรภาพ



รูปที่ 9 ตัวอย่างการตรวจสอบแนวตั้งและการจัดแนวเสา

(ข้อ 2.6.1)

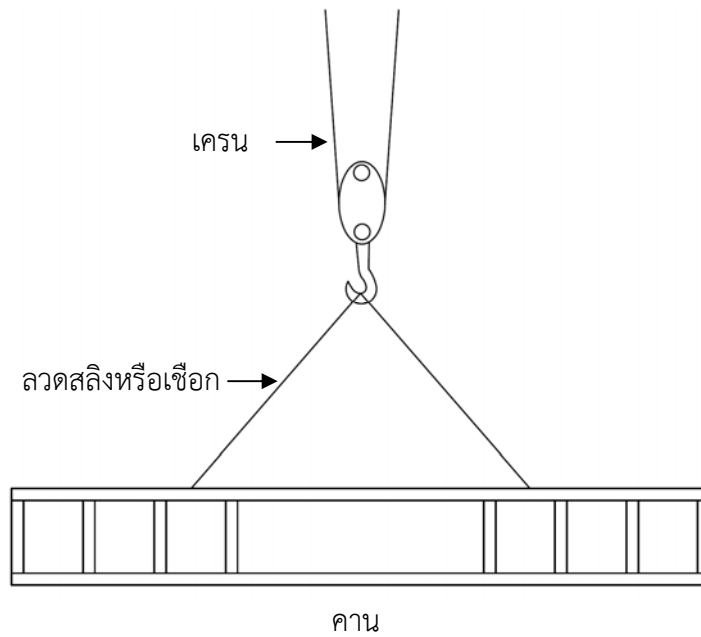


รูปที่ 10 ตัวอย่างการยึดเสาชั่วคราวด้วยลวดสลึงเพื่อให้เสามีเสถียรภาพ

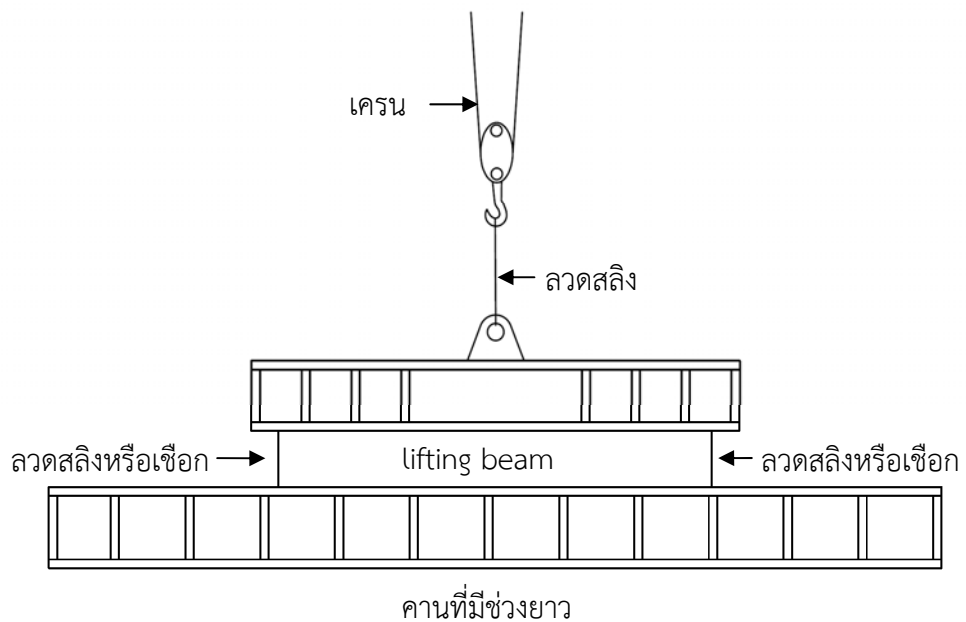
(ข้อ 2.6.1)

การยกชิ้นส่วนโครงสร้าง ควรจะยกอย่างต่ำสองจุด เพื่อให้การยกมีเสถียรภาพ โดยมุมของสลึงกับชิ้นส่วนที่ยกควรอยู่ระหว่าง 45 ถึง 90 องศา รูปที่ 11 แสดงตัวอย่างการยกคานด้วยลวดสลึง สำหรับการยกชิ้นส่วนที่ยาวและมีความละเอียดสูง อาจจะต้องมีการใช้อุปกรณ์ช่วยยก เช่น lifting beam spreader beam หรือ spreader bar และอาจมีจุดยกมากกว่าสองจุด เพื่อให้โครงสร้างที่ยกมีเสถียรภาพ การออกแบบอุปกรณ์ช่วยยกพร้อมอุปกรณ์ประกอบ การกำหนดขนาดสลึง และการกำหนดจุดยกและรูปแบบการยก จะต้องออกแบบและกำหนดหรือได้รับอนุญาตโดยวิศวกรผู้ควบคุมงาน และจะต้องคำนึงถึงแรงที่เกิดขึ้นจากการยกด้วย รูปที่ 12 รูปที่ 13 และ รูปที่ 14 แสดงตัวอย่างการยกคานช่วงยาว การยกคานช่วงยาวด้วย lifting beam และการยกคานช่วงยาวมากด้วย spreader bar ตามลำดับ

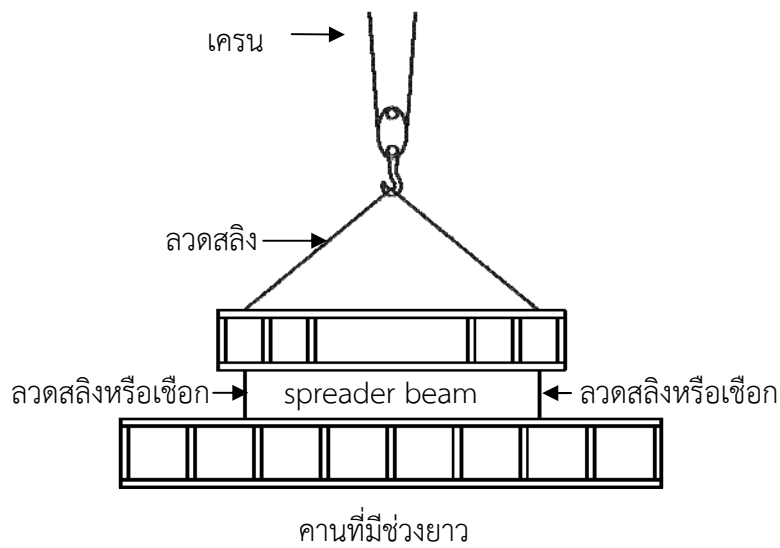
สำหรับการยกชิ้นส่วนที่ยาวมากและมีน้ำหนักมาก อาจทำการยกโดยใช้รถเครนมากกว่าหนึ่งคัน โดยยกพร้อมๆกัน ทั้งนี้จะต้องได้รับอนุมัติจากวิศวกรผู้ควบคุมงาน และมีการตรวจสอบอย่างใกล้ชิดและเข้มงวดขณะทำการยก รูปที่ 15 แสดงตัวอย่างการยกคานประกอบขนาดใหญ่ (plate girder) ที่สูงและมีช่วงยาวมาก ขึ้นประกอบด้วยการใช้รถเครน 2 คัน



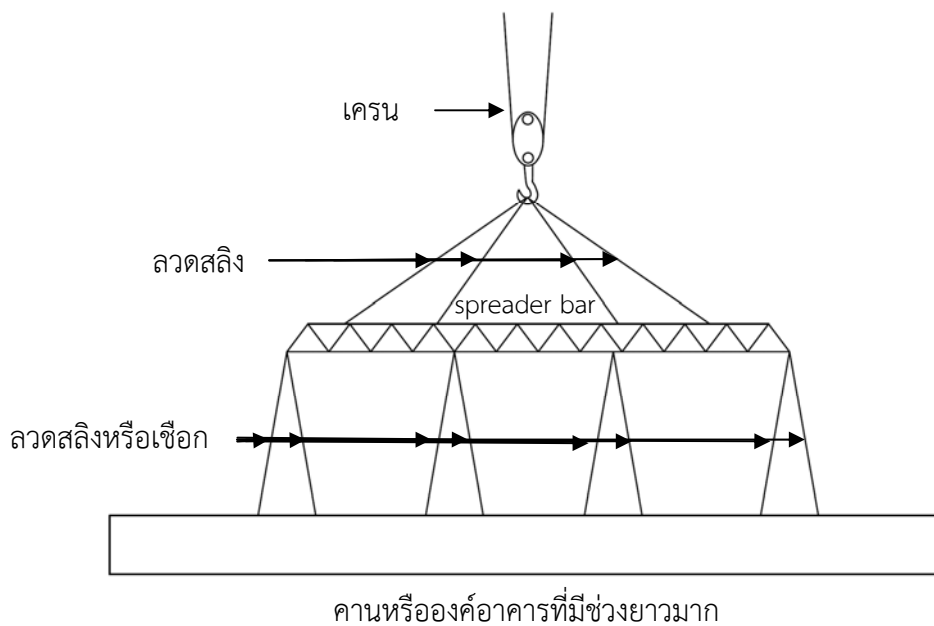
รูปที่ 11 การยกคานโดยทั่วไป
(ข้อ 2.6.1)



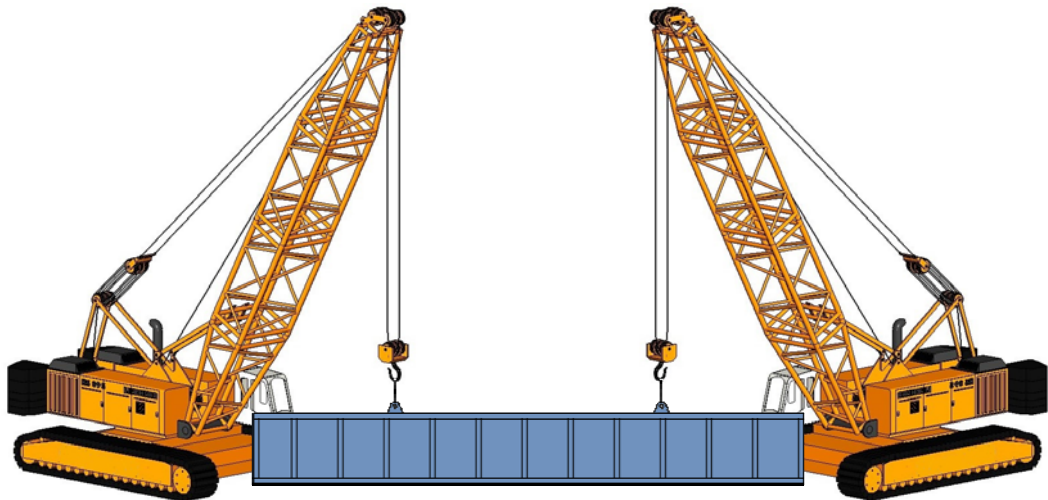
รูปที่ 12 การยกคานที่มีช่วงยาวขึ้นประกอบด้วยการใช้ lifting beam
(ข้อ 2.6.1)



รูปที่ 13 การยกคานที่มีช่วงยาวขึ้นประกอบด้วยการใช้ spreader beam
(ข้อ 2.6.1)



รูปที่ 14 การยกคานที่ยาวมากและค่อนข้างเสีรูง่ายด้วย spreader bar
(ข้อ 2.6.1)



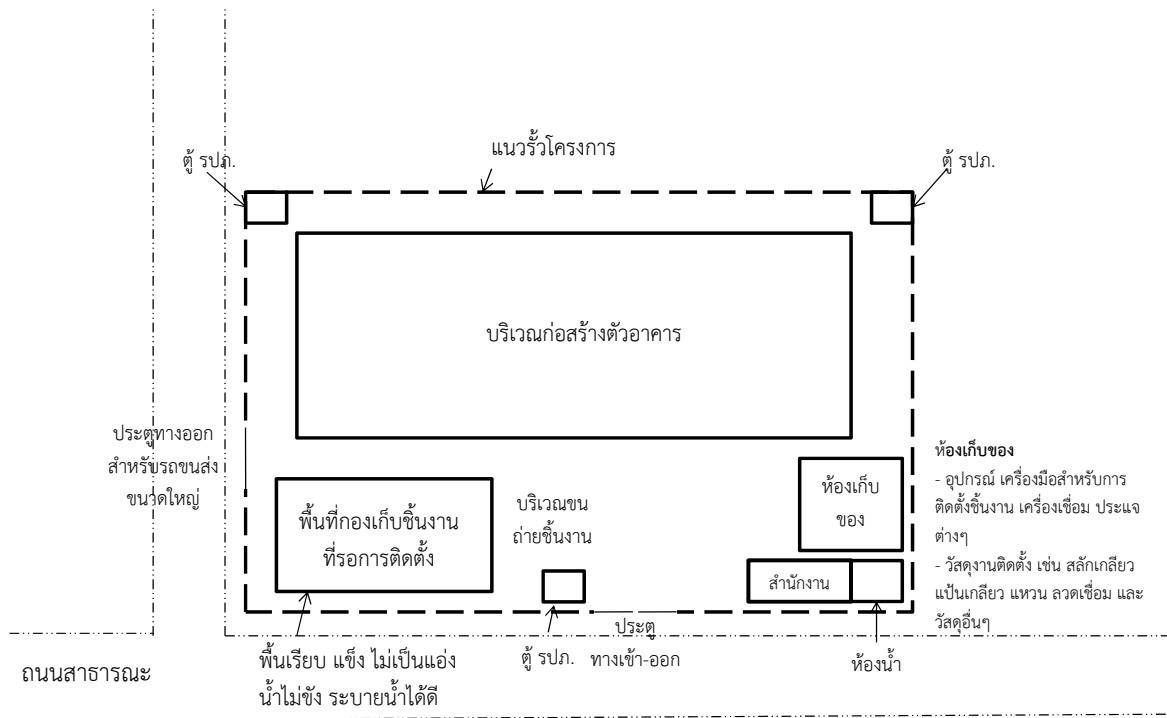
รูปที่ 15 ตัวอย่างการยกคานประกอบขนาดใหญ่ (plate girder) ที่สูงและมีช่วงยาวมาก
ขึ้นประกอบด้วยการใช้รถเครน 2 คัน
(ข้อ 2.6.1)

2.6.2 สถานที่ก่อสร้าง

ตัวแทนเจ้าของงานที่ควบคุมงานก่อสร้างจะต้องจัดเตรียมและดูแลสถานที่ก่อสร้าง ดังนี้

- 1) จัดให้มีทางที่สามารถเข้าถึงได้เพื่อการขนส่งที่ปลอดภัย ทางเข้าออกกว้างเพียงพอสำหรับรถขนส่งชิ้นส่วนหรือวัสดุ ไม่มีสายไฟฟ้าหรือสายเคเบิลพาดผ่านที่จะเป็นอุปสรรคต่อรถขนส่งชิ้นส่วนหรือระหว่างการยกหรือขนย้ายชิ้นส่วน และมีพื้นที่หรือบริเวณสำหรับการขนย้ายชิ้นส่วนที่จะทำการติดตั้ง
- 2) บริเวณสถานที่ก่อสร้างมีบริเวณที่ราบ แข็ง ระบายน้ำได้ดี สะดวก และกว้างเพียงพอสำหรับการปฏิบัติงานของเครื่องมือ หรือเครื่องจักรของผู้ติดตั้ง
- 3) มีสถานที่จัดเก็บที่เพียงพอ เพื่อให้ผู้ประกอบและผู้ติดตั้งปฏิบัติงานได้สะดวกและรวดเร็ว

รูปที่ 16 แสดงตัวอย่างการจัดสถานที่ก่อสร้าง



รูปที่ 16 ตัวอย่างการจัดสถานที่ก่อสร้าง

(ข้อ 2.6.2)

2.6.3 การกองเก็บ และการดูแลรักษา

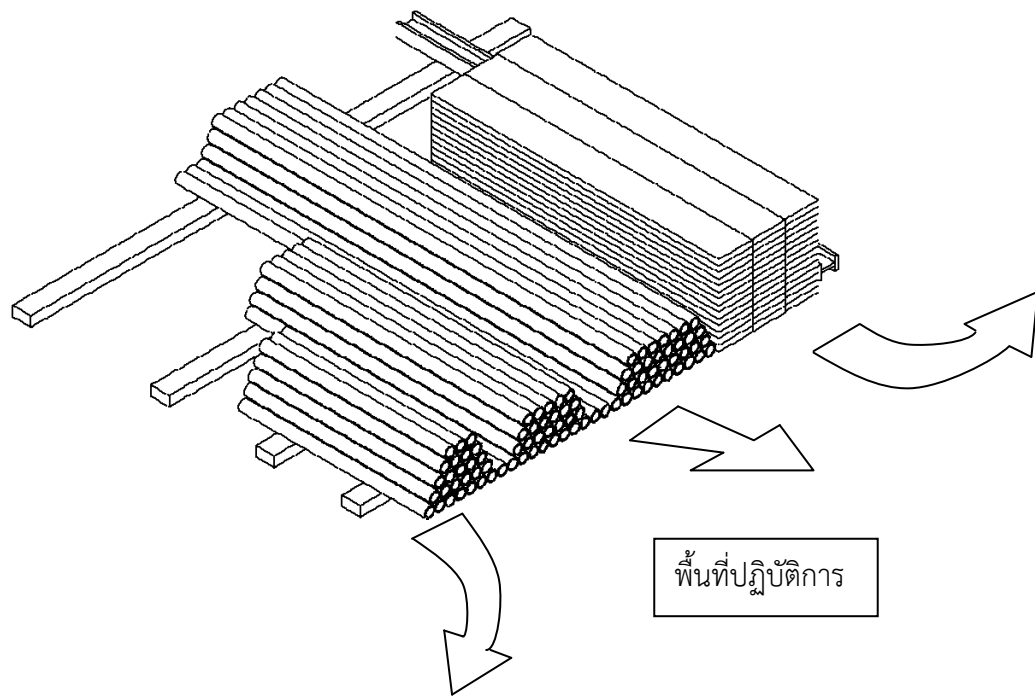
ผู้ติดตั้งจะต้องควบคุมดูแล และเก็บรักษาเหล็กโครงสร้างระหว่างการติดตั้งไม่ให้ชิ้นส่วนมีสิ่งสกปรกสะสมหรือมีสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องมาปะปน การเก็บรักษาสลักเกลียว แป้นเกลียว แหวน และอุปกรณ์ยึดอื่นๆ ต้องเป็นไปตามที่ระบุในมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง ตามรูปที่ 17 แสดงการจัดเก็บสลักเกลียวในภาชนะบรรจุจนกว่าจะมีการใช้งาน การจัดเก็บชิ้นส่วนที่มีขนาดไม่ใหญ่มากอาจมีการจัดเก็บบนชั้นเก็บของแบบ racking system ตามรูปที่ 18 และมีการจำแนกตามหมวดหมู่ และมีป้ายบอกรายละเอียดชัดเจน สำหรับเหล็กรูปพรรณให้กองเก็บแยกตามหมวดหมู่ตามรูปที่ 19 เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งานและเป็นการป้องกันความผิดพลาดในการเลือกใช้ โดยการกองเก็บจะต้องอยู่ในโรงเรือนที่มีหลังคาคลุม หรือหากอยู่กลางแจ้งจะต้องมีผ้าใบคลุม และหนุนให้กองวัสดุเอียงเพื่อป้องกันน้ำขัง และมีช่องเปิดให้อากาศไหลผ่านเข้าออกได้ตามรูปที่ 20



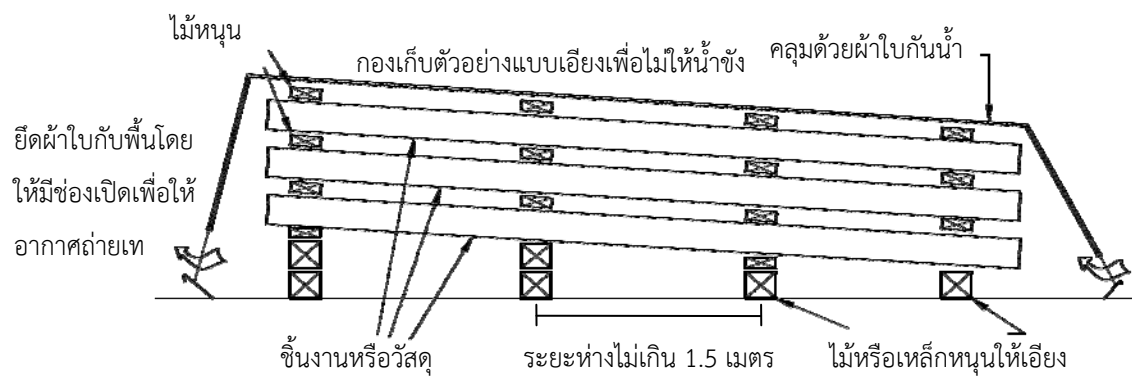
รูปที่ 17 ตัวอย่างการเก็บสลักเกลียวและแป้นเกลียวในภาชนะบรรจุจนกว่าจะมีการใช้งาน
(ข้อ 2.6.3)



รูปที่ 18 ตัวอย่างการเก็บอุปกรณ์ยึดและเครื่องมือโดยใช้ชั้นเก็บของแบบ racking system
(ข้อ 2.6.3)



รูปที่ 19 ตัวอย่างการกองเก็บเหล็กรูปพรรณแยกตามหมวดหมู่
(ข้อ 2.6.3)



รูปที่ 20 ตัวอย่างการกองเก็บชั้นงานหรือวัสดุ
(ข้อ 2.6.3)

2.6.4 ลำดับและขั้นตอนการติดตั้ง

การติดตั้งชิ้นส่วนองค์อาคารให้เป็นไปตามที่ระบุในเอกสารสัญญาก่อสร้าง หรือเอกสารที่เกี่ยวข้อง โดยขั้นตอนการติดตั้งจะขึ้นกับประสบการณ์และความพร้อมของผู้ติดตั้ง เครื่องจักรกล เครื่องมือต่างๆ และความเชี่ยวชาญของแรงงานสำหรับการติดตั้ง ชิ้นส่วนและรูปแบบขององค์อาคาร ขนาดของอาคาร พื้นที่ปฏิบัติงาน และปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ขั้นตอนการติดตั้งและลำดับการติดตั้งอาจจะแตกต่างกันออกไปตามผู้ติดตั้งชิ้นงานแต่ละรายตามความเหมาะสม โดยจะต้องคำนึงถึงความปลอดภัย ความประหยัด และความรวดเร็วในการติดตั้งองค์อาคาร ทั้งนี้ขั้นตอนและลำดับการติดตั้งต้องมีการวางแผนล่วงหน้าและต้องได้รับการอนุมัติจากวิศวกรผู้ควบคุมงาน หรืออาจปฏิบัติตามขั้นตอนการติดตั้งโดยมีวิศวกรผู้ควบคุมงานควบคุมอย่างใกล้ชิด ดังนี้

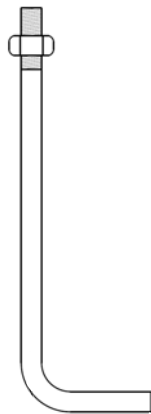
- 1) ตรวจสอบสมอยึดว่าครบจำนวน และเป็นไปตามที่ระบุในเอกสารการก่อสร้าง หรือแบบสำหรับการติดตั้ง มีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกินที่ค่าที่ยอมให้ที่ระบุในเอกสารสัญญาก่อสร้าง หรือมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง ตรวจสอบระดับของกลุ่มสมอยึด หากไม่ได้ระดับ ให้ดำเนินการแก้ไขให้เรียบร้อย หรือเตรียมแผ่นรอง (shim) ให้ได้ระดับสำหรับการติดตั้งเสาตามที่ระบุในเอกสารการก่อสร้าง
- 2) กำหนดตำแหน่งติดตั้งเสาและชิ้นส่วนอื่นๆ ตามที่ระบุในขั้นตอนการติดตั้งในเอกสารการก่อสร้าง หรือแบบสำหรับการติดตั้ง หากไม่มีการระบุลำดับหรือวิธีการติดตั้ง อาจเลือกตำแหน่งติดตั้งที่เมื่อติดตั้งแล้วเสานั้นจะทำให้โครงสร้างมีเสถียรภาพของตัวโครงสร้างเอง รวมทั้งทำให้เกิดเสถียรภาพของโครงสร้าง เช่น ในช่วงเสาที่มีการค้ำยันหรือช่วงที่เป็นโครงข้อแข็งด้านทานโมเมนต์ โดยอาจปฏิบัติตามขั้นตอนที่ระบุในเอกสารการก่อสร้าง หรือแบบสำหรับการติดตั้ง หรือปฏิบัติตามขั้นตอนการติดตั้งโดยมีวิศวกรผู้ควบคุมงานควบคุมอย่างใกล้ชิด ดังนี้
 - ก) ตรวจสอบรายละเอียดของเสาที่จะทำการติดตั้งว่าเป็นไปตามแบบก่อสร้างที่กำหนด จำนวนรูเจาะสำหรับสลักเกลียวมีครบและมีขนาดตามที่กำหนด รอยเชื่อมมีการตรวจสอบและเป็นไปตามมาตรฐานหรือข้อกำหนดที่ระบุไว้ ชิ้นส่วนต่างๆ ที่ประกอบบนเสาตรงตามแบบสำหรับการติดตั้ง ตรวจสอบความสะอาดของเสา สีสู่อยู่ในสภาพสมบูรณ์ หากมีสีถลอกหรือรอยสนิม จะต้องทำการแก้ไขก่อนติดตั้ง รวมถึงตรวจสอบอุปกรณ์การยึดให้เพียงพอตามจำนวนที่ต้องการ และเป็นไปตามมาตรฐานที่ระบุ

- ข) พิจารณาและกำหนดจุดยก รูปแบบการยก อุปกรณ์การยก มุมของเชือกยกหรือสลิงที่แข็งแรงและมีความเหมาะสม ที่จะไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างขณะทำการยกเนื่องจากน้ำหนักของเสาเอง หรือแรงลม หรือแรงกระทำอื่นๆ เช่น การเสีรูปจากการบิดตัว หรือระยะปลายยื่นที่ยาวเกินไป รวมทั้งรูปแบบและวิธีการยกมีความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน ทั้งนี้การยกชิ้นส่วนขนาดใหญ่ที่สามารถต้านลมได้จะต้องดำเนินการในช่วงเวลาที่ลมสงบ และอาจมีการแขวนด้วยเชือกที่ปลายทั้งสองข้างสำหรับผู้ติดตั้งบนพื้นดินตั้งเพื่อควบคุมทิศทางของชิ้นส่วนขณะติดตั้ง และการยกชิ้นส่วนที่มีความยาวมาก อาจจะต้องพิจารณาใช้ lifting beam หรือ spreader bar ช่วยยกภายใต้การควบคุมของวิศวกรผู้ควบคุมงานอย่างใกล้ชิด
- ค) ยกเสาขึ้นตั้งบนสมอยึด ทำการขันสมอยึด และติดตั้งนั่งร้านสำหรับการขันสลักเกลียวที่จุดต่อต่างๆ และสำหรับการติดตั้งค้ำยันชั่วคราว
- ง) ติดตั้งค้ำยันชั่วคราวชนิดรับได้ทั้งแรงดึงและแรงอัดอย่างน้อยสองด้านที่เป็นมุมฉากกันที่ปลายเสาด้านบนหรือที่ระดับความสูงที่เหมาะสมและยึดเข้ากับสมอยึดบนพื้นที่ยึดแน่นแข็งแรง และติดตั้งค้ำยันอื่นๆ ที่จำเป็นเพื่อให้เสามีเสถียรภาพ โดยให้เชือกหรือสลิงหรือวัสดุอื่นๆ ที่มีขนาดที่เหมาะสม หากใช้เชือกหรือสลิงเป็นค้ำยัน จะต้องติดตั้งค้ำยันชั่วคราวทั้งสี่ด้านของเสา ทั้งนี้ชนิดและขนาดของค้ำยัน รวมถึงการยึดค้ำยันเข้ากับเสาจะต้องมั่นคงแข็งแรงเพียงพอที่จะสามารถรับแรงที่อาจเกิดขึ้น
- จ) ตรวจสอบและปรับแก้แนวตั้งของเสาทั้งสองแกน ขันสลักเกลียวให้แน่น เมื่อพบว่าเสามีเสถียรภาพแล้วให้ปลดค้ำยันออกอย่างช้าๆ เพื่อตรวจสอบเสถียรภาพของเสา หากเสายังไม่มีเสถียรภาพ ให้คงค้ำยันไว้จนกว่าจะประกอบชิ้นส่วนที่ทำให้เสาหรือโครงมีเสถียรภาพเสร็จสิ้นก่อน
- ฉ) ติดตั้งเสาในช่วงเสาถัดไป ในช่วงเสาที่มีการค้ำยันหรือมีการยึดกันเพื่อสร้างเสถียรภาพของโครงสร้าง โดยปฏิบัติตามวิธีที่กล่าวมาข้างต้น
- ช) ยึดคานระหว่างเสา (กรณีที่เป็นโครงข้อแข็งรับโมเมนต์ดัด) หรือค้ำยัน (กรณีที่เป็น braced frame) หรือองค์อาคารรูปแบบอื่นๆ ระหว่างเสาสองต้น เพื่อทำหน้าที่ค้ำยันระหว่างเสาให้เสามีเสถียรภาพ

- ซ) ติดตั้งเสาด้านตรงข้ามของช่วงเสาที่มีการค้ำยันทั้งสองต้นและยึดคานระหว่างเสา (กรณีที่เป็นโครงข้อแข็งรับโมเมนต์ดัด) หรือค้ำยัน (กรณีที่เป็น braced frame) หรือองค์อาคารรูปแบบอื่นๆ ระหว่างเสาสองต้น เพื่อทำหน้าที่ค้ำยันระหว่างเสาเพื่อให้เสามีเสถียรภาพ
- ณ) ติดตั้งคานระหว่างเสา (กรณีที่เป็นโครงข้อแข็งรับโมเมนต์ดัด) หรือค้ำยัน (กรณีที่เป็น braced frame) หรือองค์อาคารรูปแบบอื่นๆ ระหว่างเสาในข้อ ค) หรือ ฉ) ไปยังเสาในข้อ ซ) เพื่อให้โครงสร้างมีเสถียรภาพในแนวตั้งฉากกับระนาบในข้อ ซ)
- 3) ติดตั้งเสาในช่วงถัดไป ทำการขันสลักเกลียวแบบแน่นพอดี และยึดค้ำยันชั่วคราว (รวมถึงค้ำยันระหว่างเสาหากเสานั้นยังไม่มีเสถียรภาพที่เพียงพอในระหว่างการติดตั้ง)
 - 4) ติดตั้งคาน หรือจันทัน หรือโครงถักหลังคา หรือค้ำยันระหว่างเสาตัวถัดไปในช่วงเสาที่มีการค้ำยันเดียวกัน จากนั้นทำการติดตั้งแปหลังคา (purlin) และค้ำยันแป (fly bracing) หรือองค์อาคารอื่นที่ทำให้โครงสร้างมีเสถียรภาพ ที่ระยะห่างที่เหมาะสม (กรณีเป็นโครงหลังคาหรือคานที่มีช่วงยาว) หรือจนกว่าจะมีการค้ำยันตัวค้ำยันให้มีเสถียรภาพ เมื่อโครงสร้างที่ติดตั้งมีเสถียรภาพแล้วจึงทำการค่อยๆ หย่อนสลิงหรือเชือกยกและปลดออก
 - 5) ติดตั้งค้ำยันถาวรของหลังคาและของเสาทั้งหมดตามแบบสำหรับการติดตั้ง หรือเอกสารสำหรับการก่อสร้าง โดยการขันสลักเกลียวแบบแน่นพอดี
 - 6) ตรวจสอบและจัดแนวองค์อาคารที่ติดตั้งอย่างละเอียด ทำการปรับแก้แนว ระดับ ความตั้ง และอื่นๆ โดยการคายสลักเกลียวแล้วปรับระยะ จนมีค่าไม่เกินค่าที่ระบุในเอกสารประกอบการก่อสร้าง หรือมาตรฐานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยอาจมีการติดตั้งค้ำยันชั่วคราวในส่วนที่จำเป็น จากนั้นทำการขันสลักเกลียวให้แน่น
 - 7) ติดตั้งเสา จันทัน แป และองค์อาคารอื่นๆ ตามลำดับที่เหมาะสมและมีเสถียรภาพ ทำการตรวจสอบระยะ ระดับ แนวตั้ง จนเสร็จสิ้น
 - 8) ตรวจสอบการติดตั้งโดยผู้ตรวจสอบหรือวิศวกรผู้ควบคุมงาน
 - 9) ติดตั้งแผ่นหลังคา ผนัง ประตู หน้าต่าง และชิ้นส่วนอื่นๆ ที่ระบุในเอกสารการก่อสร้างตามลำดับความเหมาะสม

2.6.5 การติดตั้งฐานเสาโดยการยึดด้วยสมอยึด (anchor rod)

การติดตั้งฐานเสาโดยการยึดด้วยสมอยึด (anchor rod) นั้น สมอยึด (anchor rod) และอุปกรณ์ประกอบจะต้องได้มาตรฐานตามที่ระบุในเอกสารสัญญา โดยตัวสมอยึด (anchor rod) อาจเป็นแบบปลายงอเป็นขอ (hooked-type anchor rod) ตามรูปที่ 21.ก หรือแบบแท่งตรง และมีหัวที่ปลาย (headed rod) ตามรูปที่ 21.ข หรือแบบแท่งตรงปลายเป็นเกลียวและมีแป้นเกลียว (threaded rod with nut) ตามรูปที่ 21.ค หรือแบบอื่นๆ ที่เหมาะสม ตัวอย่างแสดงรายละเอียดในการติดตั้งเสาบนสมอยึดชนิดมีการ grout แสดงในรูปที่ 22



ก) แบบปลายงอเป็นขอ
(hooked)



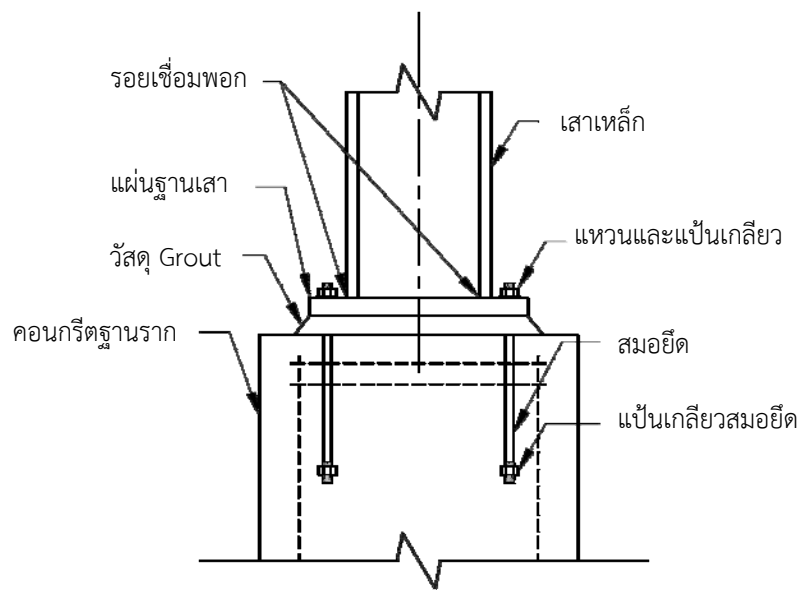
ข) แบบแท่งตรงและมีหัวที่ปลาย
(headed)



ค) แบบแท่งตรงปลายเป็นเกลียวและมีแป้นเกลียว
(threaded with nut)

รูปที่ 21 สมอยึด (anchor rod) แบบหล่อในที่ชนิดต่างๆ

(ข้อ 2.6.5)



รูปที่ 22 ตัวอย่างรายละเอียดการติดตั้งเสาบนสมอยึด (anchor rod) ชนิดมีการ grout
(ข้อ 2.6.5)

โดยทั่วไปจะนิยมใช้สมอยึด (anchor rod) ชนิดกัลวาไนซ์ ในส่วนที่สัมผัสสภาพแวดล้อม และอาจเกิดสนิมได้ โดยวิธีการกัลวาไนซ์อาจใช้วิธีจุ่มร้อน (hot-dip galvanizing process) หรือวิธีทางกล (mechanical galvanizing process) ก็ได้ แต่ทั้งนี้สมอยึด (anchor rod) และแป้นเกลียว (nut) จะต้องผลิตจากการกัลวาไนซ์วิธีเดียวกันและควรสั่งจากผู้ผลิตเดียวกัน

ค่าคลาดเคลื่อนของระยะต่างๆ สำหรับการติดตั้งสมอยึด ให้เป็นไปตามที่ระบุในเอกสาร การก่อสร้างหรือหากไม่ระบุ ให้เป็นไปตามค่าดังต่อไปนี้

- 1) ความคลาดเคลื่อนระหว่างจุดศูนย์กลางของสมอยึดสองตัวในกลุ่มสมอยึดเดียวกันมีค่าไม่เกิน 3 มิลลิเมตร
- 2) ความคลาดเคลื่อนระหว่างจุดศูนย์กลางของกลุ่มสมอยึดสองกลุ่มที่อยู่ถัดจากกันมีค่าไม่เกิน 6 มิลลิเมตร
- 3) ความคลาดเคลื่อนของระดับของปลายบนของสมอยึดมีค่าไม่เกิน 13 มิลลิเมตร
- 4) ความคลาดเคลื่อนสะสมระหว่างจุดศูนย์กลางของกลุ่มสมอยึดในแนวเสาเดียวกันมีค่าไม่เกิน 2 มิลลิเมตร. ต่อความยาวระยะ 10 เมตร และมีค่าสะสมทั้งหมดไม่เกิน 25 มิลลิเมตร

- 5) ความคลาดเคลื่อนระหว่างจุดศูนย์กลางของกลุ่มสมอียึดกับแนวเสาของกลุ่มสมอียึดนั้น มีค่าไม่เกิน 6 มิลลิเมตร

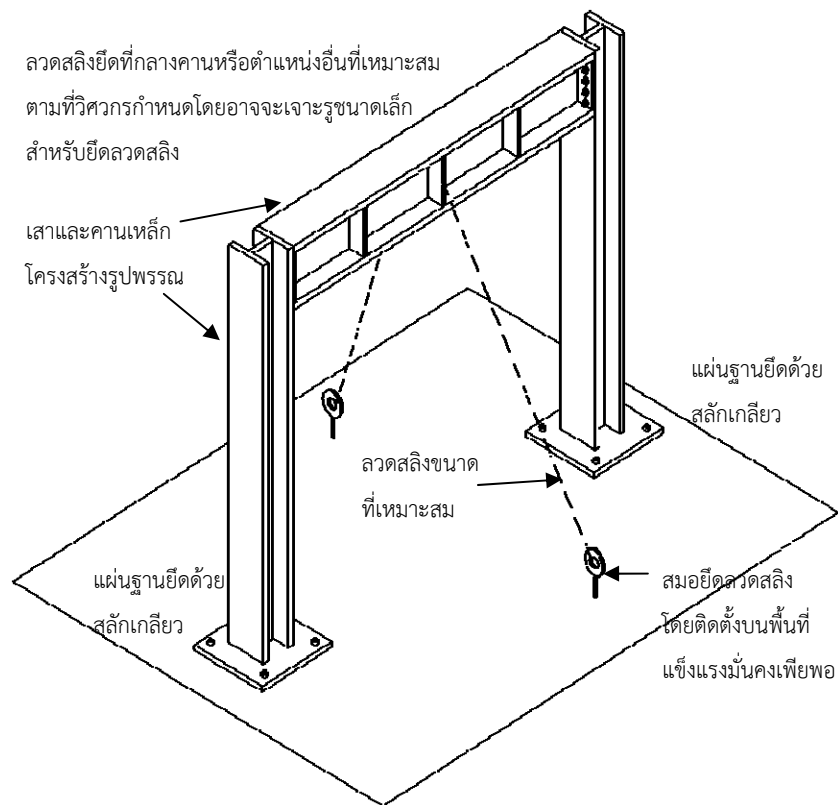
หากไม่มีการระบุเป็นอย่างอื่น การติดตั้งสมอียึดจะติดตั้งให้แกนตามแนวยาวของสมอียึดตั้งฉากกับผิวสัมผัสรับแรงแบกทาง

2.6.6 การจัดวางฐานเสา

ฐานเสาจะต้องถูกปรับให้ได้ระดับ และระดับความสูงที่ถูกต้องที่สามารถรับแรงแบกทางได้เต็มที่บนคอนกรีต หรืออิฐก่อ

2.6.7 เสถียรภาพ และรอยต่อ

โครงของอาคารโครงสร้างหลักจะต้องตั้งตรงและอยู่ในแนวตั้ง ในขั้นตอนการติดตั้ง โครงสร้างจะต้องมีการยึดให้มั่นคงเพื่อรองรับน้ำหนักคงที่ น้ำหนักระหว่างการติดตั้ง และน้ำหนักอื่นๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการก่อสร้าง จะต้องมีการติดตั้งค้ำยันชั่วคราวในจุดที่จำเป็นเพื่อรับน้ำหนักบรรทุกทุกที่ที่โครงสร้างนั้นอาจจะต้องรองรับ รวมถึงน้ำหนักของอุปกรณ์ และการปฏิบัติงานต่างๆ และควรคงค้ำยันไว้ตลอดระยะเวลาที่ต้องการเพื่อความปลอดภัย รูปที่ 23 แสดงตัวอย่างการยึดคานด้วยลวดสลิงเพื่อทำหน้าที่ค้ำยันคานขณะติดตั้งเพื่อป้องกันการเกิดการโก่งเดาะของคาน



รูปที่ 23 ตัวอย่างการยึดคานด้วยลวดสลิงเพื่อค้ำยันคานขณะติดตั้งเพื่อป้องกันการเกิด
การโก่งเดาะของคาน
(ข้อ 2.6.7)

2.6.8 การจัดแนว

ห้ามทำการยึดด้วยสลักเกลียว หรือเชื่อมอย่างถาวร จนกว่าจะทำการจัดแนวของโครงสร้าง ส่วนที่ติดกันที่ได้รับผลกระทบจากการยึดให้ถูกต้องเสียก่อน

2.6.9 รอยต่อรับแรงอัดของเสา และแผ่นรองฐาน (base plate) ที่เหมาะสม

อนุญาตให้พื้นผิวสัมผัสรับแรงแบกทานมีช่องว่างได้ไม่เกิน 2 มิลลิเมตร โดยไม่ต้องคำนึงถึง ชนิดของรอยต่อ (การเชื่อมแบบบากร่องไม่ทะลุตลอด (partial-joint-penetration-groove-welded) หรือการใช้สลักเกลียว) ถ้ามีช่องว่างที่มีขนาดเกิน 2 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 6 มิลลิเมตร และถ้าหากผลการตรวจสอบทางวิศวกรรมพบว่าพื้นผิวสัมผัสไม่เพียงพอ จะต้องมีการรองช่องว่าง ด้วยแผ่นเหล็กที่ไม่มีควมลาดเอียง (nontapered steel shim) แผ่นเหล็กที่ใช้รอง สามารถใช้แผ่นเหล็กกล้าละมุน (mild steel) ได้ โดยไม่ต้องคำนึงถึงชนิดของวัสดุหลักที่ใช้

2.6.10 การเชื่อมในสนาม

พื้นผิวในและบริเวณข้างเคียงจุดต่อที่จะมีการเชื่อมในสนามจะต้องเตรียมพื้นผิวให้มั่นใจว่าจะได้การเชื่อมที่มีคุณภาพดี การเตรียมพื้นผิวครอบคลุมการเตรียมพื้นผิวที่จำเป็นเพื่อปรับแก้ความเสียหายหรือการปนเปื้อนที่เกิดขึ้นระหว่างการประกอบชิ้นส่วนด้วย

2.6.11 การทาสีในสนาม

หน้าที่การทาสีซ่อม การทำความสะอาด และการทาสีในสนามจะต้องมีการกำหนดและให้เป็นไปตามวิธีการปฏิบัติที่ยอมรับ และจะต้องระบุไว้อย่างชัดเจนในเอกสารสัญญาด้วย

2.6.12 นั่งร้าน

หากมีการใช้นั่งร้านในการติดตั้ง การออกแบบ การติดตั้ง และการตรวจสอบนั่งร้าน จะต้องเป็นไปตามมาตรฐานของกรมโยธาธิการและผังเมือง หรือมาตรฐานหรือข้อกำหนดอื่นที่เกี่ยวข้อง

2.6.13 ผู้ควบคุมเครื่องจักร

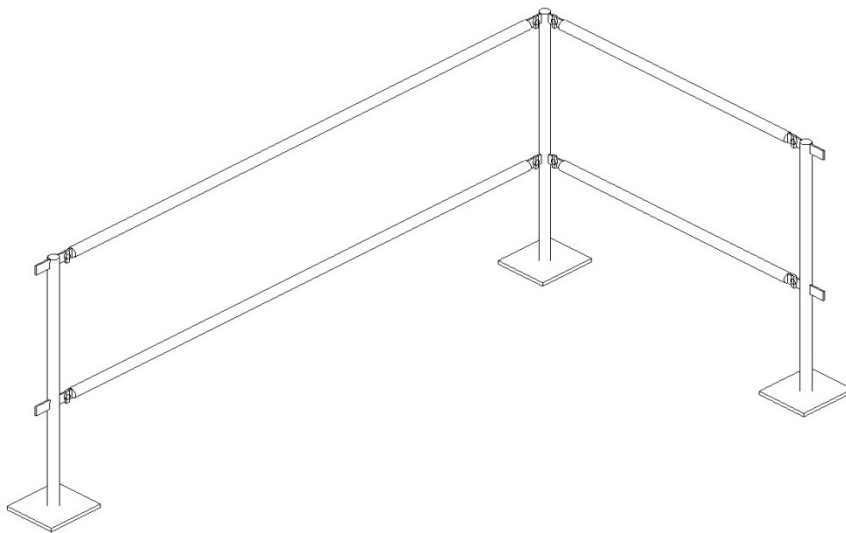
ผู้ควบคุมเครื่องจักรที่ใช้ในการขนย้ายชิ้นส่วน การติดตั้งชิ้นงาน หรืองานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ผู้ควบคุมรถเครน รถแทรกเตอร์ จะต้องได้รับใบอนุญาตในการควบคุมเครื่องจักรตามที่กฎหมายกำหนด

2.7 อุปกรณ์ป้องกันสำหรับความปลอดภัยในการติดตั้ง

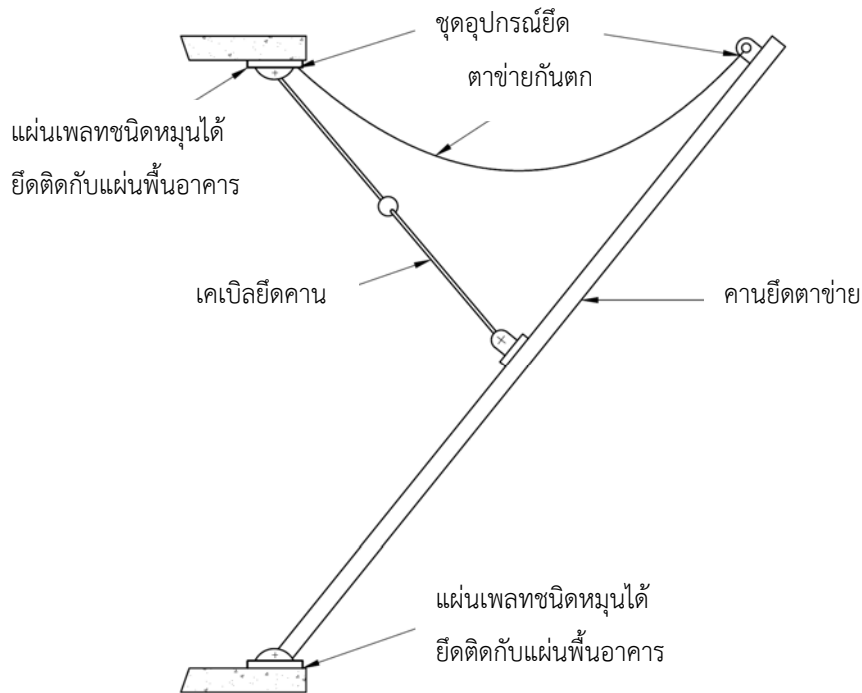
2.7.1 ผู้ติดตั้งชิ้นงานจะต้องเตรียมและติดตั้งอุปกรณ์สำหรับความปลอดภัย เช่น ราวกันตก ทางเดิน และอุปกรณ์สำหรับความปลอดภัยอื่นๆ ที่จำเป็น สำหรับบุคลากรผู้ติดตั้งชิ้นงาน ตามที่กำหนดในกฎหมายหรือข้อกำหนดที่เกี่ยวข้อง เช่น ถุงมือ รองเท้านิรภัย แวนตากันสะเกตไฟ หมวกนิรภัย รวมถึงถังดับเพลิง (ถ้าจำเป็น) อุปกรณ์สำหรับความปลอดภัยแต่ละชนิดจะต้องได้มาตรฐาน และผู้ติดตั้งชิ้นงานจะต้องสวมใส่อุปกรณ์ความปลอดภัยตามที่กฎหมายกำหนด รูปที่ 24 รูปที่ 25 และรูปที่ 26 แสดงตัวอย่างอุปกรณ์ความปลอดภัยสำหรับผู้ติดตั้ง ราวกันตก และตาข่ายกันตก รอบอาคารชนิดยึดกับโครงสร้าง ตามลำดับ



รูปที่ 24 ตัวอย่างอุปกรณ์ความปลอดภัยสำหรับผู้ติดตั้ง
(ข้อ 2.7.1)



รูปที่ 25 ตัวอย่างราวกันตก
(ข้อ 2.7.1)



รูปที่ 26 ตัวอย่างตาข่ายกันตกครอบอาคารชนิดยึดกับโครงสร้าง (มาตรฐาน AS/NZS 4576)
(ข้อ 2.7.1)

2.7.2 ผู้ติดตั้งชิ้นงานสามารถที่จะรื้อถอนอุปกรณ์สำหรับความปลอดภัยในพื้นที่ที่ทำการติดตั้งชิ้นงานเรียบร้อยแล้ว หากมีการคงอุปกรณ์สำหรับความปลอดภัยที่จัดเตรียมโดยผู้ติดตั้งชิ้นงานไว้ในสถานที่ สำหรับบุคลากรงานอื่นๆ เข้าใช้งานภายหลังจากที่การติดตั้งชิ้นงานสำเร็จเรียบร้อยแล้ว ตัวแทนเจ้าของงานที่ควบคุมงานก่อสร้างจะต้อง

- 1) เป็นผู้รับผิดชอบ และบำรุงรักษาอุปกรณ์ป้องกัน
- 2) ชดใช้ค่าเสียหาย หากเกิดความเสียหายขึ้นระหว่างที่บุคลากรจากงานอื่นเข้ามาใช้งาน
- 3) ตรวจสอบให้มั่นใจว่าอุปกรณ์ป้องกันเหล่านี้ปลอดภัยเพียงพอสำหรับบุคลากรจากงานอื่นที่จะเข้ามาใช้งาน
- 4) รื้อถอนอุปกรณ์สำหรับความปลอดภัย และนำส่งคืนผู้ติดตั้งชิ้นงานเมื่อไม่มีการใช้งานแล้ว ในสภาพเหมือนที่รับมา

บทที่ 3

การควบคุมคุณภาพ และการประกันคุณภาพ

ในบทนี้ จะอธิบายข้อกำหนดขั้นต่ำสำหรับการควบคุมคุณภาพ การประกันคุณภาพ และการทดสอบแบบไม่ทำลาย สำหรับระบบอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ

3.1 ขอบเขต

การควบคุมคุณภาพ (QC) ที่ระบุในบทนี้ ให้ดำเนินการโดยผู้ประกอบชิ้นงาน (fabricator) และผู้ติดตั้ง (erector) การประกันคุณภาพ (QA) ที่ระบุในบทนี้ ให้ดำเนินการโดยหน่วยงานอื่นเมื่อถูกกำหนดโดยหน่วยงานที่มีอำนาจตามกฎหมาย มาตรฐานสำหรับอาคารที่เกี่ยวข้อง ผู้ซื้อ เจ้าของงาน หรือวิศวกรผู้รับผิดชอบ (engineer of record) การทดสอบแบบไม่ทำลายต้องจัดทำโดยหน่วยงานหรือองค์กรที่มีหน้าที่เกี่ยวกับการประกันคุณภาพตามที่ระบุในหัวข้อ 3.6

3.2 แผนการการควบคุมคุณภาพของผู้ประกอบชิ้นงาน และผู้ติดตั้ง

ผู้ประกอบชิ้นงานและผู้ติดตั้งจะต้องจัดทำและรักษาไว้ซึ่งกระบวนการการควบคุมคุณภาพ และดำเนินการตรวจสอบเพื่อให้มั่นใจได้ว่าผลงานที่ได้เป็นไปตามคู่มือฉบับนี้และตามเอกสารการก่อสร้าง

ผู้ประกอบชิ้นงานจะต้องมีการบันทึกข้อมูลที่สามารถตรวจสอบถึงรายละเอียดและคุณสมบัติของวัสดุ ที่นำมาประกอบชิ้นงาน ซึ่งประกอบด้วย หน้าตัดที่นำมาใช้งาน ชั้นคุณภาพ หมายเลขชุดความร้อนในการผลิต (heat number) ผลการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ (หากมีการระบุในเอกสาร) และมีการตรวจสอบโดยผู้ตรวจสอบการควบคุมคุณภาพ (Quality Control Inspector, QCI) ของผู้ประกอบชิ้นงาน

ผู้ตรวจสอบการควบคุมคุณภาพ (QCI) ของผู้ประกอบชิ้นงาน อย่างน้อยจะต้องตรวจสอบหัวข้อ ดังนี้

- 1) การเชื่อมในโรงงาน การติดตั้งสลักเกลียวกำลังสูง และรายละเอียดอื่นๆ ให้สอดคล้องกับหัวข้อ 3.5
- 2) การตัดในโรงงาน และการแต่งผิว ให้สอดคล้องกับหัวข้อ 2.3
- 3) การให้ความร้อนในโรงงานเพื่อการตัดให้ตรง การตัดโค้งหลังเต่า และการตัดโค้ง ให้สอดคล้องกับหัวข้อ 2.3.1
- 4) ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับการประกอบชิ้นส่วนในโรงงาน ให้สอดคล้องกับบทที่ 2 และมาตรฐานคุณลักษณะเฉพาะของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร (มยผ. 1107-61)

ผู้ตรวจสอบการควบคุมคุณภาพ (QCI) ของผู้ติดตั้ง อย่างน้อยจะต้องตรวจสอบในหัวข้อ ดังนี้

- 1) การเชื่อมในสนาม การติดตั้งสลักเกลียวกำลังสูง และรายละเอียดอื่นๆ ให้สอดคล้องกับหัวข้อ 3.5
- 2) พื้นผิวที่ถูกตัดในสนาม ให้สอดคล้องกับหัวข้อ 2.3.2

- 3) การให้ความร้อนในสนามเพื่อการตัดให้ตรง ให้สอดคล้องกับหัวข้อ 2.3.1
- 4) ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับการประกอบชิ้นส่วนในสนาม ให้สอดคล้องกับบทที่ 2 และมาตรฐานคุณลักษณะเฉพาะของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร (มยผ. 1107-61)

3.3 เอกสารของผู้ประกอบชิ้นงาน และผู้ติดตั้ง

3.3.1 เอกสารสำหรับงานก่อสร้าง

ผู้ประกอบชิ้นงานและผู้ติดตั้ง จะต้องส่งเอกสารที่เกี่ยวข้องเพื่อให้วิศวกรผู้รับผิดชอบหรือผู้ที่วิศวกรมอบหมาย พิจารณาก่อนที่จะทำการประกอบชิ้นงาน หรือติดตั้ง (ในหัวข้อที่เกี่ยวข้อง) ดังนี้

- 1) แบบสำหรับการก่อสร้าง ยกเว้นแบบสำหรับการก่อสร้างที่นำส่งโดยหน่วยงานอื่น
- 2) แบบสำหรับการติดตั้ง ยกเว้นแบบสำหรับการติดตั้งที่นำส่งโดยหน่วยงานอื่น

3.3.2 เอกสารที่เกี่ยวข้องในงานการก่อสร้างโครงสร้างเหล็ก

จะต้องมีเอกสารในรูปอิเล็กทรอนิกส์หรือรูปแบบการพิมพ์เพื่อให้วิศวกรผู้รับผิดชอบหรือผู้ที่วิศวกรมอบหมายพิจารณา ก่อนที่จะทำการประกอบชิ้นงานและติดตั้ง (ในหัวข้อที่เกี่ยวข้อง) ยกเว้นมีการกำหนดเอกสารที่ต้องนำส่งไว้ในเอกสารสัญญา ดังนี้

- 1) สำหรับชิ้นส่วนหลักโครงสร้างหลัก – สำเนาผลการทดสอบวัสดุที่สอดคล้องกับมาตรฐานที่กำหนด
- 2) สำหรับเหล็กหล่อ และเหล็กชุบแข็ง – สำเนาผลการทดสอบวัสดุที่สอดคล้องกับมาตรฐานที่กำหนด
- 3) สำหรับอุปกรณ์ยึด - สำเนาใบรับรองจากผู้ผลิตที่สอดคล้องกับมาตรฐานที่กำหนด
- 4) สำหรับสมอและแท่งเหล็กเกลียว – สำเนาผลการทดสอบวัสดุที่สอดคล้องกับมาตรฐานที่กำหนด
- 5) สำหรับวัสดุสิ้นเปลืองงานเชื่อม – สำเนาหนังสือรับรองจากผู้ผลิตที่สอดคล้องกับมาตรฐานที่กำหนด
- 6) เอกสารข้อมูลผลิตภัณฑ์จากผู้ผลิต สำหรับโลหะเติมงานเชื่อมและพลาซมาที่ใช้ - เอกสารข้อมูลจะต้องอธิบายรายละเอียดผลิตภัณฑ์ ข้อจำกัดการใช้งาน ข้อแนะนำของตัวแปรสำหรับการเชื่อมทั่วไป ข้อกำหนดการเก็บรักษาและการเปิดใช้งาน รวมถึงการอบ (ถ้าเกี่ยวข้อง)
- 7) ข้อกำหนดขั้นตอนการเชื่อม
- 8) เอกสารแสดงคุณสมบัติของบุคลากรงานเชื่อมว่ามีคุณสมบัติตามมาตรฐานที่กำหนด และมีการพัฒนาฝีมืออย่างต่อเนื่อง

- 9) คู่มือการควบคุมคุณภาพของผู้ประกอบชิ้นงาน และผู้ติดตั้ง (ที่เกี่ยวข้อง) ที่มีหัวข้ออย่างต่ำ ดังนี้
 - 9.1) ขั้นตอนการควบคุมวัสดุ
 - 9.2) ขั้นตอนการตรวจสอบ
 - 9.3) ขั้นตอนสำหรับสิ่งที่ไม่เป็นไปตามที่กำหนด (nonconformance procedure)
- 10) เอกสารแสดงคุณสมบัติของผู้ตรวจสอบการควบคุมคุณภาพ ของผู้ประกอบชิ้นงานและของผู้ติดตั้ง (ที่เกี่ยวข้อง) ที่สอดคล้องตามที่กำหนด

3.4 บุคลากรสำหรับการตรวจสอบ และการทดสอบแบบไม่ทำลาย

3.4.1 คุณสมบัติผู้ตรวจสอบการควบคุมคุณภาพ

บุคลากรผู้ตรวจสอบการควบคุมคุณภาพงานเชื่อมจะต้องมีคุณสมบัติสอดคล้องตามแผนการควบคุมคุณภาพที่ผู้ประกอบชิ้นงานและผู้ติดตั้ง (ที่เกี่ยวข้อง) กำหนด

บุคลากรผู้ตรวจสอบการควบคุมคุณภาพงานสลักเกลียวต้องมีคุณสมบัติเหมาะสมโดยได้รับการฝึกอบรมและมีประสบการณ์ในการตรวจสอบสลักเกลียวงานโครงสร้าง

3.4.2 คุณสมบัติผู้ตรวจสอบการประกันคุณภาพ

บุคลากรผู้ตรวจสอบการประกันคุณภาพงานเชื่อมจะต้องมีคุณสมบัติสอดคล้องตามแนวทางปฏิบัติที่ระบุเป็นลายลักษณ์อักษรที่หน่วยงานด้านการประกันคุณภาพกำหนด

บุคลากรผู้ตรวจสอบการประกันคุณภาพงานสลักเกลียวต้องมีคุณสมบัติเหมาะสมโดยได้รับการฝึกอบรมและมีประสบการณ์ในการตรวจสอบสลักเกลียวงานโครงสร้าง

3.4.3 คุณสมบัติผู้ตรวจสอบการทดสอบแบบไม่ทำลาย

บุคลากรผู้ตรวจสอบการทดสอบแบบไม่ทำลาย (ยกเว้นการตรวจสอบด้วยสายตา) จะต้องมีความรู้คุณสมบัติสอดคล้องตามมาตรฐานที่กำหนด หรือสอดคล้องตามแนวทางปฏิบัติที่ผู้ว่าจ้างกำหนด

3.5 ข้อกำหนดขั้นต่ำสำหรับการตรวจสอบอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ

3.5.1 การควบคุมคุณภาพ

การตรวจสอบการควบคุมคุณภาพควรดำเนินการโดยผู้ตรวจสอบการควบคุมคุณภาพ (QCI) ของผู้ประกอบการขึ้นงาน หรือผู้ติดตั้ง ที่เกี่ยวข้อง และสอดคล้องกับหัวข้อ 3.5.4 3.5.6 และ 3.5.7

กิจกรรมในตารางที่ 6 ถึง ตารางที่ 8 และตารางที่ 9 ถึงตารางที่ 11 รายการสำหรับ QC คือ กิจกรรมที่จะตรวจสอบโดยผู้ตรวจสอบการควบคุมคุณภาพ (QCI) เพื่อให้มั่นใจว่าผลงานดังกล่าว ดำเนินการตามที่ระบุในเอกสารการก่อสร้าง

สำหรับการตรวจสอบการควบคุมคุณภาพ เอกสารการก่อสร้างที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย แบบสำหรับโรงงาน (shop drawing) และแบบสำหรับการติดตั้ง (erection drawing) และกฎหมาย มาตรฐาน และข้อกำหนดต่างๆ ที่อ้างอิง

3.5.2 การประกันคุณภาพ

การตรวจสอบการประกันคุณภาพของชิ้นส่วนที่ผลิต จะต้องดำเนินการที่โรงงานที่ผลิต ผู้ตรวจสอบการประกันคุณภาพ (Quality Assurance Inspector, QAI) จะต้องทำการนัดหมาย การตรวจสอบเพื่อให้เกิดการกระทบกับงานของผู้ประกอบการขึ้นงานน้อยที่สุด

การตรวจสอบการประกันคุณภาพของระบบเหล็กโครงสร้างที่ติดตั้งแล้วให้ทำที่สถานที่ตั้ง โครงการ ผู้ตรวจสอบการประกันคุณภาพ (Quality Assurance Inspector, QAI) จะต้องทำการ นัดหมายการตรวจสอบเพื่อให้เกิดการกระทบกับงานของผู้ติดตั้งน้อยที่สุด

ผู้ตรวจสอบการประกันคุณภาพจะต้องพิจารณาผลการทดสอบวัสดุ และใบรับรองตาม รายการที่แสดงใน หัวข้อ 3.5.4 หัวข้อ 3.5.6 และหัวข้อ 3.5.7

กิจกรรมในตารางที่ 6 ถึงตารางที่ 8 และตารางที่ 9 ถึงตารางที่ 11 รายการสำหรับ QA คือกิจกรรมที่จะตรวจสอบโดยผู้ตรวจสอบการประกันคุณภาพ (QAI) เพื่อให้มั่นใจว่าผลงาน ดังกล่าวดำเนินการตามที่ระบุในเอกสารการก่อสร้าง

เมื่อหน่วยงานประกันคุณภาพส่งเอกสารรายงานไปยังหน่วยงานที่มีอำนาจตามกฎหมาย หรือวิศวกรผู้รับผิดชอบ หรือเจ้าของงาน หน่วยงานประกันคุณภาพควรส่งเอกสารไปยังผู้ประกอบ ชี้นงาน หรือผู้ติดตั้ง พร้อมกันด้วย ดังนี้

- 1) รายงานผลการตรวจสอบ
- 2) รายงานผลการทดสอบแบบไม่ทำลาย

3.5.3 การตรวจสอบร่วมกัน

เมื่อกิจกรรมถูกระบุให้ดำเนินการร่วมกันระหว่างการควบคุมคุณภาพและการประกันคุณภาพ อนุญาตให้มีการประสานงานหน้าที่การตรวจสอบระหว่างผู้ตรวจสอบการควบคุมคุณภาพ (QCI) และผู้ตรวจสอบการประกันคุณภาพ (QAI) เพื่อให้หน้าที่ต่างๆ มีผู้ดำเนินการเพียงฝ่ายเดียว หากการประกันคุณภาพขึ้นอยู่กับหน้าที่การตรวจสอบที่ดำเนินการโดยผู้ควบคุมคุณภาพ จะต้อง ได้รับการอนุมัติจากวิศวกรผู้รับผิดชอบ และหน่วยงานที่มีอำนาจตามกฎหมายก่อน

3.5.4 การตรวจสอบการเชื่อม

ให้ใช้การสังเกตการณ์กระบวนการเชื่อมและการตรวจสอบด้วยการตรวจระหว่างการเชื่อม และรอยเชื่อมที่สำเร็จแล้วเป็นวิธีการขั้นต้นเพื่อที่จะยืนยันว่าวัสดุ ขั้นตอนการดำเนินงาน และทักษะแรงงาน สอดคล้องกับเอกสารการก่อสร้าง

รายการตรวจสอบการเชื่อมต้องเป็นไปตามที่ระบุในตารางที่ 6 ตารางที่ 7 และตารางที่ 8 เป็นอย่างต่ำ โดยรายการตรวจสอบในตารางมีดังนี้

- – ตรวจสอบรายการเหล่านี้แบบสุ่ม กระบวนการทำงานไม่จำเป็นต้องชะลอ เพื่อการตรวจสอบนี้
- P – ทำการตรวจสอบกิจกรรมดังกล่าวในแต่ละรอยเชื่อมของจุดต่อหรือองค์อาคาร

ตารางที่ 6 รายการตรวจสอบก่อนการเชื่อม
(ข้อ 3.5.4)

รายการตรวจสอบก่อนการเชื่อม	การควบคุมคุณภาพ Quality Control	การประกันคุณภาพ Quality Assurance
มีเอกสารข้อกำหนดขั้นตอนการเชื่อม (welding procedure specifications)	P	P
มีเอกสารรับรองคุณสมบัติของวัสดุสิ้นเปลืองงานเชื่อมจากผู้ผลิต	P	P
ตรวจสอบคุณสมบัติของวัสดุ (ชนิด/ชั้นคุณภาพ)	O	O
มีระบบระบุตัวตนของช่างเชื่อม (welder identification system)	O	O
ตรวจสอบรอยเชื่อมแบบเจาะร่อง (รวมถึง มุม และตำแหน่งของชิ้นส่วน) • การเตรียมความพร้อมของรอยต่อ • มิติ (การจัดแนว, ช่องเปิด, หน้าสัมผัส, ความเอียง) • ความสะอาด (สภาพของผิวเหล็ก) • การเชื่อมเต็ม (คุณภาพและตำแหน่งของรอยเชื่อมเต็ม) • ชนิดและความพอดีของแผ่นเหล็กกรองเชื่อม (ถ้าจำเป็น)	O	O
ข้อกำหนด รูปร่าง และลักษณะของช่องเปิดเพื่อการเข้าถึง	O	O
ตรวจสอบรอยเชื่อมแบบพอก • มิติ (การจัดแนว, ช่องว่าง) • ความสะอาด (สภาพของผิวเหล็ก) • การเชื่อมเต็ม (คุณภาพและตำแหน่งของรอยเชื่อมเต็ม)	O	O
ตรวจสอบอุปกรณ์การเชื่อม	O	O

ตารางที่ 7 รายการตรวจสอบระหว่างการเชื่อม
(ข้อ 3.5.4)

รายการตรวจสอบระหว่างการเชื่อม	การควบคุมคุณภาพ Quality Control	การประกันคุณภาพ Quality Assurance
ช่างเชื่อมมีคุณสมบัติเป็นไปตามที่กำหนด	○	○
ตรวจสอบคุณภาพของลวดเชื่อม - การบรรจุหีบห่อ - การป้องกันการสัมผัสกับสภาพแวดล้อม	○	○
ไม่มีการเชื่อมที่รอยเชื่อมแต่มที่มีรอยร้าว	○	○
สภาพแวดล้อม - ความเร็วลมไม่เกินที่กำหนด - ความชื้นและอุณหภูมิเหมาะสม	○	○
ปฏิบัติตามข้อกำหนดขั้นตอนการเชื่อม (welding procedure specifications) - การติดตั้งอุปกรณ์การเชื่อม - ความเร็วในการเชื่อม - การเลือกวัสดุเชื่อมตามที่กำหนด - ชนิดของแก๊สปกคลุม และอัตราการไหล - มีการให้ความร้อนก่อน - มีการรักษาอุณหภูมิระหว่างเทียวยเชื่อม (ค่าต่ำสุด/ค่าสูงสุด) - ท่าเชื่อมที่เหมาะสม (ท่าราบ ท่าตั้ง ท่าระดับ ท่าเหนือศีรษะ)	○	○
เทคนิคการเชื่อม - ความสะอาดระหว่างเทียวยเชื่อมและหลังเสร็จงาน - รูปร่างรอยเชื่อมแต่ละรอยเป็นไปตามข้อกำหนด - รอยเชื่อมมีคุณภาพตามที่กำหนด	○	○

ตารางที่ 8 รายการตรวจสอบหลังการเชื่อม
(ข้อ 3.5.4)

รายการตรวจสอบหลังการเชื่อม	การควบคุมคุณภาพ Quality Control	การประกันคุณภาพ Quality Assurance
มีการทำความสะอาดรอยเชื่อม	O	O
ขนาด ความยาว ตำแหน่ง ของรอยเชื่อมถูกต้องตามแบบ	P	P
รอยเชื่อมผ่านคุณสมบัติการตรวจพินิจ ● ไม่มีรอยแตกร้าว ● รอยเชื่อมหลอมรวมเข้ากับวัสดุฐาน ● รอยเชื่อมไม่เป็นหลุมหรือแอ่ง ● รูปร่างรอยเชื่อม ● ขนาดรอยเชื่อม ● รอยเชื่อมไม่เว้า ● รอยเชื่อมไม่มีรูพรุน	P	P
ไม่มีสะเก็ดรอยเชื่อม	P	P
K - area	P	P
เอาแผ่นหลังรองเชื่อม (backing) และ weld tab ออก (ถ้าต้องการ)	P	P
งานซ่อม	P	P
เอกสารการยอมรับหรือปฏิเสธรอยเชื่อมของจุดต่อหรือองค์อาคาร	P	P

การตรวจสอบรอยเชื่อมด้วยวิธีการตรวจพินิจให้เป็นไปตามมาตรฐานการตรวจสอบรอยเชื่อม โครงเหล็กรูปพรรณด้วยวิธีการตรวจพินิจ (มยผ. 1561-51) หรือตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง ยกเว้น หากมีการกำหนดเป็นอย่างอื่นไว้ในแบบ หรือข้อกำหนดของโครงการ หรือในเอกสารการก่อสร้าง

เกณฑ์การยอมรับสำหรับการตรวจสอบรอยเชื่อมด้วยวิธีการตรวจพินิจ ให้ให้เป็นไปตาม ตารางที่ 1 และรูปที่ ผ2.1 ในภาคผนวก 2 ในมาตรฐานการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็ก รูปพรรณด้วยวิธีการตรวจพินิจ (มยผ. 1561-51) หรือตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง ยกเว้น หากมีการ กำหนดเป็นอย่างอื่นไว้ในแบบ หรือข้อกำหนดของโครงการ หรือในเอกสารการก่อสร้าง

3.5.5 การทดสอบแบบไม่ทำลายของจุดต่อแบบเชื่อม

3.5.5.1 วิธีการ

เมื่อกำหนดให้มีการทดสอบด้วยวิธีการทดสอบด้วยอัลตราโซนิก (Ultrasonic Testing, UT) วิธีการทดสอบด้วยผงแม่เหล็ก (Magnetic Particle Testing, MT) วิธีการทดสอบด้วยการแทรกซึม (Penetrant Testing, PT) วิธีการทดสอบด้วยรังสี (Radiographic Testing, RT) จะต้องดำเนินการโดยฝ่ายประกันคุณภาพตามมาตรฐานการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณด้วยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย (มยผ 1562-51 ถึง 1565-51) สำหรับโครงสร้างรับแรงกระทำแบบสถิตย์ ยกเว้นหากมีการกำหนดเป็นอย่างอื่นไว้ในแบบ หรือข้อกำหนดของโครงการ หรือในเอกสารการก่อสร้าง เกณฑ์การยอมรับให้เป็นไปตามมาตรฐานการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณด้วยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย (มยผ. 1562-51 ถึง 1565-51) หรือมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง ยกเว้นหากมีการกำหนดเป็นอย่างอื่นไว้ในแบบ หรือข้อกำหนดของโครงการ หรือในเอกสารการก่อสร้าง

3.5.5.2 การทดสอบแบบไม่ทำลายสำหรับการเชื่อมแบบ CJP groove weld

สำหรับโครงสร้างที่มีประเภทความสำคัญ III หรือ IV ในตารางที่ 1.5-1 การจำแนกประเภทความสำคัญของอาคาร และค่าตัวประกอบความสำคัญของอาคาร ในมาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว (มยผ. 1302) ให้ทำการทดสอบด้วยวิธีอัลตราโซนิก (UT) โดยฝ่ายประกันคุณภาพ ทุกๆ รอยเชื่อมแบบ CJP groove weld ที่รับแรงดึงทางขวางในรอยต่อแบบชน (butt joint) รอยต่อรูปตัวที และรอยต่อที่มุม ในวัสดุที่หนาเท่ากับหรือมากกว่า 8 มิลลิเมตร สำหรับโครงสร้างที่มีความเสี่ยงอยู่ในกลุ่ม II ให้ทำการทดสอบด้วยวิธีอัลตราโซนิก (UT) โดยฝ่ายประกันคุณภาพ จำนวน 10 เปอร์เซ็นต์ ของรอยเชื่อมแบบ CJP groove weld ของรอยต่อแบบชน (butt joint) รอยต่อรูปตัวที และรอยต่อที่มุม ที่รับแรงดึงทางขวาง ในวัสดุที่หนาเท่ากับหรือมากกว่า 8 มิลลิเมตร

3.5.5.3 การทดสอบแบบไม่ทำลายสำหรับช่องเปิดเพื่อการเข้าถึง

ให้ทดสอบพื้นผิวที่ตัดด้วยความร้อนของช่องเปิดเพื่อการเข้าถึง โดยฝ่ายประกันคุณภาพด้วยวิธีการทดสอบด้วยผงแม่เหล็ก (MT) หรือวิธีการทดสอบด้วยการแทรกซึม (PT) เมื่อความหนาปิกเกิน 50 มิลลิเมตร ในหน้าตัดเหล็กรูปพรรณรีดร้อน

หรือเมื่อความหนาแน่นแอเวเกิน 50 มิลลิเมตร ในหน้าตัดประกอบ และไม่ยอมรับหากพบรอยแตกกว้าง โดยไม่สนใจขนาด หรือตำแหน่งที่เกิดรอยแตกกว้าง

3.5.5.4 การลดอัตราการทดสอบวิธีการทดสอบด้วยอัลตราโซนิก (UT)

ยอมให้มีการลดอัตราการทดสอบวิธีการทดสอบด้วยอัลตราโซนิก (UT) หากได้รับการอนุมัติจากวิศวกรผู้รับผิดชอบ และหน่วยงานที่มีอำนาจตามกฎหมาย สำหรับกรณีการทดสอบด้วยอัลตราโซนิกที่อัตรา 100 เปอร์เซ็นต์ อนุญาตให้ลดอัตราการทดสอบแบบไม่ทำลายสำหรับช่างเชื่อม หรือผู้ควบคุมการเชื่อมแต่ละรายลงเป็น 25 เปอร์เซ็นต์ หากอัตราการปฏิเสธ (จำนวนรอยเชื่อมที่มีข้อบกพร่องที่ไม่สามารถยอมรับได้) หาดด้วยจำนวนรอยเชื่อมที่สำเร็จ) พิสูจน์ได้ว่ามีอัตรา 5 เปอร์เซ็นต์ หรือน้อยกว่าจากรอยเชื่อมที่ทำการทดสอบของช่างเชื่อม หรือผู้ควบคุมการเชื่อม ทั้งนี้จะต้องมีจำนวนตัวอย่างไม่น้อยกว่า 40 รอยเชื่อมที่สำเร็จสำหรับการประเมินการลดอัตราดังกล่าว สำหรับการประเมินอัตราการปฏิเสธสำหรับรอยเชื่อมต่อเนื่องที่ยาวเกิน 1 เมตร ที่มีระยะลึกประสิทธิภาพของรอยเชื่อม 25 มิลลิเมตร หรือน้อยกว่า กำหนดให้ทุกๆ ความยาวรอยเชื่อม 300 มิลลิเมตร หรือเศษของ 300 มิลลิเมตร ถือเป็นหนึ่งรอยเชื่อม สำหรับการประเมินอัตราการปฏิเสธสำหรับรอยเชื่อมต่อเนื่องที่ยาวเกิน 1 เมตร ที่มีระยะลึกประสิทธิภาพของรอยเชื่อมมากกว่า 25 มิลลิเมตร กำหนดให้ทุกๆ ความยาวรอยเชื่อม 150 มิลลิเมตร หรือเศษของ 150 มิลลิเมตร ถือเป็นหนึ่งรอยเชื่อม

3.5.5.5 การเพิ่มอัตราการทดสอบวิธีการทดสอบด้วยอัลตราโซนิก (UT)

สำหรับโครงสร้างที่มีความเสี่ยงอยู่ในกลุ่ม II ที่กำหนดให้ทำการทดสอบด้วยวิธีอัลตราโซนิก (UT) เริ่มต้นที่ 10 เปอร์เซ็นต์ อัตราการทดสอบแบบไม่ทำลายสำหรับช่างเชื่อมหรือผู้ควบคุมการเชื่อมแต่ละรายให้เพิ่มเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ หากอัตราการปฏิเสธ (จำนวนรอยเชื่อมที่มีข้อบกพร่องที่ไม่สามารถยอมรับได้) หาดด้วยจำนวนรอยเชื่อมที่สำเร็จ) มีอัตราเกิน 5 เปอร์เซ็นต์ จากรอยเชื่อมที่ทำการทดสอบของช่างเชื่อมหรือผู้ควบคุมการเชื่อม ทั้งนี้จะต้องมีจำนวนตัวอย่างไม่น้อยกว่า 20 รอยเชื่อมที่สำเร็จสำหรับการปรับเพิ่มดังกล่าว เมื่ออัตราการปฏิเสธสำหรับช่างเชื่อมหรือผู้ควบคุมการเชื่อมลดลงเหลือ 5 เปอร์เซ็นต์ หรือน้อยกว่าจากจำนวนตัวอย่างไม่น้อยกว่า 40 รอยเชื่อมที่สำเร็จให้ลดอัตราการทดสอบด้วยวิธีอัลตราโซนิก (UT) กลับมาเป็น 10 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการประเมินอัตราการปฏิเสธสำหรับรอยเชื่อมต่อเนื่องที่ยาวเกิน 1 เมตร ที่มีระยะลึกประสิทธิภาพของรอยเชื่อม 25 มิลลิเมตร หรือน้อยกว่า กำหนดให้ทุกๆ ความยาวรอยเชื่อม 300 มิลลิเมตร หรือเศษของ 300 มิลลิเมตร ถือเป็นหนึ่งรอยเชื่อม สำหรับการประเมิน

อัตราการปฏิเสธสำหรับรอยเชื่อมต่อเนื่องที่ยาวเกิน 1 เมตร ที่มีระยะลึกประสิทธิผลของรอยเชื่อมมากกว่า 25 มิลลิเมตร กำหนดให้ทุกๆ ความยาวรอยเชื่อม 150 มิลลิเมตร หรือเศษของ 150 มิลลิเมตร ถือเป็นหนึ่งรอยเชื่อม

3.5.5.6 งานเอกสาร

การทดสอบแบบไม่ทำลายทุกการทดสอบที่ดำเนินการจะต้องมีการบันทึกเป็นเอกสารรายงานการทดสอบแบบไม่ทำลาย สำหรับการประกอบชิ้นส่วนในโรงงานจะต้องระบุชิ้นส่วนและตำแหน่งของจุดที่ทดสอบ รายงานการทดสอบแบบไม่ทำลายสำหรับงานในสนามจะต้องระบุรอยเชื่อมที่ทำการทดสอบด้วยตำแหน่งในโครงสร้าง ชิ้นส่วน และตำแหน่งของจุดที่ทดสอบ

เมื่อรอยเชื่อมถูกปฏิเสธจากการทดสอบแบบไม่ทำลาย บันทึกการทดสอบแบบไม่ทำลายจะต้องระบุตำแหน่งของรอยเชื่อม และเหตุผลในการปฏิเสธ

3.5.6 การตรวจสอบสลักเกลียวกำลังสูง

การสังเกตการณ์การติดตั้งสลักเกลียวเป็นวิธีการพื้นฐานเพื่อยืนยันว่าวัสดุ ขั้นตอนการดำเนินการ และทักษะของบุคลากรที่มีส่วนร่วมในงานก่อสร้างเป็นไปตามเอกสารการก่อสร้าง

- 1) สำหรับรอยต่อแบบขันแน่นพอดี (snug-tight joint) ไม่ต้องการตรวจสอบการทดสอบเพื่อตรวจพิสูจน์ก่อนการติดตั้งตามตารางที่ 8 และการสังเกตการณ์ขั้นตอนการติดตั้งตามตารางที่ 9 และไม่จำเป็นต้องมีผู้ตรวจสอบการควบคุมคุณภาพ (QCI) และผู้ตรวจสอบการประกันคุณภาพ (QAI) อยู่ระหว่างการติดตั้งอุปกรณ์ยึดในรอยต่อแบบขันแน่นพอดี
- 2) สำหรับรอยต่อแบบขันแน่นก่อน (pretensioned joint) และรอยต่อแบบเลื่อนวิกฤติ (slip-critical joint) เมื่อผู้ติดตั้งใช้วิธีหมุนแป้นเกลียวด้วยการทำสัญลักษณ์จับคู่ (turn-of-nut method with matchmarking technique) วิธีการใช้ตัววัดแรงดึงโดยตรง (direct-tension-indicator method) วิธีการใช้สลักเกลียวควบคุมแรงดึงโดยการบิดขาดออก (twist-off-type tension control bolt method) การสังเกตการณ์การให้แรงดึงก่อนแก่สลักเกลียว ให้เป็นไปตามที่ระบุในตารางที่ 9 ไม่จำเป็นต้องมีผู้ตรวจสอบการควบคุมคุณภาพ (QCI) และผู้ตรวจสอบการประกันคุณภาพ (QAI) อยู่ระหว่างการติดตั้งอุปกรณ์ยึดเมื่อผู้ติดตั้งใช้วิธีการเหล่านี้
- 3) สำหรับรอยต่อแบบขันแน่นก่อน (pretensioned joint) และรอยต่อแบบเลื่อนวิกฤติ (slip-critical joint) เมื่อผู้ติดตั้งใช้วิธีขันด้วยประแจที่มีการสอบเทียบ (calibrated wrench method) หรือวิธีหมุนแป้นเกลียวโดยไม่มีการทำสัญลักษณ์จับคู่ (turn-of-nut method)

without matchmarking) การสังเกตการณ์การให้แรงดึงก่อนแก่สลักเกลียวให้เป็นไปตามที่ระบุในตารางที่ 9 ผู้ตรวจสอบการควบคุมคุณภาพ (QCI) และผู้ตรวจสอบการประกันคุณภาพ (QAI) จะต้องมีการตรวจสอบตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายระหว่างการติดตั้งอุปกรณ์ยึดเมื่อผู้ติดตั้งใช้วิธีการเหล่านี้

การตรวจสอบการติดตั้งสลักเกลียวต้องเป็นไปตามที่ระบุในตารางที่ 9 ตารางที่ 10 และตารางที่ 11 เป็นอย่างต่ำ โดยการตรวจสอบในตารางมีดังนี้

- - สังเกตการณ์รายการเหล่านี้แบบสุ่ม ไม่จำเป็นที่จะต้องชะลอการดำเนินการเพื่อตรวจสอบนี้
- P - ทำการตรวจสอบกิจกรรมดังกล่าวในแต่ละจุดต่อที่ใช้สลักเกลียว

ตารางที่ 9 รายการตรวจสอบก่อนการติดตั้งสลักเกลียว
(ข้อ 3.5.6)

รายการตรวจสอบก่อนการติดตั้งสลักเกลียว	การควบคุมคุณภาพ Quality Control	การประกันคุณภาพ Quality Assurance
มีเอกสารรับรองคุณสมบัติวัสดุอุปกรณ์ยึดจากผู้ผลิต	○	P
อุปกรณ์ยึดต้องมีเครื่องหมายตามข้อกำหนดของ ASTM หรือมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง	○	○
อุปกรณ์ยึดที่เลือกใช้มีความเหมาะสมกับรอยต่อ (ชนิด, ชั้นคุณภาพ, ความยาว สลักเกลียว ในกรณีที่เกลียวไม่อยู่ในระนาบแรงเฉือน)	○	○
ขั้นตอนการติดตั้งที่เลือกใช้มีความเหมาะสมกับรอยต่อ	○	○
ชิ้นส่วนที่นำมาต่อ รวมถึงการเตรียมพื้นผิว รูเจาะ เป็นไปตามข้อกำหนด	○	○
การทดสอบประกอบชิ้นส่วนก่อนติดตั้งจริงโดยผู้ติดตั้ง มีการสังเกตการณ์และบันทึกการติดตั้งอุปกรณ์ยึด และวิธีการติดตั้ง	P	○
สถานที่เก็บรักษาสลักเกลียว แป้นเกลียว แหวนรอง และอุปกรณ์ยึดที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ มีความเหมาะสม	○	○

ตารางที่ 10 รายการตรวจสอบระหว่างการติดตั้งสลักเกลียว
(ข้อ 3.5.6)

รายการตรวจสอบระหว่างการติดตั้งสลักเกลียว	การควบคุมคุณภาพ Quality Control	การประกันคุณภาพ Quality Assurance
อุปกรณ์ยึด ติดตั้งในท่กรู มีแหวนรอง (ถ้าระบุในแบบ) อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง	○	○
รอยต่อมีการขันแบบขันแน่นพอดีก่อนการขันแบบขันแน่นก่อน	○	○
มีการป้องกันการหมุนของอุปกรณ์ยึดในส่วนที่ไม่ถูกขันด้วยประแจ	○	○
การดำเนินการขันอุปกรณ์ยึดแบบขันแน่นก่อนเป็นไปตามข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องและเริ่มขึ้นจากส่วนที่ยึดแน่นที่สุดก่อน	○	○

ตารางที่ 11 รายการตรวจสอบภายหลังการติดตั้งสลักเกลียว
(ข้อ 3.5.6)

รายการตรวจสอบภายหลังการติดตั้งสลักเกลียว	การควบคุมคุณภาพ Quality Control	การประกันคุณภาพ Quality Assurance
เอกสารตรวจรับงานหรือปฏิเสธการติดตั้งสลักเกลียว	P	P
ตรวจสอบการติดตั้งสลักเกลียวโดยการตรวจพินิจ - ชนิด ชั้นคุณภาพ ขนาด ความยาวสลักเกลียว แป้นเกลียว แหวนรอง เป็นไปตามมาตรฐานที่ระบุ - สลักเกลียว แป้นเกลียว และแหวนรอง มีเครื่องหมายระบุตามมาตรฐานที่กำหนด - สลักเกลียว แป้นเกลียว แหวนรอง สะอาด ไม่มีสนิม - แหวนรองมีขนาดถูกต้องตามขนาดสลักเกลียวที่ใช้ - สภาพสลักเกลียว แป้นเกลียว แหวนรอง ไม่เสียหาย ขาด หรือชำรุดจากการขึ้น - สลักเกลียวติดตั้งในทุกจุด มีแหวนรอง (ถ้าระบุ) และอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง - ผิวสัมผัสรอยต่อระหว่างผิวโครงสร้าง แหวนรอง แป้นเกลียวแนบสนิท - ปลายสลักเกลียวต้องอยู่เสมอหรือเลยขอบแป้นเกลียว (สลักเกลียวไม่สั้นเกินไป) - แป้นเกลียวต้องไม่ถูกขันจนสุดเกลียวที่มีในสลักเกลียว (สลักเกลียวไม่ยาวเกินไป) - ชนิดรอยต่อเป็นไปตามที่ระบุ (แบบรับแรงแบกทาน หรือแบบรอยเลื่อนวิกฤติ) - การขันสลักเกลียวด้วยวิธีหมุนแป้นเกลียวด้วยการทำสัญลักษณ์จับคู่มีระยะหมุนเป็นไปตามที่กำหนด - ปลายสลักเกลียวบิดขาดออกจากตัวสลักเกลียวสำหรับการขันสลักเกลียวด้วยวิธีการใช้ สลักเกลียวควบคุมแรงตึงโดยการบิดขาดออก - แป้นเกลียวแนบสนิทกับแหวนรองและผิวโครงสร้างวิธีสำหรับการขันสลักเกลียวโดยใช้แหวนวัดแรงตึงโดยตรง	O	O

3.5.7 รายการตรวจสอบอื่นๆ

ผู้ตรวจสอบการควบคุมคุณภาพของผู้ประกอบชิ้นงานจะต้องทำการตรวจสอบชิ้นส่วนหลักที่ประกอบขึ้นเพื่อยืนยันว่าเป็นไปตามรายละเอียดที่กำหนดในแบบสำหรับการก่อสร้าง เช่น รายละเอียดของรอยต่อที่แต่ละจุดต่อ ผู้ตรวจสอบการควบคุมคุณภาพของผู้ติดตั้งจะต้องตรวจสอบโครงหลักที่ติดตั้งเพื่อยืนยันว่าเป็นไปตามรายละเอียดที่ระบุในแบบสำหรับการติดตั้ง เช่น ค้ำยัน แผ่นเสริมกำลัง ตำแหน่งขององค์อาคาร การใช้วิธีการที่เหมาะสมของรายละเอียดของรอยต่อที่แต่ละจุดต่อ

ผู้ตรวจสอบการประกันคุณภาพจะต้องอยู่ในพื้นที่เพื่อตรวจสอบระหว่างการติดตั้งแท่งสมอ (anchor rod) และอุปกรณ์ฝังยึดอื่นๆ เพื่อรองรับโครงสร้างหลัก เพื่อให้สอดคล้องกับเอกสารการก่อสร้าง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ชั้นคุณภาพ ชนิด และความยาวของแท่งสมอ หรือชิ้นส่วนอุปกรณ์ฝังยึด และขนาด หรือความลึกของการฝังตัวในคอนกรีต จะต้องมีการตรวจสอบยืนยันก่อนที่จะทำการเทคอนกรีต

ผู้ตรวจสอบการประกันคุณภาพจะต้องตรวจสอบชิ้นส่วนหลักที่ประกอบ หรือโครงหลักที่ติดตั้งที่เกี่ยวข้อง เพื่อยืนยันว่าเป็นไปตามรายละเอียดที่ปรากฏในเอกสารการก่อสร้าง เช่น ค้ำยัน แผ่นเสริมกำลัง ตำแหน่งขององค์อาคาร การใช้วิธีการที่เหมาะสมของรายละเอียดของรอยต่อที่แต่ละจุดต่อ

3.6 ผู้ประกอบชิ้นงาน และผู้ติดตั้ง ที่ได้รับใบอนุญาต

ผู้ตรวจสอบการควบคุมคุณภาพ ยกเว้นการตรวจสอบการทดสอบแบบไม่ทำลาย อาจไม่จำเป็นต้องมีหากดำเนินการในโรงงานประกอบชิ้นส่วน หรือโดยผู้ติดตั้งที่ได้รับใบอนุญาตจากหน่วยงานที่มีอำนาจตามกฎหมาย ให้ดำเนินการได้โดยไม่ต้องมีการประกันคุณภาพ การทดสอบแบบไม่ทำลายของรอยเชื่อมที่เชื่อมสำเร็จในโรงงานของผู้ประกอบชิ้นส่วนที่ได้รับใบอนุญาต อาจจะทำโดยผู้ประกอบชิ้นส่วน หากได้รับใบอนุญาตจากหน่วยงานที่มีอำนาจตามกฎหมาย หากผู้ประกอบชิ้นส่วนเป็นผู้ดำเนินการทดสอบแบบไม่ทำลาย หน่วยงานการประกันคุณภาพจะต้องตรวจสอบรายงานผลการทดสอบแบบไม่ทำลายจากผู้ประกอบชิ้นงาน

ภายหลังจากที่ประกอบชิ้นงานเสร็จสิ้น ผู้ประกอบชิ้นงานที่ได้รับใบอนุญาตจะต้องส่งหนังสือรับรองการปฏิบัติตามข้อกำหนดให้กับหน่วยงานที่มีอำนาจตามกฎหมาย โดยระบุถึงการจัดหาวัสดุและการดำเนินงานของผู้ประกอบชิ้นส่วนเป็นไปตามที่ระบุในเอกสารการก่อสร้าง หลังจากการติดตั้งเสร็จสิ้น ผู้ติดตั้งที่ได้รับอนุญาตจะต้องส่งหนังสือรับรองการปฏิบัติตามข้อกำหนดให้กับหน่วยงานที่มีอำนาจตามกฎหมาย โดยระบุถึงการจัดหาวัสดุและการดำเนินงานของผู้ติดตั้งเป็นไปตามที่ระบุในเอกสารการก่อสร้าง

3.7 วัสดุ และผลงานที่ไม่เป็นไปตามที่กำหนด

การตรวจสอบวัสดุหรือผลงานที่ไม่เป็นไปตามที่ระบุในเอกสารการก่อสร้าง สามารถทำได้ตลอดระยะเวลาการทำงาน อย่างไรก็ตามข้อกำหนดนี้ไม่ควรถูกใช้เป็นเหตุในการผ่อนปรนให้เจ้าของหรือผู้ตรวจสอบไม่ตรวจสอบตามเวลาและลำดับขั้นตอนที่เหมาะสม หากวัสดุและผลงานที่ไม่เป็นไปตามที่กำหนดควรถูกนำขึ้นมาพิจารณาโดยผู้ผลิตหรือผู้ติดตั้งที่เกี่ยวข้องโดยทันที

วัสดุและผลงานที่ไม่เป็นไปตามที่กำหนดควรได้รับการแก้ไขให้เป็นไปตามที่กำหนดหรือทำให้เหมาะสมตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ที่กำหนดโดยวิศวกรผู้รับผิดชอบ

นอกเหนือจากการส่งรายงานดังกล่าวให้กับหน่วยงานที่มีอำนาจตามกฎหมาย วิศวกรผู้รับผิดชอบหรือเจ้าของแล้ว หน่วยงานประกันคุณภาพจะต้องส่งเอกสารไปยังผู้ประกอบชิ้นส่วนและผู้ติดตั้ง ดังนี้

- 1) รายงานผลที่ไม่เป็นไปตามที่กำหนด
- 2) รายงานการซ่อมแซม การเปลี่ยนทดแทน หรือการยอมรับรายการที่ไม่เป็นไปตามที่กำหนด

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

เกณฑ์การยอมรับรอบบกพร่องของรอยเชื่อม

(ตารางที่ 1 และรูปที่ ผ2.1 ในภาคผนวก 2 - มาตรฐานการตรวจสอบ

รอยเชื่อมโครงเหล็กgrupพรรณด้วยวิธีตรวจพินิจ (มยผ. 1561-51) ใน มยผ. 1561-51 ถึง 1565-51 มาตรฐาน
การตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กgrupพรรณด้วยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย)

ตารางที่ 1 เกณฑ์การยอมรับรอยบกพร่องของรอยเชื่อม

ลำดับ	ประเภทของ รอยบกพร่อง	คำอธิบายรายละเอียด	เกณฑ์การยอมรับ
1	รอยแตก (crack)	รอยแตกทุกชนิด	ไม่อนุญาตให้มี
2	รูพรุน (porosity)	2.1 รอยเชื่อมรับภาระสถิตที่ไม่ใช่รอยต่อท่อ	
		ก. รอยเชื่อมต่อชน (butt joint) บากร่อง (groove) หลอมลึกสมบูรณ์ (full penetration) ที่รับหน่วยแรงดึง	ไม่อนุญาตให้มี
		ข. รอยเชื่อมต่อชนแบบบากร่องแบบอื่น (นอกเหนือจาก ก.) และรอยเชื่อมมุม (fillet)	ผลรวมของรูพรุนที่มองเห็นได้ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 1 มม. (1/32 นิ้ว) ต้องไม่เกิน (1) 10 มม. (3/8 นิ้ว) ต่อทุกความยาวรอยเชื่อม 25 มม. (1 นิ้ว) และ (2) 20 มม. (3/4 นิ้ว) ต่อทุกความยาวรอยเชื่อม 300 มม. (12 นิ้ว)

หมายเหตุ: ให้พิจารณารูปที่ ผ.2.1 ในภาคผนวก 2 ประกอบการใช้ตาราง

ตารางที่ 1 (ต่อ) เกณฑ์การยอมรับรอยบกพร่องของรอยเชื่อม

ลำดับ	ประเภทของ รอยบกพร่อง	คำอธิบายรายละเอียด	เกณฑ์การยอมรับ
2	รูพรุน (porosity)	2.2 รอยเชื่อมรับภาระพลวัตที่ไม่ใช่รอยต่อท่อ และกรณีรอยเชื่อมท่อ	
		ก. รอยเชื่อมต่อชนบากร่องหลอมลึกลับสมบูรณ์ที่รับ หน่วยแรงดึง	ไม่อนุญาตให้มี
		ข. รอยเชื่อมต่อชนบากร่องแบบอื่น (นอกเหนือจาก ก.)	จำนวนรูพรุนต้องไม่เกิน 1 ตำแหน่งต่อ ทุกความยาวรอยเชื่อม 100 มม. (4 นิ้ว) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูพรุนต้อง ไม่เกิน 2.5 มม. (3/32 นิ้ว)
		ค. รอยเชื่อมมุม	
		ค.1 รอยเชื่อมมุมทุกกรณี	จำนวนรูพรุนต้องไม่เกิน 1 ตำแหน่งต่อ ทุกความยาวรอยเชื่อม 100 มม. (4 นิ้ว) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูพรุนต้องไม่เกิน 2.5 มม. (3/32 นิ้ว)
3	หน้าตัดจุดหยุด เชื่อม (crater cross section)	ค.2 รอยเชื่อมมุมระหว่างสติฟเฟเนอร์ ^ก (stiffener) กับเอวของคาน (Web)	ผลรวมของเส้นผ่านศูนย์กลางรูพรุนต้อง ไม่เกิน (1) 10 มม. (3/8 นิ้ว) ต่อทุกความยาว รอยเชื่อม 25 มม. (1 นิ้ว) และ (2) 20 มม. (3/4 นิ้ว) ต่อทุกความยาว รอยเชื่อม 300 มม. (12 นิ้ว)
		ทุกหน้าตัดของจุดหยุดเชื่อมจะต้องเติมแนวเชื่อม ให้เต็มตามขนาดของรอยเชื่อมที่ระบุ ยกเว้นรอย เชื่อมมุมแบบเว้นระยะที่เชื่อมได้ความยาวแล้ว (intermittent fillet weld)	ตามคำอธิบายรายละเอียด

หมายเหตุ: ให้พิจารณารูปที่ ผ2.1 ในภาคผนวก 2 ประกอบการใช้ตาราง

^ก สติฟเฟเนอร์ (stiffeners) หมายถึง แผ่นเหล็กเสริมกำลังคานหรือเสาเหล็ก

ตารางที่ 1 (ต่อ) เกณฑ์การยอมรับรอยบกพร่องของรอยเชื่อม

ลำดับ	ประเภทของ รอยบกพร่อง	คำอธิบายรายละเอียด	เกณฑ์การยอมรับ
4	รอยกัดแหง (undercut)	4.1 รอยเชื่อมรับภาระสถิตที่ไม่ใช่รอยต่อแบบท่อน	
		ก. ความหนาโลหะงานน้อยกว่า 25 มม. (1 นิ้ว)	(1) ความลึกของรอยกัดแหงไม่เกิน 1 มม. (1/32 นิ้ว) หรือ (2) ความลึกรอยกัดแหงไม่เกิน 2 มม. (1/16 นิ้ว) และความยาวรอยเชื่อมที่มีรอยกัดแหงลึกรวมกันไม่เกิน 50 มม. (2 นิ้ว) ต่อความยาวรอยเชื่อม 300 มม. (12 นิ้ว)
		ข. ความหนาโลหะงานมากกว่าหรือเท่ากับ 25 มม. (1 นิ้ว)	ความลึกของรอยกัดแหงไม่เกิน 2 มม. (1/16 นิ้ว) ตลอดแนวเชื่อม
		4.2 รอยเชื่อมรับภาระพลวัตที่ไม่ใช่รอยต่อท่อน และกรณีรอยเชื่อมท่อน	
		ก. กรณีโครงสร้างหลัก (primary members) ที่มีรอยเชื่อมรับหน่วยแรงดึง	ความลึกของรอยกัดแหงไม่เกิน 0.25 มม. (0.01 นิ้ว)
		ข. กรณีอื่น ๆ นอกเหนือจาก ก.	ความลึกของรอยกัดแหงไม่เกิน 1 มม. (1/32 นิ้ว)
5	รอยเชื่อมไม่ได้ ขนาด (undersized weld)	5.1 รอยเชื่อมทุกกรณี	รอยเชื่อมที่ไม่ได้ขนาดรวมกันต้องไม่เกิน ร้อยละ 10 ของความยาวรอยเชื่อมทั้งหมด
		5.2 รอยเชื่อมมุม (fillet weld) ระหว่างเอว (web) กับปีก (flange) ของคานประกอบ	ไม่อนุญาตให้มีรอยเชื่อมไม่ได้ขนาดบริเวณ รอยเชื่อมที่ปลายเป็นระยะสองเท่าของความกว้างปีก
		5.3 รอยเชื่อมมุม (fillet weld) แบ่งตามขนาดรอยเชื่อมระบุ (specified nominal size: L)	
		ก. $L \leq 5$ มม. (3/16 นิ้ว)	ขนาดรอยเชื่อมเล็กกว่าขนาดรอยเชื่อมระบุ ไม่เกิน 2 มม. (1/16 นิ้ว)
		ข. $L = 6$ มม. (1/4 นิ้ว)	ขนาดรอยเชื่อมเล็กกว่าขนาดรอยเชื่อมระบุ ไม่เกิน 2.5 มม. (3/32 นิ้ว)
		ค. $L \geq 8$ มม. (5/16 นิ้ว)	ขนาดรอยเชื่อมเล็กกว่าขนาดรอยเชื่อมระบุ ไม่เกิน 3 มม. (1/8 นิ้ว)

หมายเหตุ: ให้พิจารณารูปที่ ผ2.1 ในภาคผนวก 2 ประกอบการใช้ตาราง

ตารางที่ 1 (ต่อ) เกณฑ์การยอมรับรอยบกพร่องของรอยเชื่อม

ลำดับ	ประเภทของรอยบกพร่อง	คำอธิบายรายละเอียด	เกณฑ์การยอมรับ
6	รอยนูน (convexity)	สำหรับรอยเชื่อมมุม (fillet weld) แบ่งตามความกว้างของขารอยเชื่อม (width of weld face: W)	
		ก. $W \leq 8$ มม. ($W \leq 5/16$ นิ้ว)	ระยะนูนไม่เกิน 2 มม. ($1/16$ นิ้ว)
		ข. $8 < W < 25$ มม. ($5/16 < W < 1$ นิ้ว)	ระยะนูนไม่เกิน 3 มม. ($1/8$ นิ้ว)
		ค. $W \geq 25$ มม. ($W \geq 1$ นิ้ว)	ระยะนูนไม่เกิน 5 มม. ($3/16$ นิ้ว)
7	รอยเกย (overlap)	สำหรับรอยเชื่อมมุมและรอยเชื่อมชนแบบบากร่อง	ไม่อนุญาตให้มี
8	หลอมละลายไม่สมบูรณ์ (incomplete fusion)	สำหรับรอยเชื่อมมุม	ไม่อนุญาตให้มี
9	โลหะเชื่อมส่วนเกิน (reinforcement)	โลหะเชื่อมส่วนเกินทั้งกรณีโลหะงานความหนาเท่ากันและโลหะงานความหนาต่างกัน	ความสูงของโลหะเชื่อมส่วนเกินไม่เกิน 3 มม. ($1/8$ นิ้ว)
10	รอยเชื่อมไม่เต็ม (underfill)	รอยเชื่อมไม่เต็มสำหรับการต่อชนแบบบากร่อง	ไม่อนุญาตให้มี
11	ความเรียบของผิวรอยเชื่อม (flush surface)	สำหรับรอยเชื่อมแบบต่อชนบากร่อง การขัดผิวรอยเชื่อมให้เรียบเสมอโลหะงานต้องมีเงื่อนไขดังนี้	
		ก. ความหนาของรอยเชื่อมภายหลังการขัดผิว และความหนาของโลหะงานภายหลังการขัดผิว	มีค่าน้อยกว่าความหนาของโลหะงานที่บางกว่าไม่เกินร้อยละ 5 และไม่เกิน 1 มม. ($1/32$ นิ้ว)
		ข. ความสูงของโลหะเชื่อมส่วนเกิน (reinforcement)	ไม่เกิน 1 มม. ($1/32$ นิ้ว) ยกเว้นกรณีเป็นหน้าสัมผัสหรือรอยต่อต้องทำผิวรอยเชื่อมให้เรียบเสมอกับผิวโลหะงาน

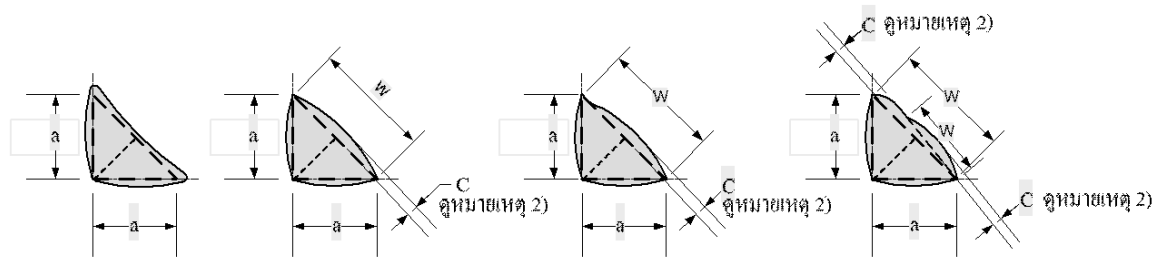
หมายเหตุ: ให้พิจารณารูปที่ ผ2.1 ในภาคผนวก 2 ประกอบการใช้ตาราง

ตารางที่ 1 (ต่อ) เกณฑ์การยอมรับรอยบกพร่องของรอยเชื่อม

ลำดับ	ประเภทของ รอยบกพร่อง	คำอธิบายรายละเอียด	เกณฑ์การยอมรับ
12	การแต่งผิวรอย เชื่อม (surface finishing)	ในกรณีที่กำหนดให้ต้องแต่งผิวรอยเชื่อม สามารถดำเนินการด้วยการสกัดผิว หรือการเซาะร่อง และตามด้วยการขัดผิว (grinding) ทั้งนี้ต้อง มีความหยาบของผิวไม่ เกิน 6.3 ไมครอน (0.0063 มิลลิเมตร) และต้องขัดผิวในทิศทางที่กำหนดดังนี้	
		ก. ขัดผิวในทิศทางขนานกับหน่วยแรง หลัก (primary stress)	ความหยาบอยู่ในช่วง 3.2 ถึง 6.3 ไมครอน (0.0032 ถึง 0.0063 มม.)
		ข. ขัดผิวในทิศทางใดก็ได้	

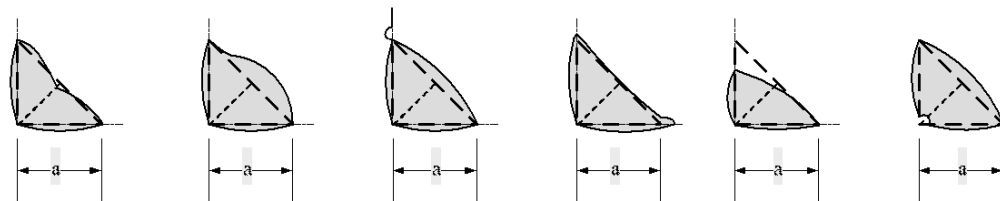
หมายเหตุ: ให้พิจารณารูปที่ ผ2.1 ในภาคผนวก 2 ประกอบการใช้ตาราง

ภาคผนวก 2 เกณฑ์การพิจารณาการยอมรับรอยบกพร่องของรอยเชื่อม



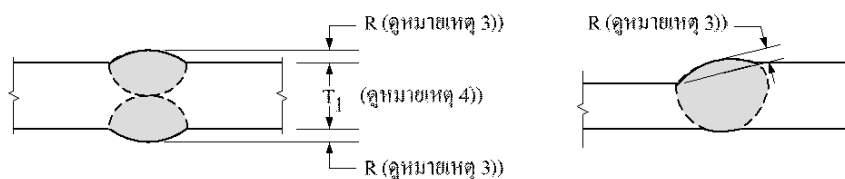
ก. รูปร่างของรอยเชื่อมมุม (Fillet Weld) ที่ต้องการ

ข. รูปร่างของรอยเชื่อมมุมที่ยอมรับได้



รอยเชื่อมไม่ได้ขนาด (Undersize Weld) ความนูนมากเกินไป (Excessive Convexity) รอยกัดแหว่งมากเกินไป (Excessive Undercut) รอยเกลย (Overlap) รอยเชื่อมไม่ได้ขนาด (Undersize Weld) หลอมละลายไม่สมบูรณ์ (Incomplete Fusion)

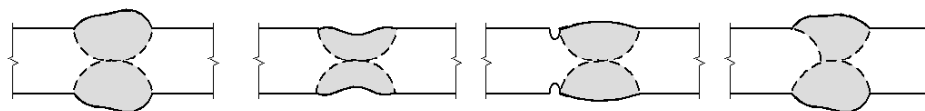
ค. รูปร่างของรอยเชื่อมที่ยอมรับไม่ได้



รอยเชื่อมแบบต่อน (Butt Weld)
กรณีความหนาโลหะงานเท่ากัน

รอยเชื่อมแบบต่อน (Butt Weld)
กรณีความหนาโลหะงานไม่เท่ากัน

ง. ลักษณะรอยเชื่อมแบบต่อนบากร่องที่ยอมรับได้



โลหะเชื่อมส่วนเกินมากเกินไป
(Excessive Weld Reinforcement)

รอยเชื่อมไม่เต็ม
(Underfill)

รอยกัดแหว่งมากเกินไป
(Excessive Undercut)

รอยเกลย
(Overlap)

จ. ลักษณะรอยเชื่อมแบบต่อนบากร่องที่ยอมรับไม่ได้

หมายเหตุ

- 1) ขนาดของรอยเชื่อม (Size of Weld: a)
- 2) รอยนูน (Convexity: C) ของรอยเชื่อมหรือของแนวเชื่อมซึ่งมีความกว้าง W ต้องมีค่าไม่เกินค่าระบุดังตารางที่ ข1
- 3) โลหะเชื่อมส่วนเกิน (Reinforcement: R) ต้องไม่เกิน 3 มิลลิเมตร ($1/8$ นิ้ว)
- 4) T_1 หมายถึง ความหนาของโลหะงาน
- 5) รอยเชื่อมทั้งหมดต้องเป็นไปตามเกณฑ์การยอมรับรอยเชื่อมดังตารางที่ 1 ในมาตรฐานนี้

รูปที่ ผ2.1 เกณฑ์การพิจารณาการยอมรับความไม่ต่อเนื่องของรอยเชื่อม

ตามมาตรฐาน AWS D1.1/D1.1M:2006 –Figure 5.4

(ข้อ 7, ตารางที่ 1)

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างแบบฟอร์มรายงานผลการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงสร้างเหล็กgrupพรรณ

ด้วยวิธีการตรวจพินิจ

(ภาคผนวก 1 - มาตรฐานการตรวจสอบ

รอยเชื่อมโครงเหล็กgrupพรรณด้วยวิธีตรวจพินิจ (มยผ. 1561-51) ใน มยผ. 1561-51 ถึง 1565-51 มาตรฐาน
การตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กgrupพรรณด้วยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย)

ภาคผนวก 1 ตัวอย่างแบบฟอร์มรายงานผลการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณด้วยวิธีตรวจพินิจ

ตัวอย่างแบบฟอร์ม บพ.มยผ. 1561 สำหรับการรายงานผลการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณด้วยวิธีตรวจพินิจ

(หน่วยงานที่ตรวจสอบ)	รายงานการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณด้วยวิธีตรวจพินิจ		บพ.มยผ.1561
	รายงานเลขที่.....		หน้า.....
	วันที่ตรวจสอบ		
ชื่อโครงการ :		ทะเบียนตรวจสอบ:	
สถานที่ก่อสร้าง :		ผู้รับจ้าง :	
เกณฑ์การยอมรับอื่นๆ ที่ใช้ร่วม :			
เงื่อนไขการตรวจสอบ: ☐ ตา ☐ แวนขยาย กำลังขยาย.....เท่า ☐ อื่นๆ			
สภาวะการตรวจสอบ: ☐ สร้างใหม่ ☐ การซ่อม ☐ ระหว่างใช้งาน			
สภาพผิวที่ตรวจสอบ: ☐ รอยเชื่อม ☐ บริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความร้อน ☐ อื่นๆ			
วิธีการเตรียมผิวงาน: ☐ ผิวรอยเชื่อม ☐ ขัด/ปัดด้วยแปรง ☐ ขัดด้วยเครื่องขัด ☐ ฟันทราย ☐ อื่นๆ			

รูปภาพหรือภาพสเกต ☐ มี (ตามเอกสารแนบ) ☐ ไม่มี

ตำแหน่ง/รหัสชิ้นงาน	ความไม่ต่อเนื่อง	ขนาด/จำนวน	ยอมรับ	ไม่ยอมรับ

ผลการตัดสิน: ☐ สอดคล้องกับมาตรฐาน ☐ ไม่สอดคล้องกับมาตรฐาน ☐ หมายเหตุ (ระบุ).....

	ผู้ปฏิบัติงาน	ผู้ตรวจสอบ	ผู้อนุมัติ
ชื่อ-สกุล (ลายเซ็น)			
ชื่อ-สกุล (ตัวบรรจง)			
วันที่			

ตัวอย่างรายละเอียดการตรวจสอบอุปกรณ์ความปลอดภัย ตามมาตรฐาน AS/NZS 4576:1995 ภาคผนวก G

การตรวจสอบเข็มขัดและสายรัด – รายการตรวจสอบ

(สำหรับเป็นข้อมูล)

ชิ้นส่วน	สภาพ/ปัญหา ที่ต้องตรวจสอบ
ตัวสาย	ตรวจสอบรอยขาด หรือรอยฉีก ความเสียหายจากการเสียดสี โดยเฉพาะส่วนที่สัมผัสกับส่วนอื่น การยืดมากเกินไป ความเสียหายจากการสัมผัสความร้อน สารกัดกร่อน หรือตัวทำละลาย การเสื่อมสภาพตามกาลเวลา การเกิดเชื้อรา หรือการสัมผัสแสงอัลตราไวโอเล็ต
ขอเกาะ	การบิดเบี้ยวของตะขอ รอยร้าวหรือรอยพับ การสึกกร่อนของตัวหมุน หรือสลักยึด สลักเคลื่อนที่ได้อิสระตลอดช่วง การหัก สูญเสียประสิทธิภาพ และอยู่ผิดตำแหน่งของสปริงสลักเกลียว (เปรียบเทียบกับขอเกาะใหม่) ไม่มีสิ่งสกปรกและสิ่งขัดขวาง เช่น สนิม
ห่วงรูปตัวดี (D-ring)	ขาส่วนตรงของตัวดีไม่ห่างมากเกินไป รอยร้าวโดยเฉพาะที่จุดตัดของส่วนตรงกับส่วนโค้ง การบิดตัวหรือความเสียหายทางกายภาพของห่วง พื้นที่หน้าตัดหายไปมากเนื่องจากการสึกหรอ
ตัวล็อก และตัวปรับระยะ	การบิดตัวหรือความเสียหายทางกายภาพ เกิดรอยร้าวและการยุบ การโก่งงอของเดือย
รอยเย็บ	การเสียหาย ขาด หรือสึกหรอของด้ายเย็บ ความเสียหายหรือสูญเสียประสิทธิภาพของด้ายเย็บจากการสัมผัสความร้อน สารกัดกร่อน ตัวทำละลาย หรือเชื้อรา
เชือก	รอยตัด/รอยขาด การเสียดสี การหลุดร่อน การยืด ความเสียหายจากการสัมผัสความร้อน สารกัดกร่อน ตัวทำละลาย หรืออื่นๆ
โซ่	ความเสียหายทางกายภาพ ความปลอดภัยของการเชื่อมต่อกับตะขอ แหวน หรืออุปกรณ์อื่นที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน

ตัวอย่างรายละเอียดการตรวจสอบอุปกรณ์ความปลอดภัย ตามมาตรฐาน AS/NZS 4576:1995 ภาคผนวก H

ใบบันทึกการตรวจสอบ สมอยึดแบบลือคด้วยตัวเอง – รายการตรวจสอบ
(สำหรับเป็นข้อมูล)

ชิ้นส่วน	สภาพ/ความเสียหาย ที่ต้องตรวจสอบ
เชือก (สมอยึดชนิด fully extend rewind drum)	รอยตัด/รอยขาด การเสียดสี การหลุดร่อน การยืด ความเสียหายจากการสัมผัสความร้อน สารกัดกร่อน หรือตัวทำละลาย เต็มไปด้วยสิ่งสกปรกหรือสารหล่อลื่น สำหรับสมอยึดแบบม้วนกลับได้ (rewind anchorage) ให้ทำการคลายเชือกออกให้สุดแล้วดึงแรงๆ เพื่อตรวจสอบว่าปลายเชือกยึดเข้ากับแกนสมอยึดอย่างแน่นหนา
สมอยึด (anchorage body)	ห่วงยึด (mounting ring) ความเสียหายทางกายภาพหรือการสึกกร่อน โดยเฉพาะที่จุดหมุนตัวลือค รอยร้าว โดยเฉพาะที่มุมต่างๆ ความปลอดภัยของตัวยึด ตัวสมอยึด (anchorage body proper) ความเสียหายทางกายภาพเช่นรอยบุบขนาดใหญ่ชัดเจน การบิดเสียรูป การเกิดสนิม ตรวจสอบวัสดุต่างๆ ที่อยู่ในตัวสมอยึด ที่ไม่เกี่ยวข้อง เช่น เม็ดหิน ให้ลิ้กเข้าไปในตัวสมอยึดที่สุดเท่าที่จะทำได้โดยไม่ต้องมีการถอดประกอบสมอยึด ตรวจสอบสลักเกลียว แป้นเกลียว หรืออุปกรณ์ยึดอื่นๆ จะต้องไม่หลวม หรือหาย (ตรวจสอบเฉพาะภายนอก) ตรวจสอบตำแหน่งของปุ่มระบุแรงอัดของคลัช (clutch compression indicator button) (สำหรับแบบแกนหมุนกลับและลวดสลิง)
กลไกการลือคและตัวควบคุมเชือก (locking mechanism and rope guides)	ตรวจสอบตัวควบคุมเชือก (rope guide) ในส่วนที่สามารถมองเห็นได้ โดยต้องไม่มีการสึกหรอ รอยเป็นร่องและมีสันที่เกิดจากการขีดขูด ตรวจสอบว่าระบบกลไกการลือคสามารถลือคและลือคค้างไว้ได้เมื่อมีการกระตุกหรือดึงเชือกอย่างรวดเร็ว ตรวจสอบว่าเชือกสามารถรื้อยทะลุผ่านสมอยึดโดยไม่ติดขัดใดใด และกรณี rewind drum anchorage ตัวเชือกสามารถหมุนกลับได้สมบูรณ์โดยไม่มีการสูญเสียแรงดึง
อุปกรณ์อื่นๆ	ตรวจสอบสภาพและกลไกการลือคของทุกๆ ขอเกาะแบบ snap hook หรือ link ที่เกี่ยวข้อง

ตัวอย่างตารางบันทึกการตรวจสอบรอยยกของตามมาตรฐาน AS/NZS 4576:1995 ภาคผนวก K

ใบบันทึกและรายการตรวจสอบ

(สำหรับเป็นข้อมูล)

ใบบันทึกสำหรับรอกยกของสำหรับนั่งร้านและอุปกรณ์ป้องกัน

[illegible]

ไบบันทึกลำสำหรับเครื่องจำกัดน้ำหนัก (Load limiting device)

[illegible]

ไบบันทึกลำสำหรับเชือก (Wire rope)

[illegible]

