

ข้อกำหนดด้านเทคนิค
ค่าปรับปรุงสถานีวิจัยสภาพพลังงานลมในพื้นที่แหล่งลมดี 5 รายการ
(พื้นที่จังหวัดพัทลุง นครศรีธรรมราช ประจวบคีรีขันธ์ และราชบุรี)

การดำเนินการเพื่อรื้อย้ายและติดตั้งเสาวัดลม ประกอบด้วย การสำรวจดินที่จะทำการติดตั้งเสาวัดลม โดยต้องมีรายละเอียดตามแบบแผนที่ ST-01 ถึง แผนที่ ST-08 ได้แก่ แบบรูปของฐานราก แบบเสาวัดลม สลิง และแบบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในการการติดตั้งโครงสร้างเสาวัดลม ซึ่งมีรายละเอียดของข้อกำหนดต่างๆ ดังนี้

1) รายละเอียดของการรื้อย้ายเสาวัดลม

- (1) ดำเนินการรื้อถอนโครงเหล็กเสาวัดลมรูปสามเหลี่ยม ความสูงอย่างน้อย 90 เมตร ชนิดมีสายสเตย์ยึดโยง GUYED TYPE ทั้งสามด้าน พร้อมอุปกรณ์ประกอบ
- (2) ดำเนินการรื้อทุบฐานคอนกรีตรับแรงในส่วนที่สูงกว่าระดับพื้นดิน โดยให้ทำการรื้อถอนด้วยการทุบให้ต่ำกว่าระดับพื้นดินไม่น้อยกว่า 15 เซนติเมตร พร้อมเทคอนกรีตหยาบปิดทับพื้นดินบริเวณนั้น
- (3) ให้ดำเนินการรื้อถอนสิ่งปลูกสร้างอื่น ๆ บริเวณพื้นที่ของสถานีวิจัยสภาพพลังงานลมและปรับปรุงพื้นที่ให้เรียบร้อยก่อนทำการแจ้งส่งมอบพื้นที่

2) รายละเอียดของการติดตั้งเสาวัดลม

- (1) ผู้รับจ้างจะต้องมีวิศวกรโยธา ซึ่งได้รับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรม ระดับสามัญวิศวกร ในสาขาวิศวกรรมโยธา เป็นผู้ควบคุมงานในการปฏิบัติงานติดตั้งฐานสมอบก ฐานตั้งเสาวัดลม และโครงเหล็กเสาวัดลมพร้อมอุปกรณ์ประกอบในครั้งนี้
- (2) ประกอบเสาวัดลม (TOWER) ชนิดโครงเหล็กสามเหลี่ยมด้านเท่าขนาดไม่ต่ำกว่า 20 นิ้ว (50 ซม.) สูงอย่างน้อย 90 เมตร ชนิดมีสายสเตย์ยึดโยง (GUYED -TYPE) ทั้งสามด้าน เพื่อใช้ติดตั้งอุปกรณ์วัดทิศทางและความเร็วลม (Wind Anemometer)
- (3) การประกอบโครงสร้างเสาวัดลมรูปทรงสามเหลี่ยม ด้วยโครงเหล็กเสาเป็นท่อนเหล็ก ประกอบเข้าเป็นสามเหลี่ยมด้านเท่า จำนวน 3 ท่อน ยึด ต่อ เป็น ท่อนๆ ยาวท่อนละ 3.0 เมตร จนได้ขนาดความสูงอย่างน้อย 90 เมตร ตั้งอยู่บนฐานคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) มีสายสเตย์ดึงเป็นระยะจากมุมทั้งสามของโครงเหล็กเสาวัดลมยึดเข้ากับหลักสมอบก (ค.ส.ล.) อย่างแข็งแรง
- (4) โครงเสาวัดลม ท่อนล่างสุด มีความยาว 1 เมตร ประกอบเป็นรูปสามเหลี่ยมปลายแหลม (Taper Base) ตามแบบที่วิศวกรกำหนด ตั้งไว้บนฐานคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.)
- (5) โครงเสาวัดลมท่อนบนสุด ครอบปิดด้วยเหล็กแผ่นกลม 3 แผ่น สำหรับปิดขาเสาเพื่อป้องกันน้ำที่จะเข้ามา ท่อเหล็กขาเสาและติดตั้งแท่งล่อฟ้า หรือไฟสัญญาณ
- (6) โครงเหล็กเสาวัดลมทุกท่อน ทาสีสลับสีขาวตามมาตรฐานสากล ในแต่ละท่อน ๆ สี สลับกัน โดยให้ท่อนสีส้มอยู่บนสุด
- (7) สีที่ใช้ทาเสาให้ใช้ผลิตภัณฑ์ของ RUST-OLEUM; WATTYL,ROHN หรือเทียบเท่าซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์สีสำหรับทาโลหะชุบ Hot Dip Galvanized โดยเฉพาะ



3) รายละเอียดของสายสเตย์ยึดเสาวัดลมและสมอบก

- (1) สายสเตย์ยึดระหว่างโครงเหล็กเสาวัดลมกับสมอบก เป็นลวดแข็งอาบสังกะสีชนิด 7 เส้นขนาดไม่น้อยกว่า $3/8$ นิ้ว ตามมาตรฐาน ASTM A475 Extra High Strength Class C
- (2) แคลมป์รัดเสาวัดลม (Guy Bracket) ทำด้วยเหล็กอาบสังกะสี ตามมาตรฐาน ASTM A123 ซึ่งวางประกบติดหรือเชื่อมติดอยู่บนโครงเสาวัดลม เพื่อป้องกันไม่ให้ดึงโครงเสาถ่างออก และลดแรง Shear ที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างเสา มีจำนวนไม่น้อยกว่า 7 ชุด
- (3) ปลายข้างหนึ่งของสายสเตย์คล้องกับแคลมป์รัดเสา (Guy Bracket) ที่ประกบติดอยู่บนโครงเสาวัดลม โดยมีห่วงหัวใจ(Thimble)รองรับ ยึดด้วย Performed Guy Grip ขนาดไม่น้อยกว่า $1/4$ นิ้ว ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งของสายสเตย์คล้องยึดเข้ากับขอกเกลียวเร่ง (Turn Buckle) ขนาดไม่น้อยกว่า $3/8$ นิ้ว ยาว 10 นิ้ว ทำด้วยเหล็กอาบสังกะสี ตามมาตรฐาน ASTM A123 คล้องเข้ากับสายสเตย์โดยใช้ห่วงหัวใจ(Thimble) รองรับและยึดด้วย Performed Guy Grip เช่นเดียวกับปลายช่วงบน ส่วนด้านที่เป็นตะขอหรือคีมจับให้ยึดเข้ากับชุดแผ่นสมอบก (Equalizer Plate) ทำด้วยเหล็กอาบสังกะสี ตามมาตรฐาน JIS G3193 ให้มั่นคงแข็งแรงหรือติดตั้งโดยวิธีอื่นใดตามความแนะนำของวิศวกรผู้ออกแบบโครงสร้าง
- (4) ฐานสมอบกและฐานตั้งเสาวัดลมให้ออกแบบให้แข็งแรงตามมาตรฐานโครงสร้างเสาวัดลม และรับรองแบบโดยวิศวกรโยธาที่ได้รับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพด้านวิศวกรรมโยธา
- (5) เมื่อติดตั้งแล้วเสร็จให้ทำการตรวจเช็คความตึงของสายสเตย์ทุกเส้น ทั้ง 3 ด้าน เพื่อความมั่นคงและปลอดภัยของเสาวัดลมว่ามีค่าความตึง (Tension) ตามที่วิศวกรกำหนดโดยใช้เครื่อง Tension Meter
- (6) การตั้งเสาให้ใช้กล้อง Theodolite จำนวน 2 ตัว เพื่อทำการเช็คค่าความตรงของเสาสกรูยึดที่ใช้ในการตั้งเสาต้องทำการชุบกัสนิม (Hot Dip Galvanized) และการติดตั้งต้องให้ได้ค่า torque ตามมาตรฐานที่วิศวกรกำหนด (แนบแคตตาล็อกของสกรูยึดที่ใช้และค่ามาตรฐานของ torque ที่ใช้ในการคำนวณ)

4) รายละเอียดของระบบไฟสัญญาณเตือนการบินและระบบล่อฟ้า

- (1) ติดตั้งไฟยอดเสา เป็นชนิดโคมเดี่ยวสีแดง เป็นแบบโคมสีแดง จำนวน 1 ดวงและที่กลางเสาอีก 1 ดวง โดยให้เป็นแบบ LED และใช้กระแสไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell)
- (2) ติดตั้งชุดล่อฟ้าสามแฉกที่ปลายสุดของเสาวัดลม และเดินลงมาด้วยสายทองแดง ขนาดไม่น้อยกว่า 50 ตารางมิลลิเมตร ลงมาตามขาเสาและเดินลงกราวด์ที่พื้นดินด้วยกราวด์รีดชุบกัสนิม ขนาดไม่น้อยกว่า $5/8$ นิ้ว ยาวไม่น้อยกว่า 2.4 เมตร จำนวนไม่น้อยกว่า 3 แท่ง
- (3) ที่จุดสมอบกทั้ง 3 ด้าน ให้ลงกราวด์ด้วยแท่งกราวด์รีด ขนาดเท่ากับข้อ 2 จำนวน 1 แท่งทุกจุด
- (4) ให้มีบ่อสำหรับวัดค่าความต้านทานดิน และกำหนดให้มีค่าความต้านทานดินไม่เกินกว่า 10 โอห์มหากได้ค่าสูงกว่าที่กำหนดให้ตอกแท่งกราวด์เพิ่ม หรือทำด้วยวิธีอื่นใด เพื่อให้ได้ค่าต่ำกว่าที่กำหนดไว้

5) รายละเอียดของอุปกรณ์วัดลม

- (1) ทำการปรับปรุงและติดตั้งอุปกรณ์วัดลมพร้อมอุปกรณ์ประกอบ ที่ได้ทำการรื้อถอนออกมาจากสถานีวัด ศักยภาพพลังงานลม (เดิม) ประกอบด้วย

1.1) Anemometer

ลักษณะของ Anemometer มี 3 Cup Anemometer with rubber boot โดยเป็นผลิตภัณฑ์มาตรฐานที่ใช้งานร่วมกับ Data logger NOMAD ได้เป็นอย่างดี มี Cup จำนวน 3 ลูก ป้องกันสิ่งสกปรก ทนต่อการกัดกร่อน ทนอุณหภูมิได้ไม่ต่ำกว่า 55°C สามารถวัดความเร็วลมสูงสุดได้ไม่น้อยกว่า 75 เมตรต่อวินาที ใช้งานได้ดีในสภาวะแวดล้อมที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 0-100 % RH ความถูกต้อง (Accuracy) ในการวัดไม่เกิน ± 0.5 เมตรต่อวินาที ติดตั้งที่ระดับความสูง 10, 40, 65 และ 90 เมตร

1.2) Wind Vane

ลักษณะของ Wind Vane with rubber boot เป็นผลิตภัณฑ์มาตรฐานที่ใช้งานร่วมกับ Data logger NOMAD ได้เป็นอย่างดี เป็นชนิดทางสี่ป้องกันสิ่งสกปรก ทนต่อการกัดกร่อน ทนอุณหภูมิได้ไม่ต่ำกว่า 55°C สามารถวัดความเร็วลมสูงสุดได้ไม่น้อยกว่า 75 เมตรต่อวินาที ใช้งานได้ดีในสภาวะแวดล้อมที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 0-100 % RH สามารถวัดทิศทางได้ตั้งแต่ $0-360^{\circ}$ ความถูกต้องในการวัดไม่เกิน $\pm 4^{\circ}$

1.3) เสาส่งสัญญาณ ของ Data logger

ผู้รับจ้างจะต้องทำการปรับปรุงเสาส่งสัญญาณของ Data logger รุ่น NOMAD 2 ให้สามารถใช้งานได้ สามารถรองรับการส่งข้อมูลระยะไกลได้เป็นอย่างดี

1.4) สายส่งสัญญาณจาก Anemometer และ Wind Vane

ลักษณะของ สายนำสัญญาณ สามารถใช้งานร่วมกับ Data logger NOMAD ได้เป็นอย่างดี ทนต่อการกัดกร่อน ใช้งานได้ดีในสภาวะแวดล้อมที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 0-100% RH ทนอุณหภูมิได้ไม่ต่ำกว่า 55°C มีจำนวนแกนตัวนำไม่น้อยกว่า 5 แกน ขนาดพื้นที่หน้าตัดต่อแกนตัวนำไม่น้อยกว่า ขนาด 22 AWG และมีฉนวนหุ้มภายนอกเป็น PVC

1.5) Modem Package ของ Data logger

ผู้รับจ้างจะต้องทำการปรับปรุง Modem Package ของ Data logger รุ่น NOMAD 2 ให้สามารถใช้งานได้ สามารถรองรับการส่งข้อมูลระยะไกลได้เป็นอย่างดี พร้อมทั้งปรับปรุงระบบไฟฟ้าของ Modem package ให้สามารถใช้งานได้เป็นอย่างดี

1.6) Battery 12 V 7.2 amp-hr

ลักษณะของ Battery เป็นแบบตะกั่วกรดปิดผนึก (ซีลลีดเอซิด) Sealed Lead Acid พร้อม Valve-Regulated Lead Acid แรงดันปกติ 12 Volt 7.2 Ah สามารถใช้งานร่วมกับ Data logger รุ่น NOMAD 2 ได้เป็นอย่างดี และรองรับการส่งข้อมูลระยะไกลได้

1.7) Solar panel

ลักษณะของ solar panel เป็นผลิตภัณฑ์มาตรฐานที่ใช้งานร่วมกับ Data logger NOMAD 2 ได้เป็นอย่างดี

Type	CIS thin-film solar electric panel หรือ เทียบเท่า
Rated	ไม่น้อยกว่า 5 Watt
Frame	Black-anodize aluminum frame secures the glass front laminate which encapsulates and protects the cells หรือ เทียบเท่า
System Voltage	ใช้สำหรับระบบ 12 Volt

58

Accessories

Wire not less than 2 conductor cable and standard mounting bracket for installation

1.8) สาย VCT สำหรับ Solar panel

ลักษณะของ สาย VCT ขนาด 2x1.5 SQ.mm. โดยเป็นสายไฟฟ้าทองแดงชนิด VCT แบบสองแกน ตามมาตรฐาน มอก.พื้นที่หน้าตัดไม่น้อยกว่า 1.5 ตารางมิลลิเมตรต่อแกนเพื่อนำมาใช้ในการเดินระบบส่งพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งผลิตพลังงานมาใช้และเก็บสะสมไว้ใน Battery

1.9) อุปกรณ์จับยึด Solar panel

ลักษณะของอุปกรณ์จับยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นเหล็กโครงสร้างเหล็กรูปฉาก (Angle Steel) โดยอุปกรณ์จับยึดดังกล่าวใช้สำหรับการยึดจับแผง 5 Watt solar panel กับเสาวัดลมที่ระดับความสูงไม่น้อยกว่า 3 เมตร

- (2) ติดตั้ง Anemometer ในความสูงเหนือระดับพื้นดินที่ 10, 45, 65, 90 เมตร จำนวน 4 ชุด
- (3) ติดตั้ง Wind Vane ในความสูงเหนือระดับพื้นดินที่ 10, 65, 90 เมตร จำนวน 3 ชุด
- (4) ติดตั้ง Temperature Sensor ในความสูงเหนือระดับพื้นดินที่ 3 เมตร จำนวน 1 ชุด
- (5) ติดตั้ง Data logger จำนวน 1 ชุด

5) มาตรฐานงานโครงสร้าง

5.1 งานดิน

ผู้รับจ้างจะต้องปรับพื้นที่บริเวณที่จะก่อสร้างให้ได้ระดับตามที่กำหนดในแบบแปลน ในกรณีที่ต้องรื้อถอนอาคารเดิม รวมทั้งสาธารณูปโภคและสิ่งกีดขวางอื่นๆ ที่อยู่ใต้ดินในบริเวณก่อสร้างสิ่งของที่ยกถอน และไม่ใช่ในการก่อสร้างให้ทำการขนย้ายออกให้เรียบร้อยทันที มิให้เกะกะทางสัญจรไปมาและบริเวณใกล้เคียง หากดินที่ได้จากการขุดฐานรากไม่เพียงพอในการปรับพื้นที่ผู้รับจ้างต้องเป็นผู้ไปจัดหาดินส่วนที่ขาดมาทั้งสิ้น

5.2 งานฐานราก

ผู้รับจ้างต้องทำการสำรวจดิน และส่งผลการวิเคราะห์ดินที่มีวิศวกรโยธารับรองผลการวิเคราะห์ดิน พร้อมออกแบบรากฐานเสาและสมอบกที่ได้ทำการออกแบบให้เหมาะสมกับผลวิเคราะห์ดินที่สำรวจได้ โดยการสำรวจดินต้องใช้วิธีการ Boring test หรือวิธีอื่นๆ ที่กรรมการตรวจการจ้างเห็นชอบ กรณีที่ดินสามารถรับน้ำหนักบรรทุก (Bearing Capacity) ได้มากกว่า 8 ตันต่อตารางเมตร ให้ใช้รากฐานแบบฐานแผ่ได้ แต่ถ้าการรับน้ำหนักบรรทุก (Bearing Capacity) ได้น้อยกว่า 8 ตันต่อตารางเมตร ให้ใช้ฐานรากแบบเสาเข็มเท่านั้น

5.3 ฐานรากที่ต้องใช้เสาเข็ม

- 1) ความลึกของฐานราก ขนาดและรายละเอียดการเสริมเหล็กจะต้องเป็นไปตามแบบรายละเอียดที่ได้กำหนดให้
- 2) เสาเข็มที่ใช้จะต้องมีคุณภาพและคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานเสาเข็ม ทุกประการ
- 3) การยก การตอก ให้เป็นไปตามมาตรฐานเสาเข็ม การทดสอบความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มให้เป็นไปตามมาตรฐานการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็ม
- 4) การตอกเสาเข็มจะต้องตอกด้วยความระมัดระวัง มิให้เกิดความเสียหายแก่อาคารข้างเคียง ความเสียหายต่างๆ ที่เกิดขึ้น ผู้รับจ้างจะต้องรับผิดชอบและชดเชยค่าเสียหายนั้นๆ แต่ผู้เดียว การตอกเสาเข็มจะต้องตอกให้เป็นระเบียบ โดยตอกเสาเข็มเป็นแนวๆ หรือเสร็จเป็นฐานๆ ไปห้ามตอกสลับไปสลับมา

5) ในกรณีที่เสาเข็มจมลงเร็วผิดปกติ ในขณะที่ตอกผู้รับจ้างจะต้องรายงานให้คณะกรรมการตรวจการจ้างหรือผู้ควบคุมงานทราบทันที เพื่อจะได้พิจารณาว่าควรแก้ไขอย่างไรคำวินิจฉัยดังกล่าวถือเป็นเด็ดขาด

6) หากมีความจำเป็นจะต้องถมดินหรือทราย ในบริเวณที่ได้ตอกเสาเข็มไว้แล้วการถมจะต้องถมด้วยความระมัดระวังมิให้เสาเข็มขรุขระ เอน เอียง หรือหนีศูนย์กลาง และเพื่อมิให้เกิดปัญหาดังกล่าว ผู้รับจ้างจะต้องถมดินหรือทรายรอบเสาเข็มแต่ละต้นให้สูงกว่าระดับอื่นๆ หากเกิดการขรุขระของเสาเข็มขึ้นไม่ว่ากรณีใด ผู้รับจ้างจะต้องรับผิดชอบค่าเสียหายทั้งหมดแต่เพียงผู้เดียว

5.4 การขุดดินเพื่อทำฐานราก

1) การขุดบ่อทำฐานราก ผู้รับจ้างจะต้องขุดให้ได้ขนาดและระดับตามแบบและรายละเอียดพร้อมทั้งป้องกันมิให้ดินหลายเกิดความเสียหายใดๆ ซึ่งอาจจะทำได้ด้วยการกันคอกหรือขุดดินลดเป็นชั้นๆ ลงไป

2) ดินที่ขุดขึ้นจะต้องนำไปกองไว้ให้เรียบร้อย ตามคำแนะนำของคณะกรรมการตรวจการจ้าง เมื่อทำฐานรากเสร็จเรียบร้อยแล้วผู้รับจ้างจะต้องกลับบ่อดินที่ได้ขุดขึ้นให้คงสภาพเดิม ส่วนดินที่เหลือจะต้องทำการเกลี่ยให้เรียบร้อย

3) ก่อนที่จะทำการกลับบ่อดิน ผู้รับจ้างจะต้องแจ้งให้คณะกรรมการตรวจการจ้างทราบ เพื่อตรวจสอบความเรียบร้อยของฐานรากที่เสร็จเรียบร้อยแล้วเสียก่อนจึงจะทำการกลับดินได้

4) การกลับดินจะต้องถมเป็นชั้นๆ ชั้นหนึ่งๆ หนาไม่เกิน 15 ซม. แล้วกระทุ้งให้แน่นทุกๆ ชั้น รายละเอียดได้ระบุความหนาแน่นของชั้นดินที่ถมแต่ละชั้นไว้แล้ว การกระทุ้งดินจะต้องทำด้วยเครื่องกลและค่าความหนาแน่นของชั้นดินแต่ละชั้นจะต้องมีค่าไม่น้อยกว่าค่าที่ได้กำหนดให้

5) ก่อนที่จะเทคอนกรีตฐานราก ผู้รับจ้างจะต้องสูบน้ำกันบ่อออกให้หมด ตลอดระยะเวลาดำเนินการเทคอนกรีต หากปรากฏว่าในบริเวณที่ก่อสร้างนั้น เป็นลุ่มน้ำมีน้ำมากและไม่สามารถจะสูบน้ำในบ่อฐานรากให้แห้งทันแล้ว ผู้รับจ้างจะต้องทำบ่อดักน้ำที่กันบ่อมีความลึกมากกว่าระดับกันฐานรากจำนวนมากพอในบริเวณข้างเคียง พร้อมทั้งใช้เครื่องสูบน้ำสูบน้ำทั้งจากบ่อน้ำทั้งนี้เพื่อให้กันบ่อฐานรากปราศจากน้ำ

6) ในการเทคอนกรีตฐานรากแต่ละฐาน ผู้รับจ้างจะต้องแจ้งให้คณะกรรมการตรวจการจ้างทราบเพื่อตรวจสอบความถูกต้องเรียบร้อยเสียก่อน เมื่อได้รับความเห็นชอบเป็นลายลักษณ์อักษรแล้วจึงจะดำเนินการต่อไปได้

5.5 งานเสาเข็มตอก

1) ขอบเขตของงานเสาเข็มตอก

งานเสาเข็มรวมถึงการผลิต การจัดส่ง การทดสอบ และการตอกวัสดุรองรับฐานราก ตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้างตลอดจนการที่ผู้รับจ้างจะต้องรับผิดชอบในความเสียหายที่เกิดขึ้นต่อบุคคลหรือทรัพย์สินหรือสาธารณูปการต่างๆ อันเนื่องมาจากการทำงานเสาเข็ม

ผู้รับจ้างจะต้องตอกเสาเข็ม ที่สามารถรับน้ำหนักปลอดภัยตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้างจำนวนตามแบบฐานราก โดยคณะกรรมการตรวจการจ้างจะเป็นผู้กำหนดจุดในสนาม

2) ข้อกำหนดวัสดุเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงหล่อสำเร็จ

ข้อกำหนดสำหรับคุณสมบัติทางกายภาพ

2.1) รูปร่าง เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อสำเร็จจะต้องมีรูปร่างของภาคตัดขวางเป็นไปตามที่ระบุไว้ในแบบ หรือรายการก่อสร้างจุดศูนย์ถ่วงของภาคตัดขวางและจุดศูนย์กลางของเสาเข็มจะต้องทับกันเป็นจุดเดียว

2.2) มิติ

2.2.1) ระยะสั้นที่สุดระหว่างผิวเหล็กเสริมกับผิวคอนกรีตจะต้องไม่น้อยกว่า 0.5 ซม.

2.2.2) ความกว้างที่น้อยที่สุดของภาคตัดขวางของเสาเข็มจะต้องไม่น้อยกว่า 5.0 ซม. หรือ 2 เท่าของระยะตามข้อ 2.1) บวกด้วยเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริมโดยใช้ค่าที่มากกว่าเป็นเกณฑ์

2.2.3) ความยาวของเสาเข็มต้องเพียงพอที่จะทำให้เสาเข็มสามารถรับน้ำหนักบรรทุกที่ปลอดภัยได้ตามที่กำหนด

2.3) เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้

2.3.1) มิติของภาคตัดขวางแต่ละด้าน ณ ตำแหน่งใดที่วัดได้จะคลาดเคลื่อนจากที่กำหนดได้ไม่เกิน $+ 5.0 \%$ หรือ $- 2.5 \%$

2.3.2) มิติของเส้นรอบรูป ณ ตำแหน่งใดที่วัดได้ จะคลาดเคลื่อนจากที่กำหนดได้ไม่เกิน $+ 5.0 \%$ หรือ $- 1.0 \%$

2.3.3) ความยาวของเสาเข็มที่วัดได้จะคลาดเคลื่อนจากที่กำหนดได้ไม่เกิน ± 5 ซม.

2.3.4) ปลายด้านตัดของเสาเข็มต้องมีผิวหน้าเรียบ และตั้งฉากกับแนวแกนสะเทิน (Neutral Axis) ของเสาเข็มโดยยอมให้มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ± 2 องศา

2.3.5) ความคดงของเสาเข็มตามยาวขณะวางในภาวะปกติ โดยไม่ได้รับโมเมนต์ตัดจากระยะความงอที่ส่วนใด ๆ ของเสาเข็มนี้ ถ้าวัดระหว่างเส้นตรงที่ต่อปลายทั้งสองข้างของส่วนงอกับผิวด้านใดก็ตามต้องไม่เกิน $1/360$ เท่าของความยาวของส่วนที่งอนั้น

3) การเตรียมการ

การดำเนินงานตอกเสาเข็มผู้รับจ้างจะต้องเตรียมแบบแปลนแสดงตำแหน่งของเสาเข็มที่จะตอกแผนลำดับการตอกเพื่อเสนอขออนุมัติจากคณะกรรมการตรวจการจ้างผู้รับจ้างจะต้องทำการรังวัด ปักผัง และปักหมุดตำแหน่งที่จะตอกเสาเข็มแต่ละต้นให้ชัดเจนทั้งหรือเฉพาะส่วนตามที่คณะกรรมการตรวจการจ้างเห็นชอบเสียก่อนจึงจะเริ่มงานตอกเสาเข็มได้

ระดับอ้างอิงให้ถือตามที่ระบุในแบบสำหรับระดับหัวเข็ม ถ้าไม่ได้กำหนดไว้เฉพาะสถานที่แต่ละแห่งให้คณะกรรมการตรวจการจ้างเป็นผู้พิจารณากำหนดระดับการตอกส่งหัวเสาเข็มให้กับผู้รับจ้าง

ผู้รับจ้างต้องแจ้งให้คณะกรรมการตรวจการจ้างตรวจสอบตำแหน่งเสาเข็ม ถ้าไม่ได้กำหนดไว้ก่อนที่จะทำการตอกเสาเข็มต้นนั้นๆ หรือในบริเวณเฉพาะแห่งนั้น ไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง เมื่อได้รับอนุมัติแล้วจึงทำการตอกเสาเข็มดังกล่าวได้

ff

4) การตอกเสาเข็ม

ก) เครื่องมือตอก

การตอกเสาเข็มให้ใช้ Drop Hammer ซึ่งเป็นการตอกเสาเข็มโดยใช้ลูกตุ้ม การเลือกลูกตุ้มที่ใช้ตอกต้องพิจารณาให้สัมพันธ์กับเสาเข็มและสภาพดินบริเวณก่อสร้าง น้ำหนักของลูกตุ้มไม่เบาเกินไปและไม่หนักเกินไป หรือผู้รับเหมาจะตอกโดยวิธีอื่นใด สามารถที่จะขออนุมัติจากกรรมการตรวจการจ้างได้

ข) ข้อกำหนดอื่น ๆ

- หากเป็นที่ปรากฏว่าเสาเข็มที่นำมาใช้ มีขนาดไม่ตรงตามกำหนดกีดติ หรือมีคุณภาพ ไม่เหมาะสมประการใดๆ ดังที่ได้กล่าวไว้ คณะกรรมการตรวจการจ้างมีอำนาจที่จะปฏิเสธไม่ยอมรับ (Reject) เสาเข็มเช่นนั้น

- เสาเข็มที่นำเข้ามาเพื่อใช้งานหากปรากฏว่ามีรอยร้าวเกิดขึ้น คณะกรรมการตรวจการจ้างจะเป็นผู้วินิจฉัยว่า เสาเข็มต้นนั้นๆ จะอนุญาตให้นำไปใช้งานได้หรือไม่ หรือจะต้อง ดำเนินการซ่อมแซมด้วยวิธีใดๆ ก่อนนำไปใช้ซึ่งผู้รับจ้างจะต้องยอมปฏิบัติตามคำแนะนำวินิจฉัยนั้นๆ โดยไม่บิดพลิ้ว

- เสาเข็มที่ถูกปฏิเสธไม่ยอมรับ (Reject) ผู้รับจ้างจะต้องรับขนย้ายเสาเข็มเช่นนั้นออกไปเสียจากสถานที่ก่อสร้างโดยมิชักช้า

5) วิธีการทำงาน

5.1) การตอกเสาเข็มทุกต้น จะต้องมิคณะกรรมการตรวจการจ้างรับรู้การทำงานของผู้รับจ้างอยู่ตลอดเวลา จึงจะถือว่าใช้งานได้ตามต้องการ

5.2) การตอกเสาเข็ม จะต้องตอกเป็นลำดับตามแผนการตอกเสาเข็มที่ผู้รับจ้างได้เสนอมาจะได้รับอนุมัติจากคณะกรรมการตรวจการจ้างเว้นแต่มีเหตุจำเป็นหรือเหตุอันสมควรอื่นใดซึ่งได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการตรวจการจ้างแล้ว

5.3) การตอกเสาเข็มต้นหนึ่งๆ จะต้องตอกโดยต่อเนื่องให้เสร็จโดยไม่มีการหยุดชะงัก หากมีอุปสรรคเกิดขึ้นทำให้ต้องหยุดพักการตอก หรือเกิดเหตุผิดปกติ เช่น เสาเข็มที่ตอกลงไปจมผิดปกติ ผู้รับจ้างต้องรีบรายงานเพื่อขอคำวินิจฉัยจากคณะกรรมการตรวจการจ้างโดยเร็ว และต้องรีบแก้ไขอุปสรรคนั้นให้ลุ่่วงแล้วทันการตอกเสาเข็มต่อไปตามคำวินิจฉัยของคณะกรรมการตรวจการจ้าง

5.4) ในกรณีที่เสาเข็มตอกลงไม่หมดให้ผู้รับจ้างส่งผลบันทึกการตอกเสาเข็มให้คณะกรรมการตรวจการจ้างวินิจฉัยว่าเห็นสมควรให้ตัดเสาเข็มต้นใด ณ ตำแหน่งใด ผู้รับจ้างจึงจะทำการตัดเสาเข็มตามคำวินิจฉัยนั้นได้

5.5) ในกรณีที่ต้องตัดหรือสกัดแต่งหัวเสาเข็ม ก่อนที่ดำเนินการจะต้องหล่อคอนกรีตหยาบซึ่งใช้รองฐานรากเสียก่อน หลังจากนั้นจึงจะทำการตัดหรือสกัดแต่งเสาเข็มส่วนที่เกินทิ้งได้ การตัดจะใช้ Pneumatic Tool สกัด เลื่อย หรือหาเครื่องมืออื่นที่ได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการตรวจการจ้าง ห้ามมิให้ตัดเสาเข็มโดยใช้วัตถุระเบิด หรือใช้หมอนปอนด์ทุบหัวเสาเข็มโดยเด็ดขาด หากมีความเสียหายเกิดขึ้นจากการสกัด หรือตัดหัวเข็ม ผู้รับจ้างต้องทำการซ่อมแซมด้วยวัสดุและวิธีการที่คณะกรรมการตรวจการจ้างเห็นชอบโดยเร็ว

6) คุณภาพของงาน

ผู้รับจ้างจะต้องตอกเสาเข็มให้ตรงตามตำแหน่งที่กำหนดในแบบ ตำแหน่งของเสาเข็มจะผิดพลาดได้ไม่เกิน 10 ซม. ระดับของหัวเสาเข็มที่ตอกจะต้องได้ตามที่ระบุไว้ในแบบ หรือตามที่คณะกรรมการตรวจการจ้างกำหนด ผู้รับจ้างจะต้องทำงานด้วยความระมัดระวังมิให้เสาเข็มที่ตอกเสร็จแล้วเอนเอียง หรือเสียศูนย์

หากเกิดความเสียหายประการใด แก่เสาเข็มตามที่ได้กล่าวมาแล้ว คณะกรรมการตรวจการจ้าง จะเป็นผู้วินิจฉัยร่วมกันเพื่อทำการแก้ปัญหาตามวิธีการดังนี้คือ

6.1) ปฏิเสธไม่รับรองเสาที่ว่านั้น แล้วดำเนินการตอกเสาเข็มซึ่งเป็นขนาด ชนิดและคุณภาพเดียวกัน เพิ่มเติมตามจำนวนที่จำเป็นเพื่อความมั่นคงแข็งแรง และ/หรือ

6.2) เปลี่ยนแปลงขนาด รูปทรง และ/หรือ เหล็กเสริมของโครงสร้างส่วนที่ต่อเนื่องเพื่อความมั่นคงแข็งแรง ค่าใช้จ่ายที่ต้องเพิ่มขึ้นเนื่องจากการดำเนินการ ให้เป็นภาระของผู้รับจ้างเพียงฝ่ายเดียว นอกจากนี้ภายหลังจากการตอกเสาเข็มเสร็จเรียบร้อยแล้วทั้งหมด หากทำการขุดดินเพื่อทำฐานราก ปรากฏว่าเสาเข็มของฐานรากไม่ครบจำนวน หรือ ศูนย์เสาผิดมากจนไม่อาจจะแก้ไขได้ ผู้รับจ้างต้องรับผิดชอบการตอกเสาเข็มให้ใหม่จนครบถูกต้องตามแบบแปลน และให้ถือว่าค่าวินิจฉัยของคณะกรรมการตรวจการจ้างเป็นเด็ดขาด ผู้รับจ้างต้องปฏิบัติตามและรับผิดชอบค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องทั้งสิ้นเพียงฝ่ายเดียว

7) การเสร็จสิ้นงานเสาเข็ม

7.1) การรื้อถอนและเคลื่อนย้าย

ภายหลังจากผู้รับจ้างได้ทำการตอกเสาเข็มและปฏิบัติอื่นๆ ครบถ้วนตามสัญญาจ้างแล้ว ให้ผู้รับจ้างรื้อถอน และเคลื่อนย้ายอุปกรณ์และสัมภาระของผู้รับจ้างออกจากสถานที่ก่อสร้างภายในระยะเวลาอันสมควร

7.2) การทำความสะอาด

เศษวัสดุที่เกิดจากการทำงานเสาเข็ม เช่น เศษวัสดุจากการตัดเสาเข็ม ผู้รับจ้างจะต้องนำไปทิ้งนอกสถานที่ก่อสร้าง เว้นแต่คณะกรรมการตรวจการจ้างจะกำหนดเป็นอย่างอื่น

อนึ่ง หากเป็นที่ปรากฏว่าผู้รับจ้างบิดพลิ้วไม่ปฏิบัติตามที่กำหนดไว้ ให้คณะกรรมการตรวจการจ้างมีอำนาจที่จะสั่งและดำเนินการเช่นนั้นให้ลุ่ลงด้วยวิธีการใดๆ โดยที่ค่าใช้จ่ายในการดังกล่าวทั้งปวงตกเป็นภาระของผู้รับจ้างทั้งสิ้น

5.6 มาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก

5.6.1 ปูนซีเมนต์

1) ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการก่อสร้างของโครงสร้างให้ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ผลิตในประเทศไทย และต้องมีคุณภาพได้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ มอก.15 เล่มที่ 1-2532

2) ต้องเป็นปูนซีเมนต์ที่บรรจุถุงเรียบร้อย หรือเป็นปูนซีเมนต์ที่เก็บในภาชนะบรรจุของบริษัทผู้ผลิต ผลิตออกจากโรงงานใหม่ๆ (ถ้าสงสัยว่าผลิตมานานต้องให้คณะกรรมการตรวจการจ้างตรวจสอบก่อนนำมาใช้)

3) ปูนซีเมนต์บรรจุถุง จะต้องเก็บไว้บนพื้นสูงกว่าพื้นดินอย่างน้อย 20 ซม. ในโรงที่มีหลังคาคลุมมีฝากันฝนได้ดี

- 4) ห้ามใช้ปูนซีเมนต์ที่เสื่อมคุณภาพโดนความชื้น แข็งตัวจับกันเป็นก้อนแล้ว หรือเหตุอื่น
- 5) เมื่อจำเป็นจะต้องใช้ปูนซีเมนต์ชนิดแข็งตัวเร็วแล้ว ให้ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภท 3 ซึ่งมีคุณภาพถูกต้องตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ มอก.15 เล่ม 1-2532
- 6) สำหรับงานก่อสร้างในบริเวณที่ดินเค็มและอยู่ริมทะเล ให้ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภท 5 ซึ่งมีคุณภาพถูกต้องตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ มอก. 15 เล่ม 1-2532

5.6.2 ทราย

- 1) ต้องเป็นทรายน้ำจืดที่หยาบ คม แข็งแกร่งและสะอาดปราศจากวัตถุอื่นเจือปน เช่น เปลือกหอย ดิน เถ้าถ่าน และผักหญ้าต่างๆ เป็นต้น
- 2) ต้องผ่านการทดสอบคุณสมบัติตามมาตรฐานการทดสอบคอนกรีตของ ASTM C 33-82

5.6.3 หิน หรือ กรวด

- 1) หิน กรวด ที่ใช้ต้องแข็งแรง ไม่ผุ และสะอาดปราศจากวัตถุอื่นเจือปน
- 2) ก่อนนำไปใช้ผสมคอนกรีตต้องร่อนเมล็ดใหญ่กว่ากำหนดออกและล้างน้ำให้ปราศจากสิ่งสกปรกก่อนใช้ผสม
- 3) ต้องผ่านการตรวจสอบคุณสมบัติมาตรฐานการทดสอบหินและกรวดของ ASTM C 136-82

5.6.4 น้ำ

- 1) น้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตต้องเป็นน้ำจืด ปราศจากน้ำมัน กรด ด่าง เกลือ และสารอินทรีย์ต่างๆ
- 2) ถ้าน้ำในที่ก่อสร้างไม่ดีพอ เช่น น้ำที่มีน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมเจือปนอยู่ คณะกรรมการตรวจการจ้างอาจสั่งให้น้ำสะอาดที่อื่นมาใช้ได้

5.6.5 คอนกรีต

- 1) ส่วนผสมและกำลังคอนกรีต

การเลือกส่วนผสมให้ถือหลักดังนี้

ปริมาณซีเมนต์ให้มีเพียงพอให้ได้กำลังตามต้องการ และมีความคล่องตัวในการเท (Workability) เพียงพอปริมาณน้ำให้น้อยที่สุดเพียงพอให้คอนกรีตมีความชื้นพอเหมาะไม่เหลวเกินไป ส่วนผสมต้องสม่ำเสมอเพื่อให้ได้กำลังที่แน่นอนโดยตลอดและการผสมนี้ให้ใช้ผสมโดยเทียบน้ำหนัก

ในกรณีที่จะใช้คอนกรีตผสมเสร็จ (Ready Mixed Concrete) ส่วนผสมของคอนกรีตยอมให้เปลี่ยนแปลงได้บ้าง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิต แต่ค่าแรงอัดต่ำสุดของแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอกซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม. จะต้องไม่ค่าน้อยกว่า 240 กก./ตร.ซม. ก่อนที่จะนำมาใช้จะต้องส่งรายการคำนวณส่วนผสม และการทดสอบค่าแรงอัดต่ำสุดให้คณะกรรมการตรวจการจ้างพิจารณาเห็นชอบอีกทั้งคอนกรีตผสมเสร็จที่จะใช้ต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ มอก.213-2520

- 2) การผสมคอนกรีต

การผสมคอนกรีตต้องผสมด้วยเครื่องเสมอไป การผสมคอนกรีตแต่ละครั้งให้ผสมด้วยวัสดุตามที่กำหนดให้ โดยใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์เป็นกิโลกรัมส่วนผสมอื่นใช้เป็นลิตร การผสมด้วยเครื่องในครั้งหนึ่งๆ ต้องให้เครื่องผสมคอนกรีตหมุนอย่างน้อย 2 นาที เพื่อให้วัสดุได้เคล้ากันเป็นเนื้อเดียวกัน

- 3) การเทคอนกรีต

3.1) ผู้รับจ้างต้องตรวจดูแบบหล่อและการวางเหล็กเสริมมั่นคงและถูกต้องตามแบบรายละเอียด พร้อมทั้งทำความสะอาดให้ปราศจากเศษวัสดุที่อยู่ในแบบที่จะเทและอุดรอยรั่วต่างๆ เพื่อมิให้น้ำปูนหนืดออก เมื่อเสร็จเรียบร้อยแล้วและได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการตรวจการจ้างหรือผู้ควบคุมงานของคณะกรรมการตรวจการจ้างแล้วจึงจะทำการเทคอนกรีตได้

3.2) การเทคอนกรีตทั่วไปต้องเทเป็นชั้นๆ หนาไม่เกิน 15 ซม. โดยแต่ละชั้นให้ใช้หัวสั่นสะเทือนแยกทุกครั้งไป เพื่อให้คอนกรีตแน่นตัวปราศจากโพรง การใช้เครื่องสั่นสะเทือน ผู้รับจ้างจะต้องจัดหาผู้ที่มีความรู้ความชำนาญในการใช้หัวสั่นสะเทือนโดยเฉพาะมาปฏิบัติงาน ทั้งนี้เพื่อป้องกันการแยกตัวของคอนกรีตอันจะทำให้คอนกรีตได้กำลังไม่เท่าที่กำหนดไว้

3.3) คอนกรีตที่ผสมแล้วต้องรีบนำไปเทลงในแบบโดยเร็วก่อนที่คอนกรีตนั้นจะแข็งตัว (ไม่ควรเกิน 45 นาที) และต้องระมัดระวังมิให้เหล็กเสริมเคลื่อนหรือเปลี่ยนไปจากตำแหน่งเดิม

4) การแต่งผิวคอนกรีต

เมื่อถอดแบบออกแล้ว ถ้ามีรูหรือผิวหน้าคอนกรีตขรุขระให้แต่งผิวให้เรียบเสมอผิวทั่วไปส่วนที่เป็นรู ใช้ปูนซีเมนต์กับทรายผสมน้ำตามอัตราส่วนที่ใช้ผสมคอนกรีต แต่งให้ผิวหน้าเรียบ แต่ถ้าปรากฏว่าเนื้อคอนกรีตส่วนใดมีลักษณะเป็นรูพรุนด้วยรังผึ้งหรือเป็นโพรงลึกจะต้องสกัดเนื้อนั้นออกแล้วเทคอนกรีตส่วนนั้นใหม่ แต่ถ้าปรากฏว่าเนื้อคอนกรีตส่วนนั้นเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญของโครงสร้าง ผู้รับจ้างจะต้องทุบส่วนของโครงสร้างนั้นทิ้งทั้งหมด หรือทุบเฉพาะส่วนนั้นทิ้งแล้วทำการเทคอนกรีตที่ผสมด้วยตัวประสานใหม่ ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลยพินิจของคณะกรรมการตรวจการจ้าง

5) ส่วนหุ้มของคอนกรีตถ้ามิได้แสดงไว้ในแบบรายละเอียดแล้วให้ใช้ระยะหุ้มคอนกรีตจากผิวไม้แบบถึงผิวนอกเหล็กเสริมดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ส่วนหุ้มของคอนกรีต

โครงสร้างทั่วไป	โครงสร้างที่ถูกไอน้ำเค็มหรือสัมผัสน้ำเค็ม
เสาตอม่อ 4.0 ซม.	5.0 ซม.
ฐานราก 5.0 ซม.	7.0 ซม.

5.6.6 แบบหล่อ

1) แบบหล่อต้องทำจากวัสดุแข็งแรง ไม่ผุ ไม่คดงอ เช่น เหล็ก ไม้ เป็นต้น แบบหล่อและนั่งร้านรองรับคอนกรีตเหลวต้องมั่นคงแข็งแรงเพียงพอสามารถรับน้ำหนัก และแรงสั่นสะเทือนเมื่อใช้เครื่องเขย่าคอนกรีตได้โดยไม่ทรุดตัวหรือแอ่นตัวจนเสียระดับ หรือแนวหากเกิดการเสียระดับหรือแนวผิดขนาดจนเห็นว่าจะเกิดผลเสียหาย ผู้รับจ้างจะต้องทุบทำลายชิ้นส่วนนั้นทิ้งขึ้น แล้วหล่อใหม่ให้ถูกต้อง โดยจะคิดมูลค่าเพิ่มเติมอย่างใดอย่างหนึ่ง จากคณะกรรมการตรวจการจ้างไม่ได้ ทั้งนี้ไม่ได้ทำให้ผู้รับจ้างพ้นความรับผิดชอบต่อความเสียหายใดๆ ที่อาจจะเกิดจากการทุบทำลายชิ้นส่วนนั้นๆ

2) แบบหล่อต้องประกอบแบบให้แน่นหนา และต้องยึดค้ำยันแบบ มิให้เคลื่อนที่ได้ต้องเข้าแบบให้สนิทเพื่อกันมิให้น้ำปูนรั่ว และผิวด้านในของแบบที่ถูกกับคอนกรีตต้องเรียบล้างให้สะอาดแล้วทาน้ำมันก่อนลงมือเทคอนกรีตเสมอ

3) ห้ามขึ้นไปทำการก่อสร้างบนแบบหล่อของส่วนก่อสร้างที่เทคอนกรีตแล้วจนกว่าจะพ้น 48 ชั่วโมง หลังจากเทคอนกรีตครั้งสุดท้ายในแบบหล่อส่วนนั้น

4) แบบหล่อที่รื้อออกแล้วก่อนที่จะนำมาใช้ใหม่จะต้องทำความสะอาดและตกแต่งพร้อมทั้งทาน้ำมันให้เรียบรอยเสียก่อนจึงจะนำไปใช้อีกได้

5.7 มาตรฐานงานเหล็กเสริมคอนกรีต

5.7.1 เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต

เหล็กเส้นเสริมคอนกรีตต้องเป็นเหล็กเส้นใหม่ที่ไม่เคยใช้งานมาก่อน ต้องมีผิวสะอาดไม่มีสนิมกร่อนไม่เปื้อน น้ำมัน ไม่มีรอยแตกร้าว และต้องมีคุณสมบัติ ดังต่อไปนี้

1) เหล็กเส้นกลม (Plain Round Bar)

1.1) แรงเค้นดึงสูงสุด (Maximum Tensile Stress) ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 3,900 กก./ตร.ซม.

1.2) แรงเค้นที่จุดยืน (Yield Stress) ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 2,400 กก./ ตร.ซม.

1.3) ความยืด (Elongation) ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 21 เปอร์เซนต์ ในช่วงความยาว 5 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเส้นนั้น

1.4) คุณสมบัติอื่น ๆ ตรงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ มอก.20-2527

2) เหล็กเส้นข้ออ้อย (Deformed Bar)

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของเหล็กข้ออ้อย

Grade	Yield Stress Kgf/mm.2(min.)	Tensile Stress Kgf/mm.2(min.)	Elongation 5D% (min.)	Cold Bend Test	
				Bending Angle	Diameter of bends
SD 30	30	49	17	180	4 เท่าของ Nominal Dia.
SD 40	40	57	18	180	4 เท่าของ Nominal Dia.

หมายเหตุ D = เส้นผ่านศูนย์กลาง

คุณสมบัติอื่น ๆ ตรงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ มอก. 24-2527

5.7.2 ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้

1) สำหรับเหล็กเส้นกลม

ตารางที่ 3 ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับเหล็กเส้นกลมเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเส้นกลม

หมายเลขขนาด	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ ไม่เกินกว่า (มิลลิเมตร)	ผลต่างของเส้นผ่าน ศูนย์กลางวัด ณ ตำแหน่ง เดียวกันไม่เกินกว่า (มิลลิเมตร)
RB 6 - RB 15	6 - 15	+ , - 0.4	0.64
RB 19 - RB 25	19 - 15	+ , - 0.5	0.80
RB 28 - RB 34	28 - 34	+ , - 0.6	0.96

หมายเหตุ RB = Round Bar

2) สำหรับเหล็กเส้นข้ออ้อย

2.1) ขนาดระบุของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเส้นข้ออ้อย หาได้จากสูตร

$$D = 12.73 (w)^{1/2}$$

D = คือเส้นผ่านศูนย์กลาง เป็นมิลลิเมตร

w = คือ น้ำหนักของเหล็กเป็นกิโลกรัมต่อความยาว 1 เมตร

2.2) ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ สำหรับเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเส้นข้ออ้อย

ตารางที่ 4 ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเส้นข้ออ้อย

หมายเลขขนาด	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ไม่เกินกว่า (มิลลิเมตร)
DB 10 - 16	10 - 16	0.4
DB 20 - 25	20 - 25	0.5
DB 28 - 32	28 - 32	0.6

หมายเหตุ DB = Deformed Bar (เหล็กเส้นข้ออ้อย)

5.7.3 การเก็บวัสดุ

1) เหล็กเส้นที่นำมาใช้ในงานก่อสร้างจะต้องเก็บไว้ในที่มีหลังคาคลุมและมีฝากำบังฝนทั้งหมด จะต้องเก็บไว้เหนือพื้นดินไม่น้อยกว่า 20 ซม.

2) เหล็กเส้นที่นำใช้งานจะต้องแยกเก็บไว้เป็นพวงๆ โดยมีป้ายบอกชนิดและขนาดไว้อย่างชัดเจน

5.7.4 การตัดเหล็กเส้น

1) ห้ามตัดเหล็กเส้น โดยวิธีเผาให้ร้อน

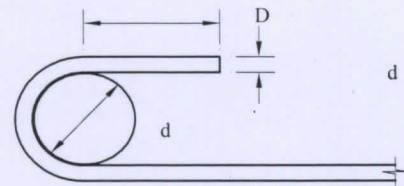
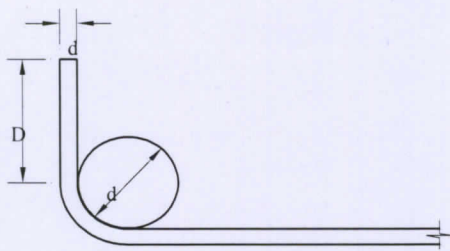
2) การตัดเหล็กเส้น เป็นไปตามมาตรฐานของ ASTM

3) การตัดเหล็กกล้า ความลาดเอียงของเหล็กค่อม นอกจากระบุไว้ในแบบรูปรายละเอียด จะต้องตัดเอียงเป็นมุม 45 องศาทั้งหมด การตัดโค้งตรงมุมต้องใช้เครื่องมือภายในเท่ากับ 6 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเส้นนั้น

5.7.5 การตัดและการต่อเหล็กเส้น

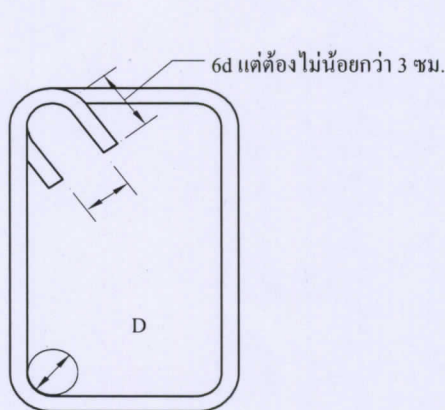
ก) การงอปลายเหล็ก

1) การงอขอให้ใช้วิธีดัดเย็น ดังรูป



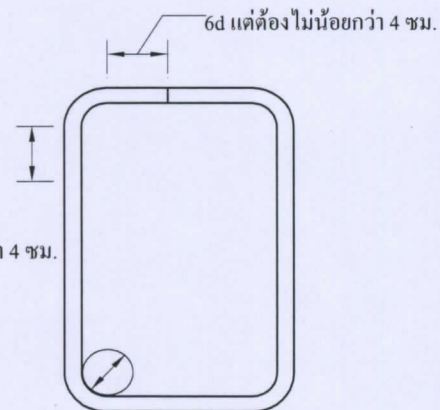
- D ไม่น้อยกว่า 4d สำหรับเหล็กเส้นกลม
D ไม่น้อยกว่า 5d สำหรับเหล็กข้ออ้อย SD-30, DD-35 และ SD-40

- 2) การงอขอเหล็กข้ออ้อยขนาดตั้งแต่เส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม. ขึ้นไป ให้งอ 90 องศา
3) การงอขอเหล็กปลอก คานและเสา ใช้เหล็กขนาด 6 มม. หรือ 9 มม. ให้ปฏิบัติตามนี้



D = 4 ซม.
D = 3 ซม.
D = 2 ซม.

สำหรับเหล็กแกนขนาดใหญ่กว่า
สำหรับเหล็กแกนขนาด
สำหรับเหล็กขนาด



เส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มม.
เส้นผ่านศูนย์กลาง 19 มม. - 25 มม.
เส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มม. - 10 มม.

ข) การต่อเหล็กเส้นกลมและเหล็กข้ออ้อย

- 1) การเชื่อมต่อจะต้องเป็นไปตามแบบที่กำหนดให้แบบใดแบบหนึ่งที่กำหนดไว้
- 2) ตำแหน่งการต่อเหล็กจะต้องไม่ต่อ ณ จุดที่เหล็กงอ รอยต่อจะต้องอยู่ห่างจากจุดที่เหล็กงออย่างน้อย 50 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเส้นนั้น
- 3) การต่อเหล็กให้ต่อ ณ ตำแหน่งที่เหล็กรับแรงน้อยที่สุด ในกรณีที่ไม่สามารถต่อเหล็ก ณ จุดที่กำหนดดังกล่าวได้ ให้เสริมเหล็กปลอกมากขึ้นจากเดิมเป็นสองเท่าในระยะห่างจากปลายของเหล็กที่เชื่อมแต่ละปลายออกไปอย่างน้อย 15 เท่า ของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเส้นนั้น

Handwritten signature

4) การต่อด้วยการเชื่อม

- เหล็กที่จะนำมาเชื่อมจะต้องตัดปลายแล้ววางให้ได้รูปตามที่กำหนดไว้
- บริเวณปลายเหล็กที่ตัดก่อนที่จะนำมาเชื่อมจะต้องขัดให้เรียบและสะอาดปราศจากฝุ่น สี และน้ำมัน เป็นต้น
- เหล็กเส้นที่จะนำมาเชื่อมต่อกันจะต้องวางให้ได้แนวเส้นผ่านศูนย์กลางของกันและกัน ขณะที่ทำการเชื่อมควรวางอยู่ที่รองรับยาวประมาณข้างละ 1 เมตร ห่างจากจุดที่จะเชื่อมต่อ
- การเชื่อมจะต้องเชื่อมเป็นชั้นๆ หรือเป็นแนวๆ ตามลำดับดังตัวอย่างที่ได้แสดงไว้ในรูป
- ระหว่างการเชื่อมแต่ละแนวให้ปล่อยทิ้งไว้ในอากาศหนึ่งจนอุณหภูมิลดลงต่ำกว่า 250 องศาเซลเซียส โดยการวัดที่ผิวตรงจุดกึ่งกลางความยาวของแนวเชื่อม ห้ามกระทำการใดๆ เพื่อจะเร่งให้อุณหภูมิลดลง
- เมื่อเชื่อมเสร็จแต่ละชั้นหรือแต่ละแนวการเชื่อมชั้นต่อไปจะต้องเคาะเอาขี้เหล็กออกให้หมดทุกครั้ง แล้วแปรงให้สะอาดเสียก่อน

5.8 มาตรฐานงานเหล็กรูปพรรณ

5.8.1 เกณฑ์กำหนดทั่วไป

- 1) บทกำหนดส่วนนี้คลุมถึงเหล็กรูปพรรณทุกชนิด
- 2) รายละเอียดเกี่ยวกับเหล็กรูปพรรณ ซึ่งมีได้ระบุในแบบและบทกำหนดนี้ให้ถือปฏิบัติตามมาตรฐานสำหรับอาคารเหล็กรูปพรรณของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ทุกประการ

5.8.2 วัสดุ

เหล็กรูปพรรณทั้งหมดจะต้องมีคุณสมบัติสอดคล้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ มอก. 116-2517 หรือ ASTM หรือ JIS ที่เหมาะสม

5.8.3 การกองเก็บวัสดุ

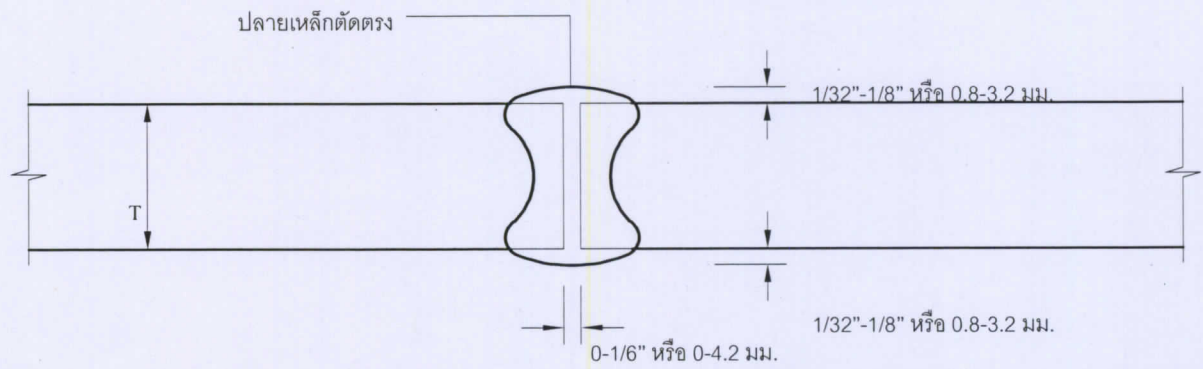
การเก็บเหล็กรูปพรรณทั้งที่ประกอบแล้วและยังไม่ได้ประกอบ จะต้องเก็บไว้บนยกพื้นเหนือพื้นดิน จะต้องรักษาเหล็กให้ปราศจากฝุ่น ไขมัน หรือสิ่งแปลกปลอมอื่นๆ และต้องระวังรักษาอย่าให้เหล็กเป็นสนิม

5.8.4 การต่อการเชื่อมต่อเหล็กด้วยไฟฟ้า

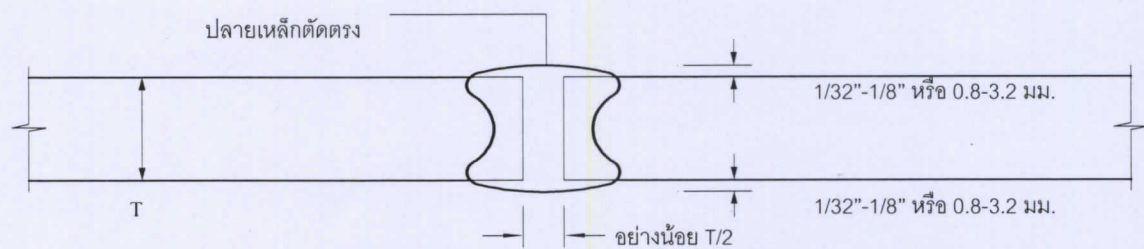
- รายละเอียดในการต่อให้เป็นไปตามที่ระบุในแบบทุกประการ
- ลวดเชื่อมและกระแสไฟฟ้าที่ใช้ ลวดเชื่อมที่นำมาใช้เชื่อม ให้ใช้ลวดเชื่อมที่มีคุณสมบัติ เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ มอก.49-2528

5.8.5 การวางเหล็กเพื่อเชื่อม

- 1) การต่อเหล็กแบบชน (Butt Weld) ให้ต่อด้วยวิธีดังนี้ คือ
 - 1.1) Square-butt joint welded both sides ใช้สำหรับต่อเหล็กที่มีความหนา (T) ไม่เกิน 1/4 นิ้ว (6.35 มม.)

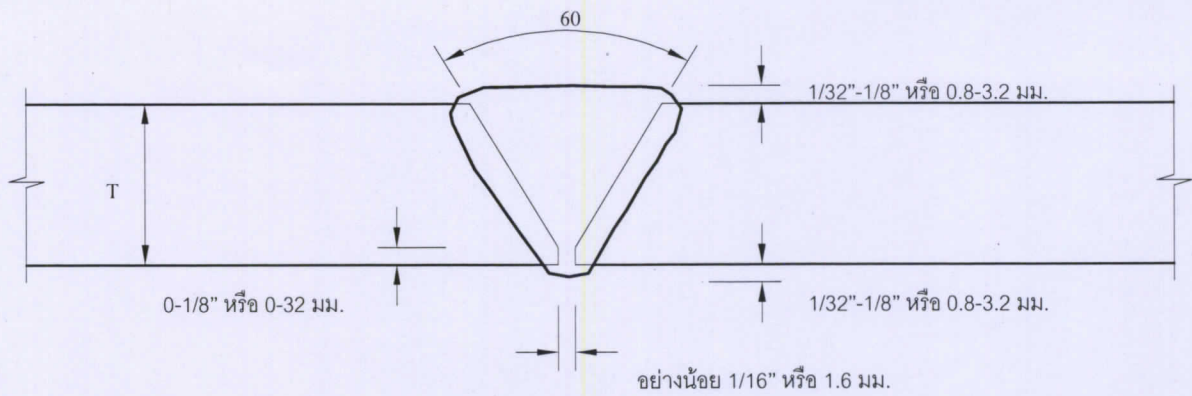


1.2) Open Square-butt joint welded both sides ใช้สำหรับต่อเหล็กที่มีความหนา (T) ระหว่าง $1/4$ - $5/16$ นิ้ว (6.35 - 8 มม.)

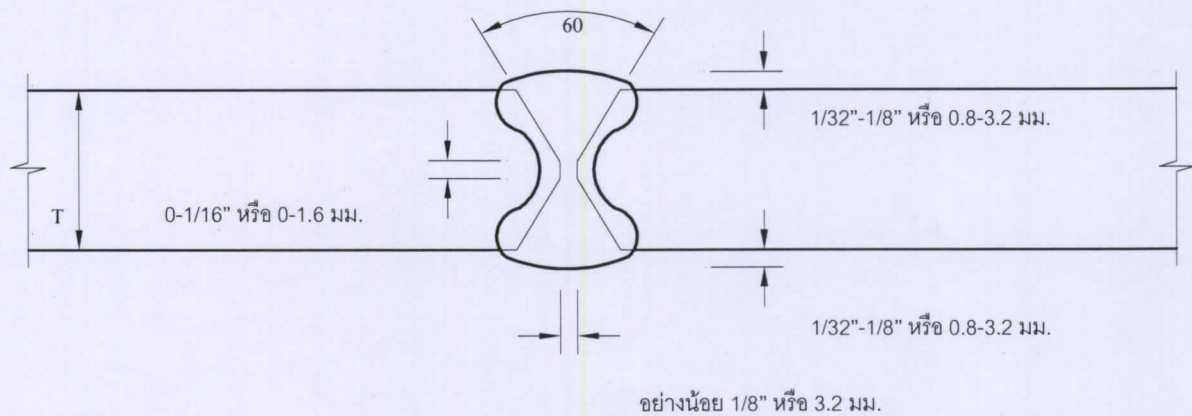


1.3) Single - V butt joint welded both sides ใช้สำหรับต่อเหล็กที่มีความหนาเกินกว่า $5/16$ นิ้ว (8 มม.)

Handwritten signature or mark.

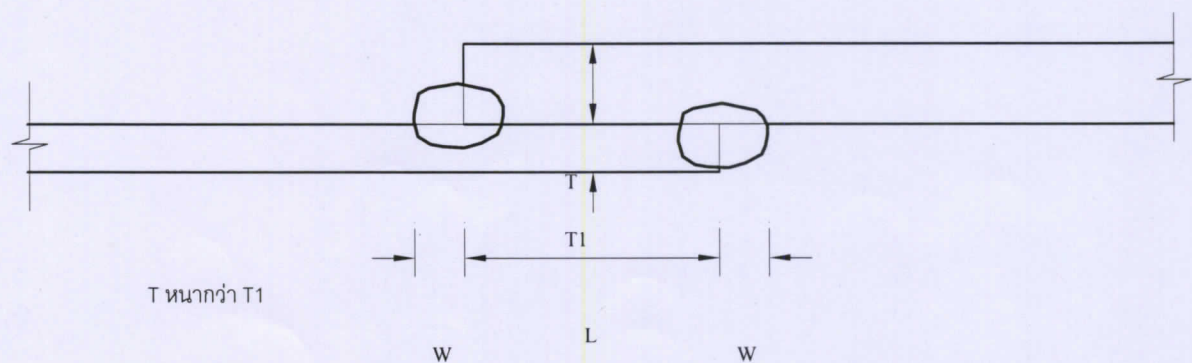


1.4) Double-V butt joint ใช้สำหรับต่อเหล็กที่มีความหนา (T) เกิน 5/16 นิ้ว (8 มม.)



2) การต่อเหล็กแบบทาบกัน (Fillet Welds) ใช้ต่อดังวิธีดังนี้

2.1) Double Fillet-Welded Lap Joint



ความยาว L อย่างน้อย 5 เท่าของ T1 แต่ไม่น้อยกว่า 1 นิ้ว (2.54 ซม.)

ความยาว W ให้เป็นไปตามแบบรายละเอียดแต่น้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2

Handwritten signature or initials in blue ink.

ตารางที่ 5 ขนาดรอยเชื่อม (Minimum weld sizes for thick plates)

ความหนาของแผ่นเหล็ก	แผ่นที่หนากว่า (T)	ขนาดขาของรอยเชื่อม (W) อย่างน้อย	หมายเหตุ
0 - 1/2"	12.7 มม.	3/16" (4.76 มม.)	ทั้งนี้ขนาดขาของรอยเชื่อมต่อ (W) ต้องไม่มากกว่าความหนาของแผ่นเหล็กแผ่นที่บางกว่า
เกินกว่า 1/2" - 3/4"	12.7 - 19.05 มม.	1/4" (6.35 มม.)	
เกินกว่า 3/4" - 1 1/2"	19.05 - 38.01 มม.	5/16" (7.94 มม.)	
เกินกว่า 1 1/2" - 2 1/4"	38.1 - 57.15 มม.	3/8" (9.53 มม.)	
เกินกว่า 2 1/4" - 6"	57.15 - 152.04 มม.	1/2" (12.07 มม.)	
เกินกว่า 6"	152.04 มม.	5/8" (15.88 มม.)	

2.2) Fillet - reinforced butt - welded T joint

ความยาว W ประมาณ $T/4$ แต่ต้องไม่ต่ำกว่า $3/8$ นิ้ว (9.35 มม.) $\text{Max. effective fillet} = T - 1/16"$

2.3) ความหนาของรอยเชื่อม (Throat thickness = $0.707 w$) จะต้องเป็นไปตามแบบหรือรายการที่ได้ระบุไว้

2.4) ในกรณีที่แบบรายละเอียดไม่ได้ระบุขนาดของรอยเชื่อมหรือได้ระบุขนาดน้อยกว่าค่าที่ระบุไว้ใน ตารางที่ 2 แล้ว ขนาดของรอยเชื่อมจะต้องเป็นไปตามตารางที่ 2

5.8.6 รูและช่องเปิด

การเจาะหรือตัดหรือกดทะลุให้เป็นรู ต้องกระทำดังฉากกับผิวของเหล็ก และห้ามขยายรูด้วยความร้อนเป็นอันขาด ในเสาที่เป็นเหล็กgrupพรรณซึ่งต่อกับคาน ค.ส.ล. จะต้องเจาะรูไว้เพื่อให้เหล็กเสริมในคานคอนกรีตสามารถลอดได้ โดยที่รูจะต้องเรียบร้อยปราศจากรอยขาดหรือแหวนขอบรูซึ่งคมและยื่นเล็กน้อยัดเกิดจากการเจาะด้วยสว่านให้ขจัดออกให้หมดด้วยเครื่องมือ โดยลบมุม 2 มิลลิเมตร ช่องเปิดอื่น ๆ เหนือจากรูสลักเกลียวจะต้องเสริมแหวนเหล็กซึ่งมีความหนาไม่น้อยกว่าความหนาขององค์อาคารที่เสริมนั้น รูหรือช่องเปิดภายในช่องแหวนจะต้องเท่ากับช่องเปิดขององค์อาคารที่เสริมนั้น

5.8.7 การประกอบและการยกติดตั้ง

1) แบบขยาย ก่อนจะทำการประกอบเหล็กgrupพรรณทุกชิ้น ผู้รับจ้างจะต้องส่งแบบขยายต่อคณะกรรมการตรวจการจ้างเพื่อรับความเห็นชอบ

1.1) จะต้องจัดทำแบบที่สมบูรณ์แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับการติดต่อประกอบ และการติดตั้งรูสลักเกลียว รอยเชื่อม และรอยต่อที่จะกระทำในโรงงาน

1.2) สัญลักษณ์ต่างๆ ที่ใช้จะต้องเป็นไปตามมาตรฐานสากล

1.3) จะต้องมีส่วนเอกสารแสดงบัญชีวัสดุ และวิธีการยกติดตั้ง ตลอดจนการยึดโยงชั่วคราว

2) การประกอบและยกติดตั้ง

2.1) ให้พยายามประกอบที่โรงงานให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

2.2) การตัดเฉือน ตัดด้วยไฟ สกัด และกดทะลุ ต้องกระทำอย่างละเอียดประณีต

2.3) องค์อาคารที่วางทาบกันจะต้องวางให้แนบสนิทเต็มหน้า

2.4) การติดตัวเสริมกำลังและองค์อาคารยึดโยงให้กระทำอย่างประณีต สำหรับตัวเสริมกำลังที่ติดแบบอัดแน่นต้องอัดให้สนิทจริงๆ



2.5) รายละเอียดให้เป็นไปตามมาตรฐานสำหรับอาคารเหล็กรูปพรรณของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ที่ 1003-18 ทุกประการ

2.6) ห้ามใช้วิธีเจาะรูด้วยไฟ จะต้องแก้แนวต่างๆ ให้ตรงตามแบบ รูที่เจาะไว้ไม่ถูกต้องจะต้องอุดให้เต็มด้วยวิธีเชื่อมและเจาะรูใหม่ให้ถูกต้อง

2.7) ไฟที่ใช้ตัดควรมีเครื่องมือกลเป็นตัวนำ

2.8) การเชื่อม

2.8.1) ให้เป็นไปตามมาตรฐาน AWS สำหรับการเชื่อมในงานก่อสร้างอาคาร

2.8.2) ผิวหน้าที่จะทำการเชื่อมจะต้องสะอาดปราศจากสะเก็ดร้อน ตะกรันสนิมไขมันสี และวัสดุแปลกปลอมอื่นๆ ที่จะทำให้เกิดผลเสียต่อการเชื่อมได้

2.8.3) ในระหว่างการเชื่อมจะต้องยึดชิ้นส่วนที่จะเชื่อมติดกันให้แน่น เพื่อให้ผิวแนบสนิทสามารถทาสีอุดได้โดยง่าย

2.8.4) หากสามารถปฏิบัติได้ ให้พยายามเชื่อมในตำแหน่งราบ

2.8.5) ให้วางลำดับเชื่อมให้ดี เพื่อหลีกเลี่ยงการบิดเบี้ยวและหน่วยแรงตกค้างในระหว่างกระบวนการเชื่อม

2.8.6) ในการเชื่อมแบบชนจะต้องเชื่อมในลักษณะที่จะให้ได้การผ่านทะลุ (Penetration) โดยสมบูรณ์ โดยมีให้มีกระเปาะตะกรันขังอยู่ ในกรณีนี้อาจใช้วิธีลบมุมตามขอบ หรือ Backing Plates ก็ได้

2.8.7) ชิ้นส่วนที่จะต้องเชื่อมแบบทาบ จะต้องวางให้ชิดกันที่สุดเท่าที่จะมากได้และไม่ว่ากรณีใดจะต้องห่างกันไม่เกิน 6 มิลลิเมตร

2.8.8) ช่างเชื่อมจะต้องใช้ช่างเชื่อมที่มีความชำนาญเท่านั้น และเพื่อเป็นการพิสูจน์ถึงความสามารถจะมีการทดสอบความชำนาญของช่างเชื่อมทุกๆ คน

5.8.8 งานสลักเกลียว

1) การตอกสลักเกลียวจะต้องกระทำด้วยความประณีต โดยไม่ทำให้เกลียวเสียหาย

2) ต้องแน่ใจว่าผิวรอยต่อเรียบ และผิวที่รองรับจะต้องสัมผัสกันเต็มหน้าก่อนจะทำการขันเกลียว

3) ขันรอยต่อด้วยสลักเกลียวทุกแห่งให้แน่นโดยใช้กุญแจปากตายที่ถูกขนาด

4) เมื่อขันสลักเกลียวแน่นแล้วให้ทุบปลายเกลียว เพื่อมิให้เป็นสลักเกลียวคลายตัว

5.8.9 การต่อและประกอบในสนาม

1) ให้ปฏิบัติตามที่ระบุในแบบขยาย และคำแนะนำในการยกติดตั้งโดยเครื่อเครืด

2) ค่าผิดพลาดที่ยอมให้ ให้ถือปฏิบัติตามมาตรฐานสากล

3) จะต้องทำนั้งร้านค้ายันยึดโยง ให้พอเพียงเพื่อยึดโครงสร้างให้แน่นหนาอยู่ในแนว และตำแหน่งที่ต้องการ เพื่อความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงานจนกว่างานประกอบจะเสร็จเรียบร้อยและแข็งแรงดีแล้ว

4) หมดให้ใช้สำหรับยึดชิ้นส่วนต่างๆ เข้าหากันโดยไม่ให้เหล็ก (โลหะ) เกิดการบิดเบี้ยวชำรุดเท่านั้น

5) ห้ามใช้วิธีตัดด้วยแก๊สเป็นอันตราย นอกเสียจากจะได้รับอนุมัติจากคณะกรรมการตรวจการจ้าง

6) สลักเกลียวยึดและสมอ ให้ตั้งโดยใช้แบบนำเท่านั้น

7) แผ่นรองรับ

7.1) ใช้ตามที่กำหนดในแบบขยาย

7.2) ให้รองรับและปรับแนวด้วยลิ้มเหล็ก

7.3) หลังจากได้ยกติดตั้งเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้อัดมอร์ต้าชนิดที่ไม่หดตัวและใช้ผงเหล็กเป็นมวลรวมได้แผ่นรองรับให้แน่นแล้วติดขอบลิ้มให้เสมอกับขอบของแผ่นรองรับ โดยทั้งส่วนที่เหลือไว้ในที่

5.8.10 การป้องกันเหล็ก

1) เกณฑ์กำหนดทั่วไป

งานนี้หมายรวมถึงการทาสีและการป้องกันการผุกร่อนของงานเหล็ก ให้ตรงตามบทกำหนดและแบบ และให้เป็นไปตามข้อกำหนดของสัญญานี้ทุกประการ

2) ผิวที่จะทาสี

2.1) การทำความสะอาด

2.1.1) ก่อนจะทาสีบนผิวใดๆ ยกเว้นผิวที่อาบโลหะจะต้องขัดผิวให้สะอาดโดยใช้เครื่องมือขัด เช่น จานคาร์บอนดัม หรือเครื่องมือชนิดอื่นที่เหมาะสม จากนั้นให้ขัดด้วยแปรงลวดเหล็ก และกระดาษทราย เพื่อขจัดเศษโลหะที่หลุดร่อนออกให้หมด แต่ต้องพยายามหลีกเลี่ยงการใช้เครื่องมือขัดด้วยลวดเป็นระยะเวลานานเพราะอาจทำให้เนื้อโลหะไหม้ได้

2.1.2) สำหรับรอยเชื่อม และผิวเหล็กที่ได้รับความกระทบกระเทือนจากการเชื่อม จะต้องเตรียมผิวสำหรับทาสีใหม่เช่นเดียวกับผิวทั่วไป

2.1.3) ทันทีก่อนที่จะทาสีครั้งต่อไป ให้ทำความสะอาดผิวซึ่งทาสีไว้ก่อนหรือผิวที่ฉาบไว้จะต้องขจัดสีที่ร่อนหลุดและสนิมออกให้หมด และจะต้องทำความสะอาดพื้นที่ส่วนที่ถูกน้ำมันและไขมันต่าง ๆ แล้วปล่อยให้แห้งสนิทก่อนจะทาสีทับ