



กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

ข้อกำหนดรายละเอียดเฉพาะด้านเทคนิค (ด้านวิศวกรรม)

งานจ้างก่อสร้างและติดตั้งสถานีทางโทรมาตร แบบระบบส่งข้อมูลทางไกล
โครงการไฟฟ้าพลังน้ำแม่มาว ตำบลม่อนปิ่น อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ 1 โครงการ

กลุ่มบริหารจัดการพลังงานทดแทน กองพัฒนาพลังงานทดแทน
กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

ข้อกำหนดรายละเอียดเฉพาะด้านเทคนิค (ด้านวิศวกรรม)
งานจ้างก่อสร้างและติดตั้งสถานีทางโทรมาตร แบบระบบส่งข้อมูลทางไกล
โครงการไฟฟ้าพลังน้ำแม่มาว ตำบลม่อนปิ่น อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ 1 โครงการ

1. คุณสมบัติของอุปกรณ์ประจำสถานีสนาม

1.1 ตู้ควบคุมการทำงาน (Control Cabinet)

ต้องมีคุณสมบัติพื้นฐาน ดังนี้

1. เป็นตู้ชนิดติดตั้งภายนอกอาคาร (Outdoor Cabinet)
2. ผลิตจากเหล็กขึ้นรูปหนาไม่น้อยกว่า 1.5 มิลลิเมตร เคลือบสีกันสนิมหรือวัสดุอื่นที่ดีกว่า ทนทานต่อสภาพการผุกร่อนต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี และมีฝาเปิด - ปิดที่แข็งแรงพร้อมที่ล็อคฝา
3. มีแผ่นเพลท (Mounting Plate) ชนิดเดียวกับตู้ ติดตั้งภายในตู้ เพื่อใช้ในการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ
4. มีความมั่นคงแข็งแรงและมีมาตรฐานป้องกันของเหลวและฝุ่นอย่างน้อยเทียบเท่า มาตรฐาน IP55 หรือดีกว่า
5. มีระบบส่องสว่างภายในตู้ควบคุม เพื่อให้แสงสว่างเพียงพอต่อการทำงาน

1.2 เครื่องวัดน้ำฝนอัตโนมัติ (Rain Gauge)

เป็นเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนที่ออกแบบเพื่อใช้งานกับระบบตรวจวัดแบบอัตโนมัติได้ มีความแม่นยำสูง คงทนถาวรและใช้งานง่าย มีความน่าเชื่อถือสูง บำรุงรักษาง่าย โดยต้องมีคุณสมบัติพื้นฐาน ดังนี้

1. เครื่องวัดน้ำฝนอัตโนมัติมีคุณสมบัติพื้นฐานเบื้องต้นเทียบเท่า หรือดีกว่าตามมาตรฐานของ World Meteorological Organization (WMO)
2. โครงสร้างทำด้วยวัสดุไม่เป็นสนิม ทนทาน สามารถใช้งานตามสภาพภูมิอากาศประเทศไทย ปากรับน้ำฝนเส้นผ่านศูนย์กลาง ไม่น้อยกว่า 15 เซนติเมตร
3. สามารถวัดได้ตั้งแต่ 0 – 250 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง หรือ 0 – 500 มิลลิเมตรต่อชั่วโมงหรือมากกว่า ตามสภาพภูมิอากาศประเทศไทย
4. เป็นเครื่องวัดน้ำฝนอัตโนมัติแบบ Tipping Bucket
5. ค่าความคลาดเคลื่อนในการตรวจวัดไม่เกิน 10% ของการวัดทั้งหมด
6. มีตัวแสดงระดับเพื่อตั้งให้ตัวเครื่องได้ระดับ
7. มีตัวกรองแบบรูสำหรับกักสิ่งสกปรกและสามารถถอดออกมาทำความสะอาดได้
8. สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ประมวลผลและบันทึกข้อมูลทางไกล (Terminal Unit)

1.3 เครื่องวัดระดับน้ำอัตโนมัติ (Water Level Gauge) แบบไม่สัมผัสน้ำ

ออกแบบเพื่อใช้งานกับระบบตรวจวัดแบบอัตโนมัติได้ มีความแม่นยำสูง คงทนถาวรและใช้งานง่ายมีความน่าเชื่อถือสูง บำรุงรักษาง่าย โดยต้องมีคุณสมบัติพื้นฐาน ดังนี้

1. เครื่องวัดน้ำอัตโนมัติแบบไม่สัมผัสน้ำ
2. สามารถตรวจวัดระดับน้ำในระดับพิสัย (Minimum Range) ได้ไม่น้อยกว่า 30 เมตร
3. มีมุมสะท้อนของคลื่น (Beam Angle) ไม่เกิน 8 องศา
4. อุปกรณ์ต้องมีมาตรฐานป้องกันน้ำและฝุ่นระดับไม่ต่ำกว่า IP66
5. มีสัญญาณทางด้านขาออก (Output) เป็นแบบสัญญาณมาตรฐาน 4-20 mA หรือ SDI-12 หรือ Modbus
6. อุปกรณ์ต้องสามารถใช้งานได้ในช่วงอุณหภูมิและภูมิอากาศของประเทศไทยหรือดีกว่า
7. มีค่าความถูกต้องของการวัด (Accuracy) ± 2 มิลลิเมตรหรือดีกว่า ของย่านการวัด
8. อุปกรณ์ต้องได้รับมาตรฐาน ISO9001 หรือ ISO14001 เป็นอย่างน้อย

9. สามารถใช้กับไฟฟ้ากระแสตรง 12-35 โวลต์ หรือไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ได้
10. สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ประมวลผลและบันทึกข้อมูลทางไกล (Terminal Unit)

1.4 เครื่องวัดปริมาณน้ำอัตโนมัติ (Discharge Gauge) แบบไม่สัมผัสน้ำ

ออกแบบเพื่อใช้งานกับระบบตรวจวัดแบบอัตโนมัติได้ มีความแม่นยำสูง คงทนถาวรและใช้งานง่ายมีความน่าเชื่อถือสูง บำรุงรักษาง่าย โดยต้องมีคุณสมบัติพื้นฐาน ดังนี้

1. เครื่องวัดน้ำอัตโนมัติแบบไม่สัมผัสน้ำ
2. สามารถตรวจวัดระดับน้ำในระดับพิสัย (Minimum Range) ได้ไม่น้อยกว่า 15 เมตร
3. อุปกรณ์วัดระดับน้ำ มีค่าความถูกต้องของ (Accuracy) ± 3 มิลลิเมตรหรือดีกว่า
4. อุปกรณ์วัดกระแสสามารถวัดความเร็วน้ำได้ 2 ทิศทาง ที่ความเร็วน้ำ 0.3 - 6 เมตรต่อวินาทีหรือดีกว่า มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน $\pm 1.5\%$ หรือ ± 0.02 เมตรต่อวินาที
5. อุปกรณ์ Enclosure ต้องมีมาตรฐานป้องกันน้ำและฝุ่นระดับไม่ต่ำกว่า IP66
6. มีสัญญาณมาตรฐานขาออกเป็น RS-485 หรือ Modbus RTU หรือ SDI-12 หรือ 4-20mA
7. สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ประมวลผลและบันทึกข้อมูลทางไกล (Terminal Unit)

1.5 อุปกรณ์ประมวลผลและบันทึกข้อมูลทางไกล (Terminal Unit)

ทำหน้าที่ในการประมวลผล การเชื่อมต่อและเก็บข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจวัด โดยมีคุณสมบัติ ดังนี้

1. มีหน่วยความจำภายใน สำหรับการจัดเก็บข้อมูลตรวจวัดไม่น้อยกว่า 4 MB และหน่วยความจำภายนอกไม่น้อยกว่า 8 GB
2. สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณน้ำอัตโนมัติ หรืออุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำอัตโนมัติ หรืออุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณน้ำอัตโนมัติได้
3. สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตผ่านระบบโครงข่ายสัญญาณมือถือ โดยอุปกรณ์จะต้องมีคุณสมบัติเป็นโมเด็ม (Modem) ที่สามารถเชื่อมต่ออัตโนมัติได้ไม่ต่ำกว่า 3G และเป็นระบบเปิดใช้งานในประเทศไทยได้ทุกระบบและถูกต้องตามกฎหมาย
4. มีช่อง RS-232 หรือ RS485 หรืออื่นๆ สำหรับการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์
5. สามารถกำหนดและปรับแต่งค่าในการบันทึกและส่งข้อมูลได้
6. มีหน้าจอแบบ LCD หรือ LED เพื่อใช้ในการแสดงผล
7. มีระบบควบคุมการส่งข้อมูลจากสถานีสนามไปยัง ฐานข้อมูล ได้เองโดยอัตโนมัติ
8. สามารถ Reset ตนเองเมื่ออุปกรณ์หรือโปรแกรมไม่ทำงาน
9. มีระบบตรวจสอบการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตและสามารถ Reconnect อินเทอร์เน็ตได้โดยอัตโนมัติ
10. อุปกรณ์ต้องสามารถใช้งานได้ในช่วงอุณหภูมิและภูมิอากาศของประเทศไทยหรือดีกว่า
11. สามารถใช้กับแหล่งจ่ายไฟจากแผงโซลาร์ (Solar cell) หรือ แบตเตอรี่ (Battery) ได้
12. มีกล่องป้องกันฝุ่นและที่ทนทานต่อสภาพอากาศของประเทศไทย เพื่อบรรจุชุดบันทึกข้อมูลและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

1.6 อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชอกในสายนำสัญญาณ (Signal Surge Protection)

โดยต้องมีคุณสมบัติพื้นฐาน ดังนี้

1. เป็นอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะในสายสัญญาณ (Signal Surge Protection) สำหรับข้อมูลหรือระบบสื่อสาร
2. สามารถใช้กับแรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ หรือตามการออกแบบในการตรวจวัด
3. สามารถรับกระแสไฟฟ้ายุติได้ไม่น้อยกว่า 5kA ที่รูปคลื่นมาตรฐาน 8/20 μ Sec.
4. ต้องมีเวลาตอบสนองของอุปกรณ์ป้องกันในการทำงานที่น้อยกว่า 100 nSec.

1.7 อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชอก (AC Surge Protection)

โดยต้องมีคุณสมบัติพื้นฐาน ดังนี้

1. ใช้กับ Line Voltage หรือแรงดันของระบบไฟฟ้าที่อุปกรณ์จะต่อใช้งานแบบ Single Phase 220 โวลท์
2. ใช้กับ Line Frequency หรือความถี่ของระบบไฟฟ้าแบบ 50 Hz
3. สามารถรับ Surge Current หรือกระแสไฟฟ้ากระชอกได้ไม่น้อยกว่า 40 kA/Phase ที่รูปคลื่นมาตรฐาน 8/20 μ Sec.
4. ต้องมี Response Time หรือเวลาตอบสนองของอุปกรณ์ป้องกันในการทำงานที่น้อยกว่า 100 nSec.
5. เป็นอุปกรณ์ที่สามารถลดแรงดันอันเนื่องมาจากกระฟ้าฟ้ากระชอก ตามมาตรฐาน EN, IEC, UL, ANSI หรือ VDE

1.8 อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชอก (DC Surge Protection)

โดยต้องมีคุณสมบัติพื้นฐาน ดังนี้

1. ใช้กับ DC Voltage หรือแรงดันของระบบไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์
 2. พิกัดแรงดันไฟฟ้าใช้งาน (Rated Voltage) และกระแสไฟฟ้าใช้งาน (Rated Current) ต้องสอดคล้องกับการออกแบบในระบบ
 3. ต้องมี Response Time หรือเวลาตอบสนองของอุปกรณ์ป้องกันในการทำงานที่น้อยกว่า 100 nSec.
- เป็นอุปกรณ์ที่สามารถลดแรงดันอันเนื่องมาจากกระฟ้าฟ้ากระชอก ตามมาตรฐาน EN, IEC, UL, ANSI หรือ VDE

1.9 อุปกรณ์ตัดต่อไฟฟ้า (Circuit Breaker)

โดยต้องมีคุณสมบัติพื้นฐาน ดังนี้

1. ใช้กับระบบไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Voltage) หรือระบบไฟฟ้ากระแสตรง (DC Voltage)
2. พิกัดแรงดันไฟฟ้าใช้งาน (Rated Voltage) และกระแสไฟฟ้าใช้งาน (Rated Current) ต้องสอดคล้องกับการออกแบบในระบบ
3. พิกัดกระแสลัดวงจรสูงสุดที่เบรกเกอร์ทนได้ (Breaking Capacity at Maximum Voltage Rating) ไม่น้อยกว่า 10 kA
4. เป็นอุปกรณ์ที่สามารถตัดต่อกระฟ้าฟ้า ตามมาตรฐาน EN, IEC, UL, ANSI หรือ VDE

1.10 อุปกรณ์จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ (Power Supply)

โดยต้องมีคุณสมบัติพื้นฐาน ดังนี้

1. เป็นอุปกรณ์แบบ Switching Power Supply แบบเกรดอุตสาหกรรม (Industrial Grade)
2. มีแรงดันไฟเข้าแบบ PFC อยู่ในย่าน 110-230 VAC หรือดีกว่า และมีแรงดันไฟขาออกเป็น 12 VDC หรือ 24 VDC ตามการออกแบบระบบและมีกำลังไฟฟ้าจ่ายให้กับอุปกรณ์ที่เพียงพอ
3. มีระบบควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่รีอต์โนมิตีและสามารถปรับย่านแรงดันในการชาร์จได้
4. มีระบบป้องกัน Short Circuit , Over Load , และ Over Voltage เป็นอย่างน้อย
5. อุปกรณ์ต้องได้รับมาตรฐานด้านความปลอดภัย CE หรือ UL เป็นอย่างน้อย

1.11 ระบบไฟฟ้าแบบโซลาร์เซลล์ (Solar Cell)

โดยต้องมีคุณสมบัติพื้นฐาน ดังนี้

1. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีขนาดพิกัดกำลังงานสูงสุดให้รองรับการจ่ายไฟและสามารถสำรองไฟฟ้าป้อนให้กับระบบได้อย่างน้อย 2 วัน (48 ชม.)
2. เซลล์แสงอาทิตย์ที่ประกอบเป็นแผงต้องเป็นชนิด Crystal Silicon หรือชนิดที่ดีกว่า
3. วัสดุหุ้มหน้าเซลล์จะต้องเป็นกระจกแบบ Tempered Glass หรือวัสดุอื่นใดที่มีค่าการดูดซับแสง (Transparent) หรือชนิดที่ดีกว่า

4. ระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์จะถูกเคลือบด้วยสาร Ethylene Vinyl Acetate (EVA) หรือชนิดที่ดีกว่า
5. กรอบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะต้องเป็นโลหะ เช่น Aluminum ที่สามารถป้องกันการเกิดสนิม และความแข็งแรงไม่น้อยกว่าสารชนิดดังกล่าว
6. ชุดต่อใช้งาน (Junction Box) ที่ติดตั้งอยู่ด้านหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต้องสามารถใช้งานได้ในทุก สภาพอากาศ และมีวัสดุ เช่น ขอบยาง สำหรับกันความชื้นและกันน้ำเข้า
7. ต้องมีชุดอัดประจุแบตเตอรี่ (Solar Battery Charger, Solar Charger Regulation) ที่สามารถใช้งาน กับ แรงดันที่ออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตามที่ออกแบบในระบบ ได้ซึ่งมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้
 - ต้องสามารถปรับระดับการประจุไฟโดยอัตโนมัติ เพื่อรักษาสถานะสภาพแบตเตอรี่
 - ต้องมีระบบป้องกันความเสียหาย กรณี Over Current, Over Voltage และ Over Temperature
 - ต้องมีระบบป้องกันความเสียหายเนื่องจากการต่อผิดขั้ว
 - ต้องได้รับมาตรฐานด้านความปลอดภัย CE หรือ UL เป็นอย่างน้อย
8. ระบบโซลาเซลล์ใช้แบตเตอรี่ ซึ่งมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้
 - มีแรงดัน Output ใช้งานได้ปกติที่ 12 โวลต์ $\pm 10\%$ หรือดีกว่า
 - เป็นแบตเตอรี่ที่ออกแบบมาเพื่อใช้งานกับระบบโซลาร์เซลล์
 - เป็นแบตเตอรี่แบบแห้ง (Seal Lead Acid) ชนิดไม่ต้องเติมน้ำกลั่น (Maintenance Free) หรือ ดีกว่า
 - แบตเตอรี่ต้องได้รับมาตรฐานด้านความปลอดภัย CE หรือ UL เป็นอย่างน้อย

1.12 กล้องโทรทัศน์วงจรปิด (CCTV)

กล้องโทรทัศน์วงจรปิดชนิดเครือข่าย แบบมุมมองคงที่สำหรับติดตั้งภายนอกอาคาร สำหรับใช้ในงานรักษาความปลอดภัยทั่วไปและงานอื่นๆ จะต้องมีคุณสมบัติอย่างน้อย ดังนี้

1. มีความละเอียดของภาพสูงสุดไม่น้อยกว่า 1,920x1,080 pixel หรือไม่น้อยกว่า 2,073,600 pixel
2. ใช้เทคโนโลยี IR-Cut filter หรือ Infrared Cut-off Removable (ICR) สำหรับการบันทึกภาพได้ทั้งกลางวันและกลางคืนโดยอัตโนมัติ
3. มีความไวแสงน้อยสุด ไม่มากกว่า 0.2 LUX สำหรับการแสดงภาพสี (Color)
4. มีขนาดตัวรับภาพ (Image Sensor) ไม่น้อยกว่า 1/3
5. สามารถบันทึกภาพนิ่งในรูปแบบไฟล์
6. ตัวกล้องได้มาตรฐาน IP66 หรือติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมสำหรับหุ้มกล้อง (Housing) ที่ได้มาตรฐาน IP66
7. สามารถใช้ได้กับแหล่งจ่ายไฟ 12 VDC
9. สามารถบันทึกภาพนิ่งในระยะไม่น้อยกว่า 100 เมตร ได้ชัดเจน
10. สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ประมวลผลและบันทึกข้อมูลทางไกล

1.13 หน้าจอแสดงผลแบบ LCD (LCD Screen Display)

เป็นหน้าจอแสดงผลที่สามารถเชื่อมต่อเข้ากับสัญญาณอินเทอร์เน็ตได้โดยตรง โดยจะต้องมีคุณสมบัติอย่างน้อย ดังนี้

1. ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)
 - Dual-core หรือ Single-core processor
 - ความเร็วสัญญาณนาฬิกา (Clock Speed): 16 MHz - 240 MHz
 - หน่วยความจำ (RAM): ไม่น้อยกว่า 64 KB

- หน่วยความจำแฟลช (Flash Memory): ไม่น้อยกว่า 256 KB
- 2. การเชื่อมต่อ (Connectivity)
 - Wi-Fi: IEEE 802.11 b/g/n (ถ้ามี)
 - Bluetooth: v4.2 BR/EDR and BLE (ถ้ามี)
 - พอร์ตการสื่อสาร: I2C, SPI, UART, ADC, DAC, PWM, LAN
- 3. หน้าจอแสดงผล (Display)
 - ประเภทหน้าจอ: LCD / TFT / OLED / e-Ink
 - ขนาดหน้าจอ: ไม่ต่ำกว่า 4 นิ้ว
 - ความละเอียดหน้าจอ: ไม่ต่ำกว่า 320 x 240px
 - สีหน้าจอ: Full Color
 - ความสว่าง (Brightness): ปรับได้ตามความต้องการ
 - รองรับการสัมผัสแบบ Capacitive หรือ Resistive (Touch Screen)
- 4. พลังงาน (Power)
 - แรงดันไฟฟ้าป้อนเข้า (Input Voltage): 3.3V - 26V
 - การบริโภคพลังงาน (Power Consumption): ต่ำกว่า 500 mA
- 5. ซอฟต์แวร์และการเขียนโปรแกรม (Software and Programming)
 - การเขียนโปรแกรม: รองรับ Arduino IDE, PlatformIO, MicroPython, CircuitPython หรือซอฟต์แวร์อื่นที่ต้องการพัฒนา
 - ตัวโหลดบูต (Bootloader): Pre-installed
- 7. รูปแบบแฟคเตอร์ (Form Factor)
 - การติดตั้ง (Mounting): มีรูสำหรับยึดติด สามารถติดตั้งได้ง่าย
- 8. อุปกรณ์เสริม (Accessories)
 - อะแดปเตอร์ (Adapters): มีอะแดปเตอร์สำหรับจ่ายไฟเลี้ยง
- 9. รองรับการทำงานในสภาพแวดล้อมอุณหภูมิ: -20°C ถึง 70°C หรือดีกว่า
- 10. การรับรอง (Certifications)
 - การรับรองมาตรฐาน: CE, FCC, RoH หรือมาตรฐานอื่นที่ยอมรับโดยทั่วไป

2 คุณสมบัติงานโครงสร้างสถานี

1 งานเตรียมที่

งานเตรียมที่ หมายถึง การรื้อถอนสิ่งกีดขวางการก่อสร้างในบริเวณโครงการให้เรียบร้อย เตรียมบริเวณก่อสร้างโดยการสร้างที่ปักคนงาน สำนักงานชั่วคราว โรงเก็บวัสดุ ให้ดำเนินการตามรายละเอียดดังต่อไปนี้ คือ

1.1 ผู้รับจ้างจะต้องรื้อถอนสิ่งกีดขวางการก่อสร้างรวมทั้งสาธารณูปโภคและสิ่งกีดขวางอื่นๆที่อยู่ใต้ดินบนพื้นดินและเหนือพื้นดินในบริเวณก่อสร้างโดยให้ผู้รับจ้างทำการย้ายสิ่งของที่รื้อถอนแล้วและไม่ใช้ในการก่อสร้างออกไปให้เรียบร้อยทันที

1.2 ผู้รับจ้างจะต้องจัดบริเวณก่อสร้าง เตรียมที่ตั้งสำนักงานชั่วคราวขึ้นให้สามารถควบคุมงานก่อสร้างทั้งหมดและใช้เป็นี่ทำงานผู้ควบคุมงาน รวมทั้งใช้เก็บอุปกรณ์การก่อสร้างที่พยายามด้วย

1.3 ผู้รับจ้างจะต้องเตรียมโรงเก็บวัสดุ โดยให้ยกพื้นมีหลังคาคลุมเพื่อป้องกันการเสื่อมคุณภาพของวัสดุ

1.4 ผู้รับจ้างจะต้องขุดรากไม้ ตอไม้ต่างๆ รวมทั้งเอาวัชพืช สิ่งสกปรก และสิ่งต่างๆ ที่ไม่ต้องการในบริเวณก่อสร้างออกให้หมดสิ้นก่อนทำการถมดิน และทำการกลบหลุมต่างๆ พร้อมกับบดอัดให้มีความแน่นไม่น้อยกว่า 95% Standard Proctor Density หรือตามที่ระบุในแบบ

2 การขุดดิน และ ถมดิน

2.1 การขุดดิน

หมายถึง การขุดบ่อ หรือหลุมฐานราก การทำเขื่อนกันดิน ป้องกันการพังทลายของดิน รวมรวมถึงการขุดเคลื่อนย้ายวัตถุต่าง ๆ ที่ไม่พึงประสงค์ออกจากเขตการก่อสร้าง ให้ดำเนินการตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) การขุดบ่อหรือหลุมฐานราก จะต้องป้องกันมิให้ดินพังทลาย โดยการขุดให้มีความลาดเอียงพอควร ถ้าขุดตรงๆ ต้องสร้างแผงไม้กันดินไว้ หรือใช้เข็มพิตตอกกันดินพัง ถ้าการขุดพบอุปสรรค ไม่สามารถขุดให้ลึกตามแบบไม่ได้ ให้แจ้งให้ผู้ควบคุมทราบทันที

(2) การขุดดินฐานราก ต้องมีความกว้าง ลึก ตามที่กำหนดไว้ในแบบ และต้องมีเนื้อที่โดยรอบกว้างพอที่จะทำค้ำยัน ประกอบไม้แบบ หรือถอดแบบ และเทคอนกรีตได้สะดวก

(3) กรณีที่มีน้ำขังในบ่อที่ขุดให้สูบน้ำออกจากบ่อ โดยให้ตอนบน และกันบ่อแห้ง อยู่ตลอดเวลาและจะต้องปรับระดับดินกันบ่อให้ได้ระดับอยู่เสมอ

2.2 การถมดิน

การถมดิน หมายถึง การถมดินโดยใช้วัตถุจากการขุดดิน และวัตถุจากแหล่งที่กำหนดให้ หรือวัตถุที่มีคุณสมบัติที่กำหนดให้ แล้วทำการบดอัดให้แน่นจนได้ระดับที่กำหนดไว้ โดยให้ดำเนินการตามรายละเอียด ดังต่อไปนี้

(1) เมื่อจะถมดินลงไปในพื้นที่ก่อสร้าง จะต้องเก็บกวาดบริเวณที่จะถมให้สะอาดไม่มีเศษไม้และวัสดุที่ไม่พึงประสงค์อยู่

(2) ดินที่ถมจะต้องมาจากแหล่งที่กำหนดมีคุณสมบัติตามที่กำหนดไว้ โดยได้รับความเห็นชอบจากผู้ว่าจ้าง

(3) การถมพื้นอาคารให้ใช้เครื่องกระทุ้ง (J-tamper) กระทุ้งดินชั้นเดิมให้แน่นโดยรดน้ำพอหมาดๆ แล้วนำทรายมาถมชั้นละ 15 ซม. เป็นชั้นๆ แล้วให้ผู้ควบคุมงานตรวจสอบความแน่นก่อนที่จะดำเนินงานอื่นต่อไป แล้วจึงรดด้วยน้ำยากันปลวกจึงจะดำเนินการก่อสร้างพื้นคอนกรีตของชั้นล่างต่อไปได้

(4) การกลบดินหลุมฐานราก ให้กระทำภายหลังการหล่อฐานรากแล้วอย่างน้อย 3 วัน

(5) หากมีการทรุดตัวของดินที่ถม หรือมีรอยชำรุดขึ้นภายหลัง ถือว่าผู้รับจ้างต้องรับผิดชอบโดย ช่อมแซมให้เรียบร้อย

3. ไม้แบบสำหรับหล่อคอนกรีต

3.1 วัสดุสำหรับใช้ทำแบบหล่อคอนกรีต

(1) ไม้กระดาน ไม้ที่ใช้ในการทำแบบหล่อคอนกรีต ต้องเป็นไม้กะบาก หรือไม้อื่นที่ผู้ว่าจ้างเห็นชอบให้ใช้ได้ ไม้แบบต้องไม่คดงอ บิด เสียรูป หรือแตกร้าว

(2) ไม้อัดใช้ไม้อัดชนิดกันน้ำได้ ความหนาไม่น้อยกว่า 10 มม. ขนาดของแผ่นไม้เล็กกว่า 1.20x1.20 เมตร ยกเว้นแต่ขนาดของงานจะเล็กกว่า

(3) เหล็ก เหล็กแผ่นต้องหนาไม่น้อยกว่า 2.3 มิลลิเมตร

3.2 แบบหล่อคอนกรีต

แบบหล่อคอนกรีตเมื่อประกอบแล้วต้องได้ตำแหน่ง แนวระดับขนาดและรูปร่างถูกต้องตามที่ปรากฏในแบบแปลน แบบต้องมีความแข็งแรง และได้รับการยึดอย่างแน่นหนา เพื่อให้คงรูปร่างและตำแหน่ง

3.3 ค้ำยันไม้

ไม้ค้ำยันแบบให้ใช้ไม้ท่อนเดียวตลอด จะใช้ไม้ต่อเนื่องหนึ่งแห่งมีได้ไม้ค้ำยันต้องมีไม้ยึดขวางและทแยงเฉียงยึดให้แข็งแรงมั่นคง และต้องจัดหาวิธีสำหรับแก้ระดับของแบบอันอาจจะตกเนื่องจากการทรุดตัวของไม้ค้ำยัน ถ้าหากใช้ลิ่มให้ใช้ได้เฉพาะปลายหนึ่งปลายใดของไม้ค้ำยันเท่านั้น ห้ามใช้ทั้งสองปลายไม่ว่าในกรณีใด

3.4 การเตรียมแบบก่อนเทคอนกรีต

แบบหล่อคอนกรีตทุกแบบ ต้องได้รับการตรวจสอบก่อนเสมอ ก่อนเทคอนกรีตต้องทำความสะอาดแบบให้เรียบร้อย แบบที่ลิ้งหรือซึบซื่อนต้องมีช่องเปิดในแบบ เพื่อการตรวจสอบและทำความสะอาดก่อนเทคอนกรีตต้องทาแบบด้วยน้ำมันทาแบบ หรือวัสดุชนิดที่ผู้ควบคุมการก่อสร้างอนุญาตให้ใช้ได้ และต้องระมัดระวังไม่ให้เปื้อนหรือเปื้อนเหล็กเสริมเป็นอันขาด

3.5 การถอดแบบ

แบบคอนกรีตทุกแบบทุกชนิดต้องไม่รื้อถอนออก จนกว่าจะครบเวลาที่กำหนดต่อไปนี้นับตั้งแต่เทคอนกรีตเสร็จ

แบบโครงสร้าง	กรณีใช้พอร์ตแลนด์ซีเมนต์	กรณีใช้ซูเปอร์ซีเมนต์
แบบข้างคานและข้างผนัง	2 วัน	1 วัน
แบบข้างเสา	3 วัน	1 ½ วัน
แบบโครงสร้าง	กรณีใช้พอร์ตแลนด์ซีเมนต์	กรณีใช้ซูเปอร์ซีเมนต์
แบบท้องคาน	14 วัน	7 วัน
แบบท้องพื้นที่มีคานรับ	14 วัน	7 วัน

เมื่อถอดแบบแล้ว ต้องเสริมไม้ค้ำยันไว้อีกประมาณ 1 ใน 3 ของการค้ำยันและจะถอดค้ำยันทั้งหมดได้เมื่อคอนกรีตอายุครบ 21 วัน

การติดตั้งไม้ค้ำยัน ไม้ตั้งร้าน แบบหล่อให้เกิดความกระเทือนจะกระทำได้เมื่อคอนกรีตมีอายุเกิน 48 ชั่วโมง ในกรณีที่ผู้รับจ้างทำการถอดแบบโดยไม่แจ้งให้วิศวกรควบคุมงานทราบ หากมีการสูญเสียเกิดขึ้นกับงานคอนกรีต ผู้รับจ้างจะต้องออกค่าเสียหายในการซ่อมแซมหรือทำใหม่เอง

4. งานคอนกรีตสำหรับโครงสร้าง

สำหรับงานคอนกรีตโครงสร้าง ให้ใช้คอนกรีตที่มีกำลังอัดประลัยไม่น้อยกว่า 175 กก./ตร.ซม. โดยผู้รับจ้างต้องเสนออัตราส่วนผสม พร้อมรับรองโดยวิศวกร ให้ผู้ว่าจ้างอนุมัติก่อนการดำเนินการ

4.1 วัสดุสำหรับคอนกรีตงานโครงสร้าง

(1) ปูนซีเมนต์ ต้องเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เป็นของผลิตใหม่ ไม่เสื่อมคุณภาพ และไม่จับตัวเป็นก้อน มีคุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 15-2550 หรือ ASTM C 150 Type 1

(2) น้ำยาผสมคอนกรีต (Admixtures) การใช้น้ำยาผสมคอนกรีตประเภทใด ประเภทหนึ่งเพื่อปรุงแต่งคุณภาพของคอนกรีต ต้องแจ้งให้ผู้ควบคุมงานทราบล่วงหน้าก่อนจะเริ่มงานคอนกรีต เพื่อพิจารณาความเหมาะสมในทุก ๆ กรณี

(3) น้ำสำหรับใช้ผสมคอนกรีต ปูนผิว ปูนก่อ ปูนถือ ฯลฯ ต้องใช้น้ำจืดใสสะอาดปราศจากกรด ต่าง เกลือ และวัสดุอื่นเจือปนตามมาตรฐาน ASTM C.94 และสามารถรับประทานได้

(4) ทราาย จะต้องเป็นทราายน้ำจืดที่หยากคมเป็นแ่ง เม็ดแกร่ง มีหลายขนาดคละกันไม่มีกรด ต่าง หรือ เกลือเจือปนปราศจากดิน เปลือกหอย และวัชพืชเจือปน ลักษณะคุณสมบัติต่างๆ ของเม็ดทราายจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานดังนี้

ก. ขนาดของเม็ดทราายจะผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ตามมาตรฐานอเมริกาได้ไม่เกิน 5 % โดยน้ำหนัก โดยวิธีการทดสอบตาม ASTM. C. 117 ขนาดของเม็ดทราายจะต้องมีขนาดเล็กใหญ่คละกันเป็นอย่างดีตามเปอร์เซ็นต์จากการตรวจสอบดังนี้

ขนาดของเม็ดทรายหรือขนาดตะแกรง	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของทรายที่ค้างบนตะแกรงแต่ละหัว
9.51 ม.ม. (3/8 นิ้ว)	0
4.76 ม.ม. (No. 4)	0-5
2.28 ม.ม. (No. 8)	0-5
1.19 ม.ม. (No. 16)	10-25
0.595 ม.ม. (No. 30)	10-30
0.297 ม.ม. (No. 50)	15-35
0.149 ม.ม. (No. 100)	12-20

ข. ความคงทน (Soundness) ตรวจสอบโดยมาตรฐาน ASTM.C 88 เมื่อตรวจสอบตามกระบวนการ 5 ครั้ง น้ำหนักที่สูญหายต้องไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์

ค. ความถ่วงจำเพาะของทรายเมื่อตรวจสอบโดยมาตรฐาน ASTM.C.128 จะต้องไม่น้อยกว่า 2.56

ง. โมดูลัสของความละเอียด (fineness modulus) จะต้องมีความอยู่ในช่วง 2.3-3.1

จ. สารอนินทรีย์วัตถุ เมื่อตรวจสอบตาม ASTM C. 40 จะต้องอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

(5) หินย่อย ต้องเป็นหินปูน (Lime Stone) หรือหินอัคนี (Igneous Stone) แข็งแกร่งปราศจากสิ่งสกปรกเจือปน มีลักษณะก้อนเป็นแท่งเหลี่ยมหลายเหลี่ยม หินย่อยต้องล้างให้สะอาดก่อนนำมาใช้ทุกครั้ง และมีคุณสมบัติต่อไปนี้

ก. ความทนทานต่อการขัดสีและสึกกร่อน ตรวจสอบโดยเครื่องมือ Los Angeles (ASTM.C-131) จะต้องสึกกร่อนไม่เกิน 40 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก

ข. ความคงทน (Soundness) ตรวจสอบโดยมาตรฐาน ASTM.C88 น้ำหนักที่สูญหายไปจะต้องไม่เกิน 12 % โดยน้ำหนัก

ค. ความถ่วงจำเพาะตรวจสอบตามมาตรฐาน ASTM.C 127 จะต้องไม่น้อยกว่า 2.56

ขนาดหินย่อย	% ผ่านตะแกรงโดยน้ำหนัก							
	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	4	8	16
1 1/2"	90-100	-	30-70	-	10-30	0-15	-	-
1"	100	90-100	-	0-60	-	0-10	0-5	-
3/4"	-	100	90-100	-	20-60	0-10	0-5	-
ขนาดหินย่อย	% ผ่านตะแกรงโดยน้ำหนัก							
	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	4	8	16
1/2"	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5	-
3/8"	-	-	-	100	80-100	10-30	0-10	0-5

(6) กรวด ในสถานที่ก่อสร้างถ้าหากหาหินย่อยไม่ได้ และจำเป็นต้องใช้กรวดแทนหินย่อย ผู้รับจ้างต้องขออนุมัติเป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้ว่าจ้างเสียก่อน

4.2 ส่วนผสมของคอนกรีต

(1) ผู้รับจ้างจัดหาเครื่องมือและอุปกรณ์ ปริมาณของซีเมนต์ ทราย กรวด หรือหินที่ใช้ในแต่ละครั้งในเครื่องผสมคอนกรีต จะวัดโดยน้ำหนักของแต่ละชนิดของวัสดุ ส่วนปริมาณของน้ำ หรือวัสดุเพิ่มเติมพิเศษจะวัดโดยน้ำหนัก หรือโดยปริมาตรให้ขึ้นอยู่กับผู้ว่าจ้างจะเห็นชอบ ในกรณีที่ซีเมนต์ที่ใช้บรรจุในถุงที่มีขนาด 50 กิโลกรัมต่อถุง การวัดปริมาณของซีเมนต์จะใช้วิธีนับจำนวนถุงแทนการวัดด้วยน้ำหนักก็ได้

(2) คอนกรีตผสมในสถานที่ก่อสร้าง (Site Mix Concrete) ต้องใช้วิธีผสมด้วยเครื่องผสมคอนกรีตที่ได้รับการเห็นชอบจากผู้ว่าจ้างก่อน และผู้รับจ้างจะต้องเสนออัตราส่วนผสมเพื่อให้ได้กำลังตามที่ระบุในแบบให้ผู้ว่าจ้างพิจารณาอนุมัติก่อน

4.3 การเตรียมงานก่อนเทคอนกรีต

ผู้รับจ้าง ต้องแจ้งเป็นลายลักษณ์อักษรต่อผู้ควบคุมการก่อสร้างก่อนการเทคอนกรีตไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง แบบหล่อคอนกรีตต้องพร้อมที่จะทำการเทคอนกรีตได้ เหล็กเสริมต้องประกอบให้ถูกต้องและมั่นคง วัสดุที่จำเป็นต้องฝังในเนื้อคอนกรีต ต้องติดตั้งอย่างมั่นคงและครบถ้วน ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติจากผู้ควบคุมการก่อสร้างก่อนเทคอนกรีตทุกครั้ง

4.4 การเทคอนกรีต

การเทคอนกรีต ต้องเทติดต่อกันไม่ให้คอนกรีตที่เทเกิดการ Set ตัวก่อน การเท คอนกรีตใหม่ห้ามเทคอนกรีตที่ผสมไว้ก่อนแล้วเกิน 30 นาที และห้ามเทคอนกรีตต่อจนกว่าคอนกรีตที่เทแล้วมีอายุ 20 ชม. การเทคอนกรีตครั้งหนึ่งๆ ต้องเทติดต่อกันจนถึงรอยต่อ (Construction Joint) ที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง หรือรายการประกอบแบบนี้ ห้ามเทคอนกรีตจากที่สูงเกิน 2.00 เมตร โดยตรง คอนกรีตต้องได้รับการกระทุ้งให้เนื้อแน่นด้วยเครื่องเขย่าคอนกรีต (Vibrator) โดยให้หย�ตั้งฉากกับผิวคอนกรีตลงไปตรง ๆ จนกระทั่งเริ่มมีน้ำปูนเยิ้มขึ้นมาบนผิวเป็นระยะ ๆ ประมาณทุกช่วง 30-50 ซม.

การเทคอนกรีตจะไม่อนุญาตให้กระทำในกรณีต่างๆ ต่อไปนี้

- (1) เมื่อฝนกำลังตก
- (2) เมื่อแสงสว่างไม่เพียงพอในการปฏิบัติงานกลางคืน
- (3) เมื่ออุณหภูมิของคอนกรีตสูงกว่า 32 องศาเซลเซียส ขณะที่กำลังทำการเทคอนกรีตในน้ำ หากมีขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ จะต้องได้รับการเห็นชอบจากผู้ว่าจ้างก่อนจึงอนุญาตให้ทำการเทได้ และวิธีการเทก็จะต้องได้รับความเห็นชอบด้วย

4.5 รอยต่อในคอนกรีต (Construction Joint)

หากแบบก่อสร้างไม่ได้กำหนดรอยต่อ (Construction Joint) ที่แน่นอน หรือในกรณีฉุกเฉินจำเป็นต้องหยุดเทคอนกรีตถึงรอยต่อที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้างให้หยุดเทคอนกรีตได้ ในตำแหน่งที่กำหนด อนุญาตให้มีรอยต่อในโครงสร้างดังแสดงไว้ในตารางข้างล่างนี้หรือโดยได้รับการอนุมัติจากผู้ว่าจ้างเป็นครั้ง ๆ ไป

ตำแหน่งอนุญาตให้มีรอยต่อในโครงสร้าง

ชนิดของโครงสร้าง	ตำแหน่งของรอยต่อ
เสา	ให้หยุดที่จุดต่ำกว่าท้องคาน 2.5 ซม.
คาน	ให้หยุดได้ที่กึ่งกลางคาน โดยกันให้ตั้งฉากกับคาน
พื้น	หยุดได้ที่แนวกลางพื้น

4.6 การซ่อมผิวคอนกรีต

ห้ามทำการซ่อมผิวคอนกรีตที่ถอดแบบแล้ว จนกว่าจะได้รับการตรวจสอบจากผู้ควบคุมการก่อสร้างผิวคอนกรีตที่มีรูพรุน หรือมีส่วนบกพร่องเล็กน้อยไม่กระทบกระเทือนต่อความมั่นคงถาวร และความแข็งแรงของโครงสร้าง และได้รับอนุมัติจากผู้ว่าจ้างให้ซ่อมแซมได้แล้ว ให้ทำการสกัดคอนกรีตที่เกาะกันอย่างหลวมๆ บริเวณนั้นออกให้หมดแล้วอุดฉาบด้วยปูนทราย อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทราย 1:2 และ ผู้รับจ้างจะต้องจัดทำารซ่อมแซม คอนกรีตที่เป็นรูและมีรอยแตกให้แล้วเสร็จภายใน 24 ชั่วโมง หลังจากถอดแบบออกแล้ว คอนกรีตที่มีรูพรุนมากจนเห็นเหล็กเสริมภายใน หรือมีส่วนบกพร่องอันอาจเป็นเหตุก่อให้เกิดความเสียหายต่อความมั่นคงถาวรของโครงสร้าง ผู้ว่าจ้างมีสิทธิสั่งการให้ผู้รับจ้างทำการรื้อถอนและทำการก่อสร้างขึ้นใหม่แทน

4.7 การบ่มและรักษาคอนกรีต

ก่อนการเทคอนกรีต ผู้รับจ้างจะต้องให้ผู้ว่าจ้างให้ความเห็นชอบ การวางแผนการบ่มคอนกรีตและวัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้หลังจากการเทคอนกรีตแล้ว ผู้รับจ้างจะต้องทำการป้องกัน และบ่มคอนกรีตตามวิธีการที่ผู้ว่าจ้างให้ความเห็นชอบ การบ่มคอนกรีตควรจะทำด้วยน้ำ และทำให้เปียกอย่างสม่ำเสมอติดต่อกัน 7 วัน หลังจากเทคอนกรีตแล้ว

4.8 การเก็บและทดสอบตัวอย่างคอนกรีต

ในระหว่างการปฏิบัติงานเทคอนกรีตแต่ละงาน ผู้รับจ้างจะต้องจัดทำตัวอย่างคอนกรีตสำหรับใช้ตรวจสอบคุณภาพของคอนกรีตที่ใช้ ขนาดของตัวอย่างทดสอบรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม. การเก็บตัวอย่างคอนกรีตเพื่อการทดสอบคุณภาพของคอนกรีต ต้องจัดทำอย่างน้อย ที่ทำการผสมคอนกรีตแต่ละวัน และ/หรือ ทุกปริมาณคอนกรีต 20 ลูกบาศก์ ต้องจัดทำอย่างน้อย 1 ชุด ชุดหนึ่งประกอบด้วย 6 ตัวอย่าง หรือตามที่ผู้ว่าจ้างจะเห็นสมควรและผู้รับจ้างจะต้องเก็บรักษาตัวอย่างคอนกรีตเหล่านี้ไว้เป็นอย่างดี จัดส่งให้แก่ผู้ว่าจ้างเพื่อทำการตรวจสอบคุณภาพเมื่อคอนกรีตมีอายุ 28 วัน คุณภาพความแข็งแรงของคอนกรีตแต่ละงานจะต้องมีความแข็งแรงไม่น้อยกว่า 175 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

4.9 การทดสอบความยุบ

คอนกรีตจะต้องผสมน้ำให้ถูกต้องตามส่วน ไม่ให้คอนกรีตแห้ง หรือดูเหลวจนเกินไป อันจะเป็นเหตุให้อัตราการรับแรงของคอนกรีตต่ำลง ดังนั้น ผู้รับจ้างต้องผสมคอนกรีตให้ถูกวิธี โดยให้ผู้รับจ้างทำการทดสอบการยุบตัว โดยวิธี slump test ตามมาตรฐาน ASTM C 143

4.10 การทดสอบและรายงานผล

เมื่อผู้รับจ้างบ่มคอนกรีตตัวอย่างครบตามอายุ คอนกรีตที่ต้องการทดสอบหาแรงอัด แล้วต้องนำตัวอย่างคอนกรีตไปทำการทดสอบหาค่ากำลังอัด ณ หน่วยงานซึ่งเป็นที่เชื่อถือได้ของทางราชการและให้เสนอผลการทดสอบต่อผู้ว่าจ้าง

5. เหล็กเสริมคอนกรีต

5.1 เหล็กเสริม

ต้องเป็นเหล็กใหม่ ปราศจากสนิมขุม มีคุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 20-2559 และ มอก. 24-2559 ว่าด้วยเหล็กเส้นกลม และเหล็กเส้นกลมมีข้อหรือเหล็กข้ออ้อยตามลำดับ หากไม่มีการกำหนดเป็นอย่างอื่นในแบบก่อสร้างเหล็กเสริมเส้นกลมเกลี้ยงต้องมีกำลังคราก (Yield Stress) ชั้น SR 24 เหล็กเส้นกลมมีข้อหรือเหล็กข้ออ้อยต้องมีกำลังครากชั้น SD 30

5.2 การตัดเหล็กเสริม

เหล็กเสริมต้องตัดให้ถูกต้องตามรูปร่าง ขนาด และระยะตามแบบก่อสร้างที่อุณหภูมิปกติ ห้ามตัดเหล็กโดยวิธีตัดร้อน การดัดงอปลายเหล็กเสริมให้เป็นไปตามนี้

- (1) เหล็กเสริมกลม ปลายเส้นทุกเส้นต้องตัดเป็นข้องอ ส่วนที่งอเป็นครึ่งวงกลม ต่อกว้างอย่างน้อย 4 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กนั้น แต่ไม่น้อยกว่า 6 ซม.
- (2) เหล็กข้ออ้อย ปลายเหล็กทุกเส้นให้ตัดเป็นมุมฉาก โดยมีส่วนยื่นต่อกว้างอย่างน้อย 12 เท่า ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กนั้น เว้นแต่เหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กน้อย 16 มม. จะตัดเป็นข้องอตามข้อ (1) ก็ได้
- (3) เส้นผ่าศูนย์กลางของการงอของเหล็ก ให้วัดด้านในของข้องอตามตารางข้างล่างนี้เหล็กเสริมที่งอข้อแล้วมีรอยแตกปริ้ม หรือร้าวทางด้านนอกของข้อ ห้ามนำมาใช้โดยเด็ดขาด

ตารางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่เล็กที่สุดสำหรับข้อของเหล็ก

ขนาดเหล็กเสริม	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางข้อของเหล็กกลมเกลี้ยง	เป็นจำนวนเท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางเหล็ก
6-15 มม.	4	5
19-25 มม.	5	6

5.3 เหล็กปลอก

เหล็กลูกตั้งหรือเหล็กปลอกให้งอปลาย 135 องศา โดยมีส่วนยื่นที่ปลายอย่างน้อย 6 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็ก แต่ไม่น้อยกว่า 6 ซม. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางข้อของเหล็กให้ใช้ค่าที่กำหนดในตารางข้างต้น

5.4 การจัดวางเหล็กเสริม

เหล็กเสริมต้องวางในตำแหน่งที่ถูกต้อง และมีที่รองรับที่แข็งแรง ซึ่งอาจจะเป็นแท่งลูกปูนขาตั้งโลหะ หรือเหล็กปลอก สดแล้วแต่กรณี ทุก ๆ รอยดัดและรอยต่อของเหล็กเสริมให้ใช้ลวดผูกเหล็ก (มอก.138-2518) ขนาดเบอร์ 16 หรือจะใช้วิธีเชื่อมก็ได้ ในกรณีที่เหล็กเสริมหลายชั้นในคานหรือเสา ระยะระหว่างชั้นเหล็กเสริมให้คั่นด้วยเหล็กขนาด 25 มม. เป็นระยะไม่เกินช่วงละ 1.50 เมตร หรือตามที่ผู้ว่าจ้างกำหนดให้

(1) การต่อเหล็กเสริมด้วยวิธีทาบ

การทาบเหล็กให้ใช้ระยะทาบดังนี้

- (2) เหล็กข้ออ้อย 50 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางเหล็กสำหรับเหล็กขนาด 25 มม. ขึ้นไป
35 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางเหล็กสำหรับเหล็กขนาดเล็กกว่า 25 มม.

- (2) เหล็กเสริมกลม 48 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางเหล็ก และให้มีลวดผูกเหล็กเสริมผูกเป็นระยะ ๆ

ชนิดของโครงสร้าง	ตำแหน่งที่ต่อได้
พื้น คานทั่ว ๆ ไป	บริเวณใต้เหล็กค้ำของพื้น บริเวณระหว่างหนึ่งในห้าถึงหนึ่งในสามของความยาวช่วงคานนับจากโคนเสาหรือที่รองรับ

6. เหล็กโครงสร้างและงานเหล็กอื่นๆ

6.1 วัสดุ

เหล็กโครงสร้างและเหล็กรูปพรรณต่างๆ ต้องเป็นของใหม่ และมีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ มอก.1227-2558 ชั้นคุณภาพ Fe 24 หรือเป็น Black Steel pipe ตาม ASTM A-501 หรือมอก. 107-2517 หรือ ตามที่กำหนดในแบบ

6.2 การตัดด้วยไฟ

เหล็กเหนียวสามารถตัดโดยใช้เครื่องมือควมคุม หรือควมคุมด้วยมือแทนการใช้เลื่อย หรือเหล็กตัดหากเป็นเหล็กอย่างอื่น การตัดด้วยไฟจะต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ว่าจ้างเสียก่อน

6.3 การติดตั้งเหล็กโครงสร้าง

การติดตั้งเหล็กโครงสร้าง ต้องปฏิบัติตามแบบก่อสร้างโดยเคร่งครัด

- (1) เหล็กรูปพรรณต่าง ๆ อาทิเช่น เหล็กหล่อ เหล็กดัด เหล็กตะแกรง นอต แหวน สกรู ฯลฯ ต้องจัดหาและติดตั้งตามแบบก่อสร้าง และทุก ๆ แห่งที่จำเป็นต้องใช้ แม้จะไม่ปรากฏในแบบก่อสร้างก็ตาม นอต (Bolt) แหวน (Washer) และสกรู (Screw) ที่ใช้นอกจากจะกำหนดไว้เป็นอย่างอื่นในแบบก่อสร้างต้องเป็นแบบ Heavy Duty Type

ตาม American Standard ส่วนนอตยึด Bolt หรือ Screw Anchors ต้องเป็นแบบ Pawl หรือแบบ Expansion Bolts หรือตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง แต่ทั้งนี้ จะต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ว่าจ้างก่อนนำไปติดตั้งใช้งาน

(2) งานเหล็กทุกชนิดทุกประเภท เมื่อติดตั้งแล้วต้องทำความสะอาดผิวเหล็ก เศษสะเก็ดและ slag ที่เกิดจากการเชื่อมและอื่นๆ ต้องสกัดออกให้หมด และขัด ถูด้วยแปรงลวดหรือกระดาษทราย หรือวิธีการอื่นใดที่เหมาะสมจนเกลี้ยง เกลา ปราศจากสนิมสิ่งเปื้อนหรือไขมัน

(3) การทาสีกันสนิม หากมิได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่นในแบบก่อสร้างจะต้องทาสีกันสนิม (Red Lead Primer) และสีน้ำมันทาทับตามที่กำหนดไว้ในหัวข้อเรื่องงานทาสีโครงสร้างเหล็ก

6.4 การต่อเชื่อม

การต่อเชื่อมเหล็กโครงสร้าง และงานเหล็กอื่นๆ ต้องต่อด้วยวิธีเชื่อมไฟฟ้า (Electric Arc Welding) เสมอ และต้องต่อเชื่อม ณ ตำแหน่งตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง

6.5 การเชื่อม

การเชื่อมเหล็กโครงสร้างต้องปฏิบัติตาม Standard Code For Arc Welding In Building Construction ของ American Welding Society โดยเคร่งครัด

6.6 การตัดด้วยไฟ

เหล็กเหนียวสามารถตัดโดยใช้เครื่องมือควมคุม หรือควมคุมด้วยมือแทนการใช้เลื่อย หรือเหล็กตัด หากเป็นเหล็กอย่างอื่น การตัดด้วยไฟจะต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานเสียก่อน

6.7 การต่อส่วนของโครงสร้าง

ต้องใช้วิธีเชื่อมด้วยไฟฟ้า (Arc Welding) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ คือ

(1) ลวดเชื่อม (welding rod) จะต้องใช้ชนิดลวดเคลือบหนา (heavily coated electrodes) แบบ E.70 32. มม. ซึ่งเมื่อนำมาใช้งานต้องมีคุณภาพดี

(2) การเชื่อมใช้แบบต่อทาบ (fillet weld) เป็นการเชื่อมแผ่นเหล็กที่ตั้งฉากกันหรือซ้อนกันซึ่งมีข้อกำหนดดังนี้

- ขนาดของรอยเชื่อมแบบต่อทาบจะต้องไม่ใหญ่กว่าความหนาแน่นของแผ่นเหล็กที่บางกว่าซึ่งเชื่อมติดหรือไม่เกิน 8 มม. และสำหรับแผ่นเหล็กที่หนากว่า 6 มม. ขนาดของรอยเชื่อมแบบทาบจะต้องไม่เล็กกว่า 4 มม.

- ความยาวของการเชื่อมแบบต่อทาบจะต้องไม่น้อยกว่า 40 มม. หากใช้เชื่อมตามความยาว แต่เพียงอย่างเดียว ตรงรอยต่อที่ปลายท่อเหล็กแบนๆ ความยาวของรอยเชื่อมแบบทาบแต่ละรอยจะต้องไม่เล็กกว่าความกว้างของท่อเหล็กแบนที่นำมาต่อ

- การเชื่อมแบบต่อทาบจะต้องมีการเชื่อมอ้อมปลาย (end return) ซึ่งมีความยาวไม่น้อยกว่า 2 เท่าของการเชื่อม

(3) ลักษณะของการเชื่อมนี้จะต้องเชื่อมโดยให้จุดศูนย์กลางของการเชื่อมอยู่ในแนวเดียวกับจุดศูนย์กลางของเหล็กที่จะเชื่อม

(4) หลังจากการเชื่อมแล้วรอยเชื่อมจะต้องมีลักษณะดังนี้

- หลอมละลายทั่วทั้งผิวของรอยต่อ
- หลอมละลายซึมลึกตลอดความหนา
- ไม่มีรูอากาศหรือกาก (slag) แทรกอยู่ภายใน

6.8 การติดตั้งเหล็กโครงสร้าง

การติดตั้งเหล็กโครงสร้าง ต้องปฏิบัติตามแบบก่อสร้างโดยเคร่งครัด

(1) เหล็กรูปพรรณต่างๆ อาทิเช่น เหล็กหล่อ เหล็กดัด เหล็กตะแกรง น็อต แหวน สกรู ฯลฯ ต้องจัดหาและติดตั้งตามแบบก่อสร้าง และทุก ๆ แห่งที่จำเป็นต้องใช้ แม้จะไม่ปรากฏในแบบก่อสร้างก็ตาม น็อต (Bolt) แหวน (Washer)

และสกรู (Screw) ที่ใช้ นอกจากจะกำหนดไว้เป็นอย่างอื่นในแบบก่อสร้างต้องเป็นแบบ Heavy Duty Type ตาม American Standard ส่วนนอตยึด Bolt หรือ Screw Anchors ต้องเป็นแบบ Pawl หรือแบบ Expansion Bolts หรือตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง แต่ทั้งนี้ จะต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมการก่อสร้างก่อนนำไปติดตั้งใช้งาน

(2) งานเหล็กทุกชนิดทุกประเภท เมื่อติดตั้งแล้วต้องทำความสะอาดผิวเหล็ก เศษ สะเก็ด และ Slag ที่เกิดจากการเชื่อมและอื่นๆ ต้องสกัดออกให้หมด และขัด ถูด้วยแปรงลวดหรือกระดาษทราย หรือวิธีการอื่นใดที่เหมาะสมจนเกลี้ยงเกลา ปราศจากสนิมสิ่งเปรอะเปื้อน หรือน้ำมัน

(3) การทาสีกันสนิม หากมิได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่นในแบบก่อสร้างจะต้องทาสีกันสนิม (Rod Lead Primer) และ สีน้ำมันทาทับตามที่กำหนดไว้ในหัวข้อเรื่องงานทาสีโครงสร้างเหล็ก