บทที่ 4

การก่อสร้างและควบคุมงานสะพาน

1. การควบคุมงาน

เนื่องจากงานก่อสร้างสะพานเกี่ยวข้องกับความปลอดภัย และความมั่นคงแข็งแรงในการใช้งาน จึงจำเป็นที่จะต้องจัดให้มีช่างผู้ควบคุมงาน เพื่อให้งานก่อสร้างสะพานเป็นไปตามข้อตกลงและถูกต้องตามแบบที่กำหนด รวมถึงต้องจัดให้มีคณะกรรมการตรวจการจ้างเมื่อสะพานก่อสร้างหรือบูรณะแล้วเสร็จ

ผู้ควบคุมงานก่อสร้างต้องมีความรู้ความชำนาญในการก่อสร้างสะพาน และเป็นผู้ที่มีความซื่อสัตย์สุจริต เพื่อให้การควบคุมงานเป็นไปอย่างถูกต้องตามสัญญาและตามมาตรฐานกำหนด หากผู้ควบคุมงานประพฤติมิชอบ ไม่เคร่งครัดในหน้าที่ปล่อยปละละเลย หรือร่วมมือกับผู้รับจ้างลดขนาด ปริมาณ หรือคุณภาพของวัสดุก่อสร้าง ส่งผลให้ถนนไม่มีความมั่นคงแข็งแรงตามมาตรฐาน เป็นเหตุให้ผู้ใช้สะพานได้รับความเดือดร้อน และราชการเสียหาย

การกำหนดขั้นตอนการดำเนินการ จะเป็นเครื่องมือช่วยให้ช่างผู้ควบคุมงานทราบบทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบตามระเบียบ และข้อสั่งการสามารถปฏิบัติงานตามมาตรฐานงานก่อสร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ขั้นตอนการดำเนินการของช่างผู้ควบคุมงาน มีดังนี้

(1) การเตรียมตัวของช่างควบคุมงาน

(1.1) เตรียมสภาพร่างกายให้มีความพร้อมที่จะทำงานภาคสนาม หากมีโรคประจำตัว เช่น โรคภูมิแพ้ ควรเตรียมยาป้องกัน และรักษาโรคให้พร้อม เป็นต้น

(1.2) เตรียมสภาพจิตใจให้มีความหนักแน่น ไม่อ่อนไหวง่าย พร้อมที่จะแก้ปัญหาอุปสรรคและมีมนุษย์สัมพันธ์ที่ดี สามารถประสานงานกับผู้ที่เกี่ยวข้อง เช่น คณะกรรมการตรวจการจ้าง ผู้รับจ้างและประชาชนในพื้นที่ได้เป็นอย่างดี

(1.3) ปฏิบัติหน้าที่ด้วยความตั้งใจ และยึดจรรยาบรรณที่หน่วยงานกำหนด

(1.4) ใฝ่หาความรู้ทั้งด้านทฤษฎีและปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอ

(2) การเตรียมเอกสาร เครื่องมือ

(2.1) จัดเตรียมแบบแปลน รายละเอียดข้อกำหนดการก่อสร้าง สัญญาจ้าง ประกาศประกวดราคา (ซึ่งถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของสัญญา) และเอกสารแนบท้ายสัญญาอื่นๆ เช่น แบบมาตรฐานต่างๆ เป็นต้น

(2.2) จัดเตรียมแบบฟอร์มต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น แบบรายงานประจำวัน แบบรายงานประจำสัปดาห์ แบบรายงานประจำเดือน แบบรายงานคณะกรรมการตรวจการจ้าง แบบทดสอบความแน่นในสนาม (Field Density Test) แบบการคำนวณค่าระดับ แบบการคำนวณปริมาณงานดิน แบบการส่งงาน เป็นต้น

(2.3) ตรวจสอบเครื่องมืออุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในการควบคุมงาน ได้แก่ เครื่องมือชุดสำรวจ เพื่อตรวจสอบแนวและระดับ เป็นต้น

(3) ศึกษารายละเอียดสัญญา แบบแปลนและเอกสารแนบท้ายสัญญา หากมีข้อความใดขัดแย้งหรือคลาดเคลื่อนไม่ครบถ้วนให้รายงานคณะกรรมการตรวจการจ้างทันที

(4) ตรวจสอบแบบแปลนกับสถานที่ก่อสร้างจริง อีกครั้งหนึ่ง เพื่อตรวจสอบสภาพพื้นที่หรือปัญหาอันเกี่ยวเนื่องกับสาธารณูปโภคต่างๆ เช่น สภาพร่องน้ำ เสาไฟฟ้า ท่อประปา อยู่ในบริเวณพื้นที่การก่อสร้างหรือไม่

รูปที่ 4-1 สภาพร่องน้ำที่จะก่อสร้างสะพาน

(5) ตรวจสอบแผนปฏิบัติงานของผู้รับจ้าง เพื่อนำเสนอคณะกรรมการตรวจการจ้าง

(6) จัดทำแผนผังการควบคุมงาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

(6.1) แผนภูมิการปฏิบัติงาน (ระบุชื่อตำแหน่ง)

(6.2) แผนที่แสดงที่ตั้งโครงการ

(6.3) แบบแปลนรูปตัดขวางและตามยาว

(6.4) แผนปฏิบัติงาน

(6.5) รายงานผลความก้าวหน้าของการก่อสร้าง

(6.6) สำเนาคำสั่งและหนังสือสั่งการที่สำคัญ

(7) ควบคุมให้ผู้รับจ้างติดตั้งป้ายระบุรายละเอียดโครงการตามที่กระทรวงมหาดไทยกำหนด ณ บริเวณพื้นที่ก่อสร้าง เพื่อเป็นการประชาสัมพันธ์โครงการให้ประชาชนทั่วไปทราบ

รูปที่ 4-2 ป้ายแสดงโครงการก่อสร้างสะพาน (โดยระบุรายละเอียด)

(8) ระหว่างการก่อสร้าง ควรให้ผู้รับจ้างจัดทำและติดตั้งป้ายเตือนระบุเขตพื้นที่ก่อสร้าง เพื่อความปลอดภัยแก่ประชาชน และผู้ที่ปฏิบัติงานในภาคสนาม

(9) ควบคุมให้ผู้รับจ้างเก็บตัวอย่างวัสดุตามขั้นตอนที่มาตรฐานกำหนด เพื่อนำไปทดสอบในห้องทดสอบ ในระหว่างการก่อสร้างหากมีข้อสงสัยว่าวัสดุที่นำมาใช้ไม่ตรงกับตัวอย่างวัสดุที่เคยนำส่งห้องทดสอบให้เก็บตัวอย่างวัสดุนั้นไปทำการทดสอบใหม่ หรือพบว่าคุณภาพวัสดุไม่ได้มาตรฐาน ให้สั่งระงับการนำวัสดุนั้นไปใช้ในการก่อสร้าง

รูปที่ 4-3 การเก็บข้อมูลคอนกรีตภาคสนามเพื่อทดสอบในห้องปฏิบัติการ

ทั้งนี้งานวัสดุชั้นโครงสร้างทาง ควรทำการเก็บตัวอย่าง ของวัสดุที่นำมากองไว้บริเวณที่ก่อสร้าง **สำหรับงานเหล็กทำการสุ่มเก็บตัวอย่างทุกๆ 100 เส้นต่อหนึ่งตัวอย่างทุกขนาดและชนิดของเหล็กเส้น**

(10) ให้ถือปฏิบัติตามระเบียบกระทรวงมหาดไทย ว่าด้วยการพัสดุขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเรื่องหน้าที่ของช่างควบคุมงานอย่างเคร่งครัดดังนี้

(10.1) ตรวจและควบคุมงาน ณ สถานที่ที่กำหนดไว้ในสัญญา

- ตรวจและควบคุมงานทุกวันโดยให้เป็นไปตามแบบรูปรายการและข้อกำหนดต่างๆ
- สั่งเปลี่ยนแปลงแก้ไขเพิ่มเติม หรือลดปริมาณงานตามที่เห็นสมควรและตามหลักวิชาการเพื่อให้เป็นไปตามแบบรูปรายการละเอียดและข้อกำหนด (หากไม่เป็นไปตามแบบรูปรายการและข้อกำหนดต้องรายงานคณะกรรมการตรวจการจ้างพิจารณาทันที)

- ถ้าผู้รับจ้างไม่ปฏิบัติตามให้สั่งหยุดงานนั้นเฉพาะส่วนหนึ่งส่วนใดหรือทั้งหมดแล้วแต่กรณีไว้ก่อนจนกว่าผู้รับจ้างยินยอมปฏิบัติให้ถูกต้องตามหลักวิชาการ และรายงานคณะกรรมการตรวจการจ้างทันที

(10.2) หากผู้รับจ้างก่อสร้างล่าช้ากว่าแผนงาน ให้ทำหนังสือแจ้งเตือนผู้รับจ้างให้เร่งรัดดำเนินการก่อสร้างให้เป็นไปตามแผนงาน และรายงานให้กรรมการตรวจการจ้าง ผู้บริหารท้องถิ่นเพื่อทราบและพิจารณาดำเนินการต่อไป

(10.3) สั่งพักงาน

- ในกรณีที่ปรากฏว่าแบบรูปรายการข้อกำหนดขัดแย้งกัน
- หรือเป็นที่คาดหมายได้ว่าถึงแม้ว่างานนั้นจะเป็นไปตามแบบรูปรายการรายละเอียดข้อกำหนดแต่เมื่อสำเร็จแล้วจะไม่มั่นคงแข็งแรง
- หรือไม่เป็นไปตามหลักวิชาการที่ดี
- หรือไม่ปลอดภัย
- เมื่อสั่งพักงานแล้ว ต้องรายงานต่อคณะกรรมการตรวจการจ้างทันที

(10.4) จดบันทึกการปฏิบัติงานของผู้รับจ้าง และเหตุการณ์แวดล้อมเป็นรายวัน พร้อมทั้งผลการปฏิบัติงานอย่างน้อย 2 ฉบับ รายงานให้คณะกรรมการตรวจการจ้างทราบ ทุกสัปดาห์และเก็บรักษาไว้เพื่อมอบให้แก่เจ้าหน้าที่พัสดุเมื่อเสร็จงานแต่ละงวด โดยให้ถือว่าเป็นเอกสารสำคัญของทางราชการเพื่อประกอบการตรวจสอบของผู้มีหน้าที่ที่เกี่ยวข้องต่อไป

(10.5) รายงานผลการปฏิบัติงานของผู้รับจ้างว่าเป็นไปตามสัญญา ให้คณะกรรมการตรวจการจ้างทราบภายใน 3 วันทำการ ในวันกำหนดลงมือทำงานของ ผู้รับจ้างตามสัญญา และในวันส่งมอบงานแต่ละงวด

(11) เป็นผู้รวบรวมเอกสารเพื่อประกอบการลงทะเบียนพัสดุ

ข้อเสนอแนะสำหรับช่างผู้ควบคุมงาน

(1) เมื่อพบปัญหาอุปสรรคในการดำเนินการงานก่อสร้าง อย่าเก็บปัญหานั้นไว้โดยลำพัง ให้รีบทำรายงานปัญหาอุปสรรคเสนอคณะกรรมการตรวจการจ้างและผู้บริหารท้องถิ่นเพื่อทราบและพิจารณาแนวทางแก้ไขปัญหาดังกล่าวตั้งแต่เริ่มต้นได้อย่างทันท่วงที

(2) **การสั่งหยุดงานต้องสั่งเป็นลายลักษณ์อักษร** อย่างมีเหตุผล และรายงานคณะกรรมการตรวจการจ้างทราบทันที

(3) **เป็นผู้ตรวจสอบสภาพความเสียหายของโครงการในระหว่างระยะเวลาประกันสัญญา** หากพบว่ามีส่วนใดส่วนหนึ่งชำรุดเสียหายให้รีบรายงานผู้บริหารท้องถิ่น เพื่อจะได้แจ้งให้ผู้รับจ้างซ่อมแซมแก้ไขโดยเร็ว

รูปที่ 4-4 การตรวจสภาพของสะพานภายหลังการส่งมอบงานและอยู่ในระยะเวลาประกันงาน

2. การตรวจรับ/ ตรวจการจ้างงานก่อสร้าง

โดยทั่วไปสัญญาการก่อสร้างจะแบ่งงานออกเป็นงวดๆ โดยกำหนดรายละเอียดของงานพร้อมกับเงื่อนไขของการจ่ายเงิน แต่การตรวจรับหรือตรวจการจ้างงานแต่ละงวด **คณะกรรมการตรวจการจ้างส่วนมากจะใช้วิธีซักถามรายละเอียดกับผู้ควบคุมงาน โดยไม่ได้ศึกษารายละเอียดของงวดงานตามสัญญาก่อน** ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญทำให้เกิดความไม่รอบคอบ ในงานก่อสร้างสะพาน

ดังนั้น เพื่อให้การตรวจรับหรือการตรวจการจ้างงานเป็นไปอย่างถูกต้อง คณะกรรมการตรวจการจ้างตามระเบียบว่าด้วยการพัสดุ มีหน้าที่โดยสรุปดังนี้

(2.1) ตรวจสอบรายงานประจำสัปดาห์เปรียบเทียบกับแบบรูป รายการก่อสร้างและข้อกำหนดในสัญญา

(2.2) รับทราบและพิจารณาการสั่งหยุดงานของช่างผู้ควบคุมงาน

(2.3) หากมีปัญหาหรือข้อสงสัยให้ออกตรวจงาน หากเห็นว่าไม่ถูกต้องตามหลักวิชาช่างหรือมาตรฐานงานให้พิจารณาแก้ไข เพิ่มเติม หรือลดปริมาณงานตามผลการประชุมร่วมของคณะกรรมการตรวจการจ้างผู้รับจ้าง ช่างผู้ควบคุมงาน และเสนอผู้บริหารท้องถิ่นพิจารณาอนุมัติต่อไป

(2.4) ให้ตรวจผลงานที่ผู้รับจ้างส่งมอบภายใน 3 วันทำการ นับจากวันที่ผู้รับจ้างขอส่งมอบงานให้แต่ละงวด หากไม่สามารถดำเนินการได้ต้องมีเหตุผลประกอบเรื่อง และให้ทำการตรวจการจ้างโดยเร็วต่อไป

(2.5) เมื่อตรวจสอบแล้วเห็นว่าถูกต้องให้ลงนามในใบตรวจการจ้าง แต่หากพบว่าผลงานไม่เป็นไปตามสัญญา ให้รายงานผู้บริหารท้องถิ่นและผู้รับจ้างทราบเพื่อพิจารณาดำเนินการแก้ไขต่อไป

(2.6) หากกรรมการตรวจการจ้างบางรายไม่ตรวจรับงาน จะต้องทำความเห็นแย้งไว้เป็นหลักฐาน แล้วเสนอผู้บริหารท้องถิ่นพิจารณาสั่งการต่อไป

3. การกำหนดบุคลากร

เพื่อให้การดำเนินงานก่อสร้างสะพานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ควรกำหนดบุคลากร ให้เหมาะสมกับงานในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

ตารางที่ 4-1 แสดงการจัดบุคลากรขององค์การปกครองส่วนท้องถิ่น สำหรับงานก่อสร้าง และบำรุงรักษาสะพาน

ประเภทสะพาน	การออกแบบ	ประมาณราคา	การควบคุมงาน	* การตรวจรับงาน	การบำรุงรักษา
Slab Type	วิศวกรโยธา	นายช่างโยธา	นายช่างโยธา/ วิศวกรโยธา	วิศวกรโยธา	นายช่างโยธา
Plank Girder	วิศวกรโยธา	นายช่างโยธา	นายช่างโยธา/ วิศวกรโยธา	วิศวกรโยธา	นายช่างโยธา

หมายเหตุ * ในการตรวจรับงานเป็นหน้าที่ของคณะกรรมการตรวจรับงาน ซึ่งควรจะมีวิศวกรโยธาอย่างน้อย 1 คนเข้าร่วมเป็นกรรมการด้วย และหากไม่มีบุคลากรอาจขอความร่วมมือจากหน่วยงานอื่นที่มีบุคลากรผู้เชี่ยวชาญ

รูปที่ 4-5 สะพานแบบต่างๆ ที่ก่อสร้าง

4. มาตรฐานวัสดุ

การก่อสร้างงานสะพานนั้น จะประกอบไปด้วยงานหลักๆ อยู่ 2 งาน ได้แก่ งานก่อสร้างสะพาน และ งานก่อสร้างถนนที่เป็นส่วนเชื่อมต่อกับสะพาน ฉะนั้นในงานมาตรฐานสะพานจะอ้างอิงคุณสมบัติของวัสดุและวิธีการก่อสร้างจาก มาตรฐานถนน ทางเดินและทางเท้าเพื่อให้เกิดความสอดคล้องกัน

- **สถ. – มส. – 001 มาตรฐานปูนซีเมนต์**

ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในงานโครงสร้างทั้งหมด ให้ใช้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 15 เล่ม 1-2517 ดังนี้

- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 (ธรรมดา) ซึ่งใช้กับงานโครงสร้างทั่วไป ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราช้าง บริษัทปูนซีเมนต์ไทย จำกัด ปูนซีเมนต์ตราพญานาคเศียรเดียวสีเขียวของบริษัทชลประทานซีเมนต์ จำกัด ปูนซีเมนต์ตราเพชรเม็ดเดียวของ บริษัทปูนซีเมนต์นครหลวง จำกัด เป็นต้น
- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 2 เป็นปูนปอร์ตแลนด์ที่ให้ความร้อนปานกลาง และมีความต้านทานต่อซัลเฟตปานกลาง
- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 3 (รับกำลังอัดสูง) ซึ่งใช้กันในงานรับแรงสูงเร็ว หรือที่เรียกว่า (High Early Strength) สำหรับงานคอนกรีตที่ต้องการรับน้ำหนักได้เร็ว เช่น ปูนซีเมนต์เอราวัณ ของบริษัทปูนซีเมนต์ไทย จำกัด ปูนซีเมนต์ตราสามเพชร ของบริษัทปูนซีเมนต์นครหลวง จำกัด ปูนซีเมนต์ตราพญานาคเศียรเดียวสีแดง ของบริษัทชลประทานซีเมนต์ จำกัด เป็นต้น
- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 4 เป็นปูนปอร์ตแลนด์ที่ให้ความร้อนต่ำ
- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 5 เป็นปูนปอร์ตแลนด์ที่ทนซัลเฟตสูง

คุณลักษณะของปูนซีเมนต์ในการก่อสร้าง

(1) ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในงานก่อสร้างทั้งหมดถ้าแบบหรือรายการประกอบแบบเฉพาะงานไม่ได้กำหนดว่าเป็นปูนซีเมนต์ประเภทใดให้ถือว่าเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1

(2) ถ้าใช้ปูนซีเมนต์ประเภทแรงสูงเร็ว ในการก่อสร้างของโครงสร้างให้ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภท 3

(3) ผลิตภัณฑ์ ต้องบรรจุถุงให้เรียบร้อยหรือเป็นปูนซีเมนต์ที่เก็บในภาชนะบรรจุของบริษัทผู้ผลิต

(4) ปูนซีเมนต์บรรจุถุงต้องเก็บไว้บนพื้นที่ยกสูงกว่าพื้นดินอย่างน้อย 30 เซนติเมตร ในโรงเก็บที่มีหลังคาคลุมและมีฝากั้นกันฝนได้ดี

(5) ห้ามใช้ปูนซีเมนต์เสื่อมคุณภาพ เช่น ปูนซีเมนต์ที่แข็งจับตัวกันเป็นก้อน

(6) ในโครงสร้างชิ้นเดียวกัน เช่น เสา คาน พื้น เป็นต้น ห้ามใช้ปูนซีเมนต์ต่างประเภทผสมคอนกรีตปนกัน

- **สถ. – มส. – 002 มาตรฐานวัสดุชนิดเม็ด หรือวัสดุมวลรวม (Aggregates) สำหรับงานคอนกรีต**

วัสดุมวลรวม ที่ใช้งานคอนกรีต แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

- วัสดุมวลรวมหยาบ (Coarse Aggregates) หมายถึงวัสดุที่มีขนาดค้างตะแกรงเบอร์ 4 ขึ้นไป ได้แก่วัสดุหินย่อย กรวดย่อย ซึ่งมีคุณสมบัติตามที่กำหนด
- วัสดุมวลรวมละเอียด (Fine Aggregates) หมายถึง วัสดุที่มีขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ลงมา ได้แก่ วัสดุ หินฝุ่น ทราย ซึ่งมีคุณสมบัติตามที่กำหนด

คุณสมบัติ

วัสดุมวลรวมหยาบ (Coarse Aggregates) หรือ หินหรือกรวด

(1) สะอาดปราศจากจากวัสดุอื่น เช่น วัชพืช ดินเหนียว เป็นต้น

(2) ค่าจำนวนส่วนร้อยละของความสึกหรอ (Percent of wear) ไม่มากกว่าร้อยละ 40

(3) เมื่อทดสอบการคงตัว (Soundness Test) โดยใช้สารละลายมาตรฐานโซเดียมซัลเฟต ตามกรรมวิธีรวม 5 วัฏจักร น้ำหนักของวัสดุหินย่อย หรือกรวดย่อยที่หายไป ต้องไม่มากกว่าร้อยละ 12

(4) มีค่าจำนวนส่วนร้อยละของการดูดซึมน้ำไม่เกิน 5

(5) มีค่าดัชนีความแบน (Flakiness Index) ไม่มากกว่าร้อยละ 25

(6) มีส่วนที่ผ่านตะแกรง เบอร์ 200 ไม่มากกว่าร้อยละ 0.25

(7) มีมวลคละผ่านตะแกรง แสดงดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ตารางมวลคละผ่านตะแกรงของวัสดุมวลรวมหยาบ (Coarse Aggregates) สำหรับคอนกรีต

ขนาดของตะแกรง มาตรฐาน	น้ำหนักที่ผ่านตะแกรงมีค่าเป็นร้อยละ				
	2"	**1 1/2"**	**1"**	**3/4"**	**1/2"**
2 1/2"	100				
2"	95 - 100	100			
1 1/2"		95 - 100	100		
1"	35 - 70		95 - 100	100	
3/4"		35 - 70		90 - 100	100
1/2"	10 - 30		25 - 60		90 - 100
3/8"		10 - 30		20 - 55	40 - 70
เบอร์ 4	0 - 5	0 - 5	0 - 10	0 - 10	0 - 15
เบอร์ 8	0		0 - 5	0 - 5	0 - 5

วัสดุมวลรวมละเอียด (Fine Aggregates) หรือทราย

(1) เป็นทรายน้ำจืดที่หยาบคมแข็งแกร่ง

(2) สะอาดปราศจากวัสดุอื่น เช่น วัชพืช ดินเหนียว เปลือกหอย เถ้าถ่าน เป็นต้น

(3) มีสารอินทรีย์ปะปนอยู่ในทราย เมื่อทดสอบด้วยสารละลาย Sodium Hydroxide เข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ สีของสารละลายที่ได้จากการทดสอบต้องอ่อนกว่าสีของกระจกเทียบมาตรฐาน เบอร์ 3 หรืออ่อนกว่าสารละลาย Potassium Dichromate

(4) มีค่าโมดูลัสความละเอียด (Fineness Modulus) อยู่ระหว่าง 2.3 – 3.1

(5) เมื่อทดสอบการคงตัว (Soundness Test) น้ำหนักของวัสดุหินย่อย หรือกรวดย่อยที่หายไปต้องไม่มากกว่าร้อยละ 10

(6) มีส่วนที่ผ่านตะแกรง เบอร์ 200 ไม่เกินร้อยละ 3

(7) มีมวลคละผ่านตะแกรง แสดงดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ตารางมวลคละผ่านตะแกรงของวัสดุชนิดเม็ดละเอียด (Fine Aggregates) สำหรับผิวจราจรคอนกรีต

ขนาดตะแกรงมาตรฐาน	น้ำหนักที่ผ่านตะแกรงเป็นร้อยละ
3/8"	100
เบอร์ 4	95 - 100
เบอร์ 8	80 - 100
เบอร์ 16	50 - 85
เบอร์ 30	25 - 60
เบอร์ 50	10 - 30
เบอร์ 100	2 - 10

- **สถ. – มส. – 003 มาตรฐานเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต (Reinforcement)**

เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต หมายถึง เหล็กเสริมในงานคอนกรีตเสริมเหล็กที่ใช้ทำผิวจราจรคอนกรีต ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ เหล็กเส้นกลม (Round Bar) และเหล็กเส้นข้ออ้อย (Deformed Bar)

คุณสมบัติ

(1) เหล็กเส้นกลม (Round Bar)

ต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 20-2527 ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

○ คุณสมบัติทางกล แสดงดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 แสดงคุณสมบัติทางกลของเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต

เหล็กเส้นกลม	ความต้านแรงดึงที่จุดคราก ไม่น้อยกว่า (กก./ตร.ซม.)	ความต้านแรงดึงสูงสุด ไม่น้อยกว่า (กก./ตร.ซม.)	ความยืดในช่วงความยาว 5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า (ร้อยละ)	การทดสอบด้วยการดัดโค้งเย็น	
				มุมการดัด (องศา)	เส้นผ่านศูนย์กลางวงดัด
SR 24	2400	3900	21	180	1.5 เท่าของเส้น
					ผ่านศูนย์กลางระบุ

○ เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเส้นกลม แสดงดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 แสดงเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเส้นกลม

ชื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)		เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนไม่เกินกว่า (มิลลิเมตร)	มวลต่อเมตร (กิโลกรัม)	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับมวลต่อเมตร	
				เฉลี่ย ร้อยละ	แต่ละเส้น ร้อยละ
RB 6	6	± 0.4	0.222	± 5.0	± 10.0
RB 9	9	± 0.4	0.499	± 5.0	± 10.0
RB 12	12	± 0.4	0.888	± 5.0	± 10.0
RB 15	15	± 0.4	1.387	± 5.0	± 10.0
RB 19	19	± 0.5	2.226	± 3.5	± 6.0
RB 22	22	± 0.5	2.984	± 3.5	± 6.0
RB 25	25	± 0.5	3.853	± 3.5	± 6.0
RB 28	28	± 0.6	4.834	± 3.5	± 6.0
RB 34	34	± 0.6	7.127	± 3.5	± 6.0

(2) เหล็กข้ออ้อย (Deformed Bar) ต้องมีคุณสมบัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 24-2527 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

○ คุณสมบัติทางกล แสดงดังตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-6 แสดงคุณสมบัติทางกลของเหล็กข้ออ้อย

สัญลักษณ์	ความต้านแรงดึงที่จุดคราก ไม่น้อยกว่า (กก./ตร.ซม.)	ความต้านแรงดึงสูงสุด ไม่น้อยกว่า (กก./ตร.ซม.)	ความยืดในช่วงความยาว 5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า (ร้อยละ)	การทดสอบด้วยการดัดโค้งเย็น	
				มุมการดัด (องศา)	เส้นผ่านศูนย์กลางวงดัด
SD 30	3000	4900	17	180	4 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ
SD 40	4000	5700	15	180	5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ
SD 50	5000	6300	13	90	5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ

○ เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับมวลต่อเมตรของเหล็กข้ออ้อย แสดงดังตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-7 แสดงเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับมวลต่อเมตรของเหล็กข้ออ้อย

ชื่อขนาด	มวลต่อเมตร กิโลกรัม	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับมวลต่อเมตรของทุกขนาด	
		เฉลี่ยร้อยละ	แต่ละเส้นร้อยละ
DB 10	0.617	± 3.5	± 6
DB 12	0.888		
DB 16	1.578		
DB 20	2.466		
DB 22	2.984		
DB 25	3.853		
DB 28	4.834		
DB 32	6.313		

หมายเหตุ

ความต้านแรงดึงที่จุดคราก	=	YIELD STRESS
ความต้านแรงดึงสูงสุด	=	MAXIMUM TENSILE STRESS
ความยืด	=	ELONGATION
การทดสอบด้วยการดัดโค้งเย็น	=	COLD BEND TEST
มุมการดัด	=	BENDING ANGLE
เส้นผ่านศูนย์กลางวงดัด	=	DIAMETER OF BENDS
ช่วงความยาว 5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง	=	GAUGE LENGTH

5. ข้อแนะนำในการนำน้ำมาผสมงานคอนกรีต

(1) น้ำที่นำมาผสมคอนกรีตให้ใช้น้ำประปา หากในกรณีที่หาน้ำประปาไม่ได้ ต้องเป็นน้ำจืดปราศจากสารที่เป็นอันตรายต่อคอนกรีตและเหล็กเสริมสามารถใช้ดื่มได้

(2) ในกรณีที่ต้องใช้น้ำขุ่นมาผสมคอนกรีตต้องทำให้น้ำตกตะกอนก่อนนำมาใช้ อาจปฏิบัติดังนี้ ให้ใช้ปูนซีเมนต์ 1 ลิตร ต่อ น้ำขุ่น 200 ลิตร ผสมทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที หรือจนตกตะกอนหมดแล้วจึงน้ำส่วนที่ใสมาใช้ได้

(3) ในกรณี ข้อ 1 และ 2 น้ำต้องผ่านการทดสอบคุณสมบัติตามมาตรฐานการทดสอบน้ำที่ใช้ในงานคอนกรีตก่อน

(4) อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (W/C) น้ำหนักของน้ำต่อน้ำหนักของปูนซีเมนต์ของคอนกรีตที่บ่มถูกต้องและมีอายุครบ 28 วัน

6. ข้อแนะนำการใช้เหล็กเสริมคอนกรีต (Reinforcement)

1. ตรวจสอบว่าการเสริมเหล็กเป็นไปตามแบบรูปและข้อกำหนดในแบบก่อสร้างหรือไม่
2. เหล็กเส้นเสริมคอนกรีตต้องเป็นเหล็กเส้นใหม่ไม่เคยใช้งานมาก่อนต้องมีผิวสะอาดไม่มีสนิมกร่อนไม่เปื้อนน้ำมัน ไม่มีรอยแตกร้าว
3. เหล็กเส้นที่นำมาใช้ในงานก่อสร้างต้องเก็บไว้ในที่ที่มีหลังคาคุม หรือมีที่กำบังฝน และต้องเก็บไว้เหนือพื้นดินไม่น้อยกว่า 20 เซนติเมตร
4. การดัดเหล็กเส้น ห้ามดัดโดยวิธีการเผาให้ร้อน

(5) รอยต่อเหล็กเสริมแต่ละเส้นที่อยู่ข้างเคียง ต้องไม่อยู่ในแนวเดียวกัน และควรเหลื่อมกันประมาณ 1 เมตร หากไม่จำเป็นจริงๆ แล้วห้ามทำการต่อเหล็ก

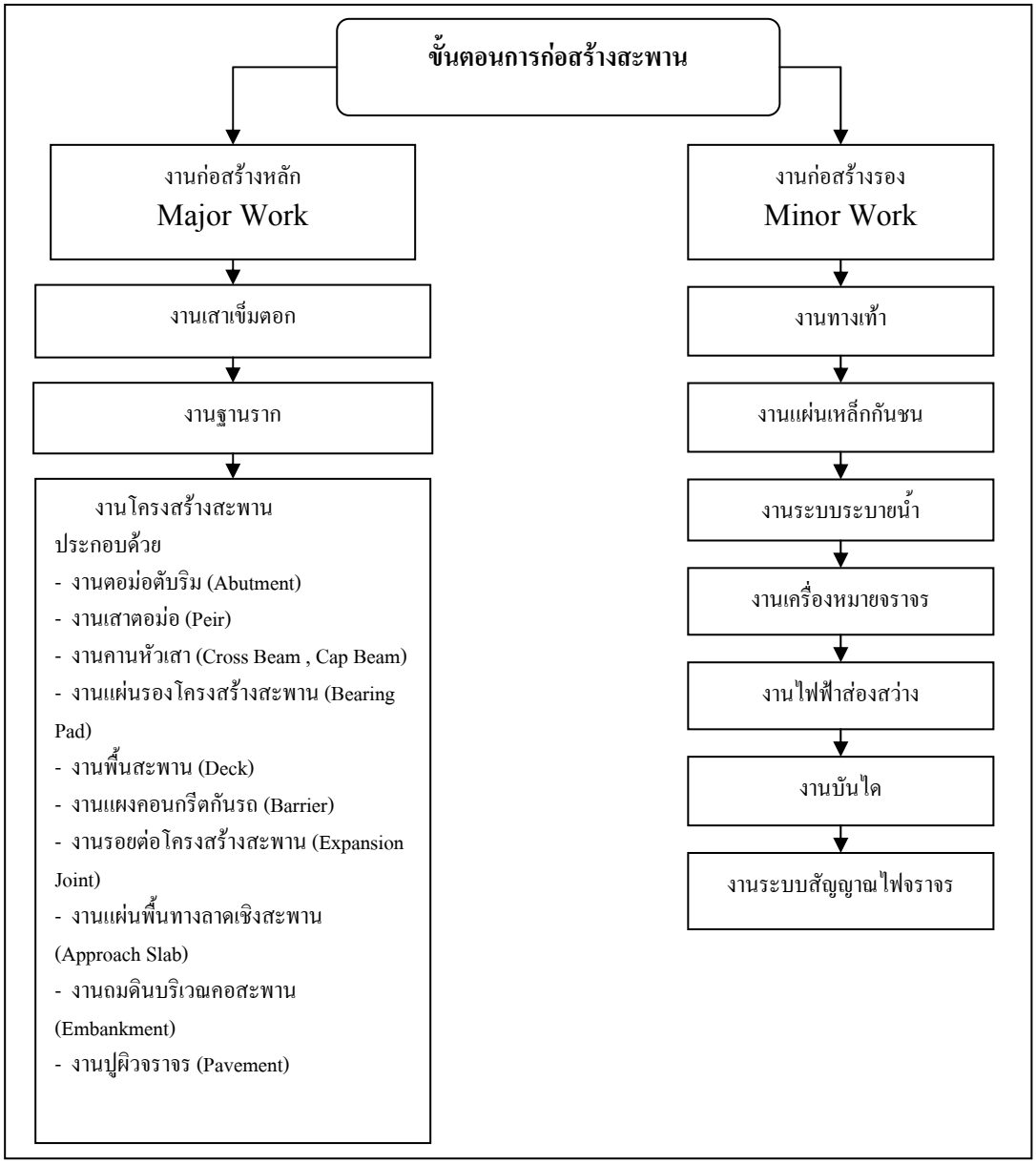
(6) ในการต่อเหล็กแบบวางทาบเหลื่อมกัน สำหรับเหล็กเส้นกลมให้วางทาบโดยให้เหลื่อมกันมีระยะยาวไม่น้อยกว่า 40 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเส้นนั้น และปลายของเหล็กเส้นต้องดัดงอขอ ส่วนเหล็กข้ออ้อย ให้วางทาบกันมีระยะไม่น้อยกว่า 30 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กข้ออ้อยนั้นโดยมิต้องงอขอ

(7) การต่อโดยวิธีการเชื่อมต่อด้วยไฟฟ้าแบบต่อชน (Butt Weld) ต้องเป็นไปตามมาตรฐานของการเชื่อมต่อรอยต่อและต้องมีแรงต้านแรงดึง (Tensile Strength) ได้ไม่น้อยกว่า 1.25 เท่าของแรงต้านทานแรงดึงสูงสุดของเหล็กเส้นตามสมบัติทางกล ของเหล็กเส้นกลมและเหล็กข้ออ้อย

(8) เหล็กเส้นกลม (Round Bar) เป็นไปตาม **สถ. – มส. – 003 มาตรฐานเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต (Reinforcement)**

7. ขั้นตอนการก่อสร้างสะพาน

ในการก่อสร้างสะพานนั้นจะประกอบด้วยงานก่อสร้างหลักและงานก่อสร้างรอง ซึ่งในแต่ละงานหลักและงานรองจะประกอบด้วยงานหลายๆ ส่วน เช่น งานโครงสร้างสะพาน งานถนนทางเชื่อมกับสะพาน งานระบบระบายน้ำ งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง เป็นต้น ดังแสดงในแผนภูมิ ดังนี้



แผนผังการควบคุมงานก่อสร้างสะพาน

<u>องค์ประกอบของคอนกรีต</u>

คอนกรีตประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ มวลรวมหยาบ มวลรวมละเอียด น้ำ อากาศ และน้ำยาผสมคอนกรีตเมื่อนำส่วนผสมต่างๆ มาผสมรวมกันจะมีชื่อเรียกเฉพาะดังนี้

(1) ซีเมนต์เพสต์ (Cement Paste) หมายถึง ปูนซีเมนต์รวมตัวกับน้ำ และน้ำยาผสมคอนกรีต (น้ำยาผสมคอนกรีตจะมีหรือไม่มีก็ได้)

(2) มอร์ต้า (Mortar) หมายถึง ซีเมนต์เพสต์รวมตัวกับทราย

(3) คอนกรีต (Concrete) หมายถึง มอร์ต้าผสมกับหิน

<u>หน้าที่และคุณสมบัติของส่วนผสม</u>

(1) ซีเมนต์เพสต์ (Cement Paste)

ซีเมนต์เพสต์ ในคอนกรีตเป็นสารที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำจนทำหน้าที่ประสานระหว่างมวลรวม หล่อลื่นคอนกรีตสดขณะเท โดยซีเมนต์เพสต์จะไปเคลือบหรือหุ้มเม็ดทรายและก้อนหินทั้งหมดให้ยึดเกาะติดเข้ากันเป็นก้อนแข็ง และช่วยป้องกันการซึมผ่านของน้ำ คุณภาพของซีเมนต์เพสต์ จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างดังนี้

- อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (Water - Cement Ratio)
- คุณภาพและองค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์
- ปฏิกิริยาไฮเดรชั่น หมายถึง ปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำ ซึ่งขึ้นอยู่กับเวลาอุณหภูมิ และความชื้น

(2) มวลรวม (Aggregate)

มวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียดเป็นตัวแทรกประสานที่กระจายอยู่ทั่วซีเมนต์เพสต์ ช่วยให้คอนกรีตมีความคงทน ในเนื้อคอนกรีตมีมวลรวมอยู่ประมาณร้อยละ 60 – 80 ของปริมาณทั้งหมด การเลือกใช้มวลรวมมีความสำคัญอย่างยิ่ง มวลรวมที่ดีต้องมีความแข็งแรงทนทานไม่ขยายตัวมาก มีเหลี่ยมมุมเพื่อช่วยในการยึดเกาะกับซีเมนต์เพสต์ได้ดี คงทนต่อปฏิกิริยาเคมี มีขนาดคละ (Gradation) ที่ดี ช่วยให้คอนกรีตมีเนื้อแน่น มีช่องว่างน้อย

(3) น้ำ (Water)

น้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นกับปูนซีเมนต์ หล่อลื่นให้คอนกรีตอยู่ในสภาวะเหลวสามารถเทได้ ปริมาณน้ำอาจต้องใช้มากกว่าที่ต้องการในปฏิกิริยาไฮเดรชั่น เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเคมีอย่างสมบูรณ์ และให้คอนกรีตเหลวทำงานง่าย **แต่จะทำให้คุณสมบัติการรับกำลังอัดน้อยลงจึงควรใช้น้ำในปริมาณพอเหมาะและเพิ่มเติมเท่าที่จำเป็น**

(4) น้ำยาผสมคอนกรีต (Admixture)

น้ำยาผสมคอนกรีตทำหน้าที่ปรับปรุงคุณสมบัติของคอนกรีตให้ดีขึ้น เช่น เพิ่มความสามารถในการเทได้ หน่วงการก่อตัว เพิ่มกำลังอัด หรือ ความทนทาน เพิ่มความต้านทานการซึมน้ำ เป็นต้น การใช้น้ำยาผสมคอนกรีตควรใช้ในอัตราที่เหมาะสมตามคำแนะนำของผู้ผลิตมิฉะนั้นจะก่อให้เกิดผลเสียในทางตรงกันข้าม

ประเภทของคอนกรีต (Type of Concrete)

คอนกรีตที่ใช้ในงานโครงสร้างอาจแบ่งออกเป็น 4 ประเภทใหญ่ๆ คือ

(1) คอนกรีตล้วน (Plain Concrete) หมายถึงคอนกรีตอย่างเดียวล้วนๆ ไม่มีวัสดุเสริมแรงอื่นประกอบเป็นคอนกรีตที่ออกแบบให้รับแรงอัดเท่านั้น

(2) คอนกรีตน้ำหนักเบา (Light – Weight Concrete) หมายถึง คอนกรีตที่ใช้มวลรวมเบาเป็นองค์ประกอบ

(3) คอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforce Concrete) หมายถึง คอนกรีตที่มีเหล็กเสริมโดยที่เหล็กเสริมและคอนกรีตมีคุณสมบัติร่วมกันในการต้านทานแรงต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนโครงสร้าง เช่น รับแรงอัดและแรงดึงโดยคอนกรีตจะมีหน้าที่รับแรงอัดและเหล็กเสริมรับแรงดึง ทั้งนี้เนื่องจากคอนกรีตเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติรับแรงดึงได้ต่ำ (ประมาณรับแรงดึงได้ต่ำกว่าแรงอัด 8 ถึง 10 เท่า)

(4) คอนกรีตอัดแรง (Prestressed Concrete) หมายถึง คอนกรีตเสริมเหล็กที่ทำให้เกิดหน่วยแรงขึ้นภายในชิ้นส่วนโครงสร้างก่อนโครงสร้างนั้นจะรับแรงภายนอก (น้ำหนักบรรทุกใช้งาน) โดยให้มีขนาดและการกระจายของหน่วยแรงภายในตามต้องการที่จะหักล้างหน่วยแรงอันเกิดจากน้ำหนักบรรทุกใช้งาน

ข้อแนะนำในการนำน้ำยาผสมคอนกรีต มาผสมงานคอนกรีต

(1) ตรวจสอบว่าน้ำยาผสมคอนกรีตที่ใช้ในการก่อสร้างถูกต้องตรงตามข้อกำหนดในแบบหรือรายการประกอบแบบหรือไม่

(2) ตรวจสอบอัตราการใช้น้ำยาผสมคอนกรีตเป็นไปตามข้อกำหนดของผู้ผลิต

(3) น้ำยาผสมคอนกรีตที่ใช้ในการก่อสร้างต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 733 : สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีต และได้รับเครื่องหมายรับรองมาตรฐานอุตสาหกรรม

<u>การผสมคอนกรีต การลำเลียงคอนกรีต การเทคอนกรีต การทำให้คอนกรีตแน่น และการบ่มคอนกรีต (Concrete Mixing , Handling , Placing ,Compacting and Curing)</u>

คอนกรีตจะมีคุณสมบัติการรับกำลังที่ดี หรือความทนทานที่ต้องการต้องขึ้นอยู่กับวิธีการผสมผสานการลำเลียง การเท และการทำให้คอนกรีตแน่น ตลอดจนการบ่มคอนกรีต ถึงแม้ว่าผู้ออกแบบจะมีการกำหนดสัดส่วนผสมให้ดีเพียงใด หากละเลยการปฏิบัติที่ถูกต้อง ก็จะไม่ได้คอนกรีตที่มีคุณภาพตามต้องการ

(1) การผสมคอนกรีต (Mixing)

- ตรวจสอบว่าคอนกรีตที่ใช้ในการก่อสร้าง เป็นตามที่กำหนดในแบบหรือรายการประกอบแบบเป็นคอนกรีต ค1, ค1-2, ค2, ค3 และ ค4 ตามข้อกำหนด หากไม่มีการกำหนดเป็นอย่างอื่น คอนกรีตที่ใช้ให้ใช้ชนิด ค2
- ส่วนผสมของคอนกรีตผู้รับจ้างจะต้องเป็นผู้ทดลองทำส่วนผสมขึ้นเองโดยวิศวกรเป็นผู้ควบคุมการทดลอง โดยการทดลองหาส่วนผสมจะต้องทำล่วงหน้าก่อนใช้งานคอนกรีตจริง
- ปูนซีเมนต์ใช้ไม่น้อยกว่าที่กำหนด ตามตารางที่ 4-8
- อัตราส่วนผสมและขนาดของมวลรวมต้องเหมาะสม กับประเภทของโครงสร้างและรับกำลังได้ตามข้อกำหนด
- ปริมาณน้ำให้มีน้อยที่สุด เพื่อให้คอนกรีตมีความข้นเหลวพอเหมาะไม่เหลวเกินไปและมีความสามารถเทได้ (Workability)
- ความสามารถในการเทได้ของคอนกรีตจะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำ คือจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น ดังนั้นช่วงการยุบที่เหมาะสมสำหรับงานต่างๆ เป็นตามตารางที่ 4-9

ตารางที่ 4-8 ชนิดของคอนกรีตและค่าแรงอัดประลัยต่ำสุด

ชนิดของคอนกรีต	จำนวนปูนซีเมนต์ที่ใช้ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. ต้องไม่น้อยกว่า (กิโลกรัม)	แรงอัดประลัยต่ำสุดของแท่งคอนกรีตมาตรฐานที่อายุ 28 วัน (กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)	
		ลูกบาศก์ 15 x 15 x 15 ซม.	ทรงกระบอก 15 x 30 ซม.
ค 1	290	180	145
ค 1-2	300	210	175
ค 2	320	240	200
ค 3	350	300	250
ค 4	400	420	350

ตารางที่ 4-9 ค่าการยุบตัวของคอนกรีตกับประเภทของงาน

ประเภทของงาน	ค่าความยุบตัว	
	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด
งานฐานรากกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็ก	8.0	2.0
งานฐานรากคอนกรีตไม่เสริมเหล็กงานก่อสร้างใต้น้ำ	8.0	2.0
งานพื้นคานและผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก	10.0	2.0
งานเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก	10.0	2.0
งานพื้นถนนคอนกรีตเสริมเหล็ก	8.0	2.0
งานคอนกรีตขนาดใหญ่	5.0	2.0

- การป้อนวัตถุดิบลงเครื่องผสม จะเริ่มจากการใส่ทรายก่อน ตามด้วยหินบางส่วน ปูนซีเมนต์และน้ำ และใส่หินที่เหลือลงไปสุดท้าย เพื่อจะทำให้มอร์ต้าที่จับกันอยู่แตกตัวออก
- เวลาการผสม (Mixing Time) สำหรับเครื่องผสมที่มีความจุ 1 ลูกบาศก์เมตร หรือน้อยกว่าต้องใช้เวลาผสมนานอย่างน้อย 1 นาที 30 วินาที และให้เพิ่มระยะเวลาผสม 15 วินาที ทุกๆ ความจุที่เพิ่มขึ้น 0.5 ลูกบาศก์เมตร หรือเศษของลูกบาศก์เมตร

- ในกรณีที่ใช้เวลาผสมนานน้ำจะระเหยออกจากคอนกรีต ทำให้คอนกรีตมีความสามารถเทได้ลดลง การเพิ่มปริมาณน้ำเพื่อให้ค่าความสามารถเทได้เหมือนเดิมที่เรียกว่า Re – Tempering จะทำให้กำลังอัดต่ำลงและมีการหดตัว (Shrinkage) เพิ่มขึ้น โดยผลเสียนี้จะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ใส่เข้าไป จึงควรดำเนินการให้เสร็จภายในเวลาที่กำหนด

(2) การลำเลียงคอนกรีต และการเทคอนกรีต (Handling and Placing)

- ตรวจสอบดูแบบหล่อ และการวางเหล็กเสริมว่า มั่นคงและถูกต้องตามแบบหรือรายการก่อสร้าง พร้อมทั้งทำความสะอาดแบบให้ปราศจากเศษวัสดุตกค้าง อุดรอยรั่วต่างๆ เพื่อมิให้น้ำปูนไหลออก เสร็จเรียบร้อยแล้วจึงทำการเทคอนกรีต

- การลำเลียงคอนกรีตและการเทคอนกรีต ต้องทำด้วยความระมัดระวังไม่ให้คอนกรีตที่สม่ำเสมอเกิดการแยกตัวก่อนลงแบบ

- คอนกรีตที่ผสมเสร็จแล้วต้องรีบนำไปเทในแบบโดยเร็ว ก่อนที่คอนกรีตจะแข็งตัว (ไม่ควรเกิน 30 นาที) และต้องระมัดระวังไม่ให้เกิดการเคลื่อนตัวของเหล็กเสริมไปจากตำแหน่งเดิมขณะเท

- ในกรณีที่ไม่สามารถเทคอนกรีตให้เสร็จได้มีความจำเป็นต้องหยุดงาน ถ้าหากเทคอนกรีตในโครงสร้างส่วนหนึ่งส่วนใดไม่เสร็จในรวดเดียวแล้ว การหยุดเทคอนกรีตต้องเป็นไปตามที่วิศวกรผู้ควบคุมงานของผู้ว่าจ้างกำหนดหรือตามตำแหน่ง ดังนี้

  - สำหรับเสาที่ระดับไม่เกิน 7.5 เซนติเมตร ต่ำจากท้องคานหัวเสา
  - สำหรับคานที่กลางคาน โดยรอยหยุดต้องเป็นแนวตั้งฉากกับท้องคาน
  - สำหรับพื้นที่กลางแผ่นพื้น โดยรอยหยุดต้องเป็นแนวตั้งฉากกับท้องพื้น

- เมื่อจะเทคอนกรีตต่อให้ทำผิวคอนกรีตให้หยาบ ตามวิธีที่ได้รับการรับรองแล้วจนเห็นเม็ดหินโผล่โดยตลอดปราศจากฝ้าน้ำปูนหรือเศษหิน ปูน ทราย ที่หลุดร่วง ล้างผิวที่หยาบนั้นด้วยน้ำสะอาดทันทีก่อนเทคอนกรีตใหม่ให้พรมน้ำที่ผิวคอนกรีตให้ชื้นแต่ไม่เปียกโชก

- ห้ามเทคอนกรีตในขณะที่มีฝนตก เว้นแต่จะมีวิธีป้องกัน

รูปที่ 4-6 การเทคอนกรีตพื้นสะพาน

(3) การทำให้คอนกรีตแน่นตัว (Compacting Concrete)

- ตรวจสอบการทำให้คอนกรีตแน่นตัวด้วยวิธีการที่ถูกต้อง โดยให้คอนกรีตไหลเข้าถึงทุกซอกทุกมุม และหุ้มเหล็กเสริมโดยตลอด

- การทำคอนกรีตให้แน่นด้วยเครื่องมือ หรือ การใช้เครื่องมือสั่นสะเทือนให้เป็นไปตามชนิดขนาดและความเหมาะสมของงาน โดยต้องระมัดระวังอย่าทำให้แบบหล่อเสียรูป เหล็กเสริมเคลื่อนที่ผิดตำแหน่ง และคอนกรีตเกิดการแตกตัว

- เมื่อใช้เครื่องสั่นสะเทือนชนิดจุ่ม เพื่อให้คอนกรีตแน่นตัวควรปฏิบัติ ดังนี้

- ให้จุ่มปลายขึ้นลงตรงๆ ช้าๆ การจุ่มต้องจุ่มจนสุดคอนกรีตที่เทใหม่และเลยเข้าไปในชั้นใต้เล็กน้อย

- ให้จุ่มหัวสั่นสะเทือนเป็นจุดๆ ระยะห่างตั้งแต่ 45 – 75 เซนติเมตร โดยใช้เวลาจุ่มนาน 5 – 15 วินาที

- การถอนหัวสั่นสะเทือนขึ้น ให้ถอนขึ้นช้าๆ ประมาณ 7.5 เซนติเมตรต่อวินาที

- ในการจุ่มหัวสั่นสะเทือนต้องระวังอย่าให้หัวสะเทือนถูกแบบหล่อและเหล็กเสริมเพราะจะทำให้แบบหล่อเสียรูป หรือ เหล็กเสริมเคลื่อนที่ผิดตำแหน่งได้
- ห้ามจุ่มหัวสั่นสะเทือนทิ้งไว้นานเกินไป หรือจุ่มซ้ำที่บริเวณเดียวกันเพราะจะทำให้คอนกรีตเกิดการแยกตัว และห้ามใช้เกลี่ยหรือดันคอนกรีต

(4) การบ่มคอนกรีต (Curing)

- ตรวจสอบข้อกำหนดในแบบหรือรายการประกอบแบบว่ากำหนดให้บ่มคอนกรีตด้วยวิธีใดและหากไม่ได้กำหนดไว้ให้ปรึกษากับวิศวกรผู้ออกแบบหรือวิศวกรผู้ว่าจ้าง
- เมื่อเทคอนกรีตเสร็จแล้วในระหว่างคอนกรีตยังไม่แข็งตัว ต้องปกคลุมมิให้ถูกแสงแดดและกระแสลมร้อน และมิให้คอนกรีตได้รับความสะเทือน และเมื่อพ้นระยะเวลา 24 ชั่วโมงหรือเมื่อคอนกรีตแข็งตัวแล้วต้องจัดการบ่มคอนกรีตตามกรรมวิธีและระยะเวลาตามข้อกำหนดในแบบหรือรายการประกอบแบบในทันที
- การใช้น้ำยาบ่มคอนกรีต ต้องตรวจสอบให้เป็นไปตามข้อกำหนดของผู้ผลิตโดยเคร่งครัด

รูปที่ 4-7 การบ่มคอนกรีตโดยใช้กระสอบหรือพลาสติก

<u>การแต่งผิวคอนกรีต</u>

จุดประสงค์เพื่อให้เกิดความสวยงามและเป็นไปตามรูปแบบที่กำหนด มีหลักการดังนี้

(1) เมื่อถอดแบบออกแล้ว ถ้าเนื้อคอนกรีตมีลักษณะเป็นรูพรุนหรือขรุขระ หรือมีรูปร่างผิดไปจากแบบที่ต้องการก่อนที่จะดำเนินการต่อไป ให้แจ้งต่อวิศวกรผู้ออกแบบหรือวิศวกรผู้รับจ้างตรวจสอบพิจารณาเสียก่อน

(2) เมื่อต้องการจะฉาบปูนกับผิวหน้าคอนกรีตให้กะเทาะผิวคอนกรีตให้ขรุขระ ราดน้ำให้ชื้นแล้วจึงฉาบปูน เมื่อฉาบปูนเสร็จแล้วให้มีการป้องกันผิวหน้าแห้งเป็นเวลาต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 3 วัน

(3) ตรวจสอบการแต่งผิวคอนกรีตให้เป็นไปตามข้อกำหนดในแบบหรือรายการก่อสร้าง แบบหล่อมีความสำคัญในการกำหนดรูปร่าง รูปทรง ของงานก่อสร้าง แบบหล่อที่ดีจะทำให้งานก่อสร้างเป็นไปอย่างมีคุณภาพ มีหลักตรวจสอบทั่วไปดังนี้

- ตรวจสอบวัสดุที่ใช้แบบหล่อ ต้องทำจากวัสดุที่แข็งแรง ไม่ผุ ไม่บิดงอ เช่น เหล็ก ไม้
- ตรวจสอบการประกอบแบบหล่อ ต้องเข้าแบบให้สนิทเพื่อกันน้ำปูนรั่ว ผิวด้านในของแบบหล่อต้องเรียบและสะอาดก่อนการเทคอนกรีต
- ตรวจสอบลักษณะรูปร่างของแบบหล่อ ต้องเป็นไปตามรูปแบบก่อสร้าง

รูปที่ 4-8 การตรวจสอบแบบหล่อคอนกรีตให้อยู่ตามแบบก่อสร้าง

- ตรวจสอบแบบหล่อและนั่งร้านต้องมั่นคงแข็งแรงเพียงพอต่อการรับน้ำหนักคอนกรีต และแรงสั่นสะเทือนจากการทำให้คอนกรีตแน่นตัวโดยแบบหล่อไม่ทรุดหรือแอ่นตัวจนเสียระดับหรือแนวแบบหล่อจะถอดไม่ได้จนกว่าจะครบกำหนดเวลา การถอดแบบต้องไม่ให้คอนกรีตได้รับการกระทบกระเทือนและให้ถือกำหนดเวลาการถอดแบบดังนี้

-	แบบข้างคาน กำแพง ฐานราก	2	วัน
-	แบบข้างเสา	3	วัน
-	แบบล่างรองรับพื้น – คาน	14	วัน
	และเมื่อถอดแล้วให้ค้ำยันตามจุดต่างๆ ที่เหมาะสมไว้อีก	14	วัน

- ยกเว้นในกรณีที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดให้แรงสูงเร็ว (ปอร์ตแลนด์ประเภท 3) ให้ถอดแบบได้ทั้งหมดเมื่อคอนกรีตมีอายุครบ 7 วัน
- ตรวจสอบแบบหล่อที่รื้อออกแล้ว ก่อนที่จะนำกลับมาใช้ใหม่จะต้องทำความสะอาด และตกแต่งให้เรียบร้อยอยู่ในสภาพดีดังเดิมก่อนจึงจะนำมาใช้อีกได้
- พื้นผิวสะพานจะต้องมีลักษณะที่เหมาะสมในการรับค่าสัมประสิทธิ์ความฝืด

<u>ระยะหุ้มคอนกรีต</u>

ระยะหุ้มของคอนกรีตต้องเป็นไปตามข้อกำหนดในแบบหรือรายการก่อสร้าง หากไม่ได้กำหนดไว้ให้ใช้ระยะหุ้มคอนกรีตจากผิวด้านในแบบหล่อถึงผิวนอกเหล็กเสริมดังต่อไปนี้

-	พื้น	1.5	เซนติเมตร
-	เสาและคาน	2.5	เซนติเมตร
-	เสาตอม่อ	4.0	เซนติเมตร
-	ฐานราก	5.0	เซนติเมตร

ในกรณีที่สัมผัสดินเค็มหรือน้ำเค็มให้เพิ่มส่วนหุ้มคอนกรีตอีก 2.0 เซนติเมตร

<u>การเก็บตัวอย่างและพิจารณาผลการทดสอบ</u>

(1) **การเก็บตัวอย่างและผลการทดสอบคอนกรีต**

(1.1) เพื่อเป็นการตรวจคุณภาพของคอนกรีตว่าเป็นไปตามข้อกำหนดหรือไม่ ผู้รับจ้างต้องจัดหาแบบเหล็กมาตรฐานมาหล่อตัวอย่างคอนกรีต ขนาด 15x15x15 เซนติเมตร หรือทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร แล้วเก็บตัวอย่างคอนกรีตในหน้างานนั้นๆ ต่อหน้าผู้ควบคุมงานของผู้ว่าจ้าง แล้วนำไปเก็บบำรุงรักษา

(1.2) การเก็บตัวอย่างคอนกรีตที่จะทดสอบให้เก็บทุกวันเมื่อมีการเทคอนกรีตและอย่างน้อย ต้องเก็บ 3 ก้อน เพื่อทดสอบกำลังคอนกรีตเมื่ออายุ 28 วัน โดยใช้วิธีการเก็บ ดังนี้

- เก็บเมื่อหล่อคอนกรีตแต่ละส่วนของโครงสร้าง เช่น ฐานราก เสา คาน และพื้นที่
- เก็บทุกครั้งที่มีการเทคอนกรีตทุกๆ 50 ลูกบาศก์เมตร และเศษของ 50 ลูกบาศก์เมตร
- เก็บทุกครั้งเมื่อมีการเปลี่ยนแหล่งทรายหรือหินกรวด

(1.3) สำหรับคอนกรีตผสมเสร็จ (Ready Mixed Concrete) การเก็บตัวอย่างให้เก็บที่ปากกลางและก้นโม่ จำนวนตัวอย่างให้เป็นไปตามข้อ (1.2)

(1.4) กำลังอัดของแท่งคอนกรีตแต่ละก้อนต้องไม่ต่ำกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 4-8 ถ้าก้อนใดก้อนหนึ่งมีกำลังอัดต่ำกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 4-8 แล้วกำลังอัดเฉลี่ยของทั้ง 3 ก้อนนั้น ต้องมีสูงกว่าที่กำหนดไว้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 และผลต่างของกำลังอัดของก้อนที่มีกำลังอัดต่ำสุดกับค่าที่กำหนดไว้ต้องไม่เกินร้อยละ 10 ของค่าที่กำหนดไว้

(1.5) ในการทดสอบค่าของกำลังคอนกรีตที่อายุ 7 วัน ค่ากำลังอัดของแต่ละก้อนต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของค่าที่กำหนดเมื่ออายุครบ 28 วัน อย่างไรก็ตามการพิจารณาตัดสินกำลังคอนกรีตขั้นสุดท้าย ถือเมื่อก้อนคอนกรีตมีอายุครบ 28 วัน เป็นเกณฑ์

(1.6) หากปรากฏว่าค่าแรงอัดประลัยของผลการทดสอบดังกล่าวไม่เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในข้อ (1.4) ผู้รับจ้างต้องสกัดหรือรื้อส่วนที่เทคอนกรีตแล้วนั้นออกเสียแล้วจัดการหล่อใหม่โดยใช้คอนกรีตที่มีคุณภาพได้แรงอัดประลัยไม่ต่ำกว่าที่กำหนดในข้อ (1.4) หรือผู้รับจ้างจะใช้วิธีตรวจสอบที่ผู้ว่าจ้างเห็นชอบ ความเสียหายหรือค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการหล่อคอนกรีตใหม่หรือการตรวจสอบความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างส่วนนั้นๆ ผู้รับจ้างต้องเป็นผู้รับผิดชอบเองทั้งสิ้น จะคิดมูลค่าเพิ่มเติมจากผู้ว่าจ้างไม่ได้

(1.7) การทดสอบหาค่าแรงอัดประลัยของตัวอย่างคอนกรีตมาตรฐานนั้น ผู้รับจ้างต้องส่งมาให้ผู้ว่าจ้างหรือส่วนราชการอื่นใด หรือที่ผู้แทนของผู้รับจ้างสามารถร่วมทำการทดสอบได้เป็นผู้ทดสอบค่าใช้จ่ายในการนี้ ผู้รับจ้างจะต้องเป็นผู้ออกเองทั้งสิ้น

(2) การเก็บตัวอย่างและผลการทดสอบเหล็กเส้น

(2.1) ผู้รับจ้างต้องตัดเหล็กทุกๆ ขนาด แต่ละขนาดยาวไม่น้อยกว่า 1.00 เมตร เพื่อทำการทดสอบ

(2.2) การเก็บตัวอย่างให้เก็บหนึ่งตัวอย่างจากเหล็กเส้นเส้นหนึ่งต่อจำนวนเหล็กเส้นทุกๆ 100เส้น หรือเศษของ 100 เส้น จำนวนตัวอย่างแต่ละขนาดที่ส่งมาทดสอบในแต่ละชุดจะต้องไม่น้อยกว่า 5 ตัวอย่าง

(2.3) การเก็บตัวอย่าง ต้องเก็บจากกองเหล็กเส้นต่อหน้าผู้ควบคุมงานของผู้ว่าจ้าง

(2.4) เมื่อเก็บตัวอย่างแล้วผู้รับจ้างต้องนำส่งมายังผู้ว่าจ้างเพื่อทำการทดสอบทั้งนี้ผู้ว่าจ้างอาจแจ้งให้นำไปทดสอบที่หน่วยราชการอื่นที่ผู้ว่าจ้างเชื่อถือก็ได้ ค่าใช้จ่ายในการทดสอบผู้รับจ้างต้องเป็นผู้ออกเองทั้งสิ้น ในกรณีที่ไม่ผ่านการทดสอบให้ทำเครื่องหมายและนำออกไปนอกสถานที่ก่อสร้างโดยทันที

(2.5) หากปรากฏว่าเหล็กเส้นตัวอย่างที่นำมาทดสอบนั้น ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดให้ถือว่าเหล็กเสริมคอนกรีตชุดนั้นใช้ไม่ได้

(2.6) ไม่อนุญาตให้นำเหล็กเก่าที่ใช้แล้ว หรือ เหล็กที่เป็นสนิมมาใช้ในงานก่อสร้าง หากตรวจพบให้นำออกนอกบริเวณพื้นที่ก่อสร้างโดยทันที

7.1 งานก่อสร้างหลัก-งานสะพาน

การควบคุมขั้นตอนการผลิตเพื่อให้แน่ใจว่าผลิตภัณฑ์นั้นมีคุณภาพเพียงใด ผู้ควบคุมงานหรือวิศวกรผู้เกี่ยวข้องต้องทราบและเข้าใจกรรมวิธีการทดสอบ มาตรฐานและเกณฑ์การยอมรับถึงคุณสมบัติต่างๆ ของวัสดุ ในการก่อสร้างสะพานมีวัสดุต่างๆ ที่ต้องควบคุมเพื่อให้เกิดความมั่นใจว่างานที่ได้ออกมาจะมีคุณภาพดังนี้

7.1.1 งานเสาเข็มตอก หรือ งานเสาเข็มเจาะ

<u>การเตรียมงานก่อนเริ่มงานก่อสร้างต้องตรวจสอบ</u>

(1) แบบ และเอกสารสัญญาจ้าง

(2) กรรมสิทธิ์ที่ดิน และระบบสาธารณูปโภค

(3) หมุดพยาน และหมุดหลักฐาน

(4) ตำแหน่ง และแนวของสะพาน และเชิงลาด

(5) การเปลี่ยนแปลงสภาพของลำน้ำในบริเวณก่อสร้าง

(6) การประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

(7) การตรวจแผนงานการก่อสร้างของผู้รับจ้าง

(8) การตรวจสอบแบบก่อสร้าง เปรียบเทียบกับพื้นที่ก่อสร้าง

(9) การตรวจสอบปริมาณงานที่ระบุไว้ในใบปริมาณงาน และราคาก่อสร้างกับแบบก่อสร้าง

(10) การจัดเตรียมเอกสารรายงาน และแบบฟอร์มต่างๆ ที่ใช้ในการควบคุม

(11) การจัดเตรียมสำนักงานชั่วคราวควบคุมการก่อสร้าง บอร์ดต่างๆ สำหรับการปฏิบัติงาน เครื่องมือทดสอบ และอุปกรณ์อื่นๆ ที่จำเป็นในการปฏิบัติงานก่อสร้าง

(12) ป้ายชื่อโครงการ

<u>การสำรวจเพื่อการก่อสร้าง</u>

เป็นการสำรวจบนพื้นระบบ (PLANE SURVEYING) งานในขั้นนี้เป็นการตรวจสอบดังนี้

(1) การตรวจหาหมุดหลักฐานบังคับทั้งแนวราบ และแนวดิ่ง

(2) การตรวจสอบแนวทางที่จะทำการก่อสร้าง และหมุดหมายพยานเพิ่มเติม

(3) การตรวจสอบค่าระดับของหมุดระดับพร้อมทำหมุดระดับชั่วคราว

(4) การให้แนวถนนต่อเชื่อมสะพานทั้ง 2 ฝั่ง เพื่อทำการ CLEARING ในการก่อสร้างถนนตามแบบก่อสร้าง และเพื่อการขนส่งวัสดุ – อุปกรณ์ในการปฏิบัติงาน

การวางแนวศูนย์กลางและการวางแนวฉากสะพานด้วยกล้อง THEODOLITE

การวางแนวศูนย์กลางและวางแนวฉากสะพาน ในตอนเริ่มต้นก่อสร้างจำเป็นต้องทำให้ละเอียด และถูกต้อง เพราะแนวศูนย์กลางกับแนวฉากนี้ จะใช้อ้างอิงในการกำหนดรายละเอียด ดังนี้

(1) ตำแหน่งเสาเข็ม (เพื่อก่อสร้างนั่งร้าน และคอกสำหรับตำแหน่งเสาเข็มแต่ละต้น)

(2) ตำแหน่งฐานราก

(3) ตำแหน่งตอม่อ

(4) ตำแหน่งโครงสร้างส่วนอื่นๆ

การตรวจสอบค่าระดับ BM และการทำระดับ TBM

ในการก่อสร้างจะกำหนดค่าระดับ และตำแหน่งหมุดระดับมาให้ผู้ควบคุมงาน โดย ผู้ควบคุมงานจะต้องทำการตรวจสอบว่าหมุดระดับตัวใดบ้างที่ถูกทำลาย และจะต้องบันทึกหมายเหตุไว้ให้ชัดเจน เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้นำค่าระดับของหมุดนั้นไปใช้ เมื่อพบหมุดระดับแล้วให้ทำการตรวจสอบค่าระดับของหมุดเหล่านั้นในขณะเดียวกันก็ทำหมุดระดับชั่วคราวขึ้นเป็นระยะๆ

ถ้าพบหมุดระดับตัวใดอยู่ในบริเวณที่จะทำการก่อสร้างจะต้องย้ายหมุดเหล่านั้นออกไปให้พ้นบริเวณ โดยการถ่ายระดับ และตรวจสอบให้ถูกต้องก่อนที่จะถูกทำลาย ตำแหน่งของหมุดระดับ และหมุดระดับชั่วคราว จะต้องทำเครื่องหมายให้เห็นชัดเจนในสนามเพื่อป้องกันไม่ให้ถูกทำลายไปในขณะก่อสร้าง

รูปที่ 4-9 การควบคุมงานเสาเข็มสะพาน

<u>เสาเข็มตอก</u>

ในงานก่อสร้างทั่วไปเสาเข็มที่ใช้จะเป็นเสาเข็มคอนกรีตหล่อสำเร็จ ซึ่งอาจจะหล่อที่โรงงานก่อน หรือหล่อเสาเข็มที่บริเวณก่อสร้างเลยก็ได้ เสาเข็มคอนกรีตหล่อสำเร็จรูปมีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด คือ

(1) เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็ก

(2) เสาเข็มคอนกรีตอัดแรง

โดยทั่วไปเสาเข็มจะต้องตอกลงไปในดินไม่น้อยกว่า 3.00 ม. (ในกรณีที่เป็นชั้นดินแข็ง หรือชั้นกรวดที่แน่น) และไม่น้อยกว่า 6.00 ม. (กรณีที่เป็นชั้นดินอ่อน หรือชั้นกรวดที่ไม่แน่น)

ความสามารถในการรับน้ำหนักของเสาเข็มสามารถคำนวณได้ โดยการเจาะสำรวจชั้นดิน เพื่อหาคุณสมบัติของดินในชั้นต่างๆ หรือใช้วิธีทดสอบความสามารถในการรับน้ำหนักของเสาเข็ม (STATIC COMPRESSIVE LOAD) อย่างไรก็ตาม ความสามารถในการรับน้ำหนักของเสาเข็มควรจะคำนึงถึงองค์ประกอบดังนี้

(1) ความแตกต่างกันของ ความสามารถในการรับน้ำหนักของเสาเข็มต้นเดี่ยวกับเสาเข็มกลุ่ม

(2) ความสามารถในการรับน้ำหนัก ของชั้นดินใต้ปลายเสาเข็ม

(3) ผลกระทบเนื่องจากการตอกเสาเข็มต่ออาคารโครงสร้างข้างเคียง

(4) การกัดเซาะของน้ำ และผลกระทบที่เกิดขึ้น

(5) การทรุดตัวของชั้นดิน เนื่องจากการถ่ายน้ำหนัก

(6) ในกรณีที่บางส่วนของเสาเข็มอยู่ในอากาศ ในน้ำ หรือในดินที่ไม่สามารถต้านทานแรงทางด้านข้างได้ สิ่งที่จะต้องพิจารณาถึงคือ ความยาวเสาเข็ม และการเกิด BUCKING ของเสาเข็ม

(7) กรณีที่เป็น POINT – BEARING PILES ปลายเสาเข็มที่อยู่ในชั้นดินแข็งจะต้องเป็นชั้นดินแข็งที่มีความหนาของชั้นดินเพียงพอที่จะสามารถรับน้ำหนักได้ ไม่ควรให้ปลายเสาเข็มอยู่ในชั้นดินแข็งที่มีความหนาของชั้นบางๆ และใต้ชั้นดินแข็งนั้นเป็นดินอ่อน

(8) เสาเข็มที่ตอกทะลุชั้นดินอ่อนลงไปสู่ชั้นดินแข็ง ปลายเสาเข็มที่อยู่ในชั้นดินแข็งจะต้องมีระยะเพียงพอ ที่จะทำให้ปลายเสาเข็มนั้นมั่นคง ไม่สามารถจะเคลื่อนตัวไปมาในแนวราบได้

ปั้นจั่น (PILE RIG) เป็นเครื่องมือพื้นฐานที่ใช้ในการตอกเสาเข็ม ปัจจุบันปั้นจั่นที่นิยมใช้ คือ DROP HAMMERS เป็นปั้นจั่นที่นิยมใช้กันแพร่หลาย เนื่องจากใช้ง่ายมีราคาถูก การดูแลรักษาไม่ต้องเข้มงวดมากนัก ประกอบด้วยลูกตุ้มเหล็กที่มีลวดสลิงสำหรับยกลูกตุ้ม มีตะเกียบปั้นจั่นเป็นตัวบังคับให้ลูกตุ้มตกลงมาในแนวเดียวกับเสาเข็ม (พลังงานที่ใช้ในการตอกเสาเข็มได้จากการที่กว้านยกลูกตุ้มขึ้นให้สูงจากหัวเสาเข็มตามที่คำนวณไว้ แล้วปล่อยให้ลูกตุ้มตกลงตามรางตะเกียบ โดยน้ำหนักของลูกตุ้มเองจนกระทบหัวเสาเข็ม)

การตอกเสาเข็มโดยใช้นั่งร้านในพื้นที่ๆ สภาพท้องน้ำมีความลึกไม่มาก และสภาพดินใต้ท้องน้ำมีความสามารถรับน้ำหนักได้ดีก็จะอาศัยนั่งร้านซึ่งเป็นวิธีที่ทำได้ง่ายไม่ต้องใช้เทคนิคมาก และมีราคาถูก เมื่อเทียบกับวิธีอื่น ส่วนการตอกเสาเข็มโดยใช้โป๊ะ สภาพพื้นที่บางแห่งไม่เอื้ออำนวยต่อการตอกเสาเข็มโดยใช้นั่งร้าน เช่น สภาพท้องน้ำมีความลึกมาก หรือสภาพท้องน้ำเป็นดินเลน ซึ่งสภาพเช่นนี้ การทำนั่งร้านจะไม่แข็งแรงเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุได้ง่าย

การตรวจสอบอุปกรณ์ที่ใช้ในการตอกเสาเข็มคอนกรีต

(1) ปั้นจั่นที่นำมาใช้ในการตอกเสาเข็มต้องมั่นคงแข็งแรง และมีความกว้างของฐานปั้นจั่นพอที่จะมีการทรงตัวได้ดีเมื่อยกเสาเข็มขึ้นตั้ง

(2) ชั้นส่วนที่ประกอบกันขึ้นเป็นตัวปั้นจั่นต้องไม่คดงอ หรือแตกร้าว

(3) ตะเกียบคู่หน้าของปั้นจั่นต้องเป็นเส้นตรงไม่หลวมคลอน

(4) เครื่องยนต์ที่ใช้บนปั้นจั่นต้องมีสภาพสมบูรณ์ให้กำลังได้โดยสม่ำเสมอ ห้ามล้อครัทช์ และที่ห้ามการคลายตัวของลวดสลิงต้องอยู่ในสภาพที่ใช้การได้โดยปลอดภัย

(5) ลวดสลิงต้องมีขนาดพอเหมาะกับขนาดของน้ำหนักเสาเข็ม และตุ้มที่ยกไม่สึกหรอจนส่อให้เห็นว่าจะเกิดอันตรายได้โดยง่าย

(6) หมวก ครอบหัวเสาเข็มในการตอกต้องมีขนาดพอเหมาะกับหัวเสาเข็มคือไม่โตกว่าหัวเสาเข็มเกิน 1 ซม.

(7) ภายในหมวกให้ใช้ไม้เนื้ออ่อนรองหัวเสาเข็มได้หนาไม่เกิน 3 ซม. และเมื่อไม้รองในหมวกแตกยุ่ยจนทำให้ประสิทธิภาพของการตอกลดลงต้องเปลี่ยนไม้รองใหม่

(8) หมวกเหล็กจะต้องมีที่บังคับตะเกียบ

(9) ตุ้มที่ใช้ตอกเสาเข็มต้องมีน้ำหนักไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของน้ำหนักเสาเข็ม แต่ต้องหนักไม่น้อยกว่า 3 เมตริกตัน หรือตามแบบกำหนด

(10) แท่นสำหรับห้อยลูกดิ่งจำนวน 2 แท่น ใช้สำหรับตั้งเป็นแนวฉากกับตำแหน่งเสาเข็ม เพื่อเล็งดิ่งที่ของเสาเข็มทั้ง 2 ด้าน ก่อนการตอกเสาเข็ม

การควบคุมการตอกเสาเข็ม การตรวจสอบเสาเข็มก่อนตอกเพื่อให้ได้ผลงานที่ออกมามีคุณภาพดี ผู้ควบคุมงานจะมีการตรวจสอบสิ่งต่างๆ เหล่านี้ก่อนในขณะที่ตอกเสาเข็ม

- เสาเข็มต้องมีเนื้อคอนกรีตที่แน่นสม่ำเสมอไม่มีรอยพรุนหรือรอยแตกซึ่งลึกถึงเหล็กเสริม
- เสาเข็มจะต้องไม่มีรอยร้าวต่อเนื่องกันเกิน ½ ของเส้นรอบรูป และรอยร้าวที่เกิดขึ้นต้องทำมุม 80 - 90 องศากับแนวแกนสะเทิน โดยรอยร้าวแต่ละรอยที่เกิดขึ้นต้องห่างกันเกิน 500 มม.
- รอยร้าวที่เกิดขึ้น ณ ตำแหน่งใดๆ จะต้องมีความกว้างไม่เกิน 0.2 มม.

- เสาเข็มจะต้องแสดงตำแหน่งของจุดยกไว้ให้ชัดแจ้ง ถ้าออกแบบให้ยกเป็นจุดให้ทำเครื่องหมายหรือทำเป็นรูร้อยหรือที่จับยึดสำหรับยกไว้ ถ้าออกแบบให้ยกโดยวิธีอื่น ต้องแสดงวิธีการยกไว้ด้วย
- เมื่อวางตามตำแหน่งที่จุดรองรับที่คำนวณไว้จะต้องมีการโก่งตัว ไม่เกิน 1/360
- หน้าตัดของหัวเสาเข็มต้องตั้งได้ฉากกับแนวแกนของเสาเข็ม และที่หัวเสาเข็มต้องไม่มีเหล็กเสริมโผล่ยื่นออกมา
- ครอบหัวเสาเข็มต้องมีขนาดใหญ่กว่าหัวเสาเข็มเล็กน้อยและมีหมอนไม้หนุนอยู่ทั้งภายในภายนอก
- ปั้นจั่นและเสาเข็มจะต้องอยู่ในแนวเดียวกันและขนานกันทั้งนี้เพื่อให้ลูกตุ้มกระทบหัวเสาเข็มได้เต็มหน้า และเป็นการป้องกันเสาเข็มสะบัด หรือสั่นในขณะตอก ซึ่งจะเป็นสาเหตุให้เสาเข็มหักหรือหนีศูนย์ได้
- ขณะที่ทำการตอกหากเสาเข็มเกิดอาการสั่นสะบัด ลูกตุ้มที่ตอกเด้งขึ้นโดยที่เสาเข็มไม่จมลงไปหรือหัวเสาเข็มแตกทั้งๆ ที่ทำการตอกตามปกติจะต้องหยุดทำการตอกทันที และทำการตรวจสอบว่าสาเหตุมาจากอะไร
- ต้องทำการหยุดตอกเมื่อมีข้อบ่งชี้ว่าเสาเข็มตอกได้ถึงระดับที่สามารถรับน้ำหนักได้แล้ว
- สิ่งที่บ่งชี้ว่าเสาเข็มที่ทำการตอกชำรุดเสียหายก็คือ เสาเข็มจะมีการทรุดตัวเพิ่มขึ้นผิดปกติ ในขณะที่ตอกตามปกติทั้งๆ ที่ลักษณะของชั้นดินไม่มีข้อบ่งบอกว่าจะเป็นเช่นนั้น และหัวเสาเข็มมีการหนีศูนย์มาก
- การตอกเสาเข็มกลุ่ม ควรจะตอกจากต้นกลางของกลุ่มออกไปหาต้นริม

การรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็ม วิศวกรผู้ออกแบบและผู้ควบคุมงาน มักพิจารณาการรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มโดยอาศัยการทดสอบด้วยน้ำหนักบรรทุกหรือพิจารณาจากผลการเจาะสำรวจชั้นดิน ในบางครั้งก็นำข้อมูลจากทั้งสองกรณีมาพิจารณาร่วมกัน ในกรณีที่ไม่มีการทดสอบความสามารถในการรับน้ำหนักของเสาเข็มเกณฑ์ในการตัดสินว่าเสาเข็มสามารถรับน้ำหนักตามที่ระบุในแบบได้หรือไม่ โดยอาศัยวิธีนำค่าเฉลี่ยการทรุดตัวจากการตอก 10 ครั้งสุดท้ายมาคำนวณ ข้อกำหนดมาตรฐานสำหรับงานก่อสร้างเสาเข็มตอกของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ ได้กำหนดสูตรการตอกเสาเข็ม และส่วนปลอดภัยที่ใช้กับแต่ละสูตร ดังนี้

Hiley's Fomula

Qu = (nWhZ) / (S + C/2)

Qa = Qu/Fs

Qu = ค่าน้ำหนักบรรทุกสูงสุด

Qa = ค่าน้ำหนักบรรทุกใช้งานที่ยอมได้

F.S = ค่าส่วนปลอดภัยแนะนำให้ใช้เท่ากับ 4

N = Efficiency= $(W+Pr^2) / (W+P)$

W = น้ำหนักของลูกตุ้มเป็นตัน

P = น้ำหนักของเสาเข็มเป็นตัน

r = Coefficient of restitution = 0.25
ในกรณีที่เสาเข็มคอนกรีตถูกตอกด้วยลูกตุ้มปล่อยรองด้วยกระสอบ

h = ระยะยกลูกตุ้มสูงจากหัวเสาเข็มเป็น ซม.

Z = Equipment loss Factor

= 1.0 สำหรับ Falling hammer

= 0.80 สำหรับ Drop hammer with Friction winch

S = ระยะที่เสาเข็มจมเป็นเซนติเมตร โดยคิดเฉลี่ยจากการตอก
10 ครั้งสุดท้าย

C = Temporary Compression = C1 + C2 + C3

C1 = การยุบตัวของกระสอบรองหัวเสาเข็มหนา L_2 (ม.)

= 1.8 Qu L_2 / A

C2 = การยุบตัวของเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กที่ยาว L (ม.)

= 0.72 QuL / A

C3 = การยุบตัวของดินใต้รอบเสาเข็ม

= 3.60 Qu / A

A = พื้นที่หน้าตัดของเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นตารางเซนติเมตร

Janbu's Fomula

Qu = Wh/ Ku S

Qu = Qu / F.S

Ku = $Cd\,[\,1 + \sqrt{1 + (\lambda / Cd)}\,]$

Cd = 0.75 + 0.15 P / W

λ = (Whl) / AE s^2

F.S = ค่าส่วนปลอดภัยแนะนำให้ใช้เท่ากับ 3

W = น้ำหนักของลูกตุ้มเป็นตัน

h = ระยะยกของลูกตุ้มจากหัวเสาเข็มเป็น ซม.

A = พื้นที่หน้าตัดของเสาเข็ม

E = พิกัด (Modulus of elasticity) เป็น ตัน/ซม.

L = ความยาวเสาเข็มเป็น ซม.

S = ระยะที่เสาเข็มจมเป็นเซนติเมตร โดยคิดเฉลี่ยจากการตอก 10 ครั้งสุดท้าย

P = น้ำหนักของเสาเข็มเป็นต้น

ผลของการตอกเสาเข็ม การตอกเสาเข็มทำให้เกิดการสั่นสะเทือนในดิน คลื่นของการสั่นสะเทือนจะมีหลายรูปแบบ ผลของการตอกเสาเข็มทำให้

(1) ในบริเวณที่เป็นทรายร่วนหรือดินทรายหลวมๆ จะทำให้พื้นดินบริเวณที่ตอกเสาเข็มทรุดตัวลง เนื่องจากทรายหรือดินเกิดการแน่นตัว แต่ถ้าตอกในพื้นที่ที่เป็นพื้นทรายแน่นกลับทำให้ทรายหลวมตัวขึ้นเมื่อเป็นเช่นนี้ประสิทธิภาพการรับน้ำหนักของเสาเข็มกลุ่มลดลง

(2) ในบริเวณที่เป็นดินเหนียว ดินอาจปูดขึ้นมาได้ การแทนที่ดินของเสาเข็มมีผลทำให้เกิดการเลื่อนตัวของดินไปดันสิ่งก่อสร้างบริเวณข้างเคียงให้ได้รับความเสียหาย

(3) แรงสั่นสะเทือนของการตอกเสาเข็มที่เกิดขึ้น ทำให้กำลังของดินเสียไปประมาณ 28%

(4) ระยะที่กระทบกระเทือนนั้นห่างจากผิวเสาเข็มเท่ากับระยะเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็ม

(5) กำลังของดินที่เสียไปจะกลับคืนมาหลังจากการตอกไปแล้ว 14 วัน

<u>งานเสาเข็มเจาะ</u>

ขั้นตอนการทำเสาเข็มเจาะ

(1) กดปลอกเหล็กในชั้นดินอ่อน เมื่อได้ตำแหน่งเสาเข็มเจาะที่ถูกต้องตามแบบแล้ว จะต้องกดปลอกเหล็กลงไปตลอดชั้นดินอ่อนเพื่อป้องกันรูเจาะเป็นคอคอด อีกทั้งเป็นการป้องกันน้ำและการพังของรูเจาะ สำหรับในกรุงเทพฯ จะใช้ปลอกเหล็กยาวประมาณ 12-15 เมตร

(2) หลังจากกดปลอกเหล็กเสร็จเรียบร้อยแล้วจึงเริ่มเจาะรูเสาเข็ม โดยปกติจะใช้หัวเจาะแบบสว่านเจาะเพื่อเอาดินขึ้นตลอดความยาวที่ฝังปลอกเหล็กไว้ซึ่งสามารถทำงานเจาะดินได้ค่อนข้างรวดเร็ว เมื่อพบน้ำในรูเจาะ และลักษณะชั้นดินมีทรายรวมอยู่เป็นจำนวนมากขึ้นจะต้องเปลี่ยนหัวเจาะเป็นแบบถัง เพื่อให้สามารถเก็บดินที่เจาะขึ้นมาได้ ซึ่งในขั้นตอนนี้ จะต้องเติมน้ำสารละลายเบน-โทไนท์เพื่อป้องกันดินในรูเจาะพังทลาย การเจาะดินโดยใช้หัวเจาะแบบถังจะได้ปริมาณงานช้ากว่าการเจาะด้วยสว่าน

(3) เมื่อเจาะรูเสาเข็มได้ขนาดและความลึกที่ต้องการแล้วก็นำเหล็กเสริมเสาเข็มใส่ลงไปในรูเจาะ ต่อกันจนได้ความยาวที่กำหนดไว้ ใช้เครื่องมือจับยึดเหล็กเสริมให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง

(4) ลงท่อคอนกรีต หลังจากใส่เหล็กเสริมเสาเข็มครบจำนวนแล้วนำท่อเทคอนกรีตหย่อนลงไปในรูเจาะจนถึงก้นหลุม โดยปกติท่อเทจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 6 - 8 นิ้ว

(5) ก่อนเทคอนกรีตต้องใช้วัสดุสำหรับไล่น้ำในรูเจาะออกไปจากท่อเทโดยใส่วัสดุลงไปในปากกรวยของท่อเทคอนกรีตด้านบน ซึ่งวัสดุที่ใช้จะต้องได้รับการอนุมัติแล้ว เช่น โฟมเม็ด เป็นต้น แล้วจึงเทคอนกรีตผ่านกรวยรับคอนกรีตให้ไหลลงไปในท่อเท คอนกรีตจะดันโฟมเม็ดให้ขับน้ำออกไปจากท่อเท โฟมเม็ดจะหลุดออกจากปลายล่างสุดของท่อเทแล้ว ลอยน้ำขึ้นมาที่ปากรูเจาะ ส่วนคอนกรีตที่เทลงไปจะเข้าแทนที่น้ำ และไล่น้ำจากหลุมขึ้นมาจนเต็มรูเจาะ

(6) ดึงปลอกเหล็กขึ้น หลังจากเทคอนกรีตเสร็จเรียบร้อยก็ทำการดึงปลอกเหล็กขึ้นจากรูเจาะ ทันที ถ้าทิ้งไว้นานคอนกรีตจะเริ่มแข็งตัวแล้วเกาะยึดปลอกเหล็กทำให้ไม่สามารถดึงขึ้นได้

รายการที่ผู้ควบคุมงานจะต้องตรวจสอบในการทำเสาเข็มเจาะ

(1) ตรวจสอบตำแหน่งที่จะเจาะให้ถูกต้อง

(2) ตรวจการใส่ Casing ชั่วคราว ตรวจดิ่งของ Casing และแกนของเครื่องเจาะด้วยระดับน้ำหรือกล้อง Theodolite

(3) ตรวจความลึกของรูเจาะด้วยลูกดิ่งหรือวิธีอื่นที่วิศวกรอนุมัติ

(4) ตรวจโครงเหล็กเสริมให้ถูกต้องตาม Shop Drawing และตรวจการเชื่อมเหล็ก

(5) ก่อนเทคอนกรีตต้องตรวจสอบความลึกและการพังทลายของดินข้างหลุมตลอดจนตะกอนก้นหลุมอีกครั้ง

(6) ในกรณีที่ใช้ Bentonite หมุนเวียน ให้ตรวจสอบคุณภาพ ความหนาแน่น Viscosity เปอร์เซนต์ทราย ค่า pH ให้ถูกต้องตามบทกำหนด

(7) ตรวจส่วนผสมคอนกรีตให้ตรงตาม Mix Design ที่ได้รับอนุมัติแล้ว

(8) ตรวจสอบความยาวท่อเท ในครั้งแรกปลายจะอยู่ห่างจากก้นหลุมประมาณ 10 ซม. จากนั้นจะต้องจมอยู่ในคอนกรีตไม่น้อยกว่า 2 เมตร ตลอดเวลา ก่อนใช้ท่อเททุกครั้งท่อเทต้องสะอาดและผนึกแน่น

(9) ตรวจสอบปริมาณคอนกรีตที่เทไปแล้วเทียบกับค่าที่คำนวณไว้เป็นระยะๆ

(10) ทำระเบียนบันทึกเวลาทำงาน ปริมาณคอนกรีต และสิ่งผิดปกติต่างๆ

ข้อควรปฏิบัติสำหรับผู้ควบคุมงานการทำเสาเข็มเจาะ

(1) ศึกษารายละเอียดการทำเสาเข็มเจาะ รูปแบบรายการของวิศวกรผู้ออกแบบตลอดจนข้อกำหนดต่างๆ

(2) ศึกษาขั้นตอนการทำงานจากบริษัทฯ ผู้ทำงานเสาเข็มเจาะ

(3) ทำแบบฟอร์มเพื่อบันทึกข้อมูลสำหรับการควบคุมงาน

(4) ทำรายการต่างๆ ที่ผู้ทำเสาเข็มเจาะจะต้องขออนุมัติก่อนการทำงาน โดยดำเนินการให้เสร็จเรียบร้อยแล้วก่อนเริ่มงาน

(5) ทำหน้าที่อย่างมีเหตุผล ประสานงาน แก้ไขและหาข้อยุติของปัญหาต่างๆ ด้วยความถูกต้องรวดเร็ว ไม่เกิดความล่าช้าต่อการทำงาน

แผนภูมิการทำงานที่ผู้ควบคุมงานควรจัดทำ

(1) รายละเอียดของประเภทงานรายวัน

(2) เวลาการทำงานของผู้รับจ้าง

(3) สภาพอากาศ และอุณหภูมิ

(4) ปริมาณบุคลากรประเภทต่างๆ

(5) ระดับความลึกปลายเสาเข็มเจาะ

(6) ความก้าวหน้าของการทำงาน

(7) ปริมาณการใช้คอนกรีตและเหล็กเสริม

คุณสมบัติของสารละลายเบนโทไนท์ที่ใช้งานในปัจจุบัน

(1) Density อยู่ระหว่าง 1.02 - 1.1 ตัน/$ม^3$

(2) Viscosity อยู่ระหว่าง 30 - 50 วินาที

(3) pH อยู่ระหว่าง 7.5 – 12

(4) Sand Content ไม่เกิน6%

การควบคุมงานเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่

(1) การตรวจสภาพพื้นที่ และสภาพแวดล้อม การสำรวจสภาพสิ่งก่อสร้างอาคารข้างเคียงที่ติดกับพื้นที่ก่อสร้างว่ามีสภาพอย่างใด มีรอยร้าว แตกชำรุดหรือไม่ ซึ่งอาจบันทึกไว้ด้วยภาพถ่ายเป็นหลักฐานในการชี้แจงเมื่อมีปัญหาการร้องเรียน ว่าเกิดการเสียหายขึ้นเนื่องจากงานก่อสร้างเป็นต้น

(2) การตรวจรับผังบริเวณ เป็นสิ่งที่สำคัญมากที่สุดเรื่องหนึ่ง ที่จะต้องมีความรอบคอบและทำให้ถูกต้อง ควรได้รับการอนุมัติยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษร ให้ทำงานตามแบบผังบริเวณจากเจ้าของโครงการ

(3) การตรวจแบบแปลนเสาเข็ม ดูระยะแสดงตำแหน่งเสาเข็มและจุดอ้างอิงต่างๆ ที่สำคัญหากมีรายละเอียดไม่ครบถ้วน หรือขัดแย้งกันเอง ผู้รับจ้างควรที่จะทำหนังสือขอรายละเอียดเพิ่มเติมจากผู้ออกแบบ และผู้รับจ้างควรตรวจระยะต่างๆ ในสนามเพื่อเทียบกับแบบก่อสร้างแล้วจัดทำแบบแปลนเสาเข็มเพื่อขออนุมัติใช้ทำงานได้อย่างถูกต้อง

(4) การเตรียมแผนภูมิแสดงข้อมูลการทำงาน ใช้แสดงข้อมูลต่างๆ ที่สำคัญของการทำงานในรูปของแผนภูมิต่างๆ เช่น แผนภูมิวงกลม แผนภูมิแท่ง และกราฟเส้นแสดงความสัมพันธ์ปริมาณงานต่อเวลา เพื่อให้เจ้าของโครงการตลอดจนผู้เกี่ยวข้องใช้ประโยชน์ในการรับทราบความก้าวหน้าใช้พิจารณาเพื่อวิเคราะห์ปัญหาและวางแผนงานให้ดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

(5) การเตรียมบุคลากรทำหน้าที่ควบคุมงาน สำหรับงานควบคุมเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ซึ่งเป็นงานที่จะต้องบันทึกข้อมูลการทำงานแต่ละขั้นตอนค่อนข้างละเอียด ต้องทำงานกรำแดดกรำฝนในช่วงเวลาทำงานตั้งแต่ 10-16 ชั่วโมง ต่อวันและอาจจะไม่มีวันหยุดและเป็นการทำงานกลางแจ้ง ดังนั้น ผู้ควบคุมงานจึงต้องเป็นผู้มีสุขภาพดี แข็งแรง อดทน สามารถอุทิศเวลาให้กับงานได้ตลอดเวลางาน

(6) การบันทึกข้อมูลการทำงาน ผู้ควบคุมงานระดับช่างเทคนิคจะเป็นผู้บันทึกข้อมูลการทำงานเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่โดยละเอียดและตลอดเวลา เช่น เวลาเริ่มและเวลาเสร็จของงานแต่ละขั้นตอน ลักษณะชั้นทรายของปลายเสาเข็ม ความลึกของการเจาะ ความยาวของเหล็กเสริมเสาเข็ม ปริมาตรคอนกรีตที่คำนวณได้และคอนกรีตที่ใช้งานจริง สภาพอากาศ สิ่งกีดขวางอุปสรรคและปัญหาการปฏิบัติงาน หรือหลีกเลี่ยงข้อกำหนด อุบัติเหตุ ข้อน่าสังเกต ข้อควรระวัง โดยการบันทึกข้อมูลต่างๆ ลงในแบบฟอร์มที่ได้จัดทำขึ้นให้เหมาะสมกับลักษณะของงาน มีความง่ายและสะดวกต่อการบันทึกและตรวจสอบ

(7) การตรวจสอบตำแหน่งเสาเข็มเจาะ ขั้นแรกต้องตรวจสอบจากแบบก่อสร้างแล้ว จึงตรวจโดยการวัดในสนามโดยใช้กล้องและเทปวัดระยะ เมื่อกดปลายเหล็กบนตำแหน่งที่ทำไว้แล้วจะต้องตรวจดูว่ามีระยะคลาดเคลื่อนเกินค่าที่ยอมให้หรือไม่ หากเกินไปมากก็ต้องแก้ไขโดยการถอนแล้ว

กดใหม่ แต่หากมีระยะคลาดเคลื่อนเล็กน้อยก็ต้องบันทึกไว้ ซึ่งในกรณีที่เป็นเสาเข็มกลุ่มในฐานรากเดียวกันก็อาจมีการปรับแก้ตำแหน่งเสาเข็มในกลุ่มให้อยู่ในตำแหน่งที่มีศูนย์ถ่วงอยู่ในจุดเดิมตามแบบ

(8) การตรวจแนวดิ่งเสาเข็มเจาะจะทำในขณะเริ่มกดปลอกเหล็กลงดินโดยใช้กล้องหรือระดับน้ำซึ่งมีความยาวไม่น้อยกว่า 1 เมตร (โดยปกติจะยอมให้มีความคลาดเคลื่อนในแนวดิ่งไม่มากกว่า 1 : 100) ทาบที่ปลอกเหล็ก 2 ด้านที่ตั้งฉากกันจะทำให้ปลอกเหล็กได้ดิ่ง ซึ่งจะช่วยให้การเจาะรูเสาเข็มได้ดิ่งด้วยเพราะปลอกเหล็กจะช่วยบังคับหัวเจาะไปในตัว และควรตรวจดิ่งของก้านเจาะในขณะเจาะดินและตรวจดิ่งของปลอกเหล็กในขณะถอนขึ้นหลังเทคอนกรีตเสร็จด้วยวิธีเดียวกัน จะช่วยให้เสาเข็มเจาะได้ดิ่งตามต้องการ

(9) การวัดความลึกเสาเข็มเจาะ โดยใช้สายวัดระยะถ่วงปลายด้วยก้อนน้ำหนัก เช่น ลูกดิ่งหรือเศษเหล็กที่มีน้ำหนัก และขนาดเหมาะสม หย่อนลงไปในรูเจาะจนถึงก้นหลุม เพื่อบันทึกข้อมูลของความลึกสำหรับใช้ในการคำนวณปริมาณคอนกรีตที่จะสั่งเข้ามาและเปรียบเทียบกับปริมาณคอนกรีตที่เทจริงเพื่อพิจารณาดูว่ามีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นหรือไม่ การวัดความลึกนี้ควรวัดประมาณ 2-3 จุด แล้วหาค่าความลึกเฉลี่ย ซึ่งในระหว่างเทคอนกรีตก็ควรมีการวัดระดับคอนกรีตที่เทได้เทียบกับการคำนวณเป็นระยะๆ ด้วยวิธีเดียวกันเพื่อพล็อตกราฟดูว่ามีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นที่จุดใดหรือไม่

(10) การตรวจความสะอาดก้นหลุมเสาเข็มเจาะ เมื่อเจาะถึงระดับชั้นทรายได้ระยะ 3 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางเสาเข็มตามข้อกำหนดแล้ว ควรตรวจดูความสะอาดของทรายก้นหลุมที่หัวเจาะแบบถังขุดขึ้นมาว่ามีความสะอาดหรือไม่ ซึ่งในบางครั้งอาจพบเศษวัสดุ เช่น เศษไม้ผุเก่าๆ ปะปนอยู่หรือมีเศษดินเป็นก้อนผสมอยู่ เนื่องจากหลุดร่วงจากผนังรูเจาะลงไปก็ต้องขุดต่อไปอีกเล็กน้อยเพื่อนำสิ่งสกปรกดังกล่าวขึ้นให้หมดจนเหลือแต่ชั้นทรายแน่นที่สะอาดจะช่วยให้ค่าทรุดตัวของเสาเข็มเมื่อมีน้ำหนักบรรทุกแล้วมีค่าไม่มากจนเกิดความเสียหายต่อโครงสร้าง

(11) การกำหนดระดับปลายเสาเข็มเจาะในสนาม ระดับปลายเสาเข็มเจาะที่ระบุในแบบก่อสร้างจะเป็นระดับโดยประมาณที่มาจากข้อมูลการเจาะสำรวจดิน ดังนั้นระดับปลายเสาเข็มเจาะจริงๆ จะต้องกำหนดขึ้นจากการเจาะดินให้ได้ตามข้อกำหนด เช่น ต้องถึงระดับชั้นทรายแน่น และมีระยะปลายเสาเข็มฝังอยู่ในทรายไม่น้อยกว่า 3 เท่าเส้นผ่าศูนย์กลางของเสาเข็มต้นนั้น และทรายก้นหลุมจะต้องสะอาดและผนึกแน่นปราศจากสิ่งสกปรก หรือเศษดินที่ร่วงหล่นลงไป ซึ่งระดับปลายเข็มดังกล่าวโดยปกติผู้รับจ้างจะเป็นผู้พิจารณาร่วมกับผู้ควบคุมงาน ถ้ามีข้อขัดแย้ง ผู้ควบคุมงานควรรายงานข้อมูลเพื่อขอความเห็นต่อวิศวกรผู้ออกแบบ เพื่อใช้ปฏิบัติได้ถูกต้องต่อไป

(12) การพิจารณาลักษณะทรายที่ปลายเสาเข็ม ผู้ควบคุมงานต้องมีวิธีตรวจลักษณะทรายที่ให้ผลได้ชัดเจน ซึ่งทำด้วยวิธีง่ายๆ โดยใช้กระบอกตวงชนิดแก้วขนาดจุ 500-1,000 ซี.ซี.

นำทรายตัวอย่างที่ต้องการตรวจสอบใส่ในกระบอกตวง แล้วเติมน้ำสะอาด ทั้งทรายและน้ำที่ใส่ลงไปต้องมีปริมาณคงที่ในการทดลองทุกครั้งเพื่อสามารถเปรียบเทียบกันได้ แล้วเขย่าทรายที่ผสมน้ำให้กระจายตัว ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที จะเห็นสี และขนาดของเม็ดทรายตัวอย่าง ตลอดจนตะกอนที่ตกค้างอยู่บนเนื้อทรายสามารถเปรียบเทียบกับทรายในบริเวณเสาเข็มทดลองได้อย่างชัดเจน หลังจากนั้นก็เก็บตัวอย่างใส่ขวดพลาสติก พร้อมบันทึกตำแหน่ง และระดับความลึกของเสาเข็มต้นนั้นไว้ สำหรับตัวอย่างทรายที่จะเก็บควรเก็บจากระดับปลายเสาเข็ม และชั้นที่ถัดขึ้นมา 10 ชั้น ใส่ขวดพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว สูง 2 นิ้ว

(13) ระดับหัวเสาเข็มกับวิธีการเทคอนกรีต เนื่องจากการยุบตัวของคอนกรีตเสาเข็มเจาะภายหลังถอนปลอกเหล็กขึ้นจะมีค่าสูงตั้งแต่ 2 ถึง 4 เมตร ดังนั้นวิธีการเทคอนกรีตเสาเข็มเจาะที่มีระดับหัวเสาเข็มใกล้ผิวดิน เช่น ระดับหัวเสาเข็มมีค่า 2.00 เมตร ขึ้นมาใกล้ผิวดินอาจจะต้องเทคอนกรีตด้วยวิธีดึงปลอกเหล็กขึ้นสูงจากระดับผิวดินประมาณ 2 เมตร แล้วเทคอนกรีตเผื่อการยุบตัวไว้จนเต็มเมื่อถอนปลอกออก คอนกรีตจะยุบตัวลงไปโดยมีระดับหัวเสาเข็มไม่ต่ำกว่าระดับที่กำหนดไว้ ซึ่งการเทคอนกรีตวิธีนี้จะต้องเทคอนกรีตไล่สิ่งสกปรก เช่น น้ำเบนโทไนท์ และเศษดินต่างๆ ให้ไหลล้นขึ้นมาที่ปากปลอกเหล็ก จนมีแต่คอนกรีตที่ดีล้วนๆ เต็มอยู่ที่ปากปลอกเหล็กแล้วยกปลอกเหล็กขึ้นให้สูงจากระดับผิวดินตามที่ต้องการด้วยไวโบร์แฮมเมอร์ หลังจากนั้นจึงเทคอนกรีตเติมลงไปในปลอกเหล็กจนได้ปริมาณที่พอต่อการเผื่อค่ายุบตัว แล้วจึงถอนปลอกเหล็กออกจากรูเจาะ สำหรับเสาเข็มเจาะที่มีระดับหัวเสาเข็มตั้งแต่ 4.00 เมตร ลงไปในดิน สามารถเทคอนกรีตด้วยวิธีปกติ คือ เทคอนกรีตไล่สิ่งสกปรกจนเห็นเนื้อคอนกรีตล้วนที่ปากปลอกเหล็ก แล้วก็ถอนปลอกเหล็กขึ้นได้เลย

(14) การตรวจคุณสมบัติคอนกรีต สำหรับงานเสาเข็มเจาะ คอนกรีตจะต้องมีค่ายุบตัวไม่น้อยกว่า 15 เซนติเมตร เพื่อสามารถเทผ่านท่อได้ง่าย และรวดเร็ว โดยสามารถไหลเข้าไปตามซอกต่างๆ ได้จนเต็มไม่เกิดโพรง และจะต้องใช้สารผสมตัวหน่วงเพื่อยืดเวลาแข็งตัวออกไปให้มากกว่า 4 ชั่วโมง ดังนั้น การตรวจคุณสมบัติคอนกรีต จึงต้องทำการทดสอบค่ายุบตัวของคอนกรีตทุกคันรถ แล้วบันทึกไว้ ซึ่งในบางครั้งค่ายุบตัวจะวัดได้น้อยกว่ากำหนด และผู้รับจ้างอาจจะขอให้มีการเติมน้ำเพิ่ม ในกรณีนี้ผู้ควบคุมงานควรขอความเห็นผู้ออกแบบเพื่อใช้เป็นแนวการปฏิบัติไว้ก่อนที่จะเริ่มงาน

(15) การตรวจเหล็กเสริมเสาเข็ม เหล็กเสริมควรตัดตัวอย่างไปทดสอบวัดแรงดึงและพื้นที่หน้าตัดเพื่อเสนอผลการทดสอบต่อผู้ออกแบบ ในกรณีที่จะต้องมีการต่อเหล็กด้วยการเชื่อมก็ควรส่งตัวอย่างการเชื่อมเพื่อทดสอบเพื่อขออนุมัติใช้งาน ต่อไป

(16) ในขณะที่มีการเทคอนกรีตเสาเข็มเจาะ เมื่อเกิดปัญหาขัดข้องจากการเทคอนกรีตต่างๆ เช่น รถคอนกรีตขาดระยะเป็นเวลานานทำให้เวลาการเทคอนกรีตเกินกำหนดที่ขออนุมัติ

ไว้ เกิดการอุดตันในท่อเทคอนกรีตเทต่อไปไม่ได้ ท่อเทคอนกรีตหลุดลงไปในรูเจาะขณะเทคอนกรีต เหล็กเสริมเสาเข็มลอยขึ้นมาขณะเทคอนกรีต ฯลฯ ผู้ควบคุมงานจะต้องตัดสินใจที่จะแก้ปัญหาต่างๆ ในทันทีเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายมากยิ่งขึ้นต่อไป

(17) การเก็บตัวอย่างคอนกรีตเสาเข็มเจาะ เสาเข็มเจาะขนาดใหญ่จะใช้คอนกรีตตั้งแต่ 25 ม^3 ถึง 60 ม^3 ต่อตัน ซึ่งจะเห็นว่ามีปริมาณมาก จึงควรมีการเก็บตัวอย่างคอนกรีตที่ใช้งานทุกตันๆ ละไม่น้อยกว่า 9 ก้อนตัวอย่าง โดยสุ่มเก็บจากรถคอนกรีต 3 คันๆ ละ 3 ก้อน

(18) การทดสอบคุณสมบัติเบนโทไนท์ เบนโทไนท์ชนิดที่ผลิตจำหน่ายอยู่ในรูปของผงละเอียดเป็นถุงๆ ละ 50 กิโลกรัม มีคุณสมบัติดูดน้ำได้ดี แต่ละอนุภาคจะพองตัวเบียดกัน ทำให้น้ำไหลผ่านระหว่างอนุภาคได้ยากจึงใช้สำหรับป้องกันผนังรูเจาะไม่ให้พังทลาย โดยผสมน้ำแล้วใส่ลงไปในรูเจาะขณะเจาะดินด้วยระบบเปียก น้ำสารละลายเบนโทไนท์จะช่วยป้องกันมิให้น้ำใต้ดินไหลผ่านรูเจาะ และ รูเจาะจะไม่เกิดการพังทลาย ด้วยเหตุนี้ จึงต้องมีการตรวจคุณสมบัติของเบนโทไนท์ก่อน ได้แก่ ความหนาแน่น ความหนืด ความเป็นกรดด่าง และปริมาณทรายที่เจือปน ซึ่งจะต้องมีการทดสอบคุณสมบัติทุกวันก่อนใช้งานแล้วบันทึกไว้

(19) การทำรายงานเสนอต่อเจ้าของโครงการ ควรมีรายงานประจำวันแสดงถึงรายละเอียดของการทำงาน และข้อมูลที่เป็นประโยชน์ เช่น รายงานประจำสัปดาห์ แสดงข้อมูลโดยสรุปสาระสำคัญของข้อมูลจากรายงานประจำวัน และรายงานประจำเดือนซึ่งควรจัดเป็นเล่มให้เรียบร้อย และอาจมีรูปถ่ายแสดงภาพงานปัจจุบันไว้ด้วย เป็นต้น

(20) แผนภูมิแสดงข้อมูลการทำงานเป็นสิ่งที่เป็นประโยชน์ที่จะใช้พิจารณาแก้ปัญหางาน และใช้ประกอบเอกสารรายงานเสนอต่อเจ้าของโครงการ

(21) ความสะอาดของพื้นที่การทำงานเป็นสิ่งจำเป็นมาก สำหรับกองดินที่ได้จากการเจาะดินถ้าทิ้งไว้จะมีกองขนาดใหญ่ และจะกีดขวางการทำงานต่างๆ อย่างมาก ดังนั้นควรจะต้องมีการขนดินออกไปนอกบริเวณตลอดเวลาที่มีการเจาะดิน เศษดินต่างๆ ก็ควรตักเก็บกวาดอยู่เสมอ เพื่อเมื่อโดนน้ำก็จะเป็นโคลนทำให้ลื่น อาจเกิดอุบัติเหตุร้ายแรงได้ตลอดจนน้ำเบนโทไนท์ที่ไหลนองตามพื้นที่การทำงานจะต้องรีบทำความสะอาด ไม่ควรปล่อยทิ้งไว้และต้องป้องกันไม่ให้ไหลลงท่อหรือทางระบายน้ำจะทำให้เกิดการอุดตัน

(22) เครื่องจักร และอุปกรณ์การทำเสาเข็มเจาะจะมีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก โดยปกติควรมีชนิดและจำนวนดังต่อไปนี้เป็นอย่างน้อย คือ รถเครนติดตั้งเครื่องเจาะ 1 คัน รถเครนสำหรับบริการทั่วไป (Service Crane) เช่น ใช้ยกไวโบร์แฮมเมอร์ ยกท่อเทคอนกรีต ยกเหล็กเสริม ซึ่งถ้ามีจำนวน 2 คัน จะช่วยให้งานมีความคล่องตัวและรวดเร็วขึ้นมาก รถตักดิน 1 คัน รถบรรทุกดิน 1 คัน เครื่องสูบน้ำ

เบนโทไนท์ถังเก็บ ถังผสมน้ำเบนโทไนท์ เครื่องมือทำความสะอาดน้ำสารละลายเบนโทไนท์ ปลอกเหล็กหัวเจาะดินแบบต่างๆ ท่อเทคอนกรีตหัวเขย่า เป็นต้น

(23) เมื่อมีความจำเป็นที่จะทิ้งรูเจาะไว้ค้างคืน ผู้ควบคุมงานควรจะขอความเห็นต่อวิศวกรผู้ออกแบบเสียก่อนเพื่อขอทราบวิธีปฏิบัติ แต่โดยปกติแล้วการทิ้งรูเจาะไว้ค้างคืนอาจทำได้ต่อเมื่อระดับที่เจาะทิ้งไว้ไม่อยู่ในชั้นทรายปลายเสาเข็ม เพราะทรายข้างรูเจาะมักจะพังทำให้สิ้นเปลืองคอนกรีตมากขึ้น การที่ผู้ควบคุมงานจะยินยอมให้ทิ้งรูเจาะไว้ค้างคืนได้หรือไม่นั้น สามารถพิจารณาได้จากสิ่งต่อไปนี้คือ ผู้รับจ้างต้องสามารถขุดเจาะต่อไปจนก้นหลุมสามารถทำความสะอาดได้ตามปกติโดยไม่เกิดการพังทลายของรูเจาะในขณะเจาะดิน และปริมาณคอนกรีตที่ใช้จริงต้องไม่มากกว่าปริมาณที่คำนวณไว้จนเกินไป เช่น มากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น

(24) การทำเส้นแนวและจุดอ้างอิง ผู้รับจ้างจะต้องทำไว้ให้มีอยู่ถาวร ไม่ชำรุดเสียหายจากการทำงานจนกระทั่งหมดความต้องการที่จะใช้งาน โดยมีผู้ควบคุมงานเป็นผู้ตรวจสอบความถูกต้องของตำแหน่งและระยะ พร้อมทั้งเสนอแบบแสดงเส้นแนวและจุดอ้างอิงดังกล่าวเพื่อขออนุมัติใช้งานตามขั้นตอนและเพื่อใช้ตรวจสอบระยะตำแหน่งต่างๆ ของเสาเข็มว่ามีความคลาดเคลื่อนหรือไม่เพียงใด

(25) การทำเสาเข็มอ้างอิง โดยเลือกจากเสาเข็มเจาะต้นที่เทคอนกรีตสูงถึงผิวดิน จำนวน 2 ถึง 4 ต้นในโครงการ โดยทำความสะอาดหัวเสาเข็มให้เรียบร้อยอาจฉาบปูนให้เรียบแล้วทาสีให้ชัดเจน แล้วทำการสำรวจตำแหน่งหัวเสาเข็มดังกล่าว บันทึกไว้ในแบบลงนามร่วมระหว่างผู้รับจ้าง ผู้ควบคุมงาน และผู้แทนเจ้าของโครงการ เพื่อรับรองความถูกต้องของตำแหน่งเสาเข็มอ้างอิง เมื่อมีการขุดดินเพื่อทำงานโครงสร้าง เสาเข็มอ้างอิงจะเป็นประโยชน์ในการใช้ตรวจสอบว่า เสาเข็มเจาะมีการเคลื่อนตัวผิดศูนย์ หนีศูนย์จากการทำเสาเข็มหรือจากการขุดดินหรือไม่ เป็นต้น

(26) การซ่อมแซมหัวเสาเข็มเจาะ กรณีแรกอาจทำในระหว่างการทำเสาเข็มเจาะเมื่อทราบว่าระดับหัวเสาเข็มเจาะที่เทคอนกรีตไปแล้วมีระดับต่ำกว่าที่กำหนดไว้ในแบบก็ซ่อมแซมหัวเสาเข็มได้โดยขุดดินบริเวณหัวเสาเข็มให้กว้างพอที่จะทำงาน สกัดคอนกรีตหัวเสาเข็มส่วนที่ไม่มีออกให้หมดแล้วตรวจสอบความสะอาดและทดสอบกำลังคอนกรีตหัวเสาเข็มด้วยเครื่องยิงคอนกรีต ถ้าได้ตามข้อกำหนดแล้วก็ใช้ปลอกเหล็กที่มีขนาดเดียวกันกับเสาเข็ม หรือใหญ่กว่าครอบต่อหัวเสาเข็ม แล้วเทคอนกรีตต่อหัวเสาเข็มจนถึงระดับที่ต้องการ อีกกรณีหนึ่ง จะเป็นการซ่อมแซมหัวเสาเข็มที่ชำรุด เมื่อได้ขุดดินหัวเสาเข็มแล้วพบว่าคอนกรีตหัวเสาเข็มมีกำลังอัดต่ำกว่าที่กำหนด หรือไม่สะอาด ก็ต้องแก้ไขด้วยวิธีเดียวกันกับวิธีแรกแต่อาจจะทำงานไม่ได้สะดวกเหมือนทำในกรณีแรกเพราะมีงานประเภทอื่นกำลังทำอยู่และจะเสียค่าใช้จ่ายสูงกว่าวิธีแรกด้วย

(27) การสกัดหัวเสาเข็ม เป็นงานหนักที่ต้องใช้เวลามาก ซึ่งจะใช้วิธีสกัดให้เป็นเศษเล็กเศษน้อยทั้งหมด หรือใช้วิธีตัดให้ขาดแล้วยกไปทิ้งก็เป็นสิ่งที่ผู้รับจ้างจะต้องพิจารณาในเรื่องของเวลาและค่าใช้จ่ายต่างๆ เพื่อตัดสินใจเลือกวิธีที่เหมาะสม

(28) ขั้นตอนการควบคุมงานเพื่อให้ได้หัวเสาเข็มคุณภาพดี ระดับหัวเสาเข็มจะถูกกำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง คอนกรีตที่ใช้ต้องสะอาด และมีกำลังอัดได้ตามข้อกำหนด ดังนั้นจึงควรเทคอนกรีตไล่สิ่งสกปรกที่เจือปน เช่น เศษดิน ทราย ตะกอนน้ำสารละลายเบนโทไนท์ออกให้หมดเหลือแต่คอนกรีตที่ดี ผู้ควบคุมงานสามารถใช้การสังเกตจากการทำงานในสนามและร่วมตรวจสอบอย่างใกล้ชิดในการเทคอนกรีตไล่สิ่งสกปรกตลอดจนการเทคอนกรีตให้สูงกว่าระดับที่กำหนดในแบบเพื่อเผื่อค่ายุบตัวของคอนกรีต โดยใช้ข้อมูลที่วัดได้ในสนามของการทำเสาเข็มต้นแรกๆ เป็นแนวทาง ซึ่งในการยุบตัวของคอนกรีตภายหลังถอนปลอกเหล็กขึ้นนั้นจะมีค่าอยู่ระหว่าง 1-4 เมตร

(29) การทดสอบเสาเข็ม มักจะทำการทดสอบเสาเข็ม 2 วิธีด้วยกันคือ Seismic Test และ Load Test สำหรับวิธีแรกใช้ทดสอบเสาเข็ม เช่น เสาเข็มร้าวขาดจากกัน พื้นที่หน้าตัดโป่งออกหรือคอนเป็นคอขวด ส่วนวิธีที่สองเป็นการทดสอบโดยการใส่น้ำหนักให้เสาเข็มที่ขนาด 2.5 เท่าของน้ำหนักที่ออกแบบโดยมีค่าการทรุดตัวไม่เกินที่กำหนด บางโครงการจะกำหนดให้ทำการทดสอบเสาเข็มด้วยวิธีแรกทุกต้นเพราะค่าใช้จ่ายไม่สูงนัก และจะทำการทดสอบด้วยการใส่น้ำหนักหนึ่งหรือสองต้น

(30) กรณีที่เหล็กเสริมเสาเข็มลอยขึ้นมาจากตำแหน่งเดิมนั้น จะมีโอกาสเกิดขึ้นเสมอในทุกๆ โครงการจากข้อมูลเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่มากกว่า 200 ต้น บอกให้ทราบได้ว่าเสาเข็มเจาะที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กจะเกิดเหล็กลอยได้มากกว่าเสาเข็มเจาะที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดใหญ่กว่า อย่างไรก็ตาม ในทุกๆ ขนาดมีโอกาสจะเกิดเหล็กลอยทั้งสิ้นโดยจะลอยขึ้นตั้งแต่ 1 ถึง 4 เมตร ในกรณีนี้ควรจะขอความเห็นจากผู้ออกแบบ และเจ้าของโครงการไว้ล่วงหน้า โดยเฉพาะในสัญญาควรจะพูดถึงผู้ที่จะรับผิดชอบในเรื่องนี้ไว้ด้วย

(31) ปัญหาต่างๆ จากการทำงาน ปัญหาดังต่อไปนี้เป็นปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในการทำงานเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ ซึ่งผู้ควบคุมงานก่อสร้างควรจะทราบเพื่อหาทางแก้ไขไว้ล่วงหน้า

- เทคอนกรีตไม่เสร็จในระยะเวลาที่ได้รับการอนุมัติไว้
- คอนกรีตค่อนข้างแห้งเทไม่ลง จะเติมน้ำในรถผสมได้หรือไม่
- ขณะเทคอนกรีตคนงานยกท่อเทสูงเกินไปจนหลุดจากระดับคอนกรีตที่เทไว้ทำให้น้ำไหลเข้ามาในท่อเท
- เจ้าของโครงการเป็นผู้ซื้อคอนกรีตตามสัญญา ผู้รับจ้างสั่งคอนกรีตมาใช้งานเกินกำหนดแล้วเหลือทิ้ง

- ผู้รับจ้างเป็นผู้ซื้อคอนกรีตตามสัญญา จึงพยายามประหยัดคอนกรีตในการใช้เทไล่สิ่งสกปรก ทำให้เกิดปัญหาในเรื่องความสะอาดของคอนกรีตหัวเสาเข็ม

- ผู้รับจ้างต้องการเทคอนกรีตเผื่อไว้มากๆ เพื่อจะได้แน่ใจว่าระดับหัวเสาเข็มจะไม่ต่ำกว่าแบบที่กำหนดไม่ต้องมาซ่อมหัวเสาเข็มภายหลังเปิดหน้าดินเพราะค่าใช้จ่ายสูงแต่เจ้าของโครงการไม่อยากให้เผื่อมากเพราะสิ้นเปลืองคอนกรีต และเสียเวลาในการสกัดหัวเข็มมาก

- เมื่อเกิดปัญหาเหล็กลอย เจ้าของโครงการต้องการให้ผู้รับจ้างเสริมเหล็กเผื่อการลอดตัวโดยให้ผู้รับจ้างรับผิดชอบค่าใช้จ่ายเอง

- ผู้รับจ้างไม่สามารถเจาะเสาเข็มในตำแหน่งตามแบบได้เพราะมีสิ่งกีดขวางใต้ดินที่ไม่อาจกำจัดออกได้

- ผู้รับจ้างทำงานไม่เสร็จตามสัญญา เพราะติดสาธารณูปโภคบริเวณรอบๆ พื้นที่โครงการ

- รายการก่อสร้างกำหนดให้ผู้รับจ้างเจาะดินให้ปลายเสาเข็มฝังเข้าไปในชั้นทรายมีระยะ 3 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลาง แต่ในทางปฏิบัติผู้รับจ้างไม่สามารถเจาะได้พอดีกับระยะที่ต้องการ สำหรับระยะที่เกิน เจ้าของโครงการปฏิเสธการจ่ายเงิน

- เจ้าของโครงการมักเข้าใจว่าระดับปลายเสาเข็มเจาะจะมีระดับใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเวลาทำจริงๆ จะต้องเจาะให้ลึกลงไปจนปลายเสาเข็มฝังในชั้นทรายได้ 3 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลาง ปลายเสาเข็มอาจแตกต่างกันหลายเมตร ทำให้ค่าใช้จ่ายในการจ้างเหมาจะต้องเพิ่ม ซึ่งมักจะมีปัญหาตามมา

- เจ้าของโครงการเข้าใจผิดว่าผู้รับจ้างถือโอกาสที่จะเจาะเสาเข็มให้ลึกมากกว่าความจำเป็นเพื่อจะได้รับค่าจ้างเพิ่ม เกิดข้อขัดแย้งมีความเห็นไม่ตรงกันในเรื่องระดับปลายเสาเข็ม

- การขุดดินเปิดหัวเสาเข็มที่ขาดการระมัดระวังในการเคลื่อนตัวของดินอาจทำให้เสาเข็มหักหรือหนีศูนย์ จะหาผู้รับผิดชอบได้อย่างไร

7.1.2 งานฐานราก

ฐานรากเป็นส่วนของโครงสร้างทำหน้าที่ถ่ายน้ำหนักจากโครงสร้างส่วนบนสู่พื้นดินฐานราก แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

ก. ฐานแผ่ ฐานรากชนิดนี้มีความเหมาะสมกับสภาพพื้นที่เป็นดินแข็ง ดินปนกรวด หินพืด ดินลูกรัง ความสามารถในการรับน้ำหนักของดินใต้ฐานรากสามารถคำนวณหาได้ โดยใช้ทฤษฎีที่เป็นที่แพร่หลาย และยอมรับทั่วไป หรือใช้วิธีทดสอบการรับน้ำหนักของชั้นดิน แต่วิธีนี้

จะต้องมีผลการเจาะสำรวจชั้นดินประกอบการพิจารณาควบคู่กันไป ระดับฐานรากต้องฝังลึกจากก้นคลองไม่น้อยกว่า 2.50 เมตร หรือตามที่ระบุในแบบก่อสร้างยกเว้นฐานรากที่วางบนหินพืดต้องฝังลึกไม่น้อยกว่า 0.50 เมตร สำหรับตอม่อริมฝั่งควรกำหนดให้ฐานรากอยู่ในระดับลึกใกล้เคียงกับตอม่อกลางน้ำ เพื่อรับการกัดเซาะของกระแสน้ำในอนาคต ในการก่อสร้างฐานรากดินที่ขุดขึ้นมาแต่ละชั้นต้องนำมาบรรจุไว้ในขวดแก้วใสและเขียนรายละเอียดของแต่ละชั้นดินกำกับไว้ บันทึกระดับของฐานรากแต่ละฐานให้ละเอียด

รูปที่ 4-10 ฐานรากแผ่

ข. ฐานรากชนิดฐานวางอยู่บนเสาเข็ม ฐานรากที่ใช้เสาเข็มนั้นมีจุดประสงค์เช่นเดียวกับฐานแผ่ คือ รับน้ำหนักทั้งหมดจากโครงสร้างส่วนบนแล้วถ่ายลงสู่ชั้นดิน ฐานรากชนิดที่ใช้เสาเข็มนั้นเหมาะกับพื้นที่ที่ไม่สามารถจะก่อสร้างเป็นฐานแผ่ได้ เช่น พื้นที่ที่มีดินอ่อน หรือพื้นที่ที่มีการกัดเซาะสูง เสาเข็มที่ใช้รับน้ำหนักจากฐานรากนั้นแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

(1) End - bearing or Point - bearing piles เป็นเสาเข็มที่ถ่ายน้ำหนักจากฐานรากผ่านน้ำหรือชั้นดินอ่อนไปยังชั้นดินที่มีความแข็งแรงกว่า เช่น ดินทราย ดินคาน หรือชั้นหิน

(2) Friction - piles เป็นเสาเข็มที่ถ่ายน้ำหนักจากฐานรากไปสู่ชั้นดินอ่อนโดยอาศัยความเสียดทานตลอดความยาวของเสาเข็ม

<u>ขั้นตอนการดำเนินงานก่อสร้างฐานราก</u>

เมื่อดำเนินการตอกเสาเข็มฐานรากเสร็จแล้วให้ปฏิบัติดังนี้

- **สำหรับงานฐานรากที่ก่อสร้างเหนือระดับน้ำ**

(1) ใช้กล้องระดับถ่ายระดับจาก BM. ไปที่ระดับท้องฐานราก ตามแบบกำหนด

(2) ทำการก่อสร้างไม้แบบสำหรับหล่อฐานราก

(3) สกัดและตัดหัวเสาเข็มให้เนื้อคอนกรีตหัวเสาเข็มโผล่เหนือระดับฐานราก ประมาณ 5.0 – 7.5 ซม.

(4) ทำการวางแนวศูนย์กลาง และวางแนวฉากฐานรากพร้อมวางแนวตำแหน่งเสาตอม่อบนไม้แบบท้องฐานรากที่ปูไว้แล้วด้วยกล้อง Theodolite

(5) นำเหล็กฐานรากที่ตัดและดัดเตรียมไว้แล้ว ทำการผูกเหล็กตามแบบที่กำหนด

(6) ในระหว่างที่ผูกเหล็กฐานราก ให้ทำการผูกเหล็กเสาตอม่อไปพร้อมกันด้วย

(7) ตรวจสอบตำแหน่งเสาตอม่อ และความกว้าง ยาว สูงของฐานรากอีกครั้งก่อนการหล่อคอนกรีต

(8) ทำการประกอบแบบข้างฐานรากทั้ง 4 ด้าน

(9) ทำการหล่อคอนกรีตฐานราก

<u>ปัญหาอุปสรรค และการแก้ไขในระหว่างการก่อสร้างฐานราก</u>

(1) ระดับน้ำในแม่น้ำขึ้น - ลง เนื่องจากถูกน้ำทะเลหนุนทำให้บางเวลามีระดับสูงเหนือระดับใต้ฐานรากควรตรวจสอบระดับน้ำให้ชัดเจน หากไม่สามารถก่อสร้างได้ให้เสนอคณะกรรมการตรวจการจ้างขออนุมัติยกระดับท้องฐานราก

(2) เสาเข็มต้นริมฐานรากบางต้น ตอกแล้วอาจถูกหินทำให้เกิดการหนีศูนย์เคลื่อนตัวออกนอกตำแหน่งฐานราก ควรทำการขออนุมัติคณะกรรมการตรวจการจ้างขยายฐานราก

(3) ไม้แบบที่มีคุณภาพต่ำใช้มาหลายโครงการฯ เมื่อหล่อคอนกรีตแล้ว เมื่อถอดแบบผิวคอนกรีตจะมีลักษณะบวมเป็นคลื่นไม่เรียบ ควรเสนอผู้รับจ้างเปลี่ยนใหม่ ก่อนการก่อสร้าง

(4.) สภาพภูมิอากาศ หากเป็นฤดูฝน ในขณะฝนตกไม่สามารถหล่อคอนกรีตได้ (หากจะทำการหล่อคอนกรีตต้องใช้อุปกรณ์ป้องกัน โดยการคลุมปิดป้องฐานรากเพื่อป้องกันปริมาณน้ำฝนให้มิดชิด จึงหล่อคอนกรีตได้)

รูปที่ 4-11 การตอกเสาเข็มฐานรากและการสกัดหัวเข็ม

7.1.3 งานโครงสร้างสะพาน

(1) <u>งานตอม่อตับริม (Abutment)</u>

ในการก่อสร้างงานตอม่อตับริม จำนวน 1 ตับ มีส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน คือ

(1.1) งานฐานราก

(1.2) งานตอม่อ

(1.3) งานผนังกำแพงกันดิน

(1.4) งานคานรัดหัวเสา

สำหรับการดำเนินการควบคุมการก่อสร้าง มีวิธีปฏิบัติดังนี้

(1) ตรวจสอบตำแหน่ง แนว ขนาด ระยะศูนย์กลางของเสาเข็ม และฐานราก รวมทั้งระดับของแต่ละส่วนของโครงสร้างนั้น

(2) ตรวจสอบชนิด ขนาดและคุณสมบัติของเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต ให้ถูกต้องตามข้อกำหนดในแบบ

(3) ตรวจสอบชนิดประเภท และคุณสมบัติ รวมทั้งอัตราส่วนผสมของคอนกรีต (Mix Design) ให้ถูกต้องตามข้อกำหนดในแบบ

(4) จัดทำ Shop Drawing ของฐานราก ตอม่อ ผนังกำแพงกันดิน และคานรัดหัวเสา เพื่อให้เข้าใจถึงขนาด ระยะ และวิธีการตั้งแบบ

(5) ขุดดินหลุมฐานรากตามขนาด กว้าง ยาว ลึก ตามแบบแปลน โดยให้ก้นหลุมมีพื้นเพียงพอต่อการปฏิบัติงาน ปกติจะให้ห่างจากขอบฐานราก โดยรอบไม่น้อยกว่า 0.50 เมตร การขุดให้ระวังดินพัง หรือขยับตัว ถ้าหากดินพังให้ทำการป้องกันด้วยการตอกเสาเข็มไม้ หรือเสาเข็มแผ่นเหล็ก (Sheet pile)

(6) ตัดหัวเสาเข็มให้ได้ระดับเดียวกันตามแบบ และซ่อมหัวเสาเข็มที่แตกบิ่นด้วย Epoxy

(7) ในกรณีถ้าหัวเสาเข็มต่ำกว่าระดับท้องฐานรากในแบบให้ต่อหัวเสาเข็ม (Capping) ให้ได้ตามรูปแบบที่กำหนด

(8) หากมีน้ำซึม-ขังก้นหลุม ต้องทำการสูบน้ำ และเลนออกให้หมด พร้อมทั้งทำความสะอาดหัวเสาเข็มถมทรายอัดแน่น และเทคอนกรีตหยาบให้ได้ตามแบบ

(9) ในกรณีตามแบบ ถ้าฐานรากไม่มีเสาเข็ม ให้ตรวจสอบดูความแน่นของดินก้นหลุม ถ้ามีปัญหา เช่น ดินอ่อน ร่วนซุย หรือมีตาน้ำ ให้รีบรายงานวิศวกรผู้ออกแบบโดยด่วน

(10) จัดทำรายการชนิด และขนาดของเหล็ก รวมทั้งการตัด ดัดเหล็ก และจำนวนที่จะใช้ทั้งหมด (Bar Bending Schedule)

(11) จุดต่อทาบเหล็กเสริม (Lapping) และระยะหุ้มคอนกรีต (Concrete Covering) ให้ถือปฏิบัติตามข้อกำหนดว่าด้วยมาตรฐานงานก่อสร้าง และตามข้อกำหนดในแบบ

(12) การวางเหล็กเสริมทั้งฐานราก ตอม่อ ผนังกำแพงกันดิน และคานรัดหัวเสา จะต้องตรงตามตำแหน่ง ขนาด จำนวน และระยะที่กำหนดในแบบ

(13) ให้ใช้เหล็ก (Bar Chair) ลูกปูน เป็นวัสดุรองรับเหล็กเสริม และจับยึดเหล็กเสริมให้แน่น ไม่สามารถเคลื่อนย้าย หรือขยับเขยื้อนได้ในขณะที่ทำการเทคอนกรีต

(14) จัดเตรียมทำรายการ ขนาด และจำนวนแบบที่จะใช้ทำการหล่อคอนกรีต

(15) การติดตั้งไม้แบบจะต้องได้ขนาดตามแบบ มั่นคง แข็งแรง ไม่ขยับเขยื้อน หลุดหรือแตก ในขณะเทคอนกรีต และจะต้องคำนึงถึงความปลอดภัยในขณะปฏิบัติงานด้วย

(16) ในกรณีเทคอนกรีตจำนวนมากให้ประสานงานกับ Concrete Plant เพื่อรับทราบปริมาณของคอนกรีตที่จะใช้เทในแต่ละครั้ง หรือหากทำการเทแบบผสมไม่เองจะต้องจัดเตรียมเครื่องมือ และปริมาณวัสดุให้พร้อมพอเพียงกับจำนวนที่ต้องใช้ ก่อนเทคอนกรีตควรทำความสะอาดและราดน้ำแบบหล่อให้ชุ่ม

(17) การเทคอนกรีตให้เทเป็นชิ้นๆ ต่อเนื่องกันไป กรณีเทเสา การเทแต่ละครั้งไม่ควรสูงเกิน 2.50 เมตร ถ้าสูงกว่าต้องใช้ท่อกรวยส่งคอนกรีต และเขย่าโดยใช้เครื่องจี้คอนกรีตให้แน่นทุกระยะ

(18) การถอดแบบหล่อคอนกรีต ต้องกระทำด้วยความระมัดระวังไม่ให้คอนกรีตแตก บิ่นเสียหาย และไม่ให้ไม้แบบหักชำรุด เพื่อจะนำไปใช้ครั้งต่อไปได้

(19) ถ้าถอดแบบ ปรากฏว่าคอนกรีตมีรูพรุนยาวไม่เกิน 2 นิ้วให้รีบดำเนินการซ่อมโดยเร็ว และหากพบรูพรุนมากให้รีบแจ้งวิศวกรผู้ออกแบบ หรือคณะกรรมการตรวจการจ้างทราบเพื่อหาทางแก้ไขโดยด่วน

(20) การบ่มคอนกรีต (Concrete Curing) ให้กระทำภายหลังจากการเทคอนกรีต 24 ชม. โดยการรดน้ำหรือน้ำยาบ่มคอนกรีต ติดต่อกันเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 7 วัน

(21) กรณีเสาเข็มหนีศูนย์ออกจากฐานราก จะต้องขยายฐานรากตามที่วิศวกรผู้ออกแบบกำหนด

(22) หลังจากถอดแบบฐานรากแล้วต้องรีบกลบหลุม โดยเฉพาะฐานรากที่ไม่มีเสาเข็มให้รีบกลบทันทีอย่าให้น้ำขัง

รูปที่ 4-12 เสาตอม่อตับริมและเสาสะพาน

(2) <u>งานตอม่อ (Peir)</u>

การดำเนินการควบคุมการก่อสร้าง มีวิธีการปฏิบัติดังนี้

(2.1) ตรวจสอบตำแหน่ง แนว ขนาด ระยะศูนย์กลาง และระดับความสูงของเสาสะพาน

(2.2) ตรวจสอบชนิด ขนาด และคุณสมบัติของเหล็กเสริมคอนกรีตให้ถูกต้องตามข้อกำหนดในแบบ

(2.3) ตรวจสอบชนิด คุณสมบัติ และประเภท รวมทั้งอัตราส่วนผสมของคอนกรีต (Mix Design) ให้ถูกต้องตามข้อกำหนดในแบบ

(2.4) จัดวาง ติดตั้งเหล็กเสริม เสาตอม่อสะพานตามขนาด จำนวน และระยะเหล็กปลอกตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง

(2.5) ให้ใช้เหล็ก หรือลูกปูนรองรับเหล็กเสริม และจับยึดเหล็กเสริมให้แน่น ไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ในขณะเทคอนกรีต

(2.6) จัดเตรียมทำรายการ ขนาด และจำนวนแบบที่จะใช้ทำการหล่อคอนกรีต

(2.7) ติดตั้งแบบหล่อคอนกรีตตามขนาดแต่ละตำแหน่งให้ได้ ดิ่ง ฉาก ยึดค้ำยันให้แน่นหนามั่นคงแข็งแรง ไม่ขยับเขยื้อน เอียง ทรุด หรือแตกขณะเทคอนกรีต และจะต้องคำนึงถึงความปลอดภัยในขณะปฏิบัติงานด้วย

(2.8) ทำการอุดรอยรั่วของไม้แบบด้วยดินเหนียว หรือวัสดุอื่นให้เรียบร้อยก่อนเทคอนกรีต

(2.9) จัดทำขอบเขตการเทคอนกรีต ตำแหน่งการหยุดรอยต่อของคอนกรีตที่จะใช้เทในแต่ละครั้ง

(2.10) ในกรณีเทคอนกรีตจำนวนมากให้ประสานงานกับ Concrete Plant เพื่อรับทราบปริมาณของคอนกรีตที่จะใช้เทในแต่ละครั้ง หรือหากทำการเทแบบผสมโม่เอง จะต้องจัดเตรียมเครื่องมือและปริมาณวัสดุให้พร้อม พอเพียงกับจำนวนที่ต้องใช้ ก่อนเทคอนกรีตควรทำความสะอาดและราดน้ำแบบหล่อให้ชุ่ม

(2.11) การเทคอนกรีต ให้เทเป็นชั้นๆ ต่อเนื่องกันไป และเขย่าโดยใช้เครื่องจี้คอนกรีต (Concrete Vibrator) เพื่อให้คอนกรีตแน่นตลอดเวลาและไม่ควรเขย่านานเกินไปเพราะจะทำให้คอนกรีตแยกตัว และไม่ควรเทเสาสูงเกินกว่า 2.50 เมตร ถ้าสูงกว่าต้องใช้ท่อกรวยส่งคอนกรีต

(2.12) การถอดแบบหล่อคอนกรีต ต้องกระทำด้วยความระมัดระวังไม่ให้คอนกรีตแตก บิ่นเสียหาย และไม้แบบแตกชำรุด เพื่อนำไปใช้ครั้งต่อไป

(2.13) ถ้าถอดแบบ ปรากฏว่าคอนกรีตมีรูพรุนเห็นเหล็กเสริมยาวไม่เกิน 2 นิ้ว ให้รีบดำเนินการซ่อมด้วยคอนกรีตชนิดพิเศษ (Non-shrink) ถ้ายาวเกิน 2 นิ้ว ให้รีบรายงานวิศวกรผู้ออกแบบ หรือคณะกรรมการตรวจการจ้างทราบเพื่อหาทางแก้ไขโดยด่วน

(2.14) บ่มคอนกรีตให้ชุ่มด้วยน้ำ หรือน้ำยาบ่มคอนกรีต ภายหลังจากเทคอนกรีตแล้วเสร็จติดต่อกันเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 7 วัน

(3) <u>งานคานหัวเสา (Cross Beam , Cap Beam)</u>

การดำเนินการควบคุมการก่อสร้าง มีวิธีการปฏิบัติดังนี้

(3.1) ตรวจสอบตำแหน่ง แนว ขนาด ระยะศูนย์กลาง รวมทั้งระดับท้องคานและระดับหลังคาน

(3.2) ตรวจสอบชนิด ขนาด และคุณสมบัติของเหล็กเส้นเสริมคอนกรีตให้ถูกต้องตามข้อกำหนดในแบบ

(3.3) ตรวจสอบชนิด คุณสมบัติ และอัตราส่วนผสมของคอนกรีต (Mix Design) ให้ถูกต้องตามข้อกำหนดในแบบ

(3.4) จัดวาง ติดตั้งเหล็กเสริม คานรัดหัวเสาตามขนาด จำนวนระยะเหล็กปลอกตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง

(3.5) ให้ใช้เหล็ก หรือลูกปูนรองรับเหล็กเสริม และจับยึดเหล็กเสริมให้แน่น ไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ในขณะเทคอนกรีต

(3.6) จัดเตรียมทำรายการขนาด และจำนวนแบบที่จะใช้ทำการหล่อคอนกรีต

(3.7) ติดตั้งแบบหล่อคอนกรีตตามขนาดแต่ละตำแหน่งให้ได้ ดิ่ง ฉาก ยึดค้ำยันให้แน่นหนามั่นคงแข็งแรงไม่ขยับเขยื้อน เอียง ทรุด หรือแตกขณะเทคอนกรีต และจะต้องคำนึงถึงความปลอดภัยในขณะปฏิบัติงานด้วย

(3.8) ทำการอุดรอยรั่วของไม้แบบด้วยดินเหนียว หรือวัสดุอื่นให้เรียบร้อยก่อนเทคอนกรีต

(3.9) จัดทำขอบเขตการเทคอนกรีต ตำแหน่งการหยุดรอยต่อของคอนกรีตที่จะใช้เทในแต่ละครั้ง

(3.10) ในกรณีเทคอนกรีตจำนวนมากให้ประสานงานกับ Concrete Plant เพื่อรับทราบปริมาณคอนกรีตที่จะใช้เทในแต่ละครั้ง หรือหากทำการเทแบบผสมโม่เอง จะต้องจัดเตรียมเครื่องมือและปริมาณวัสดุให้พร้อม พอเพียงกับจำนวนที่ต้องใช้

(3.11) การเทคอนกรีต ให้เทเป็นชั้นๆ ต่อเนื่องกันไป สำหรับคานที่มีขนาดลึกควรเทคอนกรีตเป็นชั้น ชั้นละไม่เกิน 30 เซนติเมตร และจี้คอนกรีตให้แน่นในแต่ละชั้น แต่ถ้าหากจำเป็นต้องหยุดการเทคอนกรีต ควรหยุดเทคอนกรีตในแนวตั้งฉากกับคาน ณ ตำแหน่งที่แรงเฉือนเกิดขึ้นน้อยที่สุด โดยทั่วไปอยู่ประมาณกลางคานเพื่อให้รอยต่อเรียบร้อย ใช้ลวดตาข่ายคั่นรอยต่อหรือหากจำเป็นอาจใช้ไม้เคร่า 1.5 x 3 นิ้ว คั่นระหว่างเหล็กเสริม และก่อนเทคอนกรีตต่อกับคอนกรีตใหม่ ควรทำความสะอาดรอยต่อ แล้วราดด้วยน้ำปูนข้นหน้ารอยต่อให้ทั่วก่อน จึงเทคอนกรีตใหม่ต่อไปได้ และเขย่าโดยใช้เครื่องจี้คอนกรีต (Concrete Vibrator) เพื่อให้คอนกรีตแน่นตลอดเวลา แต่ไม่ควรเขย่านานเกินไปเพราะจะทำให้คอนกรีตแยกตัว

(3.12) การถอดแบบให้กระทำภายหลังจากการเทคอนกรีตแล้วตามระยะเวลาที่กำหนด ให้ถอดด้วยความระมัดระวังเพื่อไม่ให้คอนกรีต แตก บิ่น กะเทาะ และไม่ให้แบบหล่อแตก หัก ฉีก ชำรุดเพื่อจะได้นำไปใช้งานครั้งต่อไป

(3.13) ถ้าถอดแบบ ปรากฏว่าคอนกรีตมีรูพรุนเห็นเหล็กเสริมยาวไม่เกิน 2 นิ้ว ให้รีบดำเนินการซ่อมด้วยคอนกรีตชนิดพิเศษ (Non-shrink) ถ้ายาวเกิน 2 นิ้ว ให้รีบรายงานวิศวกรผู้ออกแบบหรือคณะกรรมการตรวจการจ้างทราบเพื่อหาทางแก้ไขโดยด่วน

(3.14) บ่มคอนกรีตให้ชุ่มด้วยน้ำ หรือน้ำยาบ่มคอนกรีต ภายหลังจากเทคอนกรีตแล้วเสร็จติดต่อกันเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 7 วัน

รูปที่ 4-13 คานหัวเสา

(4) งานแผ่นรองโครงสร้างสะพาน (Bearing Pad)

โดยปกติทั่วไปฐานรองโครงสร้างสะพานจะประกอบไปด้วยแบบชนิดต่างๆ ซึ่งขึ้นกับขนาดของคานรองรับสะพาน ตัวอย่างเช่น

แผ่นรองยืดหยุ่นชนิดแผ่นยาว (Elastomeric Bearing Pad)

เป็นแผ่นยางรองรับคานพื้นสะพานที่มีความยาวไม่มากนักประมาณ 10 – 20 เมตร ซึ่งจะมีลักษณะเป็นแผ่นแบนหนาประมาณ 1-2 เซนติเมตร ส่วนใหญ่จะผลิตจากยางธรรมชาติ หรือผลิตจากยางสังเคราะห์ Neoprene

รูปที่ 4-14 แผ่นฐานรองคานแบบชนิดแผ่นยาว

(5) งานพื้นสะพาน (Deck)

แผ่นพื้นสะพานสำเร็จรูป (Plank Girder)

ขั้นตอนการก่อสร้าง

(5.1) ทำการตรวจสอบระดับหลังแผ่นพื้นสำเร็จรูปทุกตัวหลังจากทำการติดตั้งแล้วเสร็จ

(5.2) ทำการปรับระดับแผ่นพื้นสำเร็จรูปด้วยปูนทราย

(5.3) ทำการผูกเหล็กพื้นตามแบบกำหนด

(5.4) ติดตั้งแผ่นเหล็กบริเวณรอยต่อเพื่อการขยายตัวของพื้นสะพาน

(5.5) ทำการให้ระดับผิวจราจร ที่จุดศูนย์กลางสะพาน (Center Line) และที่บริเวณริมผิวจราจร โดยใช้ท่อเหล็ก, เหล็กข้ออ้อย หรือเหล็กเส้นกลม ก็ได้ ทำเป็นเหล็กระดับ (Leveling Bar) การให้ระดับ ถ้าระดับผิวจราจรมีลักษณะเป็นโค้งทางดิ่ง (Vertical Curve) ควรให้ระดับทุก 1-2 เมตร

(5.6) ทำการเทคอนกรีต เมื่อคอนกรีตเริ่มแข็งตัวเอาเหล็กระดับ (Leveling Bar) ออกแล้วทำการตกแต่งผิวคอนกรีต

ขั้นตอนการตรวจสอบและควบคุม

(1) ตรวจสอบระดับแผ่นพื้นสะพานสำเร็จรูป (Plank Girder) หลังการติดตั้งแล้วเสร็จ

(2) ตรวจสอบความสูงของปูนทรายปรับระดับ ไม่ให้สูงเกินกว่าที่แบบกำหนด

(3) ตรวจสอบชนิด, ขนาด และตำแหน่งของเหล็กเสริมต้องจัดให้อยู่ในแนวระนาบ ไม่ให้เกิดการแอ่นตัว ถ้ามีการแอ่นตัวให้ทำการเสริมเหล็ก Chair Bar ให้ถี่ขึ้น

(4) ตรวจสอบความเรียบร้อยของการติดตั้งแผ่นเหล็กบริเวณรอยต่อเพื่อการขยายตัวของพื้นสะพาน

(5) ตรวจสอบระดับผิวจราจรจากเหล็กระดับ (Leveling Bar)

(6) ตรวจสอบความหนาของพื้นคอนกรีตก่อนทำการเท โดยการวัดจากผิวบนแผ่นพื้นสะพานสำเร็จรูป (Plank Girder) ถึงผิวบนของเหล็กระดับ (Leveling Bar)

(7) ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างคอนกรีตระหว่างทำการเท ตรวจสอบหาค่าการยุบตัว (Slump Test) และเก็บตัวอย่างคอนกรีตส่งทดสอบการรับกำลังแรงอัด (Compressive Strength)

(8) ตรวจสอบความเรียบร้อยในการตกแต่งผิวคอนกรีต

พื้นสะพานแบบหล่อในที่

ขั้นตอนการตรวจสอบและควบคุม

(1) ตรวจสอบสภาพของดินที่รองรับเสาค้ำยันแบบหล่อท้องพื้นว่าสามารถรับน้ำหนักของพื้นคอนกรีตที่จะหล่อได้หรือไม่ ถ้าไม่ได้ให้ทำการกดหรือตอกเสาไม้ค้ำยันลงไปในพื้นดินจนถึงชั้นดินแข็งที่สามารถรับน้ำหนักพื้นคอนกรีตได้ เพื่อป้องกันการทรุดตัวที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในขณะเทคอนกรีต

(2) ตรวจสอบระยะห่างของเสาค้ำยันท้องพื้นจะต้องไม่ห่างมากจนเกินไป ไม่ควรเกิน 0.60 เมตร

(3) ตรวจสอบการยึดเสาค้ำยันแบบหล่อต้องแน่นหนามั่นคง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ระดับพื้นดินกับระดับท้องพื้นสะพานต่างกันมาก เพื่อป้องกันการโก่งเดาะของเสาค้ำยัน

(4) ตรวจสอบระยะระดับของตงรับไม้แบบหล่อท้องพื้นสะพาน

(5) ควรใช้ไม้อัดที่มีความหนาเพียงพอ หรือใช้เหล็กแผ่น เป็นแบบหล่อท้องพื้นสะพาน หรือใช้แผ่นไม้ปูเรียงชิดติดกันก่อนแล้วจึงใช้ไม้อัดบางปูทับอีกชั้น เพื่อให้ท้องพื้นสะพานมีความเรียบสวยงาม

(6) ตรวจสอบขนาด ชนิด และระยะห่างของเหล็กเสริม

(7) ตรวจสอบตำแหน่งของเหล็กเสริมพื้นขึ้นบนให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง และต้องได้ระนาบไม่แอ่นตัว ถ้ามีการแอ่นตัว ให้ทำการเสริมเหล็ก Chair Bar ให้ถี่ขึ้น

(8) ตรวจสอบระดับผิวคอนกรีตที่เหล็กระดับ (Leveling Bar) ทั้งที่ศูนย์กลางสะพาน (Center Line) และที่ขอบผิวจราจร

(9) ตรวจสอบความหนาของพื้นก่อนทำการเทคอนกรีต โดยทำการวัดจากแบบหล่อท้องพื้นถึงผิวบนของเหล็กระดับ (Leveling Bar)

(10) สุ่มเก็บตัวอย่างคอนกรีตขณะเท นำมาทดสอบหาค่าการยุบตัว (Slump Test) และเก็บตัวอย่างคอนกรีตเพื่อนำส่งทดสอบการหาค่ากำลังรับแรงอัด (Compressive Strength)

(11) เมื่อคอนกรีตเริ่มแข็งตัวเอาเหล็กระดับ (Leveling Bar) ออกแล้วทำการตกแต่งผิว

(12) ตรวจสอบความเรียบร้อยในการตกแต่งผิวคอนกรีต

รูปที่ 4-15 การผูกเหล็กและการหล่อแผ่นพื้นสะพาน

(6) <u>งานแผงคอนกรีตกันรถ (Barrier)</u>

วัตถุประสงค์ของการก่อสร้างแผ่นคอนกรีตกันรถ (Barrier) เพื่อลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับผู้ขับขี่รถยนต์ ในการก่อสร้าง มีวิธีการดำเนินการดังนี้

(6.1) ตรวจสอบรูปแบบการก่อสร้างตำแหน่ง แนวความสูง จุดเริ่มต้น จุดสิ้นสุด ของแนวคอนกรีตกันรถ

(6.2) ตรวจสอบวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง แนวคอนกรีตกันรถ วัสดุที่ใช้ต้องเป็นไปตามมาตรฐานให้ถูกต้องตามข้อกำหนดในแบบ

(6.3) ตรวจสอบเหล็กเสริมคอนกรีตให้มีขนาดถูกต้องติดตั้งและจัดวางอยู่ในตำแหน่งตามแบบกำหนด

(6.4) ในการประกอบแบบต้องระวังไม่ให้เหล็กเสริมติดกับแบบก่อสร้าง ทำได้โดยใช้ลูกปูนรองกันเหล็กไม่ให้สัมผัสกับแบบ

(6.5) เหล็กเสริมที่ใช้ต้องปราศจากคราบน้ำมันและสนิมปูนในกรณีมีเปื้อนคราบน้ำมันต้องทำความสะอาดเสียก่อนจึงนำมาใช้

(6.6) ตรวจสอบการติดตั้งแบบหล่อคอนกรีต ให้มั่นคงแข็งแรง ไม่ขยับหรือแตกขณะเทคอนกรีต และเป็นไปตามรูปแบบก่อสร้างที่กำหนด

(6.7) ในส่วนที่บิดโค้ง ซึ่งไม่สามารถตั้งแบบได้ ให้ใช้คอนกรีตซึ่งมีค่า Slump Test ไม่เกิน 4 ซม. ปรับแต่งให้เป็นไปตามรูปแบบก่อสร้าง

(6.8) แบบหล่อคอนกรีต ต้องทำการตรวจสอบไม่ให้มีรอยรั่วของไม้แบบ การอุดรอยรั่วให้ใช้วัสดุที่เหมาะสม อุดรอยรั่วของไม้แบบให้เรียบร้อยก่อนการเทคอนกรีต

(6.9) การหยุดเทคอนกรีต เนื่องจากคอนกรีตไม่ต่อเนื่อง ต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานก่อนจึงจะดำเนินการได้ ตำแหน่งการหยุดต้องเป็นไปตามมาตรฐาน

(6.10) การทำคอนกรีตให้แน่นโดยการใช้เครื่องเขย่าคอนกรีต (Concrete Vibration) ต้องใช้อย่างถูกวิธีตามข้อกำหนด การใช้เครื่องเขย่าคอนกรีตไม่ถูกต้อง จะทำให้เกิดการแยกตัวของคอนกรีต

(6.11) การถอดแบบให้ดำเนินการได้ต่อเมื่อคอนกรีตมีอายุเกิน 48 ชั่วโมง นับจากดำเนินการหล่อแผงคอนกรีตกันรถแล้วเสร็จ และต้องถอดแบบด้วยความระมัดระวังไม่ให้เกิดความเสียหายแก่คอนกรีต

(6.12) การบ่มคอนกรีตให้กระทำหลังจากการเทคอนกรีต 24 ชั่วโมง โดยการให้ความชื้นด้วยวิธีรดน้ำหรือใช้น้ำยาในการบ่มคอนกรีตติดต่อกันเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 7 วัน

(7) งานรอยต่อโครงสร้างสะพาน (Expansion Joint)

อุปกรณ์เพื่อการขยายตัวของโครงสร้างสะพานปัจจุบันมีอยู่มากมายหลายชนิด สำหรับสะพานที่มีช่วงคานสั้นๆ จะมีทั้งเป็นแบบวัสดุอุดรอยต่อ (Elastic Joint Sealant) หรือแผ่นกั้นรอยต่อเพื่อการขยายตัว (Premoulded and Elastic Fillers)

สำหรับสะพานที่มีช่วงคานยาวๆ จะมีทั้งเป็นแบบยางกับแบบโลหะ โดยอุปกรณ์รอยต่อชนิดที่เป็นยาง (Elastic Deck Joints) นั้นจะใช้กับรอยต่อที่มีขนาดกว้างมากขึ้น ซึ่งจะมีทั้งแบบแผ่นเรียบยาว (Modular Type) ซึ่งผู้ออกแบบจะเป็นผู้กำหนดให้ว่ารอยต่อแต่ละขนาดนั้นควรจะใช้อุปกรณ์รอยต่อแบบใด

สำหรับการควบคุมงานก่อสร้างนั้น ลำดับและวิธีการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อการขยายตัวของโครงสร้างหรืออุปกรณ์รอยต่อนี้จะมีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากว่าหากทำผิดขั้นตอนหรือผิดวิธีก็จะมีผลเสียหายกับตัวโครงสร้างสะพานได้ อย่างน้อยที่สุดก็จะมีผลทำให้ผิวจราจร ณ รอยต่อตรงนั้นไม่ราบเรียบ เวลาจะมีการจราจรวิ่งผ่านจะเกิดเสียงดัง และผู้ขับขี่จะรู้สึกว่าเกิดการสะดุดของผิวจราจร ทั้งนี้ หากสะพานนั้นต้องมีการปูผิวแอสฟัลต์คอนกรีตทับหน้าการติดตั้งรอยต่อที่ถูกต้องจะต้องทำโดยวิธีดังต่อไปนี้

(1) ทำการอุดรอยต่อด้วยแผ่นไม้หรือกล่องทราย ณ บริเวณที่จะทำการติดตั้งอุปกรณ์รอยต่อ

(2) ทำการปูผิวแอสฟัลต์คอนกรีตทับรอยต่อที่อุดด้วยแผ่นไม้หรือกล่องทรายและบดอัดให้แน่นเท่ากับบริเวณอื่นๆ

(3) เมื่อแอสฟัลต์คอนกรีตแข็งตัวดีแล้ว จึงทำการตัดแอสฟัลต์คอนกรีตบริเวณที่จะทำการติดตั้งรอยต่อจากนั้นจึงเอาแผ่นไม้หรือกล่องทรายที่อุดรอยต่อออก แล้วจึงติดตั้งอุปกรณ์รอยต่อตามคำแนะนำของผู้ผลิตต่อไป

ด้วยวิธีการดังกล่าวข้างต้น จะทำให้ได้ผิวของอุปกรณ์รอยต่อที่เสมอกับผิวจราจร ทำให้ไม่เกิดเสียงดังและได้คุณภาพการขับขี่ที่ราบเรียบ

(8) งานแผ่นพื้นทางลาดเชิงสะพาน (Approach Slab)

งานแผ่นพื้นทางลาดเชิงสะพาน (Approach Slab) หมายถึง การก่อสร้างแผ่นพื้นคอนกรีตที่ทำไว้เพื่อเสริมความแข็งแรงให้กับโครงสร้างงานถมดินคอสะพาน ซึ่งอาจจะทำการตอกเสาพืด (Bearing Unit) เพื่อป้องกันการทรุดตัวบริเวณคอสะพานด้วย สามารถศึกษาได้ในงานตอกเสาเข็ม

รูปที่ 4-16 ช่วงคอสะพานที่ไม่มีการตอกเข็มพืด

(9) <u>งานถมดินบริเวณคอสะพาน (Embankment)</u>

งานถมดินบริเวณคอสะพาน หมายถึง การก่อสร้างดินถมคันทางบริเวณส่วนที่อยู่ชิดกับสะพาน รวมทั้งการกลบแต่งหลุมบ่อต่างๆ ด้วยวัสดุคันทางที่มีคุณภาพและถูกต้องตามข้อกำหนด ซึ่งอาจจะเป็นดินหรือทรายก็ได้ โดยหากบริเวณที่จะก่อสร้างมีลักษณะเป็นหนองน้ำ คูน้ำ ที่มีเลนและซากวัสดุตกตะกอนอยู่ หรือมีลักษณะเป็นดินอ่อน มีค่า ซี.บี.อาร์ (C.B.R.) น้อยกว่าร้อยละ 2 ให้ใช้วัสดุถมคันทางประเภททรายจากแหล่งที่ได้รับการเห็นชอบแล้ว มาถมเป็นคันทาง โดยการเกลี่ยแต่งและบดอัดให้ได้แนวระดับ และรูปร่าง ตามที่แสดงไว้ในแบบก่อสร้าง

<u>การถมดินบริเวณคอสะพานด้วยดิน</u>

(1) ก่อนถมดิน ถ้ามีหลุม แอ่ง หรือโพรงที่เกิดขึ้นจากการถางป่า ขุดตอ ต้องใช้วัสดุที่เหมาะสม กลบแล้วบดอัดให้แน่นสม่ำเสมอเสียก่อน

(2) การถมดินจะต้องถมให้ได้แนว ระดับ และรูปร่าง ตามที่แสดงไว้ในแบบก่อสร้าง

(3) ดินเดิมหรือลาดคันทางของถนนเดิม ซึ่งอยู่ต่ำกว่าระดับดินถมที่จะทำการก่อสร้างใหม่ น้อยกว่า 1 เมตร ตามแบบก่อสร้าง หลังจากกำจัดสิ่งไม่พึงประสงค์ต่างๆ ออกหมดแล้ว หรือหลังจากการถางป่า และขุดตอแล้ว จะต้องทำการบดอัดชั้น 15 เซนติเมตรสุดท้าย วัดจากระดับดินเดิมหรือผิวถนนเดิมลงไปให้ได้ความแน่นแห้ง

(4) ก่อนการถมวัสดุชั้นแรกให้ราดน้ำชั้นดินเดิม หรือชั้นคันทางเดิมที่ได้เตรียมไว้แล้วให้เปียกชื้นอย่างสม่ำเสมอโดยตลอด วัสดุที่จะใช้ทำการถมและบดอัดในแต่ละชั้นต้องนำมา

เกลี่ย คลุกเคล้าให้เข้ากันก่อน แล้วราดน้ำตามจำนวนที่ต้องการ ใช้รถเกรด (Motor Grader) ปาดเกลี่ยให้วัสดุมีความชื้นสม่ำเสมอก่อนทำการบดอัดแน่น

(5) การถมดินให้ถมเป็นชั้นๆ เมื่อทำการบดอัดแน่นตามมาตรฐานแล้ว แต่ละชั้นมีความหนาไม่เกิน 20 เซนติเมตร

(6) ในกรณีที่มีคันทางเดิมซึ่งอยู่ต่ำกว่าระดับงานดินถมคอสะพานและต้องขยายงานคันทางเดิม ให้ตัดลาดคันทางเดิมเป็นแบบขั้นบันได (Benching) จากปลายเชิงลาดถึงขอบไหล่ทาง มีความกว้างพอที่เครื่องมือบดอัดที่เหมาะสมลงไปทำงานได้ วัสดุที่ตัดนี้ให้เกลี่ยแผ่วัสดุอย่างสม่ำเสมอในแนวราบ โดยให้ดำเนินการก่อสร้างเป็นชั้นๆ แต่ละชั้นมีความหนาไม่เกิน 20 เซนติเมตร

(7) วัสดุที่ใช้ถมคอสะพานบริเวณที่ไม่สามารถบดอัดด้วยเครื่องจักรขนาดใหญ่ได้ทั่วถึง ให้ใช้เครื่องมือบดอัดขนาดเล็กทำการบดอัดได้ ทั้งนี้เครื่องมือและวิธีการบดอัดจะต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานก่อน

(8) เมื่อถมวัสดุจนเสร็จถึงชั้นสุดท้ายแล้ว ให้เกลี่ยวัสดุจนได้แนวระดับความลาด ขนาด และรูปตัดตามที่แสดงในแบบก่อสร้าง บดทับจนได้ความแน่นตามข้อกำหนด ไม่มีหลุมบ่อ หรือวัสดุที่หลุมหลวม ไม่แน่นอยู่บนผิว แล้วก่อสร้างชั้นทางชั้นถัดไปปิดทับทันที

<u>การถมดินคอสะพานด้วยทราย</u>

(1) ให้ทำการถางป่า ขุดตอ และกำจัดวัสดุอื่นๆ ที่ไม่พึงประสงค์ออกจากบริเวณที่จะก่อสร้างงานถมดินคอสะพาน

(2) ในบริเวณพื้นที่ถมคอสะพานเป็นคูน้ำ ซึ่งมีเลนหรือวัสดุอื่นที่ไม่ต้องการตกตะกอนทับถมอยู่จะต้องทำการกำจัดวัสดุดังกล่าวออกจากบริเวณที่จะเป็นฐานรองรับงานถมดิน (Working Platform) โดยสูบน้ำออก และใช้เครื่องจักรตักหรือปาดเลนออกมากที่สุด แล้วใช้ทรายถมไล่เลน

(3) การถมทรายไล่เลนให้เริ่มถมจากแนวกึ่งกลางทางหรือจากเชิงลาดคันทางเดิมออกไปทางด้านข้างจนพ้นบริเวณที่ต้องการ โดยไม่มีเลนเหลือตกค้าง อันอาจทำให้เกิดความเสียหายแก่คันทางได้

(4) การถมทรายเพื่อทำเป็นฐานรองรับงานถมคอสะพานชั้นแรก โดยให้ถมวัสดุอยู่เหนือระดับน้ำไม่เกิน 20 เซนติเมตร แล้วทำการบดอัดให้ได้ความแน่นแห้งตามข้อกำหนดหรือมาตรฐานงานก่อสร้างกำหนด

(5) ในกรณีที่ดินเดิมเป็นดินอ่อนที่มีอัตราการทรุดตัวสูง การดำเนินงานตามข้อ 4. ถ้าไม่ได้ระบุไว้เป็นอย่างอื่น จะต้องทิ้งฐานรองรับคันทางไว้อย่างน้อย 45 วัน ก่อนที่จะทำการ

บดอัดให้ได้ความแน่นแห้งไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 ของค่าความแน่นแห้งสูงสุด แบบมาตรฐาน Standard Compaction Density

(6) ในกรณีที่มีคันทางเดิม เมื่อดำเนินงานตามข้อ 2. เรียบร้อยแล้ว ให้ทำการก่อสร้างคันทางโดยตัดลาดคันทางเดิมออกไปเป็นแบบขั้นบันไดจากปลายเชิงลาดถึงขอบไหล่ทาง มีความกว้างพอที่เครื่องมือบดอัดที่เหมาะสมลงไปทำงานได้ แล้วถมวัสดุเป็นชั้นๆ ความหนาแต่ละชั้นไม่เกิน 20 เซนติเมตร บดอัดแน่นตามข้อกำหนด

(7) ในกรณีที่มีคันทางเดิมและต้องขยาย เมื่อดำเนินงานตามข้อ 4. หรือ 6. เรียบร้อยแล้วให้ทำการก่อสร้างคันทางส่วนที่ขยายโดยทำการตัดเชิงลาดคันทางเดิมออกไปเป็นแบบขั้นบันได แล้วถมทรายเป็นชั้นๆ แต่ละชั้นมีความหนาไม่เกิน 20 เซนติเมตร ทำการบดอัดให้ได้ความแน่นตามข้อกำหนดหรือมาตรฐานงานก่อสร้างกำหนด

(8) เมื่อได้ก่อสร้างถมคอสะพานจนเสร็จชั้นสุดท้ายแล้ว ถ้าไม่ต้องทิ้งไว้ในช่วงระยะเวลาถมทิ้งไว้ (Waiting Period) ตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง ให้เกลี่ยทรายจนได้แนวระดับ ความลาด ขนาด และรูปตัดตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง บดอัดจนได้ความแน่นตามข้อกำหนด ให้ก่อสร้างชั้นทางชั้นถัดไปปิดทับทันที ในกรณีที่ต้องทิ้งไว้ในช่วงระยะเวลาถมทิ้งไว้ ตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง เมื่อครบระยะเวลาถมทิ้งไว้ ให้ตรวจสอบระดับผิวชั้นทรายถมคันทางและทำการปรับระดับ เสริมด้วยทรายที่มีคุณภาพถูกต้องก่อสร้างขึ้นมาเป็นชั้นๆ ตามวิธีการข้างต้น จนเสร็จชั้นสุดท้าย เกลี่ยแต่งจนได้แนวระดับความลาด ขนาด และรูปตัด ตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง บดอัดจนได้ความแน่นตามข้อกำหนดและต้องก่อสร้างชั้นทางชั้นถัดไปปิดทับทันที

(9) ให้ทำการป้องกันลาดดินถมคอสะพาน เพื่อป้องกันน้ำเซาะตามที่กำหนดโดยเร็วที่สุด โดยปิดทับลาดคันทางด้วยดินเหนียวหนา 20 เซนติเมตร และปลูกหญ้าโดยชนิดปูแผ่นเต็มพื้นที่ลาดคันทางหรือตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง

(10) เครื่องจักรที่ใช้ในการก่อสร้างต้องเป็นเครื่องจักรที่มีขนาดเบา เช่นรถแทรคเตอร์ (Bull Dozer Tractor) ขนาด D-4 และห้ามบดอัด โดยใช้การสั่นสะเทือนเป็นอันขาด

(11) ในระหว่างก่อสร้างไม่ควรกองวัสดุ หรือจอดเครื่องจักร หรือจอดรถบรรทุกใดๆ บนคันทางส่วนที่ขยายใหม่

รูปที่ 4-17 งานถมทรายและบดอัดบริเวณคอสะพาน

(10) <u>งานปูผิวจราจร (Pavement)</u>

การลาดยางแอสฟัลต์คอนกรีตทับลงบนพื้นสะพานซึ่งเป็นคอนกรีตอยู่แล้ว ทำให้ผิวพื้นสะพานมีความเรียบและความปลอดภัยมากขึ้น เหมาะสำหรับผิวพื้นสะพานที่มีปริมาณการจราจรหนาแน่น และต้องการให้ความเร็วสูง โดยจะต้องทำการลาดยาง Tack Coat ก่อน

Tack Coat คือ การลาดยางแอสฟัลต์ชนิดเหลวลงบนผิวสะพานเดิม เพื่อจะยึดเหนี่ยวผิวสะพานคอนกรีตกับผิวแอสฟัลต์คอนกรีตที่จะปูใหม่ โดยจะต้องทำความสะอาดผิวพื้นสะพานคอนกรีตด้วยเครื่องกวาดฝุ่นชนิดหมุน ชนิดขับเคลื่อนด้วยตัวเองหรือลากจูงก็ได้ ในบางจุดที่ไม่สามารถใช้เครื่องกวาดให้ใช้คนกวาดด้วยไม้กวาดแทนเสร็จแล้วใช้เครื่องเป่าลมเป่าฝุ่นออกให้หมด หลังจากนั้นใช้ยาง RC-70 ต้มที่อุณหภูมิระหว่าง 50-100 C หรือยาง CRS – 1 ต้มที่ 40 - 70 C เมื่อต้มได้อุณหภูมิตามกำหนดแล้วใช้รถสเปรย์ยางให้ทั่วสม่ำเสมอ มีความกว้างครั้งละครึ่งผิวจราจร โดยถ้าเป็นยาง RC – 70 ลาดในอัตรา 0.2 ลิตร/ตร.ม. และถ้าเป็นยาง CRS-1 ผสมน้ำในปริมาณเท่ากันลาดในอัตรา 0.4 ลิตร/ตร.ม. แล้วใช้รถล้อยางวิ่งนวดไปมาให้ทั่วพื้นที่เพื่อแอสฟัลต์กระจายครอบคลุมพื้นที่อย่างสม่ำเสมอ ในกรณีที่ไม่สามารถใช้รถสเปรย์ยางให้ใช้เครื่องพ่นด้วยมือช่วย หลังจากทำ Tack Coat แล้วให้ปิดการจราจร ประมาณ 16 ชั่วโมง แล้วทำผิวแอสฟัลต์คอนกรีตต่อไป

การปูผิวแอสฟัลต์คอนกรีต ก่อนอื่นต้องทำความสะอาดพื้นผิวที่จะทำการปูให้ปราศจากฝุ่นละอองและสิ่งสกปรก การขนส่งวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีตจากโรงผสม (Plant) ไปยังสถานที่ที่จะปูผิวทาง จะใช้รถบรรทุกเททำท้าย (Dump Truck) พื้นรถต้องสะอาดและทาด้วยน้ำมันหล่อลื่นหรือน้ำมันพาราซิน ถ้าระยะขนส่งไกลต้องใช้ผ้าใบคลุม เมื่อถึงสถานที่ก่อสร้างแล้วให้ปูผิวโดยใช้เครื่องปูผิวทาง (Paver) เมื่อปูวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีตลงเป็นผิวทางแล้วให้ตรวจสอบระดับถ้าสูงให้ขูดออก ถ้าต่ำไปก็ให้ปูเพิ่มเติม ขณะปูผิวอุณหภูมิของแอสฟัลต์คอนกรีตต้องไม่ต่ำกว่า 121 C แล้วบดอัดด้วยรถล้อเหล็ก 2 ล้อ หรือรถบดล้อเหล็ก 3 ล้อ น้ำหนักรถประมาณ 8-10 ตัน และใช้น้ำหล่อเพื่อป้องกันมิให้วัสดุแอสฟัลต์คอนกรีตติดล้อรถบด น้ำหล่อต้องไม่ใช้ปริมาณมากเกินไป (ให้หยุดการใช้น้ำเมื่อไม่ติดล้อ) แล่นบดอย่างช้าๆ ให้บดจากขอบสะพานหรือขอบทางเท้าเข้าหาศูนย์กลางสะพาน ตรวจสอบระดับอีกครั้ง แล้วบดอัดด้วยรถบดล้อยาง 9 ล้อ หนักประมาณ 12 ตัน บดอัดอย่างช้าๆ เมื่อแน่ใจว่ามีความแน่นตามต้องการแล้ว ให้บดครั้งสุดท้ายเพื่อลบรอยด้วยรถบดล้อเหล็กอีกครั้ง ส่วนเรื่องรอยต่อตามขวางและตามยาวของการปูผิวนั้น รอยต่อทั้งสองชนิดต้องตั้งฉากกับผิวถนนและต้องเป็นแนวเส้นตรง รอยต่อตามยาวไม่ควรอยู่ในระหว่างกลางช่องจราจร

การตรวจสอบ เก็บตัวอย่างหินและยางเพื่อออกแบบส่วนผสม (Job Mix) ถ้ามีผลการออกแบบเดิมต้องไม่เกิน 6 เดือน และเก็บตัวอย่างหินทดสอบอีกครั้งหนึ่ง ตรวจสอบความสะอาดพื้นสะพานก่อนการทำ Tack Coat และปูผิวแอสฟัลต์คอนกรีต ตรวจสอบเครื่องจักรเครื่องที่ใช้ ตรวจอัตราการลาดยางชนิดต่างๆ ตรวจสอบอุณหภูมิของวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีต ตรวจสอบระดับขณะปูผิวและหลังปูผิว ตรวจสอบรอยต่อต่างๆ

7.2 งานก่อสร้างรอง-งานสะพาน

7.2.1 งานทางเท้า

เพื่อความสะดวกและปลอดภัยของผู้ใช้สะพานที่ต้องเดินข้ามลำน้ำ จึงต้องมีทางเท้าไว้สำหรับคนเดินข้าม ส่วนมากจะออกแบบไว้ส่วนในสะพาน แต่ก็มีบางสะพานออกแบบไว้ส่วนนอกสะพาน

ผู้ควบคุมงานต้องตรวจสอบแบบหล่อไม่ให้มีรอยรั่ว ได้แนวได้ระดับ ได้ขนาดกว้างยาว มีคิ้วใต้ทางเท้าบังคับน้ำให้ไหลลงโดยไม่เกิดความสกปรก เหล็กเสริมต้องครบและถูกต้องตามแบบ คอนกรีตได้ตามข้อกำหนดผิวหน้าได้ตามข้อกำหนด

ข้อควรระวัง งานทางเท้าเป็นงานตกแต่งที่เป็นส่วนโชว์ ฉะนั้นแนวทางเท้าและระดับต้องตรวจสอบให้ดี ให้ได้แนวที่ตรงและโค้ง (กรณีสะพานโค้ง) และอย่าลืมการใส่เหล็กเสริมในส่วนที่เกี่ยวข้อง เช่น เสาราวสะพาน

7.2.2 งานแผ่นเหล็กกันชน (Guard Rail)

เพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้ยานยนต์ที่ใช้ไหล่ทางในการสัญจร หากบริเวณคอสะพานที่ก่อสร้างมีตำแหน่งอยู่ในไหล่ทาง วิธีการลดอัตราการสูญเสียลงได้ โดยการติดตั้ง แผ่นเหล็กกันชน

ผู้ควบคุมงานจะต้องตรวจสอบบริเวณหน้างานเพื่อนำมาออกแบบการติดตั้งแผ่นเหล็กกันชนให้สอดคล้องกับบริเวณหน้างาน

ข้อควรระวัง งานแผ่นเหล็กกันชนควรมีการติดตั้งเป้าสะท้อนแสงเพื่อเพิ่มการมองเห็นให้ชัดเจนขึ้นในเวลากลางคืน

รูปที่ 4-18 ราวกันตกรูปแบบต่างๆ

7.2.3 งานระบบระบายน้ำ

“ฝนตกถนนลื่น” ท่านเคยได้ยินคำกล่าวนี้บ้างไหม เช่นกัน เมื่อฝนตกก็จะทำให้พื้นสะพานเปียก ล้อของยานยนต์ไม่สัมผัสกับพื้นสะพานโดยตรง เพราะมีน้ำหรือความเปียกชื้นมากั้นกลาง ทำให้การบังคับยานยนต์เป็นไปโดยลำบาก อาจเกิดอุบัติเหตุได้ง่าย ฉะนั้น จึงจำเป็นต้องมีระบบการระบายน้ำเพื่อให้พื้นสะพานแห้งโดยเร็ว เริ่มตั้งแต่การออกแบบให้พื้นสะพานมีความลาดเอียง (Crown Slope) ปกติจะอยู่ที่ 1.5% บังคับให้น้ำจากแนวศูนย์กลางสะพานให้ไหลไปอยู่ขอบสะพาน รวมไปถึงความลาดเอียงบนทางเท้า แล้วไหลลงท่อระบายทิ้งไป ในที่นี้รวมถึงการระบายน้ำหรือความชื้นของวัสดุที่ใช้ถมในโครงสร้างอื่นๆ เช่น Bearing Unit, Slope Protection

การระบายน้ำของงานสะพานจะมีอยู่ 2 แบบ คือ

1. ระบายน้ำทิ้งลงสู่ข้างล่างสะพานโดยตรง คือ การระบายน้ำจากพื้นสะพานแล้วทิ้งลงสู่พื้นล่าง โดยทำการฝังท่อระบายน้ำซึ่งอาจจะเป็นท่อ PVC หรือท่อคอนกรีตในพื้นสะพาน ในกรณีที่เป็นพื้นคอนกรีตแบบหล่อกับที่หรือฝังท่อระบายน้ำออกด้านข้างสะพาน ในกรณีที่เป็นชิ้นส่วนของพื้นแบบสำเร็จรูป เช่น Plank Girder หรือ Box Girder

2. รวมน้ำที่จะระบายแล้วไปทิ้งที่จุดใดจุดหนึ่ง คือ การระบายน้ำจากพื้นสะพานเข้าสู่ท่อระบายน้ำแล้วรวมน้ำไปทิ้งที่ใดที่หนึ่ง ส่วนมากจะเป็นการระบายทิ้งที่เสาตอม่อ และอาจมีการระบายน้ำต่อเนื่องสู่ระบบระบายน้ำของงานถนนต่อเชื่อมด้านล่าง

ส่วนการระบายน้ำหรือความชื้นในโครงสร้างอื่นๆ (Bearing Unit หรือ Slope Protection) เป็นการระบายจากความชื้นของวัสดุที่ใช้ถมใน Bearing Unit ส่วนมากจะใช้ท่อ PVC ฝังเพื่อระบายเฉพาะน้ำออกด้านนอกของโครงสร้างนั้นๆ และไม่ให้วัสดุที่ใช้ถมด้านในไหลออกมาได้ โดยปลายท่อด้านในมีการเจาะรูท่อ PVC แล้วมี Cap อุดปลายท่อด้านใน มีแผ่นใยสังเคราะห์ห่อหุ้มหินขนาด 1 นิ้ว ปริมาตรโดยประมาณ 0.15 x 0.15 x 0.20 ม. ที่ปลายด้านใน

<u>การตรวจสอบ</u> ตรวจสอบวัสดุ และอุปกรณ์การต่อเชื่อมได้คุณภาพตามข้อกำหนดหรือไม่ ตำแหน่งการติดตั้งได้ตามแบบหรือไม่ ความลาดเอียงของท่อระบายน้ำ

<u>ข้อควรระวัง</u> ก่อนเทพื้นสะพานต้องฝังท่อไว้ก่อนหรือมีการกำหนดตำแหน่งไว้ก่อน การต่อเชื่อมท่อในการระบายน้ำตามข้อ 2 ต้องติดแน่นไม่มีการรั่วของน้ำ และต้องให้อากาศในท่อน้ำทิ้งมีการระบายได้ด้วย ถ้าระบายไม่ได้ จะทำให้อากาศในท่อน้ำทิ้งดันน้ำไว้แล้วอาจไหลล้นออกในตำแหน่งที่ไหลออกได้ หรือไหลได้ช้า

7.2.4 งานเครื่องหมายจราจร

เพื่อความปลอดภัยในการใช้สะพานและถนนต่อเชื่อม การก่อสร้างจึงต้องออกแบบให้มีเครื่องหมายจราจรกำกับหรือชี้แนะ โดยแยกออกเป็นเครื่องหมายจราจรบนสะพานและถนนต่อเชื่อม ได้แก่ ป้ายโครงการ ป้ายเตือน ป้ายบังคับ ป้ายแนะนำ หลักกันโค้ง Guard Rail และแผงกันชน เป็นต้น ส่วนอีกประเภทหนึ่งคือ เครื่องหมายบนผิวทางต่างๆ ได้แก่ เส้นจราจร เส้นชะลอความเร็ว ข้อความบนผิวทาง เส้นบั้งหัวเกาะ สีบริเวณหัวเกาะ สีที่หัวและท้ายสะพาน หมุดสะท้อนแสง ส่วนการจราจรทางน้ำ ก็จะมีการทาสีตอม่อและข้างคานคอนกรีตอัดแรง

ผู้ควบคุมงานต้องตรวจสอบวัสดุและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องที่นำมาใช้ทำป้ายหรือเครื่องหมายต่างๆ ตำแหน่งการติดตั้งเป็นไปได้ตามแบบและข้อกำหนดหรือไม่

ข้อควรระวัง ป้ายเครื่องหมายจราจรในส่วนที่อยู่บนสะพาน ส่วนมากจะติดตั้งบนราวสะพานซึ่งจะต้องมีการฝังน็อตหรืออุปกรณ์อื่นๆ ลงในราวสะพาน ฉะนั้นก่อนเทราวสะพานต้องตรวจสอบก่อนว่า มีอุปกรณ์เหล่านี้เตรียมพร้อมไว้แล้วหรือยัง ตำแหน่งที่ติดตั้งต้องเป็นตำแหน่งที่เห็นป้ายหรือเครื่องหมายได้อย่างชัดเจน อย่าให้มีอะไรมาปิดบัง เครื่องหมายบนผิวทางต้องทำความสะอาดผิวพื้นที่จะทำให้ปราศจากฝุ่นละอองและสิ่งสกปรก

7.2.5 งานไฟฟ้าส่องสว่าง

เพื่อความปลอดภัยต่อผู้ใช้สะพานในยามค่ำคืน ต้องมีระบบไฟฟ้าส่องสว่างด้วย ในบางครั้งก็มีการติดตั้งไฟฟ้าส่องสว่างบริเวณบันไดขึ้นลง และบริเวณใต้สะพานด้วย

ผู้ควบคุมงานต้องตรวจสอบว่าวัสดุและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานไฟฟ้าส่องสว่าง ตำแหน่งการติดตั้งเป็นไปตามแบบและข้อกำหนดหรือไม่

ข้อควรระวัง ควรประสานกับการไฟฟ้าฯ เพื่อขอติดตั้งหม้อแปลงกับมิเตอร์ไฟฟ้าเสียแต่เนิ่นๆ การเดินสายไฟฟ้าบางจุด แบบก่อสร้างอาจให้เดินฝังในราวสะพาน ฉะนั้นควรให้ช่างงานไฟฟ้าได้ร่วมวางแผนการเดินสายไฟและติดตั้งกับช่างฝ่ายก่อสร้างตั้งแต่ต้นด้วย

7.2.6 งานบันได

สะพานบางตัวสร้างในที่คับแคบ สะพานบริเวณเชิงลาดคอสะพานไม่มีพื้นที่ให้ก่อสร้างทางเท้าได้ จึงจำเป็นต้องตัดงานทางเท้าส่วนนี้ทิ้งไปแล้วสร้างบันไดลงที่ริมตลิ่งแทน

ผู้ควบคุมงานต้องตรวจสอบแบบหล่อไม่ให้มีรอยรั่ว ได้แนวได้ระดับ ได้ขนาดความกว้าง ยาว เหล็กเสริมต้องครบและถูกต้องตามแบบ คอนกรีตได้ตามข้อกำหนด ผิวหน้าได้ตามกำหนด ในส่วนงานตกแต่งได้ตามแบบ

ข้อควรระวัง ถ้าจำเป็นต้องย้ายตำแหน่งของบันได เพราะไม่เหมาะสม ให้ระวังเรื่องความสูงของสะพานที่เปลี่ยนไป ให้คำนวณระยะ และความยาวของบันไดใหม่ เพื่อที่กำหนดตำแหน่งเสาเข็มของสะพานใหม่และจะทำให้ลูกตั้ง ลูกนอนของบันไดได้ตามแบบที่กำหนด

7.2.7 งานระบบสัญญาณไฟจราจร

สะพานบางสะพานอยู่ในเขตชุมชนที่มีการจราจรหนาแน่น หรือก่อสร้างในที่คับแคบ มีทัศนวิสัยในการมองเห็นไม่ดีพอ จึงต้องมีการติดตั้งระบบสัญญาณไฟจราจรช่วย เพื่อความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินของผู้ใช้สะพานและถนนต่อเชื่อม

ผู้ควบคุมงานต้องตรวจสอบวัสดุและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องงานไฟฟ้าส่องสว่าง ตำแหน่งการติดตั้งต้องได้ตามแบบและข้อกำหนด

ข้อควรระวัง ควรประสานกับการไฟฟ้าฯ เพื่อขอติดตั้งหม้อแปลงกับมิเตอร์ไฟฟ้าเสียแต่เนิ่นๆ และควรติดตั้งอยู่ในตำแหน่งที่เห็นได้ชัดเจน งานเดินสายไฟฟ้าบางตำแหน่งอาจอยู่ใต้ดินหรือฝังอยู่ ในโครงสร้างคอนกรีตจึงควรให้ช่างติดตั้งงานไฟฟ้าประสานงานกับช่างฝ่ายก่อสร้างตั้งแต่เริ่มต้นด้วย