



ระบบการประกันคุณภาพ (Quality Assurance)

ของกรมทางหลวงชนบท



ด้านแผนงาน



ด้านสำรวจและออกแบบ



ด้านก่อสร้างทาง



ด้านก่อสร้างสะพาน



ด้านบำรุงรักษาและอำนวยความสะดวก



ด้านการกำกับและบังคับใช้กฎหมาย

คำนำ

กรมทางหลวงชนบท โดย นายพิศักดิ์ จิตวิริยะวศิน อธิบดีกรมทางหลวงชนบท ได้มอบหมายนโยบายในการประชุมผู้บริหารระดับสูงของกรมทางหลวงชนบท ไว้ว่า

“ถนนกรมทางหลวงชนบทต้องมีคุณภาพ ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีกระบวนการรองรับการทำงานพัฒนาไปในทิศทางเดียวกัน เพื่อนำไปสู่ระบบการประกันคุณภาพ (Quality Assurance) ของกรมทางหลวงชนบท”

เพื่อให้เกิดการขับเคลื่อนอย่างเป็นรูปธรรม กรมทางหลวงชนบทจึงได้มีการแต่งตั้งคณะกรรมการกำหนดนโยบายและแนวทางการดำเนินงานการประกันคุณภาพของกรมทางหลวงชนบท และอนุกรรมการพัฒนาระบบประกันคุณภาพของกรมทางหลวงชนบทด้านแผนงาน ด้านสำรวจและออกแบบ ด้านก่อสร้างทาง ด้านก่อสร้างสะพาน ด้านบำรุงรักษาและอำนวยความสะดวก และด้านกำกับและบังคับใช้กฎหมาย

คู่มือระบบประกันคุณภาพ (Quality Assurance) ของกรมทางหลวงชนบท ด้านก่อสร้างสะพาน เล่มนี้ จัดทำโดย อนุกรรมการพัฒนาระบบประกันคุณภาพของกรมทางหลวงชนบทด้านก่อสร้างสะพาน โดยได้เรียบเรียงขึ้นและปรับปรุงเนื้อหาให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ปฏิบัติตาม ทั้งนี้ คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าบุคลากรของกรมทางหลวงชนบทสามารถนำแนวทางที่ได้จากคู่มือเล่มนี้ไปปฏิบัติตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ ก่อให้เกิดคุณภาพงานก่อสร้างสะพานที่ดี หากมีข้อบกพร่องหรือมีข้อเสนอแนะอื่นใด ข้าพเจ้าขอน้อมรับด้วยความขอบคุณยิ่ง ซึ่งจะได้นำไปปรับปรุงในการพิมพ์ครั้งต่อไป

คณะผู้จัดทำ



สารบัญ

	หน้า
บทที่ ๑ : ที่มาและความสำคัญ	๑
บทที่ ๒ : แนวทางการประกันคุณภาพ	๒
๒.๑ เป้าหมาย	๒
๒.๒ ขอบเขต	๒
๒.๓ กระบวนการทำงาน	๒
๒.๔ คู่มือและมาตรฐานในการปฏิบัติงาน	๓
๒.๕ แบบฟอร์มการประกันคุณภาพ	๔
บทที่ ๓ : แนวทางการดำเนินการและรายงานผล	๖
๓.๑ การเริ่มต้นดำเนินการ	๖
๓.๒ การดำเนินการ	๖
๓.๓ การรายงานผล	๖
บทที่ ๔ : การเตรียมการก่อนเริ่มงานก่อสร้างสะพาน	๗
๔.๑ ศึกษาสัญญาจ้าง	๗
๔.๒ ศึกษาแบบก่อสร้าง	๗
๔.๓ ตรวจสอบพื้นที่ก่อสร้าง	๙
๔.๔ การมีส่วนร่วมภาคประชาชน	๑๑
๔.๕ การประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง	๑๒
๔.๖ ตรวจสอบแผนงานของผู้รับจ้าง	๑๓
๔.๗ การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุก่อสร้าง	๑๕
๔.๘ ตรวจสอบสภาพชั้นดินรองรับงานฐานราก	๑๙
๔.๙ จัดทำแบบรายละเอียดก่อนการก่อสร้าง (Shop Drawing)	๒๑
บทที่ ๕ : การก่อสร้างโครงสร้างส่วนล่างของสะพาน	๒๔
๕.๑ การสำรวจเพื่อการก่อสร้างและการวางผัง	๒๔
๕.๒ ฐานรากเสาเข็มตอก	๒๕
๕.๓ ฐานรากเสาเข็มเจาะ (Bored Pile)	๔๒
๕.๔ ฐานรากแผ่	๕๐
๕.๕ เสาตอม่อ	๕๒
๕.๖ คานหัวเสารับพื้นสะพาน (Cap Beam)	๕๔



บทที่ ๖ :	การก่อสร้างโครงสร้างส่วนบนของสะพาน	๕๖
๖.๑	พื้นสะพาน	๕๖
๖.๒	ทางเท้า	๘๑
๖.๓	ราวสะพาน	๘๓
บทที่ ๗ :	ส่วนประกอบอื่น ๆ ของสะพาน	๘๕
๗.๑	ดาดคอนกรีตป้องกันคอสะพาน (Concrete Slope Protection)	๘๕
๗.๒	พื้นคอนกรีตเชิงลาดคอสะพาน (Approach Slab)	๘๘
๗.๓	รางระบายน้ำคอนกรีตบริเวณเชิงลาดสะพาน	๙๑
๗.๔	กำแพงกันดิน (Retaining Wall)	๙๒
๗.๕	ราวกันตกคอนกรีต (Concrete Barrier)	๙๓
๗.๖	ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	๙๔
๗.๗	เครื่องหมายจราจร	๙๕
บทที่ ๘ :	การควบคุมคุณภาพวัสดุ	๙๘
๘.๑	คอนกรีต	๙๘
๘.๒	วัสดุที่ใช้ในงานคอนกรีต	๙๙
ภาคผนวก ก :	แบบฟอร์มการตรวจสอบก่อนเริ่มงานก่อสร้าง (แบบฟอร์ม ๑.)	ก-๑
ภาคผนวก ข :	แบบฟอร์มการตรวจสอบเมื่อเริ่มโครงสร้าง (แบบฟอร์ม ๒.)	ข-๑
ภาคผนวก ค :	แบบฟอร์มการควบคุมวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง (แบบฟอร์ม ๓.)	ค-๑
ภาคผนวก ง :	แบบฟอร์มการตรวจสอบงานก่อสร้างสะพาน (แบบฟอร์ม ๔.)	ง-๑
ภาคผนวก จ :	แบบฟอร์มบันทึกการตอกเสาเข็ม (แบบฟอร์ม ๑๕.)	จ-๑
ภาคผนวก ฉ :	แบบฟอร์มตรวจสอบระดับ (แบบฟอร์ม ๑๖.)	ฉ-๑
ภาคผนวก ช :	แบบฟอร์มตรวจสอบระดับตอม่อสะพาน (แบบฟอร์ม ๑๗.)	ช-๑
ภาคผนวก ซ :	แบบฟอร์มรายงานผลการตรวจสอบเหล็กเสริม (แบบฟอร์ม ๒๐.)	ซ-๑
ภาคผนวก ฌ :	แบบฟอร์มรายงานผลการตรวจสอบงานโครงสร้างก่อนเทคอนกรีต (แบบฟอร์ม ๒๑.)	ฌ-๑
ภาคผนวก ญ :	แบบฟอร์มรายงานผลการเทคอนกรีต (แบบฟอร์ม ๒๒.)	ญ-๑
ภาคผนวก ด :	แบบฟอร์มรายงานผลการดัดลวดอัดแรง (แบบฟอร์ม ๒๔.)	ด-๑
ภาคผนวก ต :	แบบฟอร์มรายงานผลการอัดน้ำปูน (แบบฟอร์ม ๒๕.)	ต-๑
ภาคผนวก ถ :	แบบฟอร์มรายงานผลการตรวจสอบความปลอดภัยระหว่างการก่อสร้าง (แบบฟอร์ม ๒๖.)	ถ-๑



บทที่ ๑

ที่มาและความสำคัญ

กรมทางหลวงชนบทได้เล็งเห็นความสำคัญในการสร้างหลักประกันทางด้านคุณภาพของการดำเนินงานตามภารกิจของกรม นั่นคือ การก่อสร้างและบำรุงรักษาทางและสะพานให้มีความมั่นคงแข็งแรง ความปลอดภัย และความทนทานในการใช้งานได้ยาวนาน เพื่อให้เกิดความพึงพอใจแก่ประชาชน และเป็นส่วนสนับสนุนโครงข่ายคมนาคมขนส่งทางบกที่มีประสิทธิภาพของประเทศ จึงมีคำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการกำกับนโยบายและแนวทางในการดำเนินการประกันคุณภาพ (Quality Assurance, QA) ของกรมทางหลวงชนบท โดยมีอธิบดีเป็นประธาน และต่อมาได้มีคำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการพัฒนาระบบการประกันคุณภาพในด้านต่างๆ จำแนกตามกระบวนการหลักของกรม จำนวน ๖ คณะ ได้แก่ ด้านจัดทำแผนงาน ด้านสำรวจและออกแบบ ด้านก่อสร้างทางด้านก่อสร้างสะพาน ด้านบำรุงและอำนวยความปลอดภัย และด้านกำกับดูแลและการบังคับใช้กฎหมาย เพื่อพัฒนาระบบการประกันคุณภาพในแต่ละด้านให้มีประสิทธิภาพ และมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันอย่างเป็นระบบ



บทที่ ๒

แนวทางการประกันคุณภาพ

คณะอนุกรรมการพัฒนาระบบการประกันคุณภาพ (Quality Assurance, QA) ของกรมทางหลวงชนบท (ด้านก่อสร้างสะพาน) ได้กำหนดแนวทางการประกันคุณภาพด้านก่อสร้างสะพานโดยมีรายละเอียดสรุปได้ดังนี้

๒.๑ เป้าหมาย

การประกันคุณภาพด้านก่อสร้างสะพานมีเป้าหมายดังนี้

๑. เพื่อให้สามารถก่อสร้างสะพานได้ตรงตามรายละเอียดที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง
๒. เพื่อให้สามารถควบคุมคุณภาพงานก่อสร้างสะพานเป็นไปตามมาตรฐานของกรมทางหลวงชนบทหรือมาตรฐานอื่นที่เกี่ยวข้อง
๓. เพื่อให้งานก่อสร้างมีความปลอดภัย และส่งผลกระทบต่อประชาชนระหว่างการก่อสร้างน้อยที่สุด
๔. เพื่อให้งานก่อสร้างแล้วเสร็จภายในระยะเวลาที่ระบุไว้ในสัญญาจ้าง
๕. เพื่อให้สามารถรวบรวมเอกสารหรือข้อมูลที่เป็นต่อการตรวจสอบหรือบำรุงรักษาสะพานต่อไปได้อย่างครบถ้วน

๒.๒ ขอบเขต

การประกันคุณภาพด้านก่อสร้างสะพานครอบคลุมการทำงานของหน่วยงานก่อสร้างสะพานประกอบด้วย

- สำนักก่อสร้างสะพาน
- สำนักก่อสร้างทาง
- สำนักงานทางหลวงชนบท และแขวงทางหลวงชนบททุกแห่ง

โดยมีขอบเขตการดำเนินงานดังนี้

๑. ครอบคลุมงานก่อสร้างโครงสร้างสะพานทุกประเภท ได้แก่ สะพานในสายทาง สะพานชุมชน สะพานขนาดใหญ่ และโครงสร้างพิเศษ รวมถึงงานติดตั้งอุปกรณ์ส่วนควบบนสะพาน เช่น ไฟฟ้าแสงสว่าง เครื่องหมายจราจรและอุปกรณ์อำนวยความสะดวก เป็นต้น
๒. ไม่รวมถึงงานก่อสร้างถนนก่อนขึ้นสะพาน และถนนในโครงการ (ให้ใช้แนวทางการประกันคุณภาพด้านก่อสร้างทาง)
๓. สนับสนุนการตรวจสอบความสมบูรณ์ครบถ้วนของแบบก่อสร้าง ประมาณการค่าก่อสร้าง และความเหมาะสมของสถานที่ก่อสร้างสะพาน โดยดำเนินการร่วมกับหน่วยงานสำรวจและออกแบบ
๔. รวมถึงงานตรวจสอบความเสียหายของโครงสร้างที่อาจเกิดขึ้นในช่วงค่าประกันสัญญาก่อสร้าง และการส่งมอบสะพานให้กับหน่วยงานบำรุงรักษา

๒.๓ กระบวนการทำงาน

กระบวนการทำงานด้านก่อสร้างสะพานสามารถสรุปได้ดังแสดงในรูปที่ ๒-๑ ประกอบด้วยช่วงดำเนินการ ๓ ช่วง คือ



๑. **ช่วงก่อนการก่อสร้าง** เริ่มตั้งแต่การรับมอบแบบก่อสร้างและเอกสารประมาณราคาจากหน่วยงานสำรวจและออกแบบ โดยจะต้องมีการตรวจสอบความสอดคล้องของเอกสารเหล่านั้นกับพื้นที่ก่อสร้าง ร่วมกับหน่วยงานสำรวจและออกแบบ หากพบว่ามีรายละเอียดบางอย่างไม่สอดคล้องกับพื้นที่ก่อสร้างและอาจส่งผลให้ไม่สามารถดำเนินการก่อสร้างได้ ให้ส่งเอกสารนั้นกลับให้หน่วยงานสำรวจและออกแบบพิจารณาแก้ไขเอกสาร และส่งมอบให้หน่วยงานก่อสร้างเพื่อตรวจสอบอีกครั้ง แต่ถ้าเอกสารนั้นสอดคล้องกับพื้นที่ก่อสร้าง และสามารถดำเนินการก่อสร้างได้ ให้เริ่มกระบวนการจัดซื้อจัดจ้างผู้รับจ้างต่อไป
๒. **ช่วงก่อสร้าง** หลังจากลงนามในสัญญาว่าจ้างผู้รับจ้างแล้ว จะต้องดำเนินการเตรียมความพร้อมและตรวจสอบสภาพพื้นที่ก่อนการก่อสร้าง พิจารณานูมัติแผนงานและวัสดุ จากนั้นจึงเริ่มกระบวนการควบคุมคุณภาพงานก่อสร้างสะพาน ควบคุมไปกับการประชาสัมพันธ์และการมีส่วนร่วมภาคประชาชน ตลอดจนการจัดการจราจรและอำนวยความสะดวกระหว่างการก่อสร้าง โดยในระหว่างการควบคุมคุณภาพงานก่อสร้างจะต้องมีการทดสอบวัสดุตามมาตรฐานและข้อกำหนด รวมถึงการรายงานผลงานก่อสร้างและตรวจการจ้างระหว่างการก่อสร้าง หากในระหว่างการก่อสร้างพบปัญหาอุปสรรคหรือมีข้อเสนอแนะจากประชาชนซึ่งมีผลกระทบต่อรูปแบบการก่อสร้าง ให้แจ้งหน่วยงานสำรวจและออกแบบพิจารณาเพื่อ ประกอบการ แก้ไขแบบก่อสร้าง และดำเนินการ ขออนุมัติ แก้ไขสัญญาจ้าง ทั้งนี้ การควบคุมคุณภาพงานก่อสร้างสะพานสามารถกระบวนกรย่อยตามกิจกรรมการก่อสร้าง ได้แก่ งานชุดและถมดิน งานเสาเข็ม งานตอม่อ หรือโครงสร้างส่วนล่าง งานโครงสร้างส่วนบน งานไฟฟ้าแสงสว่าง และงานเครื่องหมายจราจร นอกจากนี้ ก่อนงานก่อสร้างแล้วเสร็จจะต้องตรวจสอบจุดเสี่ยงอันตรายในการใช้งานสะพาน ซึ่งถ้าพบจุดเสี่ยงจะต้องเร่งดำเนินการแก้ไข แล้วจึงตรวจรับงานก่อสร้างเมื่อก่อสร้างสะพานแล้วเสร็จ
๓. **ช่วงหลังก่อสร้าง** ภายหลังตรวจรับงานก่อสร้าง จะต้องดำเนินการลงทะเบียนสะพานในฐานข้อมูลสะพาน พร้อมทั้งสำรวจความพึงพอใจของประชาชนในการใช้งานสะพาน และประเมินผลงานของผู้ควบคุมงาน หรือที่ปรึกษาควบคุมงาน (ถ้ามี) จากนั้นจะต้องตรวจสอบความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นก่อนสิ้นสุดระยะค่าประกันสัญญาจ้าง หากพบความเสียหาย เหตุจากการก่อสร้างของผู้รับจ้าง จะต้องแจ้งให้ผู้รับจ้างดำเนินการแก้ไข ในทันที ก่อนคืนค่าประกันสัญญาจ้าง และส่งมอบสะพานให้หน่วยงานบำรุงรักษารับผิดชอบต่อไป

๒.๔ คู่มือและมาตรฐานในการปฏิบัติงาน

กรมได้จัดทำ“คู่มือปฏิบัติงานก่อสร้างสะพานกรมทางหลวงชนบท”^๑ ขึ้นมาใช้เป็นคู่มือในการควบคุมงานก่อสร้างสะพานของผู้ควบคุมงานให้มีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับมาตรฐานและเป็นไปตามหลักวิชาการที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้การก่อสร้างสะพานมีความมั่นคงแข็งแรง และประชาชนสามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย

นอกจากนั้น กรมได้กำหนดมาตรฐานในการปฏิบัติงานหัวข้อต่างๆ ซึ่งมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับงานโครงสร้างสะพานสามารถสรุปได้ดังนี้

- มทข. ๑๐๑-๒๕๕๕ มาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก
- มทข. ๑๐๒-๒๕๕๕ มาตรฐานงานคอนกรีตอัดแรง
- มทข. ๑๐๓-๒๕๕๕ มาตรฐานงานเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต

^๑ กรมทางหลวงชนบท (๒๕๕๓), คู่มือปฏิบัติงานก่อสร้างสะพานกรมทางหลวงชนบท.



- มทช. ๑๐๔-๒๕๔๕ มาตรฐานงานไม้
- มทช. ๑๐๕-๒๕๔๕ มาตรฐานงานฐานราก
- มทช. ๑๐๖-๒๕๔๕ มาตรฐานงานเสาเข็ม

๒.๕ แบบฟอร์มการประกันคุณภาพ

เพื่อให้การควบคุมคุณภาพงานก่อสร้างสะพานมีประสิทธิภาพ สามารถประกันคุณภาพงานก่อสร้างได้อย่างน่าเชื่อถือ คณะอนุกรรมการฯ ได้กำหนดแบบฟอร์มการประกันคุณภาพงานก่อสร้างสะพานขึ้นใหม่ ร่วมกับแบบฟอร์มการควบคุมคุณภาพงานก่อสร้างที่มีอยู่เดิม (แบบฟอร์ม คส. และ ทส.) ซึ่งสามารถจำแนกตามกระบวนการทำงานได้ดังนี้(แบบฟอร์มแนบอยู่ในภาคผนวก)

๑. แบบฟอร์มการตรวจสอบก่อนเริ่มงานก่อสร้าง (แบบฟอร์ม ๑.)
๒. แบบฟอร์มการตรวจสอบเมื่อเริ่มโครงสร้าง (แบบฟอร์ม ๒.)
๓. แบบฟอร์มการควบคุมวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง (แบบฟอร์ม ๓.)
๔. แบบฟอร์มการตรวจสอบงานก่อสร้างสะพาน (แบบฟอร์ม ๔.) ประกอบด้วย
 - งานหล่อเสาเข็ม
 - งานตอกเสาเข็ม
 - งานฐานราก
 - งานเสาตอม่อ
 - งานคานหัวเสา
 - งานพื้นสะพานแบบหล่อในที่
 - งานหล่อคานคอนกรีตอัดแรงแบบ Pre-Tension
 - งานหล่อคานคอนกรีตอัดแรงแบบ Post-Tension
 - งานติดตั้งคานคอนกรีตอัดแรงชนิด Plank Girder หรือ Box Girder และเทพื้นคอนกรีต
 - งานติดตั้งคานคอนกรีตอัดแรงชนิด I-Girder และเทพื้นคอนกรีต
 - งานทางเท้า
 - งานเสาราวสะพาน
 - งานราวสะพาน
 - งานดาดคอนกรีตป้องกันคอสะพาน
 - งานอื่นๆ ประกอบด้วย งานเชิงลาดคอสะพาน งานติดตั้งระบบไฟฟ้าแสงสว่าง
 - งานขอบทางคอนกรีต งานเครื่องหมายจราจร
๕. แบบฟอร์มบันทึกการตอกเสาเข็ม (แบบฟอร์ม ๑๕.)
๖. แบบฟอร์มตรวจสอบระดับ (แบบฟอร์ม ๑๖.)
๗. แบบฟอร์มตรวจสอบระดับตอม่อสะพาน (แบบฟอร์ม ๑๗.)
๘. แบบฟอร์มรายงานผลการตรวจสอบเหล็กเสริม (แบบฟอร์ม ๒๐.)
๙. แบบฟอร์มรายงานผลการตรวจสอบงานโครงสร้างก่อนเทคอนกรีต (แบบฟอร์ม ๒๑.)
๑๐. แบบฟอร์มรายงานผลการเทคอนกรีต (แบบฟอร์ม ๒๒.)
๑๑. แบบฟอร์มรายงานผลการดึงลวดอัดแรง (แบบฟอร์ม ๒๔.)
๑๒. แบบฟอร์มรายงานผลการอัดน้ำปูน (แบบฟอร์ม ๒๕.)
๑๓. แบบฟอร์มรายงานผลการตรวจสอบความปลอดภัยระหว่างการก่อสร้าง (แบบฟอร์ม ๒๖.)



บทที่ ๓

แนวทางการดำเนินการและรายงานผล

คณะกรรมการฯ ได้กำหนดแนวทางการดำเนินงานและ รายงานผล การพัฒนาระบบการประกันคุณภาพด้านก่อสร้างสะพาน โดยมีรายละเอียดสรุปได้ดังนี้

๓.๑ การเริ่มต้นดำเนินการ

การประกันคุณภาพด้านก่อสร้างสะพานแบ่งออกเป็น ๒ ระยะ คือ

- ระยะที่ ๑ สำหรับการก่อสร้างสะพานในสายทางและสะพานชุมชน ให้ดำเนินการกับโครงการที่เริ่มต้นในปีงบประมาณ ๒๕๖๐ และปีงบประมาณต่อไป ทุกโครงการ โดยใช้แนวทางการประกันคุณภาพตามที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ ๒.
- ระยะที่ ๒ สำหรับการก่อสร้างสะพานขนาดใหญ่และโครงสร้างพิเศษ คาดว่าจะเริ่มดำเนินการกับโครงการที่เริ่มต้นในปีงบประมาณ ๒๕๖๑ เนื่องจากการก่อสร้างสะพานประเภทนี้มีขั้นตอนและรายละเอียดการทำงานที่ซับซ้อนและหลากหลาย จำเป็นต้องกำหนดวิธีการและแบบฟอร์มการประกันคุณภาพเพิ่มเติม

๓.๒ การดำเนินการ

ให้ผู้ควบคุมงานก่อสร้างบันทึกผลการตรวจสอบลงในแบบฟอร์มการประกันคุณภาพตามที่ได้แนบมานี้ โดยแยกบันทึกสำหรับส่วนประกอบสะพานแต่ละส่วนในทุกกระบวนการก่อสร้างที่เกี่ยวข้อง แนบเอกสารที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย เช่น Catalog แสดงรายละเอียดของวัสดุหรือผู้ผลิต สัดส่วนผสมของคอนกรีต ผลการทดสอบจากหน่วยทดสอบ ภาพถ่ายแสดงขั้นตอนการทำงาน เป็นต้น รวบรวมไว้ที่หน่วยงานก่อสร้างแต่ละแห่งหนึ่ง สำหรับกระบวนการก่อสร้างที่เริ่มต้นและสิ้นสุดไปแล้ว เช่น การตรวจสอบความสอดคล้องกับพื้นที่ก่อสร้างก่อนการจัดซื้อจัดจ้าง เป็นต้น ให้ยกเว้นไม่ต้องดำเนินการกระบวนการนี้ในปีงบประมาณ ๒๕๖๐

๓.๓ การรายงานผล

ให้ผู้ควบคุมงานก่อสร้างแสดงแบบฟอร์มการประกันคุณภาพที่ได้บันทึกแล้วให้คณะกรรมการตรวจการจ้างงานก่อสร้างเป็นผู้ตรวจสอบพร้อมลงนามรับรอง และส่งสำเนาแบบฟอร์มการประกันคุณภาพที่ได้บันทึกแล้ว (ไม่ต้องแนบเอกสารประกอบ) ภายใน ๓๐ วัน หลังจากการตรวจการจ้างในแต่ละงวด มาที่ คณะกรรมการพัฒนาระบบการประกันคุณภาพ (Quality Assurance, QA) ของกรมทางหลวงชนบท (ด้านก่อสร้างสะพาน) สำนักก่อสร้างสะพาน ชั้น ๗ อาคาร ๑ กรมทางหลวงชนบท



บทที่ ๔

การเตรียมการก่อนเริ่มงานก่อสร้างสะพาน

ผู้ที่ได้รับการแต่งตั้งเป็นผู้ควบคุมงาน เมื่อได้รับทราบคำสั่งแล้วจะต้องเตรียมการก่อนที่ผู้รับจ้างจะเริ่มดำเนินการก่อสร้างสะพาน ดังนี้

๔.๑ ศึกษาสัญญาจ้าง

๔.๑.๑ เอกสารสัญญา นอกเหนือจากสัญญาจ้างแล้วจะประกอบด้วยเอกสาร ดังนี้

- ๑) แบบรูป (แบบก่อสร้าง) และรายการประกอบแบบ
- ๒) เอกสารเพิ่มเติมเกี่ยวกับงานก่อสร้าง (ถ้ามี)
- ๓) รายละเอียดวงงาน
- ๔) ใบเสนอราคาและบัญชีแสดงปริมาณวัสดุของผู้รับจ้าง
- ๕) บันทึกการประเมินราคาค่าก่อสร้างหลังการต่อรองราคา
- ๖) ประกาศประกวดราคา หรือสอบราคา และเงื่อนไขแนบท้าย
- ๗) มาตรฐานงานก่อสร้าง หรือข้อกำหนดรายละเอียดงานก่อสร้าง (Specification)

๔.๑.๒ สิ่งสำคัญที่ผู้ควบคุมงานต้องทำ

- ๑) จัดหาและรวบรวมเอกสารสัญญาจ้างให้ครบถ้วน
- ๒) อ่านสัญญาจ้างและเอกสารสัญญา โดยละเอียด และจะต้องทำความเข้าใจ พร้อมทั้งจดจำในประเด็นสำคัญ เช่น วันเริ่มงาน –วันกำหนดแล้วเสร็จ อำนาจหน้าที่ของผู้ควบคุมงานและคณะกรรมการตรวจการจ้าง การจ้างช่วง การแก้ไขเพิ่มเติมงาน การขยายเวลาก่อสร้าง เป็นต้น
- ๓) วินิจฉัยกรณีพบข้อขัดแย้งระหว่างเอกสารสัญญา ให้ถือความสำคัญของเอกสารเรียงตามลำดับดังนี้ คือ สัญญาจ้าง เอกสารเพิ่มเติมเกี่ยวกับงานก่อสร้าง (ถ้ามี) ประกาศประกวดราคาและเงื่อนไขแนบท้าย แบบรูปและรายการประกอบแบบ มาตรฐานงานก่อสร้างหรือข้อกำหนดรายละเอียดงานก่อสร้าง รายละเอียดวงงาน บันทึกการประเมินราคาค่าก่อสร้างหลังการต่อรองราคา และใบเสนอราคาและบัญชีแสดงปริมาณวัสดุของผู้รับจ้าง กรณีที่ไม่สามารถตัดสินใจได้จะต้องแจ้งคณะกรรมการตรวจการจ้างเพื่อวินิจฉัยต่อไป กรณีมีสิ่งที่เกิดขึ้นจากการแก้ไขใบรายละเอียดสัญญาจ้าง เช่น สัญญาแก้ไขเพิ่มเติม บันทึกข้อตกลงเพิ่มเติมแนบท้ายสัญญา หรือแบบแก้ไขเพิ่มเติม จะต้องจัดทำเอกสารเพิ่มเติม

๔.๒ ศึกษาแบบก่อสร้าง

ต้องเริ่มให้ความสำคัญจากแบบแสดงรายละเอียดเฉพาะงานก่อน ได้แก่ แบบสำรวจผังบริเวณ แบบแสดงรูปแปลงและรูปตัดตามยาวสะพาน และแบบแสดงรูปตัดขวางสะพาน จากนั้นจึงให้ความสำคัญกับแบบมาตรฐานรองลงมา โดยมีประเด็นสำคัญที่ต้องศึกษา ดังนี้

๔.๒.๑ ขนาดและตำแหน่งของสะพาน

มีความกว้าง ความยาวและการวางตำแหน่ง แนวสะพาน ตั้งฉากหรือ ทำมุมเฉียง (Skew) กับทิศทางน้ำไหล



๔.๒.๒ ฐานรากตอม่อสะพาน

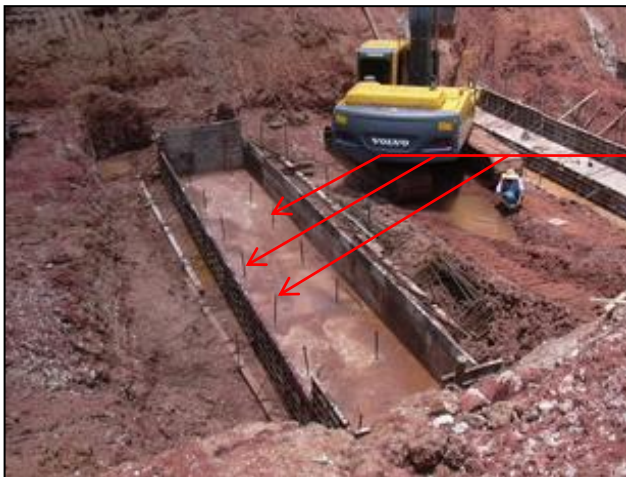
มีรูปแบบเป็นเสาเข็มตอกหรือฐานแผ่หรืออาจมีทั้ง ๒ แบบ

๔.๒.๒.๑ กรณีเป็นฐานรากแบบเสาเข็มตอก

- ๑) ข้อกำหนดกำลังรับน้ำหนักบรรทุกทุกสูงสุดหรือปลอดภัยของเสาเข็ม เช่น กำหนดให้เสาเข็มตอกรับน้ำหนักบรรทุกทุกปลอดภัยได้ไม่น้อยกว่า ๕๐ ตันต่อตัน และสูตรแนะนำในการคำนวณกำลังรับน้ำหนักบรรทุกทุกของเสาเข็มตอกในสนาม (Pile Driving Formula) เช่น Hiley's Formula หรือ Janbu's Formula
- ๒) ข้อกำหนดให้ตอกเสาเข็มจมดินลึกเท่าใด เพื่อให้พ้นการกัดเซาะของกระแสน้ำ (Scouring) เช่น จะต้องตอกเสาเข็มจมดินลึกไม่น้อยกว่า ๓.๕๐ เมตร เป็นต้น
- ๓) รูปแบบปลายเสาเข็ม เช่น กรณีเป็นดินธรรมดาให้ใช้แบบปลายสอบเสริมหัวเหล็กหล่อ กรณีเป็นดินอ่อนให้ใช้แบบปลายตัด (ไม่สอบ) หรือกรณีเป็นดินแข็งให้ใช้แบบปลายสอบเสริมเหล็กรูปพรรณ (H-Beam) เพื่อให้เจาะทะลุชั้นดินแข็งได้ง่ายขึ้น เป็นต้น
- ๔) ข้อกำหนดเกี่ยวกับความชะลุดของเสาเข็ม (Free Standing Height) หรือความสูงของเสาเข็มจากท้องน้ำถึงท้องคานยึดเสา (Bracing Beam) หรือท้องคานหัวเสา (Cap Beam) หรือท้องฐานคลุมเสาเข็ม (Pile Cap) เช่น กรณีเสาเข็มหน้าตัดสี่เหลี่ยมขนาด ๐.๔๐ x ๐.๔๐ เมตร ความชะลุด ไม่เกิน ๔.๕๐ เมตร เป็นต้น

๔.๒.๒.๒ กรณีเป็นฐานแผ่ (Spread Footing)

- ๑) ตรวจสอบค่าระดับและระยะฝังของฐานแผ่ในชั้นดินแข็งหรือชั้นหิน
- ๒) มีข้อกำหนดให้ผู้รับจ้างทำการทดสอบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของดินรองรับฐานราก (Soil Bearing Capacity) หรือไม่
- ๓) ตรวจสอบรายละเอียดการ ก่อสร้างฐานรากแผ่บนชั้นหินและ เจาะฝังเหล็กเดือย (Dowel Bar) ยึดระหว่างชั้นหินกับฐานราก



การฝังเหล็กเดือย (Dowel Bar) ของฐานแผ่ในชั้นหินแข็ง

รูปที่ ๔-๑ แสดงรายละเอียดการฝังเหล็กเดือยของฐานแผ่ในชั้นหินแข็ง

๔.๒.๓ รูปแบบตอม่อ

เป็นแบบเสาเรียงเดี่ยว (Pile Bent) หรือเป็นรูปแบบฐานเสาเข็มกลุ่ม มีจำนวนเสาเข็มก็ตั้งในแต่ละตอม่อ มีความสูงของเสาตอม่อ เท่าใด และใช้แบบมาตรฐานใดประกอบการก่อสร้าง (รูปแบบตอม่อจะแตกต่างกันไปตามความยาวช่วงพื้นสะพาน ความสูงเสาตอม่อ และชนิดฐานราก)



๔.๒.๔ พื้นสะพาน

เป็นแบบ พื้นสะพาน หล่อในที่หรือเป็นแบบคานคอนกรีตอัดแรง มีความยาวช่วงพื้นสะพาน กี่ขนาด กรณีเป็นพื้นแบบคานอัดแรง กำหนดให้ใช้คานรูปแบบใด มีจำนวนคานกี่คานในพื้นแต่ละช่วง และ กำหนดให้ใช้ แผ่นยางรองพื้นสะพาน (Bearing Pad) เป็นแบบยางธรรมชาติ (Natural Rubber) หรือยางสังเคราะห์ (Neoprene Rubber) รวมทั้งตรวจสอบขนาดกว้าง-ยาว-หนา

๔.๒.๕ ทางเท้า

ตรวจสอบความกว้างรวม และความกว้างสุทธิ (เฉพาะทางเดิน) ว่ามีขนาดเท่าใด รูปแบบขอบทางเท้าด้านใน (ติดผิวจราจร) เป็นแบบตั้งตรงหรือเอียงหรือแบบมีขอบยื่น (ที่เรียกว่า จมูกทางเท้า)

๔.๒.๖ ราวสะพาน

ตรวจสอบรายละเอียดรูปแบบของราวสะพาน เช่น เป็นราวโปร่งสองชั้น หรือราวทึบแบบผนังคสล. (Barrier) เป็นต้น

๔.๒.๗ องค์ประกอบอื่นๆ ได้แก่

- ๑) ท่อระบายน้ำบนพื้นสะพานเป็นแบบกลมหรือสี่เหลี่ยม วัสดุที่ใช้เป็นท่อพีวีซีหรือท่อเหล็ก รูปกลวง หรือท่อคอนกรีตรูปกลวง และมีการจัดวางตามแนวดิ่งหรือวางเอียงลาดได้ทางเท้า
- ๒) งานดาดคอนกรีตป้องกันคอสะพาน (Concrete Slope Protection) ซึ่งจะต้องตรวจสอบถึงขนาด รูปร่าง ลักษณะ และตำแหน่งของท่อระบายน้ำ
- ๓) งานพื้นคอนกรีตคอสะพาน (Approach Slab) ต้องตรวจสอบขนาดกว้าง-ยาว และ ลักษณะการวางพาดอยู่บนตอม่อตัวบริม ซึ่งจะต้องศึกษารูปแบบของตอม่อตัวบริมประกอบด้วย
- ๔) งานราวกันตกบริเวณคอสะพาน มีกำหนดให้ก่อสร้างหรือไม่ ถ้ามีเป็นรูปแบบใด เช่น Steel Beam Guard Rail หรือ Concrete Barrier
- ๕) งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ตรวจสอบการขยายเขตไฟฟ้า จำนวนเสาไฟฟ้าและการติดตั้งชนิดของโคมไฟ และการส่องสว่าง
- ๖) งานโครงสร้างปรับการทรุดตัว บริเวณ คอสะพาน (Bearing Unit) ตรวจสอบว่าเป็นรูปแบบที่มีผนังกันดินด้านข้างหรือไม่ ระดับพื้น Bearing Unit ขนาดกว้าง -ยาว ตำแหน่งเสาเข็ม และการแปรเปลี่ยนความยาวของเสาเข็มในแต่ละแถว
- ๗) งานถนนเชิงลาดคอสะพาน เป็นถนนผิวทางประเภทลาดยาง คอนกรีต หรือลูกรัง ตรวจสอบและก่อสร้างตามมาตรฐานงานทางและข้อกำหนดของแบบก่อสร้าง

๔.๓ ตรวจสอบพื้นที่ก่อสร้าง

เป็นภารกิจสำคัญที่ไม่ควรละเลยการปฏิบัติ เนื่องจากพื้นที่ก่อสร้างจริงก่อนการก่อสร้างอาจมีสภาพแปรเปลี่ยนไปจากแบบก่อสร้างหรืออาจมีข้อผิดพลาดเคลื่อนตกหล่นไปจากแบบก่อสร้าง ซึ่งหากมีการตรวจสอบพบและทราบก่อนแล้วจะทำให้สามารถแก้ไขได้ทันการณ โดยมีความสำคัญที่ต้องตรวจสอบดังนี้

๔.๓.๑ ปัญหากรรมสิทธิ์ที่ดินของราษฎรหรือเอกชน เช่น ขอบเขตการก่อสร้าง รุกล้ำเข้าในที่ดินซึ่งยังไม่อุทิศให้แก่ทางราชการ หรือหากก่อสร้างสะพานแล้วจะมีผลทำให้เจ้าของที่ดินเสียประโยชน์ในการใช้ที่ดิน เช่น ไม่สามารถทำทางเข้า - ออกได้ หากมีปัญหาดังกล่าวควรรีบดำเนินการเจรจาหรือหาแนวทางแก้ไขให้ได้อย่างรวดเร็ว มิฉะนั้นจะมีปัญหาทางกฎหมายตามมาภายหลัง หรืออาจทำให้งานส่วนที่ก่อสร้างไปแล้วไม่สามารถใช้งานได้หรือต้องรื้อทิ้ง ซึ่งจะเป็นการเสียเวลาและสูญเสียงบประมาณโดยเปล่าประโยชน์

๔.๓.๒ กรณีมีสะพานเดิมที่ต้องรื้อถอน ต้องตรวจสอบทางเลี้ยว และพิจารณาความจำเป็นต่อการก่อสร้างทางเบี่ยงหรือสะพานเบี่ยง โดยอาจสอบถามความคิดเห็นหรือความต้องการของ ประชาชนในพื้นที่และ



ผู้ใช้เส้นทางเพื่อเป็นข้อมูลเพิ่มเติมด้วย เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาก่อสร้างสะพานเปี้ยง ให้เหมาะสม ทั้งนี้เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาความเดือดร้อนต่อผู้ใช้เส้นทางซึ่งจะทำให้เกิดการร้องเรียนตามมา

๔.๓.๓ ก่อนการก่อสร้างสะพานจะต้องขออนุญาตหน่วยงานผู้รับผิดชอบลำน้ำบริเวณดังกล่าว เช่น กรมเจ้าท่า หรือกรมชลประทาน เป็นต้น

๔.๓.๔ อุปสรรคจาก สาธารณูปโภคติดขวาง เช่น แนวเสาและสายไฟฟ้า แนวเสาและสายโทรศัพท์ แนวท่อประปา เป็นต้น ถ้ามีจะต้องรีบติดต่อประสานงานกับหน่วยงานเจ้าของสาธารณูปโภคให้ดำเนินการรื้อย้ายโดยเร็ว เพื่อไม่ให้เป็นอุปสรรคต่องานก่อสร้าง

๔.๓.๕ ความคลาดเคลื่อนของแบบก่อสร้าง ที่ไม่สอดคล้องเหมาะสมกับสถานที่ก่อสร้างให้พิจารณา ประเด็น ดังต่อไปนี้

- ๑) มุมเฉียง (Skew) ของแนวสะพานกับทิศทางการไหลของกระแสน้ำให้มีความเหมาะสมถูกต้อง ตามสภาพพื้นที่ก่อสร้างจริง เพราะหากก่อสร้างไปโดยไม่ถูกต้องแล้วจะทำให้ตอม่อขวางการไหลของกระแสน้ำซึ่งจะเกิดปัญหาการกัดเซาะฐานรากตามมา และอาจเกิดขวางต่อการสัญจรทางน้ำด้วย โดยการตรวจสอบทิศทางการไหลของกระแสน้ำจะต้องพิจารณาจากแนวร่องน้ำลึกที่ปรากฏตามเส้นชั้นความสูง (Contour Line) ที่ได้จากการสำรวจ สำหรับกรณีลำน้ำเป็นช่วงโค้งจะต้องพิจารณาทิศทางการไหลจากด้านเหนือน้ำของสะพานเพื่อป้องกันการกัดเซาะบริเวณคอสะพาน
- ๒) รูปตัดท้องคลองและแนวร่องน้ำลึก หากคลาดเคลื่อนจากสภาพพื้นที่จริงแล้วอาจมีผล ทำให้ช่องลอดใต้สะพานไม่เพียงพอ หรือหากปรากฏว่าตำแหน่งตอม่อไปตั้งอยู่กลางร่องน้ำลึกจะทำให้มีโอกาสที่ฐานรากจะถูกกัดเซาะจากกระแสน้ำ รวมทั้งความยาวสะพานที่ออกแบบไว้หากไม่เพียงพอต่อความกว้างของลำน้ำอาจทำให้เกิดการกัดเซาะคอสะพานในภายหลัง
- ๓) ระดับน้ำต่ำสุดที่ระบุในแบบก่อสร้าง (Low Water Level : LWL) หากปรากฏว่าในปีหรือช่วงเวลาที่จะทำการก่อสร้างสะพาน ระดับน้ำไม่ลดลงถึงระดับต่ำสุดที่ระบุ อาจมีผลกระทบต่อการก่อสร้างฐานรากตอม่อกลางน้ำ เนื่องจากการกำหนดระดับก่อสร้างฐานรากตอม่อกลางน้ำจะมีความสัมพันธ์กับระดับน้ำต่ำสุดตามที่ระบุในแบบก่อสร้าง
- ๔) ระดับน้ำสูงสุดที่ระบุในแบบก่อสร้าง (High Water Level : HWL) หากปรากฏว่าระดับน้ำที่เกิดขึ้นจริงสูงกว่าระดับน้ำสูงสุดที่ระบุ จะมีผลทำให้ช่องลอดสะพานมีความสูงไม่เพียงพอต่อการสัญจรทางน้ำหรือพื้นสะพานอาจจมน้ำในฤดูน้ำหลาก



รูปที่ ๔-๒ การตรวจสอบแนวและตรวจพื้นที่ก่อสร้าง

๔.๔ การมีส่วนร่วมภาคประชาชน

ตามระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการรับฟังความคิดเห็นของประชาชน พ.ศ.๒๕๔๘ กำหนดให้หน่วยงานของภาครัฐที่เป็นผู้รับผิดชอบการดำเนินโครงการ ต้องจัดให้มีการเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารให้ประชาชนทราบและรับฟังความคิดเห็นของประชาชนต่อการดำเนินโครงการ โดยหน่วยงานเจ้าของโครงการต้องดำเนินการจัดประชุมเพื่อรับฟังความคิดเห็นของประชาชนและผู้เกี่ยวข้อง เพื่อให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมในการดำเนินโครงการของภาครัฐ ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวจะทำให้รับทราบความต้องการ ปัญหา และอุปสรรคในการดำเนินการ รวมถึงมีแนวทางในการแก้ไขที่เหมาะสมและเกิดประโยชน์สูงสุดต่อประชาชน



ข้อเสนอแนะของประชาชน

- ๑) ปรับเปลี่ยนแนวก่อสร้างถนนเชิงลาด
- ๒) ปรับปรุงภูมิทัศน์และระบบไฟฟ้าแสงสว่าง หรือเพิ่มท่อระบายน้ำ
- ๓) ป้องกันผลกระทบสิ่งแวดล้อม (ฝุ่น/ควัน/กลิ่น/เสียงดัง)



การแก้ไข

- ๑) ขออนุมัติผู้ว่าจ้างปรับเปลี่ยนแนวก่อสร้างตามข้อเสนอ
- ๒) หากมีค่าก่อสร้างเพียงพอสามารถแก้ไขแบบและรายการก่อสร้างเพิ่มเติมได้เลย
- ๓) เป็นมาตรการขั้นต่ำที่ต้องปฏิบัติโดยเคร่งครัดตามข้อกำหนด

รูปที่ ๔-๓ กรอบแนวทางในการดำเนินการให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วม



๔.๕ การประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

๔.๕.๑ การประสานงานเพื่อขออนุญาตต่อหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง เช่น การขออนุญาต กระทำสิ่งล่วงล้ำลำน้ำต่อ กรมเจ้าท่า โดยหน่วยงานเจ้าของโครงการต้องเสนอแบบคำขอทำสิ่งล่วงล้ำลำน้ำ พร้อมเอกสารประกอบตามข้อกำหนดของหน่วยงานที่ขออนุญาต หรือยื่นแบบคำขออนุญาตพร้อมแบบก่อสร้าง และเอกสารประกอบต่อกรมชลประทานกรณีก่อสร้างสะพานข้ามคลองหรืออาคารบังคับน้ำของกรม ชลประทาน เป็นต้น


กรมเจ้าท่า
ทำเรื่องขอทำสิ่งล่วงล้ำลำน้ำ
(เฉพาะของส่วนราชการ)

ยื่นที่ สำนักงานเจ้าท่าภูมิภาค สาขา 3
เชียงใหม่ วันที่ 3 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2552

ข้าพเจ้า นายสุวิทย์ นามสกุล สงวน
ตำแหน่ง ผู้อำนวยการ ที่อยู่ บ้านเลขที่ 123 หมู่ 1 ตำบล...
อำเภอ เชียงใหม่ จังหวัด เชียงใหม่ โทรศัพท์ 0-2299-4434 โทรสาร 0-2299-4434
ขอขึ้นทำเรื่องขออนุญาต ขออนุญาตทำสิ่งล่วงล้ำลำน้ำ (ในกรณีขออนุญาต)
วัตถุประสงค์เพื่อ ขออนุญาตทำสิ่งล่วงล้ำลำน้ำ (ในกรณีขออนุญาต)
โดยจะกระทำกับบริเวณ พื้นที่ 1 และ 2 (ในกรณีขออนุญาต)
หน้าที่ดินของ กรมเจ้าท่า (ในกรณีขออนุญาต)
แขวง/ตำบล เชียงใหม่ เขต/อำเภอ เชียงใหม่ จังหวัด เชียงใหม่
ตนแนบส่งถึงข้าพเจ้า นายสุวิทย์ (ในกรณีขออนุญาต)
ฉะนัน ขอได้โปรดดำเนินการพิจารณาตามคำขอของข้าพเจ้า และข้าพเจ้ายินยอมที่จะปฏิบัติตาม
ระเบียบของกรมเจ้าท่าทุกประการ เมื่อไม่ขัดข้องประการแล้ว โปรดออกใบอนุญาตให้ข้าพเจ้าด้วย
(ลงชื่อ) นายสุวิทย์ สงวน
ผู้ขออนุญาต

ราคา ๒ บาท


กรมเจ้าท่า
ใบอนุญาตให้ปลูกสร้างสิ่งล่วงล้ำลำน้ำ

เลขที่ 43 / 146
ใบอนุญาตเลขที่ 43/146
วันที่ 6 ตุลาคม พ.ศ. 2552

ยื่นที่ สำนักงานเจ้าท่าภูมิภาค สาขา 3
เชียงใหม่ วันที่ 3 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2552

ข้าพเจ้า นายสุวิทย์ นามสกุล สงวน
ตำแหน่ง ผู้อำนวยการ ที่อยู่ บ้านเลขที่ 123 หมู่ 1 ตำบล...
อำเภอ เชียงใหม่ จังหวัด เชียงใหม่ โทรศัพท์ 0-2299-4434 โทรสาร 0-2299-4434
ขอขึ้นทำเรื่องขออนุญาต ขออนุญาตทำสิ่งล่วงล้ำลำน้ำ (ในกรณีขออนุญาต)
วัตถุประสงค์เพื่อ ขออนุญาตทำสิ่งล่วงล้ำลำน้ำ (ในกรณีขออนุญาต)
โดยจะกระทำกับบริเวณ พื้นที่ 1 และ 2 (ในกรณีขออนุญาต)
หน้าที่ดินของ กรมเจ้าท่า (ในกรณีขออนุญาต)
แขวง/ตำบล เชียงใหม่ เขต/อำเภอ เชียงใหม่ จังหวัด เชียงใหม่
ตนแนบส่งถึงข้าพเจ้า นายสุวิทย์ (ในกรณีขออนุญาต)
ฉะนัน ขอได้โปรดดำเนินการพิจารณาตามคำขอของข้าพเจ้า และข้าพเจ้ายินยอมที่จะปฏิบัติตาม
ระเบียบของกรมเจ้าท่าทุกประการ เมื่อไม่ขัดข้องประการแล้ว โปรดออกใบอนุญาตให้ข้าพเจ้าด้วย
(ลงชื่อ) นายสุวิทย์ สงวน
ผู้ขออนุญาต

ราคา ๒ บาท

รูปที่ ๔-๔ เอกสารคำขออนุญาต และใบอนุญาตก่อสร้างสิ่งล่วงล้ำลำน้ำ

๔.๕.๒ การประสานงานขอความร่วมมือรื้อย้ายสาธารณูปโภคที่เกิดขวางการก่อสร้าง เช่น ประปา ไฟฟ้า โทรศัพท์ ผู้ควบคุมงานต้องสำรวจสิ่ง สาธารณูปโภค ที่ต้องรื้อย้าย และแจ้งหน่วยงานเจ้าของสิ่ง สาธารณูปโภคเพื่อดำเนินการรื้อย้ายก่อนก่อสร้าง เป็นต้น



รูปที่ ๔-๕ การจัดประชุม และประสานงานหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

๔.๖ ตรวจสอบแผนงานของผู้รับจ้าง

ก่อนเริ่มลงมือก่อสร้างผู้รับจ้างจะต้องจัดทำแผนงานก่อสร้างเสนอให้ผู้ว่าจ้างพิจารณาให้ความเห็นชอบ โดยผู้ควบคุมงานจะต้องตรวจสอบก่อนในเบื้องต้นเพื่อให้ความเห็นประกอบการพิจารณาของผู้บังคับบัญชา โดยทั่วไปจะให้ผู้รับจ้างจัดทำแผนงานก่อสร้างในรูปแบบตารางเวลาทำงานแบบแท่ง หรือ Bar Chart ตาม ตัวอย่างที่แสดงในตารางที่ ๔-๑



ตารางที่ ๔-๑ ตัวอย่างตารางแผนงานก่อสร้าง

[illegible]

ผู้ควบคุมงานจึงจำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับการจัดทำแผนงาน เพื่อให้สามารถตรวจสอบและให้ความเห็นต่อผู้บังคับบัญชาได้ โดยประเด็นสำคัญที่ต้องนำมาพิจารณาจัดทำแผนงาน มีดังนี้

๔.๖.๑ กิจกรรมงานก่อสร้างแต่ละรายการ โดยใช้ข้อมูลจากเอกสารประมาณราคา หรือใบเสนอราคา หรือรายละเอียดวงงาน

๔.๖.๒ การจัดลำดับขั้นตอนการทำงานและความสัมพันธ์ในแต่ละกิจกรรม โดยศึกษาจากงานในลักษณะเดียวกับที่ผ่านมาในอดีต หรือสอบถามจากผู้มีประสบการณ์ในงานก่อสร้างสะพาน

๔.๖.๓ การกำหนดเวลาทำงานในแต่ละกิจกรรม โดยใช้สถิติการทำงานที่มีการรวบรวมไว้จากหน่วยงานเจ้าของโครงการ หลายๆ โครงการ หรืออาจ ศึกษา จากประสบการณ์ความชำนาญของผู้ที่เคยปฏิบัติงานด้านนี้

๔.๖.๔ หลักเกณฑ์กำหนดอัตราความก้าวหน้าของงานในแต่ละช่วงเวลา เช่น ที่ระยะเวลาครึ่งหนึ่งของสัญญาจะต้องวางแผนงานให้มีความก้าวหน้าไม่น้อยกว่า ๓๐% เป็นต้น ซึ่งจะขึ้นอยู่กับหน่วยงานเจ้าของโครงการเป็นผู้กำหนด ทั้งนี้เพื่อเป็นการควบคุมไม่ให้งานล่าช้าเกินที่ควรเป็น ซึ่งจะทำให้ ประชาชนเสียโอกาสในการใช้ประโยชน์ และเป็นการควบคุมการทำงานในแต่ละช่วงเวลาให้มีความก้าวหน้าที่เหมาะสม กับแผนงานและมีแนวโน้มที่จะสามารถทำงานจ้างให้แล้วเสร็จภายในกำหนดสัญญา

๔.๗ การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุก่อสร้าง

วัสดุก่อสร้างทุกประเภทที่มีการกำหนดคุณสมบัติไว้ในแบบก่อสร้างหรือในมาตรฐานงานก่อสร้าง แม้ว่าจะมีการรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) แล้วก็ตาม ผู้ควบคุมงานจะต้องสุ่มเก็บตัวอย่างส่งไปทดสอบที่หน่วยงานทดสอบของทางราชการ หรือองค์กรที่เป็นที่ยอมรับ ของผู้ว่าจ้าง หรือหน่วยงานของกรมทางหลวงชนบทซึ่งมีหน่วยให้บริการทดสอบวัสดุในทุกจังหวัด เมื่อปรากฏผลว่าผ่านมาตรฐานข้อกำหนดแล้วจึงอนุญาตให้นำมาใช้งานได้ ดังนั้นผู้ควบคุมงานจึงควรประสานงานกับผู้รับจ้างให้จัดส่งวัสดุก่อสร้างที่จะนำมาใช้งานในสถานที่ก่อสร้างเพื่อจะได้สุ่มเก็บตัวอย่าง หรือในบางกรณีอาจให้ผู้รับจ้างแจ้งแหล่งผลิตเพื่อให้ผู้ควบคุมงานไปสุ่มเก็บตัวอย่างที่แหล่งผลิตเลยก็ได้ วัสดุก่อสร้างสำหรับงานสะพานที่ต้องสุ่มเก็บตัวอย่างส่งทดสอบ มีดังนี้

๔.๗.๑ เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต จะต้องตรวจสอบให้ชัดเจนว่าแบบหรือรายการก่อสร้างกำหนดเป็นชั้นคุณภาพใด (SR๒๔ SD๓๐ SD๔๐ หรือ SD๕๐) โดยปกติหากไม่กำหนดเป็นอย่างอื่นงานก่อสร้างสะพานจะใช้เหล็กเส้นกลมชั้นคุณภาพ SR๒๔ และเหล็กข้ออ้อยชั้นคุณภาพ SD๔๐ ผู้ควบคุมงานจะต้องเก็บตัวอย่างเหล็กทุกขนาด ทุกยี่ห้อ ทุกจำนวน ๑๐๐ เส้น และเศษของ ๑๐๐ เส้น ให้เก็บเพิ่มอีก ๑ ชุด จำนวนไม่น้อยกว่า ๕ ตัวอย่างต่อชุด แต่ละตัวอย่างยาวไม่น้อยกว่า ๑.๐๐ เมตร ทั้งนี้ให้เป็นไปตามที่กำหนดในรายการข้อกำหนดประกอบแบบหรือมาตรฐานงานก่อสร้าง





รูปที่ ๔-๖ เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึงวัสดุเหล็กเสริมและลวดอัดแรง

๔.๗.๒ ลวดเหล็กอัดแรงหรือลวดเหล็กตีเกลียว (Prestressing Wire / Strand) จะต้องสุ่มเก็บตัวอย่างทุกขนาดและทุกยี่ห้อ โดยปกติจะกำหนดให้เก็บจากลวดอัดแรงทุกม้วน ที่ต้นม้วนและปลายม้วน โดยเก็บจุดละไม่น้อยกว่า ๒ ตัวอย่าง แต่ละตัวอย่างยาวไม่น้อยกว่า ๑.๐๐ เมตร

๔.๗.๓ หิน ทราบ ผสมคอนกรีต จะต้องสุ่มเก็บจากแหล่งหรือจากโรงงานผสมคอนกรีต (Concrete Plant) ในปริมาณที่เหมาะสมเพื่อให้เพียงพอต่อการทดสอบ (ประมาณ ๑๕-๔๐ กิโลกรัม ขึ้นอยู่กับขนาดวัสดุ) และต้องสุ่มเก็บตัวอย่างทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแหล่งวัสดุ เพื่อทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ



รูปที่ ๔-๗ การเก็บตัวอย่างลวดเหล็กอัดแรงและเหล็กเสริม

๔.๗.๔ ส่วนผสมคอนกรีต ผู้รับจ้างจะต้องเสนอรายละเอียดการออกแบบส่วนผสม (Mix Design) ที่มีการรับรอง โดยวิศวกรที่มีใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรม และเสนอให้ผู้ควบคุมงานเห็นชอบก่อนดำเนินการก่อสร้าง โดยปกติส่วนผสมคอนกรีตที่ออกแบบจะระบุไว้ในคอนกรีต ๑ ลูกบาศก์เมตร

ประกอบด้วย ซีเมนต์ ทราย หิน และน้ำอย่างละกี่กิโลกรัม โดยอาจมีสารผสมเพิ่ม (Admixtures) ชนิดต่างๆ เป็นส่วนผสมด้วย เช่น สารลดปริมาณน้ำเพื่อเพิ่มกำลังให้คอนกรีต และสารหน่วงการก่อตัวเพื่อชะลอให้คอนกรีตแข็งตัวช้าเพื่อจะได้มีเวลาทำงานเพียงพอ เป็นต้น ทั้งนี้ ผู้ควบคุมงานอาจให้ผู้รับจ้างทดลองทำส่วนผสมคอนกรีตตามที่ออกแบบแล้วเก็บแท่งคอนกรีตตัวอย่างไปทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดเพื่อพิสูจน์ว่าคอนกรีตมีกำลังอัดเป็นไปตามที่ออกแบบไว้หรือไม่



รูปที่ ๔-๘ การทดสอบค่ายุบตัวของคอนกรีต (Slump Test)



รูปที่ ๔-๙ การเก็บตัวอย่างคอนกรีตรูปลูกบาศก์ ขนาด ๑๕ x ๑๕ x ๑๕ เซนติเมตร



รูปที่ ๔-๑๐ การเก็บตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๑๕ x ๓๐ เซนติเมตร

๔.๗.๕ แผ่นยางรองพื้นสะพาน (Bearing Pad) ต้องสุ่มเก็บตัวอย่างของ แผ่นยางส่งทดสอบ ก่อนนำมาใช้งาน โดยจะต้องส่งทดสอบทุกขนาด ขนาดละไม่น้อยกว่า ๑ ตัวอย่าง



รูปที่ ๔-๑๑ ตัวอย่างแผ่นยางรองพื้นสะพานรองรับคานแบบแผ่นพื้น (Plank Girder)

ข้อเสนอแนะในการปฏิบัติงาน

- ผู้ควบคุมงานจะต้องเป็นผู้ออกหนังสือนำส่งวัสดุก่อสร้างต่อหน่วยงานทดสอบเอง โดยจะต้องแนบข้อกำหนดรายละเอียดหรือมาตรฐานคุณสมบัติของวัสดุก่อสร้างไปด้วยทุกครั้ง
- การนำวัสดุก่อสร้างไปส่งหน่วยงานทดสอบ ผู้ควบคุมงานควรดำเนินการ ด้วยตนเองหรือในกรณีจำเป็นอาจมอบหมายผู้ช่วยควบคุมงานซึ่งเป็นเจ้าหน้าที่ของทางราชการดำเนินการแทน
- ผู้ควบคุมงานต้องติดตามผลการทดสอบจากหน่วยงานที่ทดสอบภายในกำหนดเวลา
- เมื่อได้รับใบรายงานผลทดสอบแล้ว ผู้ควบคุมงานจะต้องตรวจสอบว่ามีการทดสอบคุณสมบัติครบถ้วนทุกรายการตามข้อกำหนดรายละเอียดหรือมาตรฐานคุณสมบัติของวัสดุก่อสร้างหรือไม่ และจะต้องพิจารณาผลการทดสอบว่าผ่านเกณฑ์ที่กำหนดหรือไม่ หากมีวัสดุก่อสร้างใดไม่ผ่าน เกณฑ์จะต้องแจ้งผู้รับจ้างให้ระงับการใช้งาน เพื่อเปลี่ยนวัสดุหรือแหล่งผลิตใหม่หรือ เสนอวิธีแก้ไขต่อไป

๔.๘ ตรวจสอบสภาพชั้นดินรองรับงานฐานราก

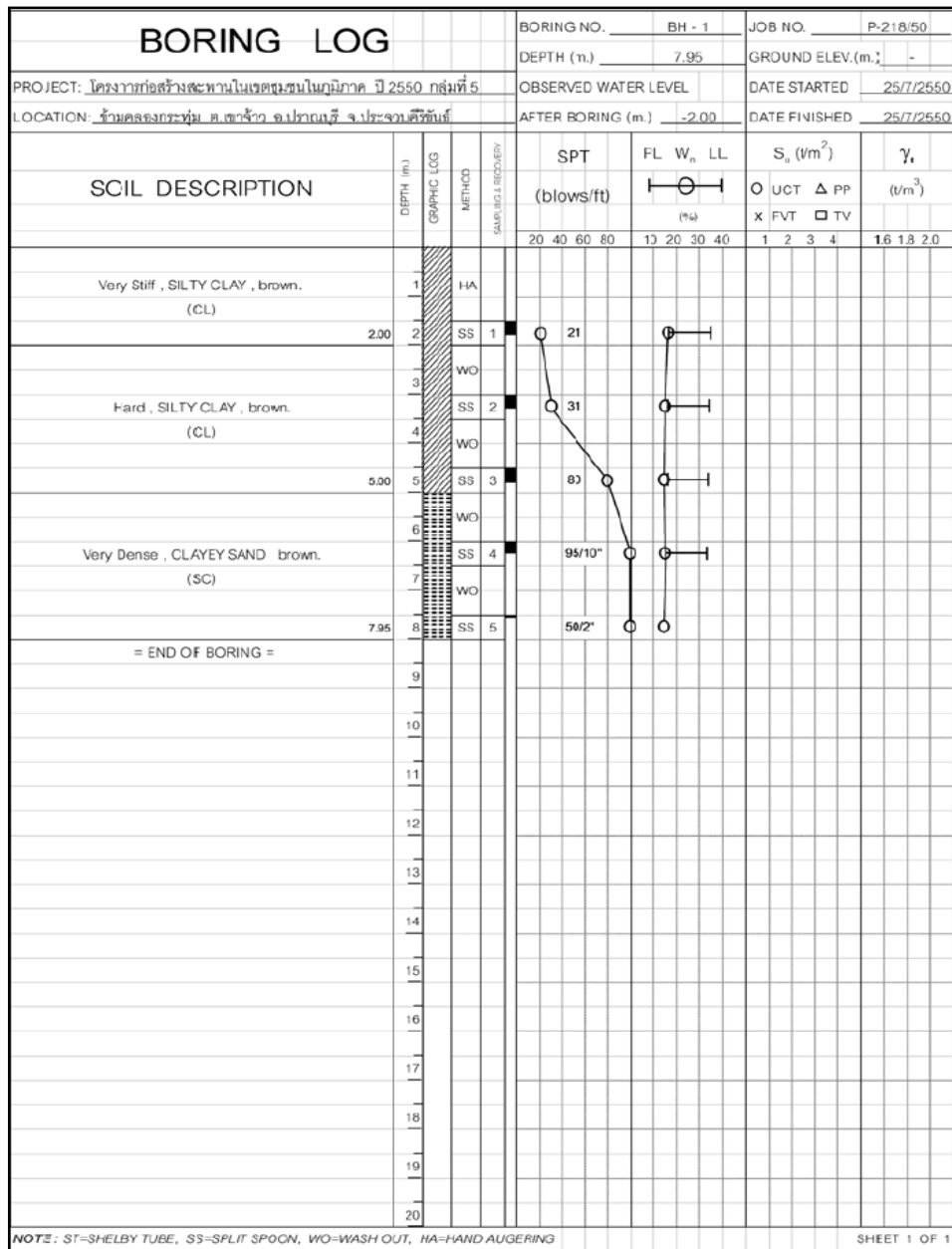
ก่อนการก่อสร้างฐานรากต่อม่อสะพานตามแบบก่อสร้าง ผู้ควบคุมงานควรแนะนำให้ผู้รับจ้างทำการตรวจสอบสภาพชั้นดินได้ฐานรากอีกครั้งหนึ่ง เพื่อเป็นข้อมูลยืนยันความถูกต้องของแบบก่อสร้าง

๔.๘.๑ กรณีฐานรากเสาเข็ม ควรดำเนินการเจาะสำรวจชั้นดิน (Boring Test) เพื่อเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึกต่างๆ มาทดสอบคุณสมบัติ เพื่อเป็นข้อมูลในการคำนวณหาความยาวเสาเข็มที่จะสามารถรับน้ำหนักบรรทุกทุกได้ตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง พร้อมทั้งทำการตอกหยั่งตามวิธีมาตรฐานหรือ Standard Penetration Test (SPT) โดยใช้ลูกตุ้มและท่อเหล็กตอกขนาดตามมาตรฐานกำหนด และให้ตอกท่อเหล็กจนหยั่งลึกถึงชั้นดินแข็ง (ปกติชั้นดินแข็งจะมีค่า Blow Count ตั้งแต่ ๕๐ ครั้งต่อฟุตขึ้นไป) การเจาะสำรวจชั้นดินควรสิ้นสุดที่ความลึก ๑.๕๐ – ๒.๐๐ เมตร ของชั้นดินแข็ง โดยข้อมูลคุณสมบัติชั้นดินจากการเจาะสำรวจดังกล่าว หรือที่เรียกว่า Boring Log จะสามารถนำมาใช้ในการคำนวณหาความยาวของเสาเข็มได้อย่างถูกต้องใกล้เคียงข้อเท็จจริง



รูปที่ ๔-๑๒ การเจาะสำรวจชั้นดินโดยวิธี Standard Penetration Test (SPT)

ตารางที่ ๔-๒ แสดงผล Boring Log



ข้อเสนอแนะ

- การเจาะสำรวจสภาพชั้นดินดังกล่าว ควรดำเนินการไม่น้อยกว่า ๓ จุด ได้แก่ บนฝั่งๆ ละ ๑ จุด และกลางน้ำ ๑ จุด เพื่อให้มีข้อมูลเพียงพอต่อการคาดคะเนสภาพชั้นดินตลอดความกว้างลำน้ำ (ตามแนวสะพาน) และเมื่อสามารถกำหนดความยาวได้แล้วจึงดำเนินการหล่อเสาเข็มต่อไป
- ในกรณีที่ต้องใช้เสาเข็มเป็นจำนวนมาก หากจะให้ความมั่นใจขึ้นอีกระดับหนึ่งว่าเสาเข็มที่หล่อมาใช้งานจะมีความยาวเพียงพอและไม่เหลือนมากเกินไป ซึ่งจะทำให้เสียเวลาหากต้องต่อความยาวเสาเข็ม และจะทำให้เปลืองค่าใช้จ่ายหากต้องการตัดเสาเข็มทิ้ง จึงควรแนะนำให้ผู้รับจ้างหล่อเสาเข็มเพื่อนำมาทดลองตอกจริง (Pilot Piles) ขึ้นมา ๑ ชุด สำหรับตอกจริงในตำแหน่งตอม่อแต่ละตัว (หรือตามความเหมาะสม) เพื่อจะได้ข้อมูลความยาวเสาเข็มจริง แล้วจึงดำเนินการหล่อเสาเข็มส่วนที่เหลือตามผลการทดลองตอกดังกล่าวต่อไป



๔.๘.๒ กรณีฐานรากแผ่ โดยปกติฐานแผ่จะถูกกำหนดให้วางอยู่บนชั้นดินแข็งหรือชั้นหินพิศที่อยู่ในระดับที่ไม่ลึกเกินไป ซึ่งมีกำลังรับน้ำหนักแบกทาน (Bearing Capacity) ตั้งแต่ ๒๐ ตันต่อตารางเมตรขึ้นไป ดังนั้นเพื่อให้เกิดความแน่ใจว่าชั้นดินรองรับฐานแผ่เป็นเช่นนั้นจริงและแบบก่อสร้างมิได้มีข้อแนะนำเป็นอย่างอื่น จะต้องกำหนดให้ผู้รับจ้างเตรียมการ ดังนี้

- ๑) เจาะสำรวจความหนาแน่นดินใต้ระดับท้องฐานรากที่เป็นดินแข็งหรือหินพิศว่าเพียงพอที่จะรองรับฐานแผ่ได้โดยปลอดภัยหรือไม่ กล่าวคือ
 - กรณีชั้นดินแข็ง จะต้องมีความหนาไม่น้อยกว่า ๑.๕ เท่าของความกว้างฐานรากและต้องไม่มีชั้นดินอ่อนอยู่ด้านล่างชั้นดินแข็ง
 - กรณีชั้นหินพิศ จะต้องมีความหนาของชั้นหินไม่น้อยกว่า ๒.๐๐ เมตร โดยควรกำหนดให้เจาะตรวจสอบความหนาชั้นหินพิศอย่างน้อย ๒ จุด
- ๒) ทดสอบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกทุกปลอดภัยของดินใต้ท้องฐานราก โดยวิธี Plate Bearing Test ซึ่งผลกำลังรับน้ำหนักบรรทุกทุกปลอดภัยของดินจะต้องไม่น้อยกว่า ๒๐ ตันต่อตารางเมตร หรือไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง สำหรับกรณีเป็นชั้นหินพิศอาจใช้วิธีเก็บตัวอย่างหินมาตรวจสอบว่าเป็นหินประเภทใดซึ่งจะทำให้ทราบคุณสมบัติของหินชนิดนั้นด้วย

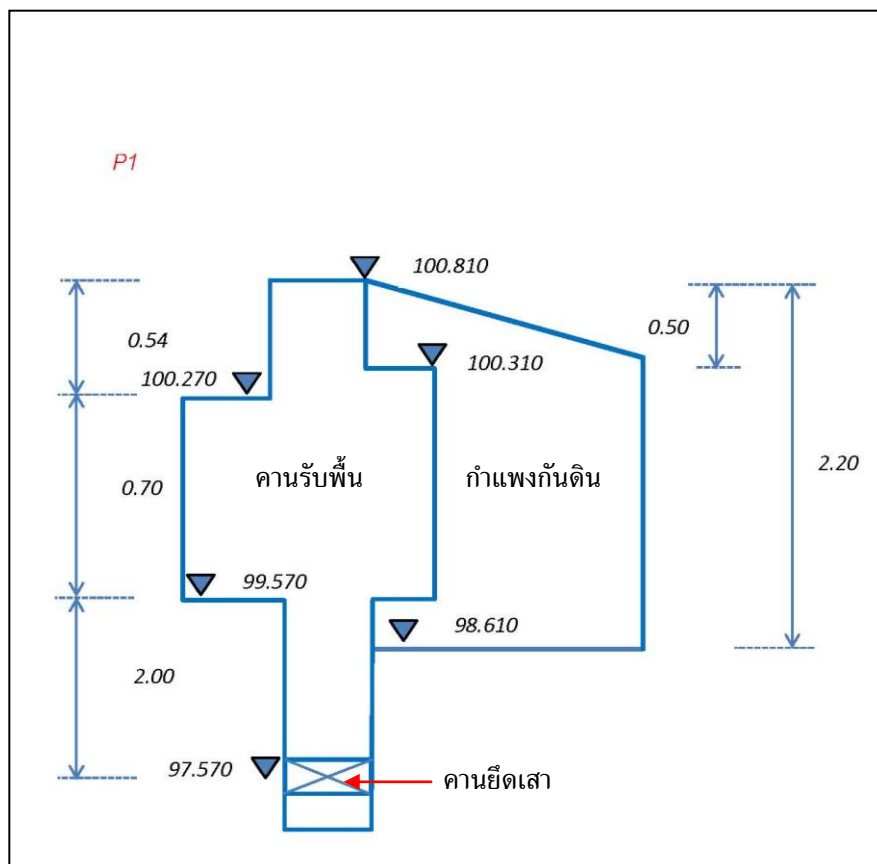


รูปที่ ๔-๑๓ การทดสอบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกทุกปลอดภัยของดิน โดยวิธี Plate Bearing Test

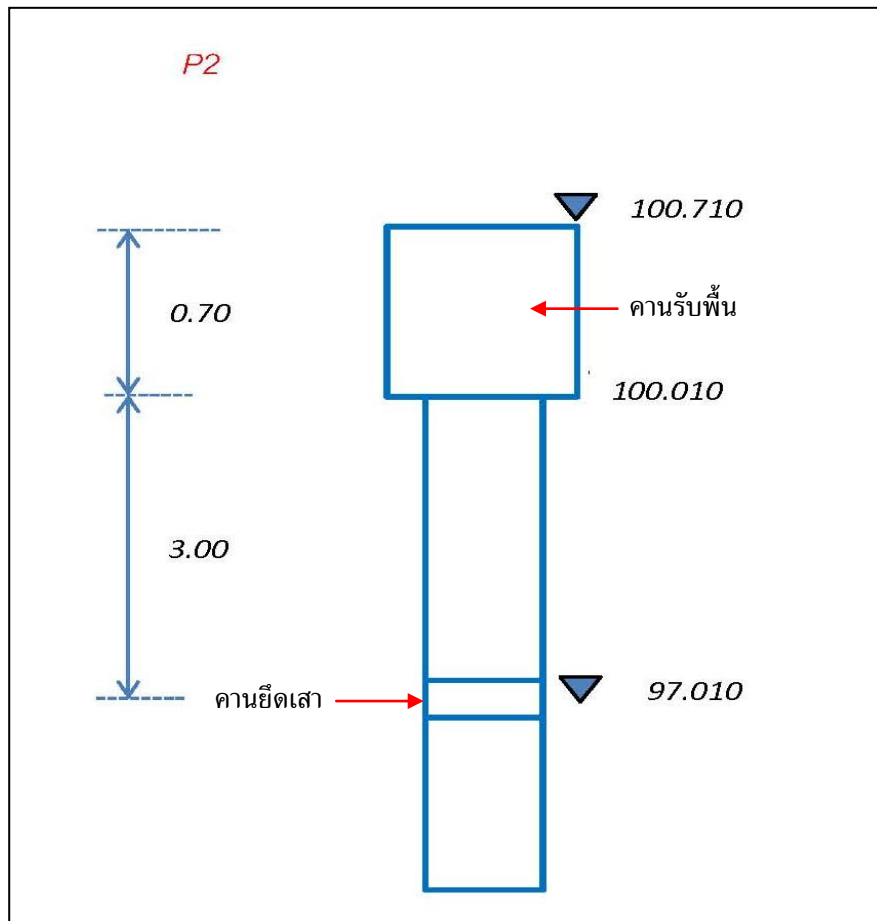
๔.๙ จัดทำแบบรายละเอียดก่อนการก่อสร้าง (Shop Drawing)

โดยปกติแบบก่อสร้างจะแสดงค่าระดับการก่อสร้างไว้เฉพาะบางตำแหน่ง เช่น ที่แนวศูนย์กลางพื้นสะพาน และ กึ่งกลาง คานยึดเสาหรือใต้ท้องฐาน (กรณีเป็นฐานเสาเข็มกลุ่มหรือฐานแผ่) ในกรณีพื้นสะพานมีความโค้งตามแนวดิ่ง (Vertical Curve) จะกำหนดเปอร์เซ็นต์เส้นความลาดชันและจุดตัดของเส้นความลาดชันไว้ให้ ดังนั้นในการก่อสร้างต่อม่อแต่ละดับ ตลอดจนพื้นสะพาน ทางเท้า และราวสะพาน แต่ละช่วงแต่ละตำแหน่ง จึงต้องมีการจัดทำแบบรายละเอียดก่อนการก่อสร้าง (Shop Drawing) เพื่อใช้

ตรวจสอบควบคุมค่าระดับและมิติของโครงสร้างแต่ละส่วน โดยผู้รับจ้างจะต้องเป็นผู้จัดทำเสนอให้
ผู้ควบคุมงานตรวจสอบความถูกต้องก่อนทำการก่อสร้างต่อไป ดังตัวอย่างต่อไปนี้



รูปที่ ๔-๑๔ ตัวอย่าง Shop Drawing ตอม่อตึบริมช่วง ๑๐.๐๐ เมตร



รูปที่ ๔-๑๕ ตัวอย่าง Shop Drawing ตอม่อตักกลางน้ำช่วง ๑๐.๐๐ เมตร

บทที่ ๕

การก่อสร้างโครงสร้างส่วนล่างของสะพาน

บทนี้จะกล่าวถึง ขั้นตอนการก่อสร้างโครงสร้างส่วนล่างของสะพานตั้งแต่ฐานรากขึ้นมาจนถึงคานหัวเสาตอม่อ (Cap Beam หรือ Cross Beam) ซึ่งจะเน้นรูปแบบก่อสร้างของสะพานที่มีความยาวช่วงสะพานยาว ๑๐.๐๐ ๒๐.๐๐ และ ๓๐.๐๐ เมตร

๕.๑ การสำรวจเพื่อการก่อสร้างและการวางผัง

การสำรวจเพื่อการก่อสร้างเป็นการตรวจสอบหาเหตุผลหลักฐานที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้างทั้งที่ใช้บังคับในเนวราบและแนวดิ่ง เพื่อหาว่าเหตุผลหลักฐานมีจำนวนครบถ้วนและ/หรือถูกต้องหรือไม่ โดยนำค่าที่ถูกต้องมาทำการตรวจสอบหาแนวศูนย์กลางและค่าระดับของสะพานและถนนเชิงลาดที่จะก่อสร้าง ดังนั้นขั้นตอนนี้การสำรวจจะต้องดำเนินการก่อนลงมือก่อสร้าง และยังใช้ในการกำหนดขอบเขตของงานโครงการทั้งหมด เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาเรื่องที่ดินในพื้นที่ก่อสร้าง และเพื่อให้งานดำเนินไปอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพควรปฏิบัติดังนี้

- ๑) ศึกษาแบบก่อสร้างและข้อกำหนดต่างๆ
- ๒) จัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้ครบถ้วน เช่น กล้องสำรวจ แนว (Theodolite) กล้องระดับ ไม้ระดับ เทปวัดระยะ เป็นต้น

๕.๑.๑ การสำรวจในแนวราบ

เพื่อหาแนวศูนย์กลางสะพานและถนนเชิงลาด โดยใช้หมุดบังคับและหมุดอ้างอิงที่กำหนด ค่าไว้ในแบบก่อสร้างทำการหาแนวศูนย์กลางสะพานและถนนเชิงลาดตั้งแต่จุดเริ่มต้นโครงการจนถึงจุดสิ้นสุดโครงการ วัตถุประสงค์คือ

- ๑) เพื่อกำหนดขอบเขตของโครงการ เช่น กำหนดขอบเขตของสะพาน ขอบเขตของงานถนนเชิงลาด เพื่อใช้เป็นข้อมูลในสภาพพื้นที่จริงที่จะก่อสร้างและนำไปประสานกับหน่วยงานราชการและประชาชนเจ้าของที่ดินที่เกี่ยวข้อง เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาเรื่องที่ดิน
- ๒) เพื่อกำหนดหรือตรวจสอบตำแหน่งของตอม่อแต่ละตัวให้เป็นไปตามแบบก่อสร้างและตรวจสอบว่าสอดคล้องกับสภาพพื้นที่ที่ก่อสร้างหรือไม่ เช่น
 - ตรวจสอบตำแหน่งของตอม่อกลางน้ำ
 - ตรวจสอบมุมเฉียง (Skew)
 - ตรวจสอบช่องลอดของตอม่อ
 - ตรวจสอบจุดเริ่มต้น (ตบแรก) และสิ้นสุดของสะพาน (ตบสุดท้าย) ว่ามีความเหมาะสมกับสภาพตลิ่งของลำน้ำหรือไม่

๕.๑.๒ การสำรวจในแนวดิ่ง

เพื่อหาค่าระดับของสะพานและถนนเชิงลาดโดยใช้เหตุผลหลักฐานการระดับ (BM.)

- ๑) ตรวจสอบค่าระดับของแต่ละหมุดว่ามีความถูกต้องหรือไม่
- ๒) ตรวจสอบระดับสะพานและถนนเชิงลาดมีความถูกต้องตามแบบสอดคล้องกับพื้นที่หรือไม่
- ๓) ตรวจสอบระดับฐานตอม่อ โดยเฉพาะตบกลางน้ำ



- ๔) ตรวจสอบระดับของดินท้องคลอง
- ๕) ตรวจสอบความชะลุดของเสาเข็ม (Slenderness Ratio) เพื่อไม่ให้เกินข้อกำหนดในการออกแบบตามขนาดของเสาเข็ม
- ๖) ตรวจสอบระดับถนนเชิงลาดกีดขวางทางเข้า-ออก บ้านเรือนของประชาชนหรือไม่
- ๗) ตรวจสอบระดับน้ำสูงสุด ระดับน้ำต่ำสุด หากในแบบกำหนดไม่ตรงก็จะได้พิจารณา กำหนดให้เหมาะสมตามหลักการออกแบบ

เมื่อดำเนินการสำรวจเพื่อการก่อสร้างโดยการกำหนดตำแหน่งของสะพานทั้งทางดิ่งและทางราบ พร้อมทั้งวางผังกำหนดตำแหน่งเสาเข็มเรียบร้อยแล้ว ผู้ควบคุมงานควรทราบรายละเอียดงานฐานราก ซึ่งมีอยู่หลายรูปแบบ เช่น ฐานรากเสาเข็มตอก ฐานรากเสาเข็มเจาะ และฐานรากแผ่

๕.๒ ฐานรากเสาเข็มตอก

๕.๒.๑ รูปแบบของเสาเข็มตอก

มีทั้งชนิดคอนกรีตเสริมเหล็กธรรมดา (คสล.) และชนิดคอนกรีตอัดแรง รูปแบบที่นิยมใช้โดยทั่วไป คือ เสาเข็มหน้าตัดสี่เหลี่ยมตันขนาด ๐.๔๐ x ๐.๔๐ เมตร บางครั้งอาจใช้เป็นเสาเข็มรูปแบบอื่นที่มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อลดความชะลุด เช่น เสาเข็มหน้าตัดสี่เหลี่ยมกลวงขนาด ๐.๖๕ x ๐.๖๕ เมตร และเสาเข็มกลมแรงเหวี่ยง (Spun Pile) ขนาด ๐.๖๐ เมตร หรือ ๐.๘๐ เมตร เป็นต้น



รูปที่ ๕-๑ เสาเข็มหน้าตัดสี่เหลี่ยมตัน
เสริมเหล็กหล่อปลายหล่อเสาเข็ม



รูปที่ ๕-๒ เสาเข็มหน้าตัดสี่เหลี่ยมกลวง
เสริมเหล็กหล่อปลายหล่อเสาเข็ม

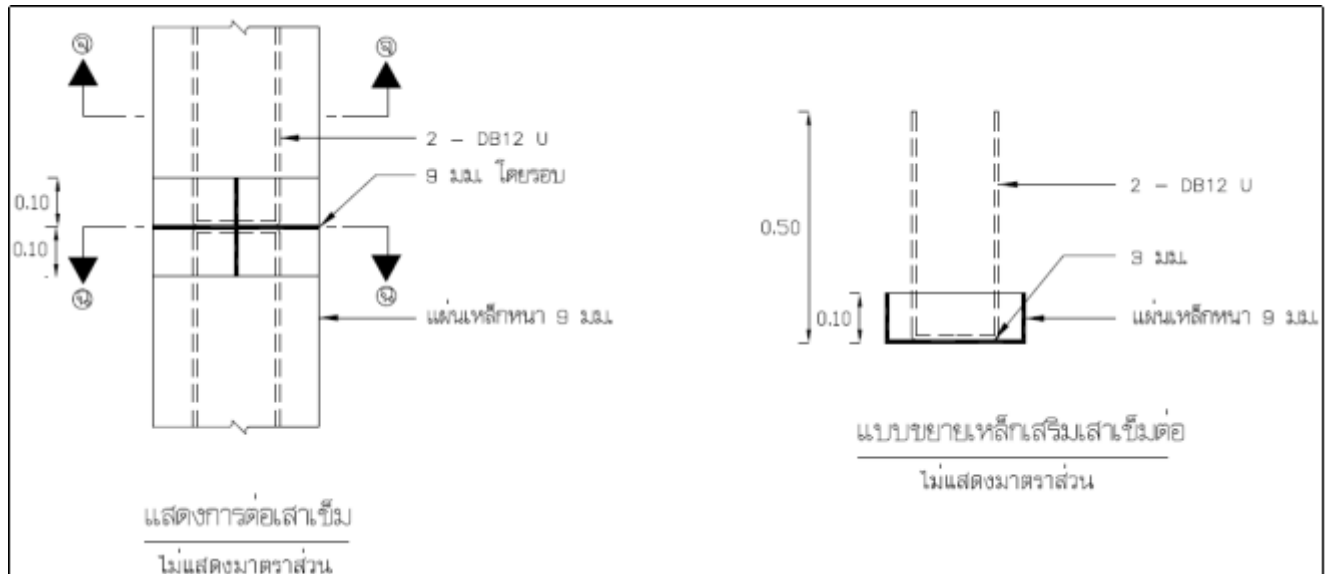
ในการก่อสร้างสะพาน การเลือกใช้เสาเข็ม คสล. หรือชนิดอัดแรงสำเร็จรูปมีข้อดี -ข้อเสียแตกต่างกัน ซึ่งสามารถสรุปข้อพิจารณาในการเลือกใช้ ดังนี้

๑) การเลือกใช้เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็ก เหมาะสำหรับกรณีดังนี้

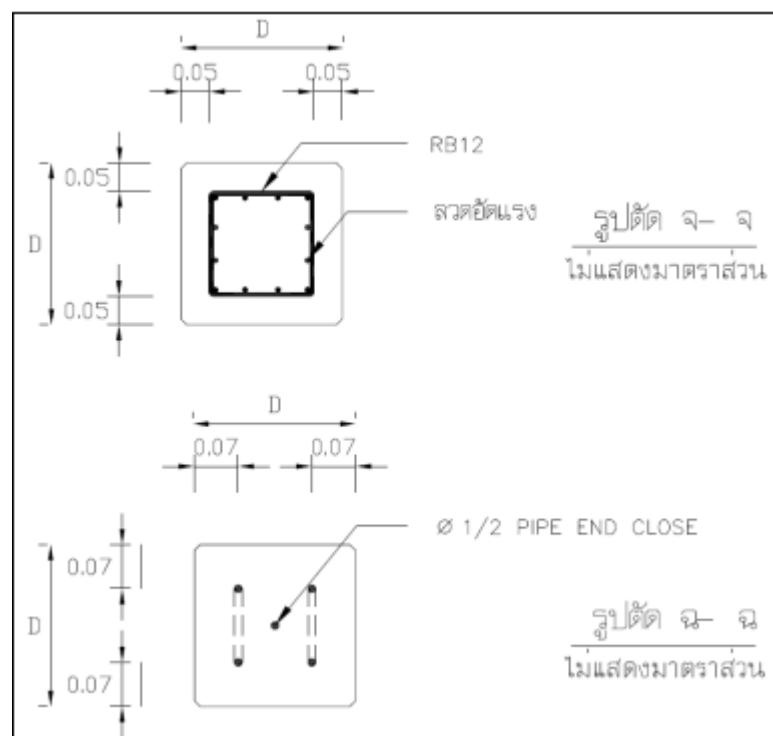
- มีพื้นที่สำหรับหล่อเพียงพอ
- มีเวลาทำงานเพียงพอ
- วัสดุในการทำแบบหล่อหาง่ายหรือมีแบบหล่ออยู่แล้ว
- มีแรงงานเพียงพอ มีประสิทธิภาพดี และมีความชำนาญงาน
- วัสดุ (หิน ทราย) มีคุณภาพดี และอยู่ใกล้สถานที่ก่อสร้าง
- เมื่อเปรียบเทียบโดยภาพรวมแล้วเห็นว่า มีความเหมาะสมกว่าเสาเข็มคอนกรีตอัดแรง

๒) การเลือกใช้เสาเข็มคอนกรีตอัดแรง เหมาะสมสำหรับกรณีดังนี้

- ไม่มีปัญหาการขนส่งจากโรงงานผลิตเสาเข็ม
- มีเวลาก่อสร้างจำกัด
- วัสดุ (หิน ทราย) อยู่ไกลจากสถานที่ก่อสร้าง หรือมีคุณภาพไม่ดี
- แรงงานหายาก หรือขาดความชำนาญ
- ผลิตภัณฑ์ที่จัดหามีคุณภาพดี เชื่อถือได้
- เมื่อเปรียบเทียบโดยภาพรวมแล้วเห็นว่ามีความเหมาะสมกว่าเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็ก



รูปที่ ๕-๖ รูปแบบแสดงการต่อเสาเข็มตอก



รูปที่ ๕-๗ รูปแบบขยายแผ่นเหล็กรอยต่อเสาเข็มตอก

๕.๒.๒ การควบคุมการหล่อหรือผลิตเสาเข็ม

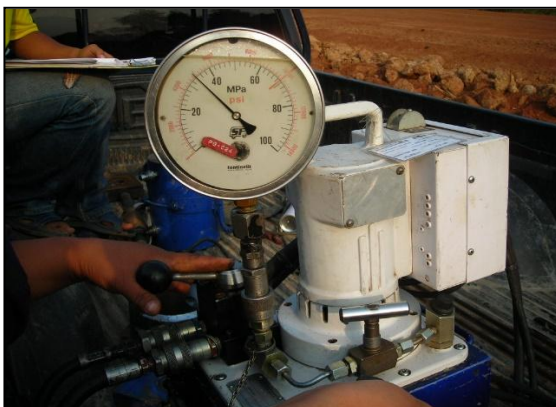
นอกเหนือจากการตรวจสอบผลการทดสอบวัสดุและส่วนผสมของคอนกรีตแล้วสิ่งที่ผู้ควบคุมงานต้องตรวจสอบ มีดังนี้

๕.๒.๒.๑ ตรวจสอบแท่นที่ผลิตเสาเข็ม (Yard) และอุปกรณ์ประกอบระบบการอัดแรง ดังนี้

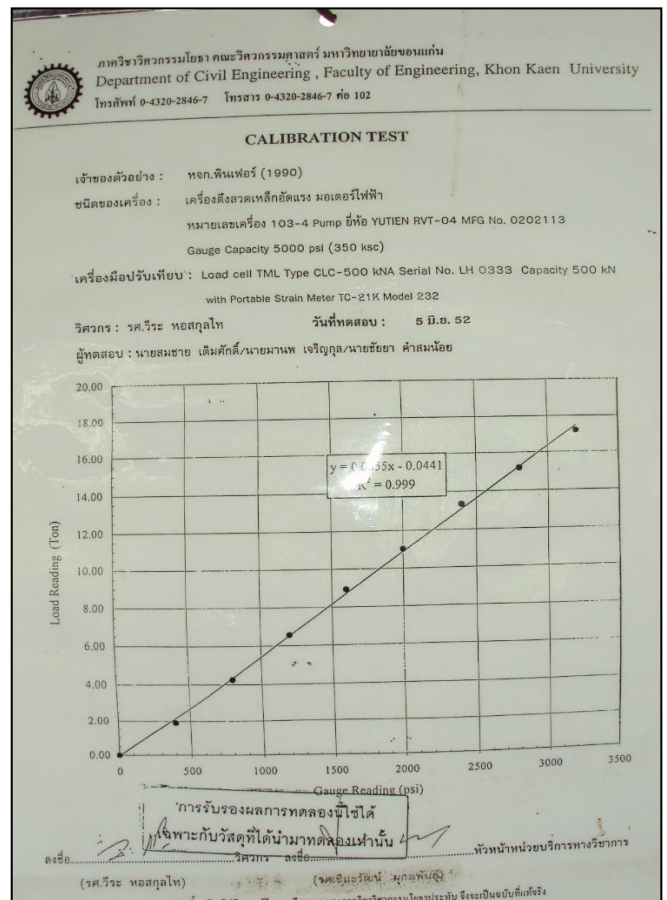
- พื้นหรือฐานรองรับแบบหล่อจะต้องมีระดับเรียบเท่ากันไม่ทรุดตัว
- แบบหล่อด้านข้างจะต้องอยู่ในสภาพเรียบร้อยไม่บิดเบี้ยวหรือโก่งงอ
- อุปกรณ์ดัดลวดอัดแรง (Hydraulic Jack & Pump) จะต้องอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน โดยให้ทำการทดสอบใช้งานก่อนทำงานจริง
- มาตรวัดแรง (Pressure Gauge) จะต้องมิตัวเลขที่ชัดเจนและต้องมีการทดสอบปรับเทียบค่า (Calibration) และควรมีใบรับรองผลอายุไม่เกิน ๖ เดือน



รูปที่ ๕-๘ แท่นผลิตเสาเข็ม (Yard)



รูปที่ ๕-๙ มาตรวัดแรง (Pressure Gauge)



รูปที่ ๕-๑๐ ใบรับรองผลการปรับเทียบค่า (Calibration)

๕.๒.๒.๒ ควบคุมการดัดลวดอัดแรง

- เปรียบเทียบค่าแรงดึงสุดท้ายตามที่กำหนดในแบบก่อสร้างกับผลการปรับเทียบค่า (Calibration) ของมาตรวัดแรง เพื่อใช้เป็นค่าควบคุมแรงดึง
- ตรวจสอบระยะยืด (Elongation) ของลวดอัดแรงทุกเส้นว่าเป็นไปตามค่าที่คำนวณไว้หรือไม่ เนื่องจากระยะยืดจะสัมพันธ์กับแรงดึง ทั้งนี้เพื่อเป็นการตรวจทานความถูกต้องของแรงดึงอีกชั้นหนึ่ง โดยจะต้องมีการจดบันทึกค่าแรงดึงและระยะยืดของลวดอัดแรงไว้เป็นหลักฐานทุกครั้ง



รูปที่ ๕-๑๑ การดัดลวดอัดแรง



รูปที่ ๕-๑๒ ตรวจสอบระยะยึดของลวดอัดแรง

๕.๒.๒.๓ ตรวจสอบความเรียบร้อยก่อนเทคอนกรีต

- ตรวจสอบจำนวนเหล็กเสริมแต่ละขนาดและแต่ละตำแหน่งว่าถูกต้องครบถ้วนตามแบบก่อสร้างหรือไม่
- ตรวจสอบความยาวของเหล็กเสริมแกนเสาเข็ม (Dowel Bar) ที่ช่วงหัวเสาเข็ม ซึ่งโดยปกติแบบก่อสร้างจะกำหนดให้เหล็กเสริมแกนมีความยาวจากหัวเสาเข็มไม่น้อยกว่า ๑ ใน ๓ ของความยาวเสาเข็มหรือไม่น้อยกว่า ๕.๐๐ เมตร ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่าหลังจากการตัดหัวเสาเข็มแล้วจะมีเหล็กเสริมแกนเหลือเพียงพอที่จะไปต่อเชื่อมกับเหล็กเสริมของเสาต่อมอด้านบน และมีความยาวเพียงพอที่จะช่วยรับแรงดันด้านข้างที่กระทำบริเวณรอยต่อระหว่างเสาเข็มกับเสาต่อมอด้านบน เช่น กรณีต่อมอดับริมที่มีแรงดันข้างจากการถมดินคอสะพาน
- ตรวจสอบระยะหุ้มคอนกรีต (Covering) ให้เป็นไปตามแบบก่อสร้างหรือข้อกำหนด โดยเฉพาะกรณีก่อสร้างในพื้นที่น้ำเค็ม ซึ่งจะกำหนดระยะหุ้มคอนกรีตมากกว่าพื้นที่ทั่วไป เช่น ระยะหุ้มคอนกรีตกรณีพื้นที่ทั่วไปเท่ากับ ๕.๐๐ เซนติเมตร แต่พื้นที่น้ำเค็มจะกำหนดไว้ ๗.๐๐ เซนติเมตรขึ้นไป เพื่อให้เพียงพอที่คลอไรด์ในน้ำเค็มจะซึมผ่านไปถึงและทำลายเหล็กเสริมได้



รูปที่ ๕-๑๓ ตรวจสอบเหล็กเสริมและระยะหุ้มคอนกรีตก่อนทำการเทคอนกรีตเสาเข็ม

๕.๒.๒.๔ ควบคุมการเทคอนกรีต

- จัดให้มีเครื่องเขย่าหรือเครื่องจี้คอนกรีต (Vibrator) เพื่อสั่นสะเทือนเนื้อคอนกรีตเป็นการไล่ฟองอากาศและให้เนื้อคอนกรีตไหลเต็มแบบ
- หลังจากเทคอนกรีต แล้วเสร็จ ๒๔ ชั่วโมง ให้ทำการบ่มด้วยการใช้กระสอบหรือแผ่นพลาสติกคลุม เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำซึ่งจะมีผลต่อการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีต
- จะต้องมีการเก็บตัวอย่างคอนกรีตขณะเทพื้น เพื่อนำมาทดสอบกำลังอัดคอนกรีต ประกอบการตัดลวดอัดแรง



รูปที่ ๕-๑๔ การควบคุมการเทคอนกรีตเสาเข็ม

๕.๒.๒.๕ ควบคุมการตัดลวดอัดแรงเพื่อถ่ายแรงสู่คอนกรีต

- ก่อนตัดลวดอัดแรงต้องมีการทดสอบตัวอย่าง คอนกรีตก่อนว่ามีกำลังอัดได้ตามข้อกำหนดหรือไม่ โดยปกติจะกำหนดให้ ตัดลวดอัดแรงได้เมื่อคอนกรีตมีกำลังอัด ไม่น้อยกว่า ๘๐% ของกำลังอัดที่ ๒๘ วัน
- ให้ตัดลวดอัดแรงสลับซ้าย-ขวา และสลับมุมบน-ล่าง ครึ่งละ ๑-๒ เส้น เพื่อให้การถ่ายแรงเป็นไปอย่างสมดุลไม่เกิดแรงกระทำที่แตกต่างกันมากเกินไปซึ่งจะทำให้เสาเข็มโก่งตัวเกิดรอยแตกร้าวและชำรุดได้



รูปที่ ๕-๑๕ การตัดลวดอัดแรงเสาเข็ม

๕.๒.๒.๖ การตกแต่งและขนย้ายเสาเข็มไปเก็บกอง

- หลังจากตัดลวดอัดแรงแล้ว จะต้องตรวจสอบให้มีการ ตัดแต่งปลายลวดอัดแรงที่ยื่นออกมา ให้เรียบเสมอผิวคอนกรีต แล้วทาปลายลวดอัดแรงด้วย วัสดุประสานรอยต่อกำลังสูง (Epoxy) หรือสีกันสนิมหรือวัสดุอื่นที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการเกิดสนิม
- การย้ายเสาเข็มไปเก็บกองในโรงงานหรือสถานที่ก่อสร้างจะต้องควบคุมให้มีการยกเสาเข็ม และการวางหมอนรองรับเสาเข็มทั้งในขณะขนส่งและในขณะวางกองที่จุดยกตามที่กำหนด ไว้ในแบบก่อสร้างเท่านั้น

๕.๒.๓ การควบคุมการตอกเสาเข็ม

ในการตอกเสาเข็มจะต้องควบคุมการปฏิบัติงานให้เป็นไปตามขั้นตอน ดังนี้

๕.๒.๓.๑ นั้้งร้านสำหรับปั้นจั่นตอกเสาเข็ม

โดยทั่วไปจะใช้นั้้งร้านไม้ชั่วคราว ประกอบด้วยเสาไม้เบญจพรรณ (ไม้ยาง ไม้สน และไม้ยูคาลิปตัส) และไม้แปรรูปทำหน้าที่เป็นตง คาน ไม้ยึดเสา ในกรณีที่ลำนํ้ามีท้องน้ำลึกหรือไม่สามารถก่อสร้าง นั้้งร้านโดยวิธีปกติได้ อาจใช้โป๊ะหรือทุ่น หรือเรือท้องแบนบรรทุกปั้นจั่นสำหรับตอกเสาเข็มแทนการก่อสร้าง นั้้งร้าน

ผู้ควบคุมงานต้องตรวจสอบความมั่นคงแข็งแรงของนั้้งร้านให้เป็นไปตามแบบรายละเอียด ที่ผู้รับจ้างจัดทำขึ้นซึ่งต้องมีรายการคำนวณรับรองโดยวิศวกรที่มีใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม



รูปที่ ๕-๑๖ นั้้งร้านปั้นจั่นตอกเสาเข็ม

รูปที่ ๕-๑๗ การตอกเสาเข็มโดยใช้โป๊ะแทนนั้้งร้าน

๕.๒.๓.๒ ปั้นจั่นตอกเสาเข็ม

- ตรวจสอบความมั่นคงแข็งแรงโดยประเมินจากสภาพทั่วไป เช่น เหล็กโครงสร้างปั้นจั่นจะต้องอยู่ในสภาพดีไม่บิดเบี้ยวโก่งงอ รางบังคับลูกตุ้มหรือตะเกียบคู่หน้าจะต้องเป็นแนวตรงและรอย เชื่อม นอตยึด หมุดยึด จะต้องอยู่ในสภาพดีและ สมบูรณ์ครบถ้วน เป็นต้น ทั้งนี้ปั้นจั่นที่ใช้ งานจะต้องมีขากเลี้ยวด้านหลังสำหรับปรับระดับสูง-ต่ำเพื่อให้เสาเข็มตั้งตรงแนวดิ่งหรือเอียง ได้ตามต้องการ เพื่อความสะดวกและปลอดภัยในการทำงานซึ่งจะมีมากกว่าการใช้ปั้นจั่นที่ ไม่มีขากเลี้ยว
- พิจารณาความเหมาะสมขนาดของปั้นจั่น กล่าวคือ ฐานปั้นจั่นจะต้องมีความกว้างเพียงพอที่จะทำให้เกิดการทรงตัวที่ดีในขณะยกเสาเข็มขึ้นตั้ง และมีความสูงที่เพียงพอต่อความ ยาวของเสาเข็ม

- ตรวจสอบขนาดและสภาพเครื่องยนต์ว่ามีกำลังเพียงพอที่จะยกเสาเข็มและลูกตุ้มหรือไม่ รวมทั้งระบบกว้าน (Winch) จะต้องอยู่ในสภาพสมบูรณ์ โดยให้มีการทดลองทำงานก่อนทำการตอกเสาเข็มจริง
- ตรวจสอบความครบถ้วนและเหมาะสมของอุปกรณ์อื่นๆ เช่น หมวกครอบหัวเสาเข็มจะต้องมีขนาดพอเหมาะกับขนาดหัวเสาเข็ม (ไม่ใหญ่กว่าหัวเสาเข็มเกิน ๑.๐๐ เซนติเมตร) และมีเหล็กประกับยึดติดไว้กับรางบังคับลูกตุ้ม เพราะหากหมวกครอบหลวมจะเกิดการขยับตัว ในขณะตอกจะทำให้หัวเสาเข็มแตกได้ รวมทั้งไม้หมอน รางที่อยู่ภายในและภายนอกหมวกครอบจะต้องเป็นไม้เนื้ออ่อนที่มีความหนาที่เหมาะสม (ไม่ควรหนาเกิน ๓.๐๐ เซนติเมตร)



รูปที่ ๕-๑๘ ปั่นจั่นตอกเสาเข็ม (แบบโครงเหล็ก แบบรถตอกเคลื่อนที่ และแบบโป๊ะ)

๕.๒.๓.๓ ลูกตุ้มตอกเสาเข็มที่ใช้กับปั่นจั่นเป็นลูกตุ้มชนิดปล่อย (Drop Hammer)

การพิจารณาเลือกใช้ลูกตุ้มปั่นจั่นสำหรับตอกเสาเข็ม ดังนี้

- จะต้องเป็นแท่งเหล็กตันซึ่งหล่อจากเหล็กกล้า
- ควรมีน้ำหนักไม่น้อยกว่าน้ำหนักเสาเข็ม และหนักไม่น้อยกว่า ๕ ตัน เพื่อให้มีพลังงานเพียงพอที่จะส่งให้เสาเข็มจมลงไปได้โดยลูกตุ้มไม่กระดอนกลับ (Rebound) ซึ่งจะช่วยให้หัวเสาเข็มไม่ถูกกระแทกกระเทือนมากจนเกิดการแตกร้าว สำหรับการตรวจสอบน้ำหนักของลูกตุ้มกระทำได้โดยให้ผู้รับจ้างบรรทุกถไปชั่งน้ำหนัก ณ หน่วยงานหรือองค์การเอกชนที่น่าเชื่อถือ หรืออาจใช้วิธีคำนวณจากปริมาตรของลูกตุ้มคูณด้วยหน่วยน้ำหนักของเหล็ก คือ ๗.๘๕ ตันต่อลูกบาศก์เมตร หรืออาจใช้ทั้ง ๒ วิธีเพื่อความแน่ใจ

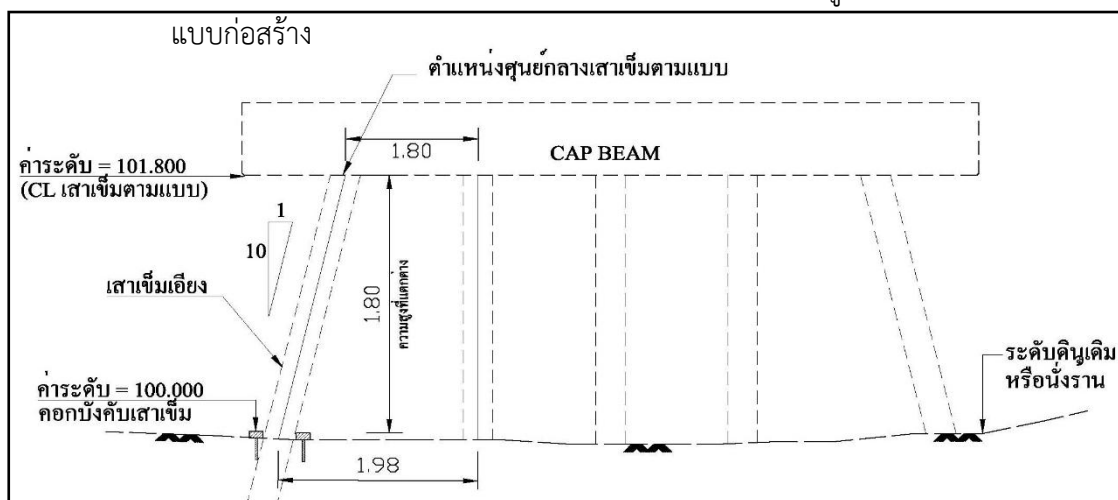


รูปที่ ๕-๑๙ การวัดขนาดลูกตุ้มเพื่อคำนวณหาน้ำหนัก



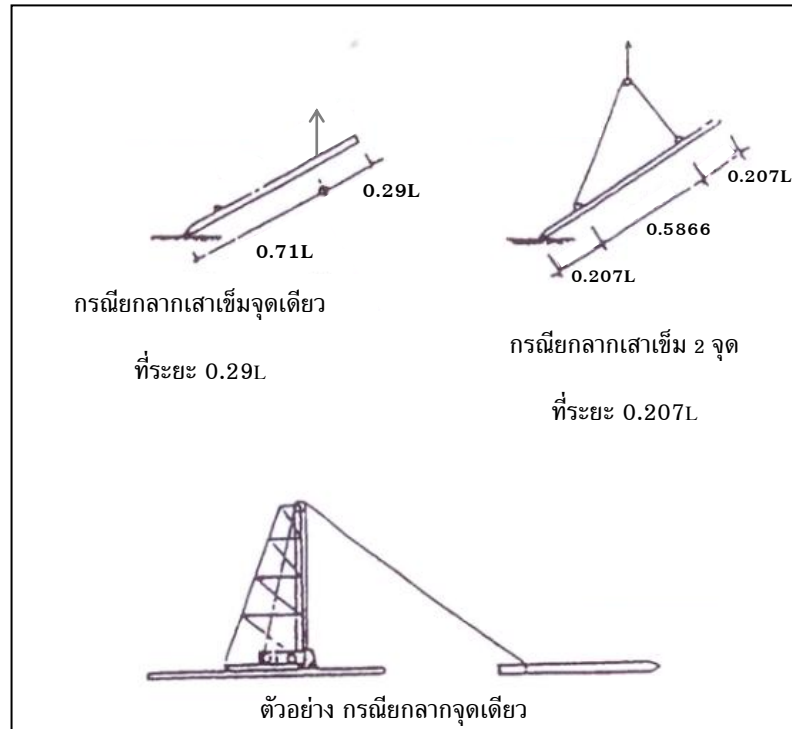
๕.๒.๓.๔ การตอกเสาเข็ม

- ตรวจสอบความถูกต้องของตำแหน่งเสาเข็มที่จะตอก โดยใช้เทปวัดระยะ จากจุดอ้างอิง หรืออาจใช้กล้องสำรวจ แนว ๒ ชุด ส่องสกัดหาตำแหน่งและเมื่อได้ตำแหน่ง ศูนย์กลางของเสาเข็มแล้วจะต้องทำ หมุด บังคับหรือคอกล้อมเสาเข็มทั้งสี่ด้านให้มั่นคง แข็งแรงเพื่อบังคับไม่ให้เสาเข็มเคลื่อนตัวหรือหนีศูนย์ในขณะตอก โดยคอกบังคับดังกล่าว ควรเผื่อให้มีขนาดใหญ่กว่าเสาเข็มประมาณ ๒.๐๐ เซนติเมตร เพื่อให้เสาเข็มสามารถขยับ ตัวได้เล็กน้อยขณะตอกโดยไม่ดันคอกบังคับให้ได้รับความเสียหาย ในกรณีนั่งร้านสูงควรทำ คอกบังคับที่ระดับด้านล่างของนั่งร้านเพิ่มอีก ๑-๒ ชั้นตามความเหมาะสม เพื่อช่วยบังคับ เสาเข็มให้เกิดการเบี่ยงเบนทางแนวตั้งน้อยที่สุด
- ในกรณีแบบก่อสร้างกำหนดให้ตอกเสาเข็มเอียง เช่น เอียง ๑ : ๑๐ หรือ ๑ : ๘ (แนวราบ : แนวตั้ง) จะต้องตรวจสอบค่าระดับของพื้นที่ที่จะทำคอกบังคับเสาเข็มก่อนว่าแตกต่างจากค่า ระดับที่ตำแหน่งศูนย์กลางเสาเข็มตามแบบก่อสร้างเท่าใด (อาจสูงกว่าหรือต่ำกว่า) เพื่อจะ ได้คำนวณตำแหน่งของคอกบังคับเสาเข็มได้อย่างถูกต้อง ซึ่งกรณีนี้ตำแหน่งคอกบังคับ เสาเข็มจะต้องมีการทดระยะ (Off-Set) ออกมาจากตำแหน่งศูนย์กลางเสาเข็มที่กำหนดตาม แบบก่อสร้าง



รูปที่ ๕-๒๐ การทดระยะ (Off-Set) เสาเข็มเอียง

- การลากเสาเข็มไปตอกอาจใช้วิธีวางบนล้อเลื่อน วางบนรางเหล็ก หรือมีขอนไม้กลมช่วยลด แรงเสียดทาน วิธีนี้จะใช้กับเสาเข็มขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก หรืออาจจะลากโดยไม่ใช้ล้อเลื่อน สำหรับเสาเข็มขนาดเล็ก แนวที่ลากเสาเข็มต้องไม่มีสิ่งกีดขวางจนอาจก่อให้เกิดอันตรายแก่ เสาเข็ม ตำแหน่งที่ใช้ลากให้นำลวดสลิงหรือเคเบิลจากปั้นจั่นเส้นที่ใช้สำหรับยกลูกตุ้มพัน รอบๆ เสาเข็มโดยมีผ้าหรือกระสอบรอง เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการแตกเนื่องจากการบีบรัด ของลวดสลิง โดยตำแหน่งที่พันลวดสลิงเพื่อการลากหรือยก ถ้าเป็นการยกเสาเข็มจุดเดียว ต้องใช้ลวดสลิงยกที่ระยะ $0.25L$ ของเสาเข็ม (L คือ ความยาวเสาเข็ม) หากเป็นการยก เสาเข็มสองจุดต้องใช้ลวดสลิงยกที่ระยะ $0.20L$ (วัดจากปลายเสาเข็มทั้งสองข้าง) ลักษณะการลากเสาเข็มและตำแหน่งการยกเสาเข็มขึ้นตอก ดังรูปที่ ๕-๒๑



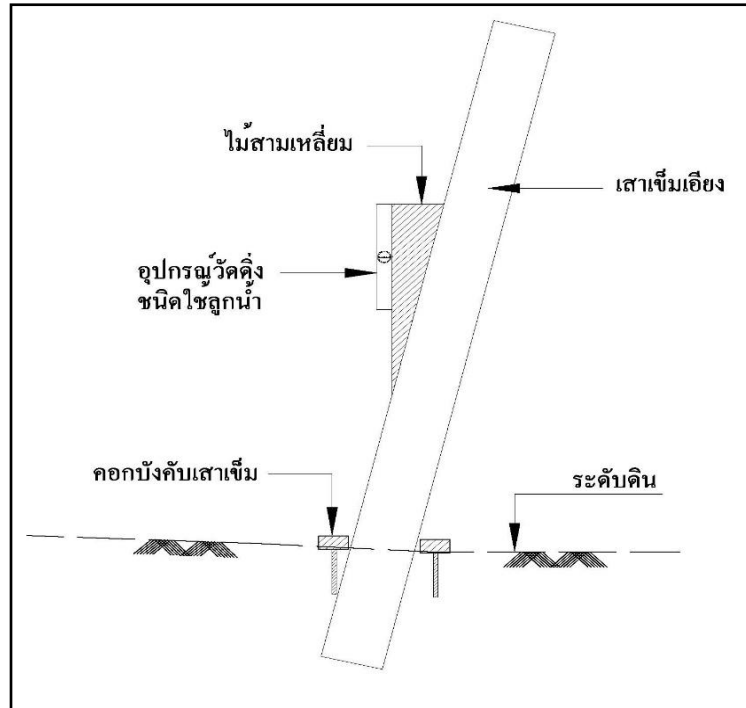
รูปที่ ๕-๒๑ แสดงลักษณะการลากเสาเข็ม

- ก่อนยกเสาเข็มขึ้นตอกให้ใช้สติเส้นแนวกึ่งกลางไว้ที่ด้านหน้าและด้านข้างของเสาเข็มเพื่อใช้ในการเล็งแนว และให้ขีดเส้น ทำเครื่องหมายบอกระยะไว้ทุก ๑.๐๐ เมตร ตลอดความยาวเสาเข็ม และทุกระยะ ๐.๓๐ เมตร ที่ ๓.๐๐ เมตรสุดท้ายจากหัวเสาเข็มเพื่อใช้ในการบันทึกจำนวนครั้งที่ตอก (Blow Count)
- เมื่อปั้นจั่นยกเสาเข็มขึ้นตั้งและปักลงในคอกบังคับเสาเข็มเรียบร้อยแล้ว จะต้องตรวจสอบว่าเสาเข็มตั้งอยู่ในแนวตั้งหรือไม่ โดยใช้กล้องสำรวจแนว (Theodolite) หรือเชือกแขวนลูกดิ่งเป็นอุปกรณ์ในการเล็งแนว โดยให้เล็งหาบกับเส้นแนวกึ่งกลางเสาเข็มที่จัดทำเครื่องหมายไว้



รูปที่ ๕-๒๒ การตรวจสอบแนวตั้งของเสาเข็มขณะตอก

- กรณีเป็นเสาเข็มเอียง ให้ตรวจสอบความเอียงของเสาเข็มโดยการใช้ไม้สามเหลี่ยมซึ่ง มี สัดส่วนความลาดเอียงเท่ากับ ความเอียงของเสาเข็มที่กำหนดตามแบบก่อสร้างไปทาบกับ เสาเข็มที่ปรับเอียงไว้แล้วพร้อมทาบอุปกรณ์วัดความตั้งฉากของมุมฉาก หากปรากฏว่าลูกน้ำเข้าสู่ ศูนย์กลางก็แสดงว่าเสาเข็มต้นนั้นมีความเอียงถูกต้องตามแบบก่อสร้างแล้ว หากยังไม่เข้าสู่ ศูนย์กลางก็ต้องปรับความเอียงจากขาเกลียวด้านหลังป็นจัน



รูปที่ ๕-๒๓ การตรวจสอบแนวเอียงของเสาเข็ม

- ก่อนตอกและขณะตอกเสาเข็ม จะต้องตรวจสอบความตั้งหรือความเอียง (ถ้ามี) ของเสาเข็ม ตลอดเวลา โดยเฉพาะช่วงแรกของการตอกซึ่งเสาเข็มยังไม่ฝังยึดแน่นกับดินเพียงพอ ซึ่งมี โอกาสที่เสาเข็มจะเบี่ยงเบนแนวออกไปได้ง่าย หากลูกตุ้มลงไม่ตรงศูนย์กลางเสาเข็ม การ ตอกในช่วงแรกนี้จึงควรกำหนดระยะยกลูกตุ้มน้อยๆ (ประมาณ ๐.๓๐ เมตร) เพื่อประกอบ ให้เสาเข็มจมดินไปได้ระยะหนึ่งก่อน แล้วจึงค่อยเพิ่มระยะยกตามความเหมาะสม
- ขณะตอกเสาเข็มให้บันทึกระยะยกลูกตุ้มและจำนวนครั้งที่ตอก (Blow Count) ทุกระยะ ๑.๐๐ เมตร โดยขีดเครื่องหมายไว้เพื่อเป็นข้อมูลประเมินสภาพชั้นดิน และหากพบว่า ค่า Blow Count ลดลง (จำนวนครั้งในการตอกต่อฟุตน้อยลง) มากผิดปกติอย่างทันทีทันใดให้ สันนิษฐานก่อนว่าเสาเข็มเกิดการแตกหักอยู่ในชั้นดิน (กรณีนี้เสาเข็มอาจเบี่ยงเบนออกจาก ตำแหน่งอย่างมองเห็นได้ชัด) ผู้ควบคุมงานต้องสั่งหยุดการตอกเสาเข็มต้นนั้น เพื่อให้มีการ ตรวจสอบว่าเสาเข็มหักจริงหรือไม่ หากเกิดขึ้นจริงจะต้องแจ้งผู้รับจ้างเป็นลายลักษณ์อักษร ให้เสนอวิธีการแก้ไขต่อไป
- เมื่อตอกเสาเข็มจนถึงช่วง ๓.๐๐ เมตรสุดท้าย จะต้องกำหนดระยะยกลูกตุ้มให้คงที่และ บันทึกจำนวนครั้งที่ตอก (Blow Count) ทุกระยะ ๐.๓๐ เมตร เพื่อพิจารณาอัตราการจม ดินของเสาเข็มและประเมินว่ามีกำลังรับน้ำหนักใกล้เคียงกับที่ต้องการแล้วหรือไม่ ซึ่งจะได้ ทำการตอก ๑๐ ครั้งสุดท้าย (Last ๑๐ Blow) เพื่อตรวจสอบกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็ม

ต่อไป โดยปกติจำนวนครั้งที่ตอก (Blow Count) ในช่วงนี้จะมีค่ามากขึ้นเมื่อเสาเข็มยิ่งจมลึกลงไปในพื้นที่ดิน ซึ่งบ่งชี้ถึงความสามารถในการรับน้ำหนักของชั้นดินที่มากขึ้น แต่หากปรากฏว่าเป็นไปในทิศทางตรงกันข้ามแสดงว่าชั้นดินยังไม่สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ซึ่งจะต้องทำการตอกต่อไป

๕.๒.๔ การตรวจสอบกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็ม

- ๑) ผู้ควบคุมงานต้องตรวจสอบรายการคำนวณค่าความต้านทานน้ำหนักของเสาเข็มตามสูตรที่ระบุในแบบก่อสร้าง
- ๒) ในการตอกเสาเข็มช่วง ๓.๐๐ เมตรสุดท้าย เมื่อมีอัตราการจมของเสาเข็ม ลดลงตามลำดับ ให้ประเมินได้ว่าชั้นดินสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ตลอดทั้งที่ต้องการแล้ว โดยให้ทำการตอกเสาเข็มจำนวน ๑๐ ครั้ง ที่ระยะยกลูกตุ้มตามระยะที่คำนวณไว้ (Last ๑๐ Blow) แล้ววัดระยะจมของเสาเข็มเพื่อ นำไปเปรียบเทียบกับระยะจม ๑๐ ครั้งสุดท้าย จากสูตรการคำนวณดังนี้
 - **Hiley's Formula** เหมาะสำหรับเสาเข็มที่ตอกหยั่งถึงชั้นดินแข็ง (ชั้นดินเหนียวแข็งหรือชั้นทรายแน่น) ซึ่งกำลังรับน้ำหนักของดินส่วนใหญ่เกิดจากแรงแบกทานที่ปลายเสาเข็ม (End Bearing)
 - **Janbu's Formula** เหมาะสำหรับเสาเข็มที่ตอกและจมอยู่ในชั้นดินเหนียวอ่อนถึงดินเหนียวปานกลางค่อนข้างหนา ซึ่งกำลังรับน้ำหนักของดินส่วนใหญ่จะเกิดจากแรงเสียดทานด้านข้างรอบ ผิวเสาเข็ม (Skin Friction)



ตัวอย่างรายการคำนวณกำลังรับน้ำหนักเสาเข็ม

ตามสัญญาจ้างและรูปแบบรายการ กำหนดให้เสาเข็ม คอนกรีตขนาด ๐.๔๐ x ๐.๔๐ เมตร ต้องรับน้ำหนักบรรทุกตลอดอายุได้ไม่น้อยกว่า ๕๐ ตันต่อตัน และสามารถเลือกวิธีการตรวจสอบกำลังรับน้ำหนักได้ ๒ สูตร คือ Hiley's Formula หรือ Janbu's Formula

Hiley's Formula (F.S.= 3.0)

$$Q_u = (nWhE) / (S + C / 2)$$

Janbu's Formula (F.S.= 4.0)

$$Q_u = Wh / K_u.S$$

Qa = Allowable Pile Capacity (ตัน)

Qu = Ultimate Pile Capacity = Qa x FS. (ตัน)

n = Efficiency factor = $(W + Pe^2) / (W + P)$

W = น้ำหนักของลูกตุ้ม (ตัน)

P = น้ำหนักของเสาเข็มคอนกรีต (ตัน)

e = คุณสมบัติของหัวเสาเข็ม และวัสดุรองหัวเสาเข็ม = 0.25 ในกรณีที่เสาเข็มตอกด้วย Drop Hammer รองด้วยกระสอบ

h = ระยะยกลูกตุ้มจากหัวเสาเข็ม (ชม.)

E = Equipment Loss Factor = 0.75

S = ระยะที่เสาเข็มจม (ชม.) โดยคิดค่าเฉลี่ยจากการตอก 10 ครั้งสุดท้าย

C = Temporary Compression = C1 + C2 + C3

C1 = ความหดตัวของตัวเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กที่ยาว $L = 10^3 Q_u L / AE_c$ (ชม.)

C2 = ความหดตัวของกระสอบรองหัวเสาเข็มหนา = $9.0128 Q_u / A$ (ชม.)

C3 = ความหดตัวของดินใต้และรอบเสาเข็ม = 0.25 (ชม.)

A = พื้นที่หน้าตัดของเสาเข็ม คสล. (ตร.ชม.)

L = ความยาวเสาเข็ม (ชม.)

Ec = Modulus of Elasticity of Concrete = $15100 \sqrt{f_c'}$ (กก./ตร.ชม.)

f_c' = แรงอัดประลัยต่ำสุดของแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอก 15 x 30 ซม. ที่อายุ 28 วัน เป็น กก./ตร.ชม.

$K_u = C_d (1 + \sqrt{1 + \lambda / C_d})$

$C_d = 0.75 + 0.15 P/W$

$\lambda = WhL / AE_c S^2$



ตารางที่ ๕-๑ แสดงตัวอย่างผลการคำนวณ

	Hiley	Janbu	หน่วย
Qa	๕๐	๕๐	ตัน
Qu	๑๕๐	๒๐๐	ตัน
W	๕.๐๐	๕.๐๐	ตัน
A	๑๖๐๐	๑๖๐๐	ตร.ซม.
L	๑๐๐๐	๑๒๐๐	ซม.
P	๓.๘๔๐	๔.๖๐๘	ตัน
e	๐.๒๕		
h	๑๐๐	๑๐๐	ซม.
E	๐.๗๕		
C๑	๐.๓๓๒		ซม.
C๒	๐.๘๔๕		ซม.
C๓	๐.๒๕		ซม.
C	๑.๔๒๗		ซม.
fc'	๓๕๐	๓๕๐	กก. ต่อ ตร.ซม.
Ec	๒๘๒๔๙๕.๑๓๓	๒๘๒๔๙๕.๑๓๓	กก. ต่อ ตร.ซม.
n	๐.๕๙๓	๐.๕๕๐	
Ku		๑.๗๓๐	
Cd		๐.๘๖๕	
λ		๐.๐๐๐๕๖๔	
S	๐.๗๖๘	๑.๔๔๔	ซม.
Last ๑๐ Blow	๗.๖๘	๑๔.๔๔	ซม.

จากผลการคำนวณ ตาม Hiley's Formula หากเสาเข็มมีระยะจมน้ำเมื่อตอก ๑๐ ครั้งสุดท้ายไม่เกิน ๗.๖๘ เซนติเมตร ถือว่าเสาเข็มดังกล่าวสามารถรับน้ำหนักบรรทุกทุกปลอดภัยได้ไม่น้อยกว่า ๕๐ ตัน และตาม Janbu's Formula หากเสาเข็มมีระยะจมน้ำเมื่อตอก ๑๐ ครั้งสุดท้ายไม่เกิน ๑๔.๔๔ เซนติเมตร ถือว่าเสาเข็มดังกล่าวสามารถรับน้ำหนักบรรทุกทุกปลอดภัยได้ไม่น้อยกว่า ๕๐ ตัน

หากผู้รับจ้างไม่สามารถตอกเสาเข็มให้ได้กำลังรับน้ำหนักบรรทุกทุก ปลอดภัยตามที่แบบก่อสร้างกำหนด โดยคำนวณจากสูตรดังกล่าว จะต้องให้ผู้รับจ้างเสนอวิธีการตรวจสอบหรือพิสูจน์กำลังรับน้ำหนักของเสาเข็ม เพื่อให้คณะกรรมการตรวจการจ้างพิจารณาเห็นชอบ เช่น ทดสอบกำลังรับน้ำหนักด้วยวิธี Static Pile Load Test หรือวิธี Dynamic Pile Load Test หากทดสอบแล้วปรากฏว่ายังไม่สามารถรับน้ำหนักได้ จะต้องให้ผู้รับจ้างเสนอวิธีแก้ไข เช่น เพิ่มจำนวนเสาเข็ม หรือปรับปรุงรูปแบบต่อม่อใหม่ เป็นต้น





รูปที่ ๕-๒๔ การตอกเสาเข็มและการวัดระยะจมของเสาเข็มเมื่อตอก ๑๐ ครั้งสุดท้าย

ข้อแนะนำ

- **Hiley's Formula** เหมาะสำหรับเสาเข็มที่รับน้ำหนักโดยแรงต้านทานที่ปลายเสาเข็มเป็นหลัก (End Bearing Pile) กล่าวคือ เป็นเสาเข็มที่ปลายเสาเข็มวางอยู่บนชั้นดินเหนียวแข็งหรือชั้นทรายแน่น
- **Janbu's Formula** เหมาะสำหรับเสาเข็มที่รับน้ำหนักโดยแรงต้านทานรอบ ผิวเสาเข็มเป็นหลัก (Friction Pile) กล่าวคือ เป็นเสาเข็มที่จมและปลายเสาเข็มวางอยู่ในชั้นดินเหนียวซึ่งมีค่าแรงต้านทานที่ปลายเสาเข็มต่ำ

ดังนั้น ผู้ควบคุมงานควรพิจารณาเลือกสูตรการคำนวณให้เหมาะสมกับสภาพดิน ได้ฐานรากและการใช้งานเสาเข็มตามสภาพพื้นที่จริงด้วย

๕.๒.๕ การประเมินผลการตอกเสาเข็ม

เมื่อตอกเสาเข็มแล้วเสร็จจะต้องประเมินผลว่าเสาเข็มต้นนั้นสามารถใช้งานได้ตามหลักเกณฑ์

ดังนี้

- ๑) เสาเข็มอยู่ในสภาพสมบูรณ์ ไม่มีเหตุที่บ่งชี้ว่าเกิดการแตกหักในชั้นดินระหว่างการตอก
- ๒) เสาเข็มมีกำลังรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัย จากการคำนวณโดยสูตรการตอกเสาเข็ม (Pile Driving Formula) ไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด
 - เสาเข็มจะต้องฝังจมอยู่ในชั้นดินไม่น้อยกว่า ๓.๐๐ เมตร และจะต้องฝังจมลึกเพียงพอที่จะไม่มีโอกาสถูกกระแสน้ำกัดเซาะในอนาคต โดยส่วนที่ฝังจมดินไม่ควรน้อยกว่า ๑ ใน ๓ ของความยาวเสาเข็มที่ใช้งานจริง ความยาวนับจากปลายเสาเข็มถึงระดับท่อนคานยึดเสา (Bracing Beam) หรือระดับท่อนคานหัวเสา (Cap Beam) แล้วแต่กรณี
 - ตรวจสอบการหนีสุนัขโดย ตำแหน่งของเสาเข็มจะต้องคลาดเคลื่อนจากตำแหน่งตามแบบก่อสร้างไม่เกิน ๕.๐๐ เซนติเมตร ในทุกทิศทางสำหรับเสาเข็มแบบ Pile Bent กรณีมีความคลาดเคลื่อนเกินกว่าเกณฑ์ดังกล่าว จะต้องแจ้งผู้ออกแบบให้ทำการตรวจสอบความมั่นคงแข็งแรงก่อน ซึ่งอาจต้องออกแบบปรับปรุงเสาเข็มหรือฐานรากใหม่
 - หลังจากการตัดหัวเสาเข็มให้ได้ระดับตามที่กำหนดแล้ว (Pile Cut-Off) บริเวณช่วงหัวเสาเข็มจะต้องมีเหล็ก Dowel ที่ฝังอยู่ในคอนกรีตเสาเข็มไม่น้อยกว่า ๑.๐๐ เมตร หากปรากฏว่าเหล็ก Dowel มีความยาวไม่เพียงพอจะต้องแจ้งให้ผู้รับจ้างทำการแก้ไขก่อน



โดยทั่วไปจะใช้วิธีเจาะคอนกรีตเพื่อฝังเหล็ก Dowel แล้วอุดด้วยวัสดุประสานรอยต่อ
กำลังสูง (Epoxy)

๕.๒.๖ เสาเชื่อมต่อ

สถานที่ก่อสร้างบางแห่งอาจมีพื้นที่จำกัดทำให้ไม่สามารถหล่อเสาค้ำยาวได้ หรืออาจมีข้อจำกัด
ของเส้นทางขนส่งวัสดุทำให้ไม่สามารถขนส่งเสาค้ำคอนกรีตอัดแรงที่มีความยาวมากๆ เข้าสู่สถานที่ก่อสร้างได้
กรณีนี้สามารถอนุญาตให้ผู้รับจ้างใช้เสาค้ำเชื่อมต่อได้แต่ต้องไม่เกินสองท่อนโดยผู้ควบคุมงานจะต้องตรวจสอบการ
ทำงาน ดังนี้

- ๑) การออกแบบรอยต่อของเสาค้ำจะต้องเป็นไปตามแบบรูปที่กำหนด (ถ้ามี) กรณีที่แตกต่าง
ออกไป ผู้รับจ้างจะต้องจัดทำแบบรายละเอียดพร้อมรายการคำนวณที่มีการรับรองโดย
วิศวกรที่มีใบอนุญาตประกอบวิชาชีพ วิศวกรรมการควบคุม เสนอให้ผู้ออกแบบตรวจสอบก่อน
โดยปกติรอยต่อของเสาค้ำสองท่อน ต้องได้รับการออกแบบเป็นแผ่นเหล็กที่ทำด้วยเหล็ก
เหนียวหนา ๗.๐๐-๙.๐๐ มิลลิเมตร ปิดไว้ที่ปลายเสาค้ำด้านที่จะต่อเชื่อมกันในลักษณะ
หุ้มครอบ โดยมีเหล็ก Dowel ที่เชื่อมติดกับแผ่นเหล็กฝังยึดอยู่ในคอนกรีต ตรงกึ่งกลาง
ของเสาค้ำ ทั้งนี้ ส่วนของเสาค้ำบริเวณรอยต่อจะต้องมีการเสริมเหล็กปลอกพิเศษเพื่อ
ป้องกันการแตกร้าวด้วย
- ๒) เมื่อตอกเสาค้ำท่อนล่างจนหัวเสาค้ำถึงระดับที่จะทำการต่อเชื่อม (สูงจากพื้นดิน ๐.๕๐
เมตร) และปั้นจั่นได้ยกเสาค้ำท่อนบนมาวางทับแล้ว จะต้องตรวจสอบแผ่นเหล็กปลาย
เสาค้ำทั้งสองท่อน ให้วางทับสนิทกันเต็มหน้าและเสาค้ำทั้งสองท่อนจะต้องต่อเป็นแนว
เส้นตรงเดียวกัน
- ๓) ควบคุมและตรวจสอบการเชื่อมรอยต่อให้ถูกต้องตามมาตรฐานข้อกำหนด เช่น ต้องทำความ
สะอาดแผ่นเหล็กให้ปราศจากสิ่งสกปรก การเชื่อมต้องเชื่อมเป็นชั้นๆ หรือเป็นแนว
ตามลำดับ ก่อนการเชื่อมชั้นต่อไปต้องเคาะขี้เหล็กออกให้หมด และใช้แปรงขัดทำความสะอาด
สะอาด การเชื่อมระหว่างชั้นควรทิ้งช่วงให้อุณหภูมิลดลงก่อนที่จะเชื่อมต่อไป
- ๔) เมื่อเชื่อม แล้วเสร็จจะต้องตรวจวัดขนาด (ความกว้างและความหนา) รอยเชื่อม ให้เป็นไป
ตามที่ออกแบบไว้



รูปที่ ๕-๒๕ แสดงขั้นตอนการเชื่อมต่อเสาค้ำ



รูปที่ ๕-๒๖ แสดงการเชื่อมต่อเสาเข็มแล้วเสร็จ

ข้อเสนอแนะ

- ผู้ควบคุมงานไม่ควรละเลยการควบคุมและตรวจสอบในขั้นตอนต่อเชื่อมเสาเข็ม เนื่องจากหากผู้รับจ้างปฏิบัติงานไม่ถูกต้องและไม่มีคุณภาพที่ดีพอ อาจเป็นจุดอ่อนที่ทำให้เสาเข็มทั้งสองท่อนเลื่อนหลุดออกจากกันเมื่อสะพานเปิดใช้งานไปนานๆ ได้ รอยต่อที่ตื้นนั้นจะต้องมีความแข็งแรงเทียบเท่าหรือมากกว่าเสาเข็มส่วนที่เป็นเนื้อเดียวกัน (สามารถทดสอบได้โดยการทดลองทำ Bending Test เปรียบเทียบระหว่างเสาเข็มท่อนเดียวและเสาเข็มสองท่อนต่อ) ดังนั้นผู้ควบคุมงานจึงควรกำกับผู้รับจ้างเกี่ยวกับการใช้เสาเข็มต่อ ให้ทำการก่อสร้างด้วยความระมัดระวังไม่เร่งรีบจนเกินไป
- รอยต่อของเสาเข็มอาจเพิ่มความแข็งแรง โดยการเจาะรูไว้ที่ปลายเสาเข็มทั้งสองท่อน เพื่อฝัง Dowel เป็นสลักยึดระหว่างเสาเข็มท่อนบนและเสาเข็มท่อนล่าง หรือใช้บล็อกเหล็กตรึงรอยต่อ เพื่อช่วยป้องกันการเลื่อนหลุดของเสาเข็มอีกชั้นหนึ่ง
- เสาเข็มท่อนบนควรยาวเท่ากันหรือยาวกว่าเสาเข็มท่อนล่าง เพื่อให้รอยต่อเสาเข็มฝังลึกและถูกห่อหุ้มอยู่ในชั้นดินแข็งมากที่สุด ซึ่งจะช่วยลดปัญหาแรงกระทำด้านข้างได้อีกทางหนึ่ง

๕.๒.๗ การใช้เสาส่ง

ปกติจะใช้เสาส่งในกรณีต้องการตอกส่งให้หัวเสาเข็มจมลงไปถึงระดับที่ต้องการเพื่อความสะดวกในการทำงาน แต่สำหรับกรณีที่ตอกเสาเข็มจนหัวเสาเข็มถึงระดับคอกบังคับเสาเข็มที่วางบนนั่งร้านหรือบนดินเดิมแล้ว ปรากฏว่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกทุกพลอตภัยที่ตรวจสอบได้ยังไม่ถึงค่าที่ต้องการ โดยปกติจะมีทางเลือกให้ดำเนินการวิธีใดวิธีหนึ่งดังนี้ คือ หล่อเสาเข็มต่อในท่อนเมื่อคอนกรีตได้อายุแล้วจึงทำการตอกต่อ หรือใช้วิธีนำเสาส่งมาครอบทับบนเสาเข็มเดิมแล้วทำการตอกต่อ ทั้งนี้โดยทั่วไปแล้วผู้รับจ้างจะเลือกวิธี การใช้ เสาส่ง เนื่องจากใช้ระยะเวลาสั้นและประหยัดกว่า แต่ปัญหาของการใช้เสาส่งก็คือ พลังงานจากลูกตุ้มที่กระทบผ่าน

เสาจะสูญหายไปค่อนข้างมาก จนไม่สามารถใช้สูตรการตอกเสาเข็ม (Pile Driving Formula) มาคำนวณกำลังรับน้ำหนักได้อย่างถูกต้อง ทางออกที่ดีหากเลี่ยงได้ก็คือให้ทำการต่อความยาวรางนำเสาเข็มและบังคับลูกตุ้ม (ตะเกียบปั้นจั่น) ลงไปด้านล่างให้เพียงพอ (กรณีตอกเสาเข็มบนนั่งร้านอาจปรับรื้อคอกบังคับเสาเข็ม และนั่งร้านออกบางส่วน และกรณีตอกบนดินจะต้องทำการขุดดินออกซึ่งค่อนข้างจะยุ่งยาก) แต่หากหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่ต้องใช้เสาส่ง ให้ผู้ควบคุมงานตรวจสอบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยของเสาเข็ม ดังนี้

- ๑) ก่อนใช้เสาส่งให้ทำการตอก ๑๐ ครั้ง แล้ววัดระยะจมของเสาเข็ม
- ๒) จากนั้นให้ใช้เสาส่งและทำการตอกอีก ๑๐ ครั้งที่ระยะยกลูกตุ้มเท่ากัน แล้ววัดระยะจมของเสาเข็ม (ซึ่งจะได้ค่าน้อยกว่าเนื่องจากการสูญเสียพลังงานผ่านเสาส่ง)
- ๓) เปรียบเทียบระยะจมที่แตกต่างกัน แล้วคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์พลังงานที่สูญเสียไป เพื่อนำไปใช้เป็นตัวคูณลดกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มที่คำนวณได้จากสูตรการตอกเสาเข็ม (Pile Driving Formula) เมื่อมีการตอก ๑๐ ครั้งสุดท้ายโดยใช้เสาส่ง



รูปที่ ๕-๒๗ การใช้เสาส่งตอกส่งเสาเข็มจนถึงระดับที่ต้องการ

๕.๓ ฐานรากเสาเข็มเจาะ (Bored Pile)

โดยปกติจะใช้ในกรณีดังนี้

- ท้องลำนํ้ามีชั้นหินพิศอยู่ในระดับ ไม่ลึกเกินไป ซึ่งไม่สามารถตอกเสาเข็มให้มีระยะฝังดินได้เพียงพอ และไม่สามารถก่อสร้างเป็นฐานแผ่ได้
- ระดับท้องลำนํ้าลึกมาก ทำให้จำเป็นต้องใช้เสาเข็มที่มีขนาดหน้าตัดใหญ่ เช่น ๑.๐๐-๑.๕๐ เมตร เพื่อลดความชะลูดจึงเหมาะที่จะก่อสร้างเป็นเสาเข็มเจาะมากกว่าเสาเข็มตอก

๕.๓.๑ การก่อสร้างเสาเข็มเจาะ

๕.๓.๑.๑ เหตุผลและความจำเป็นในการเลือกก่อสร้างเสาเข็มเจาะ

เนื่องจากบางครั้งลักษณะชั้นดินบริเวณที่จะทำการก่อสร้างฐานรากตอม่อสะพานเป็นชั้นดินเหนียวอ่อนหรือชั้นทรายที่ไม่สามารถรับน้ำหนักจากการถ่ายแรงของฐานรากสะพานได้มากนัก แต่มีชั้นหินอยู่ใต้ระดับท้องฐานลึกเกิน ๓.๐๐- ๖.๐๐ เมตร การออกแบบก่อสร้างฐานรากตอม่อดังกล่าวเป็นฐานรากแผ่จึงทำได้ยากเนื่องจากระดับท้องฐานจะต้องอยู่ลึกจากผิวนํ้า และ /หรือผิวดินเดิม ประมาณ ๔.๐๐ - ๗.๐๐ เมตร จึงจะฝังอยู่ในชั้นหิน มีปัญหาอุปสรรคเรื่องการป้องกันนํ้า และอาจมีความลาดเอียงของแผ่นหิน ทั้งยังมีค่าก่อสร้างฐานรากที่สูง จึงเลือกใช้ฐานรากแบบเสาเข็ม ซึ่งก่อสร้างได้สองลักษณะ คือ เสาเข็มตอก และเสาเข็ม

เจาะ โดยทั่วไปเสาเข็มตอกจะมีค่าก่อสร้างถูกกว่าเสาเข็มเจาะมาก จากชั้นดินดังกล่าวข้างต้น หากก่อสร้างเป็นเสาเข็มตอก เมื่อตอกถึงระดับชั้นหินจะไม่สามารถตอกผ่านชั้นหินไปได้ ทำให้เสาเข็มมีระยะฝังเพียง ๓.๐๐ – ๖.๐๐ เมตร โดยฝังอยู่ในชั้นดินเหนียวอ่อน หรือชั้นทรายซึ่งอาจไม่พ้นการกัดเซาะของกระแสน้ำ จึงมีความจำเป็นต้องออกแบบก่อสร้างฐานรากเป็นเสาเข็มเจาะ โดยให้เจาะลึกลงไปชั้นหินไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดเพื่อการรับน้ำหนัก และพ้นการกัดเซาะของกระแสน้ำ

ก่อนเริ่มงานเสาเข็มเจาะต้องศึกษาข้อกำหนดของงานเสาเข็มเจาะจากแบบก่อสร้างให้ละเอียดก่อน เช่น

- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเสาเข็มเจาะ เช่น กำหนดขนาด ๐.๖๐ เมตร
- ความลึกที่แนะนำให้ทำการเจาะ เช่น กำหนดให้ปลายเสาเข็มฝังในชั้นหินที่ลึกไม่น้อยกว่า ๓.๐๐ เมตร
- กำลังอัดของคอนกรีต เช่น กำหนดไม่น้อยกว่า ๓๐๐ ksc. (คอนกรีตประเภท ค.๓)
- มาตรฐานเหล็กเสริม เช่น กำหนดเหล็กข้ออ้อย SD ๔๐ ตามมาตรฐาน มอก.๒๔-๒๕๒๔
- กำลังรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัย เช่น กำหนด ๘๐ ตันต่อต้น

เมื่อทราบถึงข้อกำหนดแล้วก่อนการก่อสร้างจึงต้องทำการตรวจสอบกำลังต้านทานของดินที่เสาเข็มจะถ่ายแรงไปให้ โดยแรงต้านทานของดินที่ปลายเสาเข็ม และที่ผิวเสาเข็มเมื่อรวมกันแล้วหารด้วยค่าความปลอดภัยจะต้องมากกว่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยที่กำหนด เช่น ต้องมากกว่า ๘๐ ตันต่อต้น ในส่วนของตัวเสาเข็มคอนกรีตต้องตรวจสอบกำลังของคอนกรีตเมื่อหารด้วยค่าความปลอดภัยแล้วจะสามารถถ่ายแรงที่กำหนดลงสู่ชั้นดินได้อย่างปลอดภัย ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมทั้งกำลังต้านทานของชั้นดินโดยการกำหนดตำแหน่ง และระดับปลายของเสาเข็มให้ถูกต้อง ควบคุมการเจาะหลุมให้ได้แนวตรง และควบคุมการเทคอนกรีตลงหลุมที่เจาะไว้อย่างรัดกุมและถูกต้องตามวิธีการเพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีความต่อเนื่อง และมีกำลังตามที่กำหนด เพื่อความมั่นใจว่าเสาเข็มเจาะจะสามารถทำหน้าที่ถ่ายแรงลงสู่ชั้นดินได้อย่างสมบูรณ์ และต้องทำการทดสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มเจาะทุกต้นด้วย

๕.๓.๑.๒ ตัวอย่างการตรวจสอบกำลังรับน้ำหนักของชั้นดิน และตัวเสาเข็มก่อนดำเนินการก่อสร้างเสาเข็มเจาะขนาด ๐.๖๐ เมตร

ตามแบบก่อสร้างจะมีผลการเจาะสำรวจชั้นดินแนบ เช่น ตรวจสอบดินชั้นบนเป็น Silty Sand (SM) และชั้นถัดไปเป็น หินทราย (Sand Stone) สภาพเป็นแผ่นหินขนาดใหญ่มีความลาดเอียงไม่พบรอยแตกร้าวขนาดเล็กหรือใหญ่ และได้ตรวจสอบกำลังรับน้ำหนักดังนี้

ชั้นที่ (๑) Loose to Medium Dense Silty Sand (SM) หนาประมาณ ๒.๐๐ เมตร มีแรงต้านทานที่ผิวเสาเข็มประมาณ ๐.๔๔ ตัน (ใช้ FS = ๒.๕)

ชั้นที่ (๒) Medium to Dense Silty Sand (SM) หนาประมาณ ๔.๐๐ เมตร มีแรงต้านทานที่ผิวเสาเข็มประมาณ ๔.๑๙ ตัน (ใช้ FS = ๒.๕)

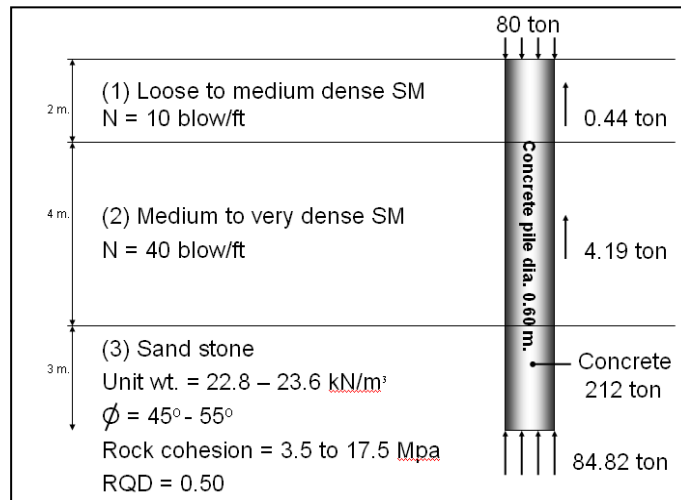
ชั้นที่ (๓) Sand Stone ความหนาถึงปลายเสาเข็ม ประมาณ ๓.๐๐ เมตร มีแรงต้านทานที่ปลายเข็มประมาณ ๘๔.๘๒ ตัน ($q_b = ๙๐๐ \text{ ton/m}^2$ FS = ๓.๐)

ตัวเสาเข็มเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๐.๖๐ เมตร ใช้คอนกรีตกำลังอัดไม่น้อยกว่า ๓๐๐ ksc. (คอนกรีตประเภท ค.๓) สามารถถ่ายแรงลงสู่ดินได้อย่างปลอดภัยไม่น้อยกว่า ๒๑๒ ตัน (FS = ๔)

สรุป เสาเข็มเจาะตามแบบก่อสร้างสามารถรับน้ำหนักได้ไม่น้อยกว่า ๘๐ ตันต่อต้น และสามารถถ่ายแรงดังกล่าวลงสู่ชั้นดินได้อย่างปลอดภัย โดยการพิจารณาสิ่งที่สำคัญ คือ กำลังของคอนกรีตที่ใช้



ก่อสร้างเสาเข็ม และ Bearing Capacity ของชั้น Sand Stone ที่ปลายเสาเข็ม จะต้องรับน้ำหนักปลอดภัยได้เกิน ๘๐ ตันต่อตัน ดังนั้นการควบคุมการก่อสร้างจึงต้องเน้นเรื่องการเจาะให้หลุมเจาะลึกจนปลายเสาเข็มวางอยู่บนชั้น Sand Stone อย่างแท้จริง และต้องควบคุมการเทคอนกรีตให้เป็นไปตามวิธีการที่ถูกต้องเหมาะสม เพื่อไม่ให้กำลังลดต่ำกว่า ๓๐๐ ksc.



รูปที่ ๕-๒๘ สรุปลักษณะดินบริเวณก่อสร้างเสาเข็มเจาะและกำลังต้านทานของชั้นดิน

๕.๓.๑.๓ อุปกรณ์ก่อสร้างเสาเข็มเจาะ

เสาเข็มเจาะ คือ เสาเข็มที่ทำการหล่อในที่ โดยใช้ดินเป็นแบบหล่อ กล่าวคือเราใช้เครื่องขุดเจาะดินให้เป็นรูขนาดตามที่ต้องการไว้ หลังจากเจาะได้ความลึกตามแบบแล้ว จึงทำการเทคอนกรีตลงในรูเจาะที่เตรียมไว้

การก่อสร้างเสาเข็มเจาะโดยใช้วิธี Rotary Drill (R.D.) ซึ่งเป็นระบบที่แพร่หลายทั่วโลก และเป็นที่นิยมในประเทศไทย ทั้งนี้เพราะสามารถก่อสร้างได้รวดเร็ว คล่องตัวกว่าเสาเข็มระบบอื่นๆ โดยมีเครื่องมืออุปกรณ์ที่จำเป็นหลักๆ ดังนี้



รูปที่ ๕-๒๙
Rotary Drill



รูปที่ ๕-๓๐
Rock Auger (หัวเจาะชั้นหิน)



รูปที่ ๕-๓๑
Flight Auger (หัวเจาะชั้นดินเหนียว)
Bucket (หัวเจาะชั้นดินทราย)



รูปที่ ๕-๓๒ Casing



รูปที่ ๕-๓๓ Trimie Pipe



รูปที่ ๕-๓๔ Vibro Hammer

๕.๓.๑.๔ ขั้นตอนการก่อสร้างเสาเข็มเจาะ

๑) ปักปลอกเหล็กชั่วคราว (Temporary Casing)

เมื่อได้กำหนดตำแหน่งของเข็มเป็นที่แน่นอนแล้ว ต้องทำจุดโยงยึด (Off-Set) ไว้เพื่อเป็นการตรวจสอบศูนย์เข็มอีกครั้งหนึ่ง ในขณะที่ทำการปักปลอกเหล็กนี้ จะใช้หัวเขย่า (Vibro Hammer) ซึ่งมีค่าความถี่ในการสั่นสะเทือนสูงจับที่ข้อบสองข้างของปลอกเหล็กเพื่อตอกปลอกเหล็กโดยการเขย่าของเครื่อง ในการตอกปลอกเหล็กนี้จะต้องมีการตรวจสอบตำแหน่ง และแนวดิ่งตลอดเวลาในการตอกเนื่องจากตำแหน่ง และแนวเสาเข็มเจาะจะเป็นไปตามตำแหน่งของปลอกเหล็กชั่วคราวนี้ ขณะเขย่าปลอกเหล็กลง ปลอกเหล็กจะเคลื่อนที่ไปได้ทุกทิศทางโดยเฉพาะทางด้านข้าง เนื่องจากดินแข็งอ่อนไม่เท่ากัน ซึ่งจะทำให้ปลอกเอียงได้ การตรวจสอบ ได้ทำการวัดระยะ Off-Set ในแนว X-Y (ตั้งฉากกัน) ระยะห่างจากผิวปลอกเหล็ก ๑.๐๐ เมตร ตลอดการเคลื่อนที่ลงของปลอก และต้องตรวจสอบแนวดิ่งทั้งในแนว X-Y ด้วยรวมแล้วต้องมีคนยืนประจำแต่ละจุดรวม ๔ คน และผู้ควบคุมงานคอยตรวจสอบทั้งหมดตลอดเวลา หากเริ่มมีการเคลื่อนตัวด้านข้าง (วัด Off-Set) หรือแนวเริ่มไม่เป็นแนวดิ่ง (วัดดิ่ง) ให้ยกปลอกเหล็กขึ้นจนพ้นจุดดังกล่าว แล้วเริ่มปักใหม่อย่างช้าๆ จนปลอกเหล็กลงจนถึงแผ่นหินทราย ความยาวของปลอกเหล็กขึ้นอยู่กับสภาพของชั้นดิน สำหรับโครงการสะพานข้ามแม่น้ำสงครามนี้ ใช้ปลอกเหล็กยาวประมาณ ๖.๐๐ เมตร สำหรับฐานรากตัก P๓ และ ๓.๐๐ เมตร สำหรับฐานรากตอม่อตัก P๔ ทั้งนี้เพื่อให้กดผ่านชั้นทรายและปลายปลอกเหล็กไปถึงระดับชั้นหิน เพื่อป้องกันการพังทลายของรูเจาะในชั้นทรายและป้องกันน้ำไหลเข้ามาในรูเจาะขณะขุดดินขึ้นมา และเป็นตัวนำศูนย์ในการเจาะรู

เมื่อปลอกถึงชั้นที่เป็นแผ่นหินทราย ปลอกจะไม่ลงไปอีก แม้จะทำการเขย่าต่อเนื่อง ให้รีบหยุดเขย่าปลอกเหล็กทันทีเพราะอาจทำให้ตำแหน่งปลอกเคลื่อนออกทางด้านข้าง ทำการตรวจสอบระยะ Off-Set อีกครั้งหนึ่ง หากได้ระยะ ๑.๐๐ เมตร ทั้งแกน X และ Y ถือว่าเป็นการเสร็จสิ้นการติดตั้งปลอกเหล็กชั่วคราว



รูปที่ ๕-๓๕
ปักปลอกเหล็กชั่วคราว (Casing)



รูปที่ ๕-๓๖
ใช้ Bucket เจาะชั้นทราย



รูปที่ ๕-๓๗
ปล่อยทรายทิ้งที่ปากหลุม



๒) ขุดดิน (Drilling)

การขุดดินนี้จะใช้เครื่องเจาะดินระบบ Rotary Drill เครื่องเจาะระบบนี้จะถูกติดตั้งบนรถเครนขนาดใหญ่

ในชั้นทรายจะใช้หัวเจาะชนิดถัง (Bucket Type) ทำการขุดเจาะดินจนถึงระดับที่ต้องการ ทั้งนี้หากปลอกเหล็กกดไม่ถึงชั้นหิน ทรายด้านข้างรอบรูเจาะอาจไหลเข้ามาในรูเจาะได้ เช่น การทำเสาเข็มเจาะของชั้นดินกรุงเทพฯ ปลอกเหล็กจะอยู่ในชั้นดินเหนียว หากเจาะถึงชั้นทรายต้องมีการเติม Drilling Liquid ซึ่งเป็นสารละลายที่เป็นตัว Stabilize ผนังรูเจาะ สารละลายชนิดนี้ส่วนมากจะใช้ Bentonite ผสมน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสม

เมื่อเจาะผ่านชั้นทราย (สุดความยาวปลอกเหล็ก) ก็จะถึงชั้นหิน จะทำการเปลี่ยนหัวเจาะเป็นแบบเจาะหินทำการเจาะชั้นหินต่อไป หินที่ถูกเจาะจะกลายเป็นผงละเอียดเมื่อปนน้ำจะมีสภาพคล้ายโคลน เมื่อมีปริมาณมากพอก็จะเก็บขึ้นมาโดยใช้ Bucket แบบเดียวกับที่ใช้เจาะชั้นทราย เมื่อเจาะลึกในชั้นหินถึง ระยะตามข้อกำหนดแล้ว เช่น เจาะหินลึก ๓.๐๐ เมตร ก็เป็นการสิ้นสุดการเจาะหลุมนั้น การตรวจสอบว่าเป็นหินหรือไม่สำคัญมากเพราะปลายเข็มต้องวางอยู่ที่ชั้นหิน หินทรายจะไม่สามารถเจาะได้ด้วย Bucket ต้องตรวจสอบว่าผู้เจาะนั้นทำการเจาะด้วย Bucket ไม่ลงแล้ว จึงให้เปลี่ยนหัวเจาะ เป็น Rock Auger (หัวเจาะชั้นหิน) แล้วจึงเจาะต่อไปซึ่งการเจาะในชั้นหินนี้ การเจาะจะลงได้ยากและช้าลง บางครั้งอาจมีควันทอยขึ้นมาจากก้นหลุมเนื่องจากความร้อน ให้เติมน้ำลงไปลดความร้อนบ้างหากหลุมนั้นแห้งจนเกินไป เมื่อได้เศษหินพอสมควรแล้วเปลี่ยนหัวเจาะเป็น Bucket ลงไปเก็บเศษหินขึ้นมา เศษหินจะถูกบดจนเป็นผงปนกับน้ำ หากหินที่ทำการเจาะเป็นหินทราย เศษหินทราย จะสังเกตเป็นสีแดงปนน้ำตาล แล้วจึงเปลี่ยนหัวเจาะเป็น Rock Auger เพื่อเจาะหินต่อไป ระหว่างเจาะชั้นหินจะไม่ใช้ปลอกเหล็กเพื่อควบคุมแนวและตำแหน่งอีกต่อไป ผู้ควบคุมงานต้องตรวจสอบแนวของก้านเจาะด้วยกล้องสำรวจหรือ ดิ่ง เพื่อให้ได้แนวดังตลอดการเจาะจนแล้วเสร็จ



รูปที่ ๕-๓๘
ตรวจสอบแนวตั้งขณะเจาะชั้นหิน



รูปที่ ๕-๓๙
ใช้ Bucket เก็บเศษหิน



รูปที่ ๕-๔๐
หลุมที่เจาะผ่านชั้นหินทราย

๓) ติดตั้งเหล็กเสริม

ทำความสะอาดรูเจาะ ด้วยวิธี Air Lift จากนั้นนำโครงเหล็กเสริมที่เตรียมไว้หย่อนลงในรูให้สุดความลึก และให้มีปลายโผล่สูงกว่าระดับที่ต้องการ (Pile Cut-Off) ประมาณ ๑.๐๐ เมตร

๔) เทคอนกรีต

ก่อนการเทคอนกรีตได้ตรวจสอบเวลาของรถส่งคอนกรีตไม่เกิน ๓๐ นาที ทำการตรวจสอบค่าการยุบตัว (Slump Test) โดยค่าการยุบตัวที่แนะนำ คือ ๑๕.๐๐ เซนติเมตร หากค่าการยุบตัวต่ำกว่า ๑๕.๐๐ เซนติเมตร ซึ่งอาจจะทำให้ไม่สามารถใช้ทำเสาเข็มเจาะได้เพราะงานเสาเข็มเจาะต้องการคอนกรีต



ที่เคลื่อนตัวได้ดีและมี Work Ability สูงกว่างานเทคอนกรีตปกติ หากค่าการยุบตัวต่ำเกินไปอาจทำให้เทคอนกรีตไม่ผ่าน Trimie Pipe เนื่องจากปลาย Trimie Pipe ต้องฝังจมอยู่ในคอนกรีตในหลุมเจาะประมาณ ๑.๐๐ เมตร จะทำให้เกิดปัญหาหาระหว่างเทคอนกรีต และจะส่งผลถึงความต่อเนื่องของคอนกรีตเสาเข็มได้ ในการเทคอนกรีตครั้งแรก จะให้คอนกรีตไหลผ่าน Trimie Pipe ซึ่งมี Plug อยู่ในท่อ ลอยอยู่เหนือ Slurry (ในกรณีนี้ Slurry คือ น้ำ) โดย Plug ที่ใช้เลือกใช้เม็ดโฟม และมีแผ่นสังกะสี รูปร่างกลมขนาดเล็กกว่า Trimie Pipe เล็กน้อยปิดทับหน้า เพื่อชะลอการไหลของคอนกรีตใน Trimie Pipe และแยกส่วนที่เป็น Slurry ออกจากคอนกรีต โดยให้คอนกรีตดัน Slurry ผ่าน Plug โดยไม่เข้ามาปะปนกันและ Plug จะลอยพ้นปากท่อ Trimie ขึ้นมาทั้งด้านบน เมื่อเทคอนกรีตเพิ่มขึ้น จะทำการตัดท่อ Trimie ที่ละท่อนให้สั้นลง โดยสัมพันธ์กับปริมาตรและความสูงของคอนกรีตที่เพิ่มขึ้น โดยปลาย Trimie Pipe จะฝังอยู่ในคอนกรีตตลอดเวลาจนกว่าจะเทเสาเข็มแต่ละต้นเสร็จสิ้น โดยต้องเทคอนกรีตต่อเนื่องกันในแต่ละต้น และควบคุมให้ปลาย Trimie Pipe ฝังอยู่ในระดับคอนกรีตในหลุมเจาะประมาณ ๑.๐๐ เมตร ระดับของคอนกรีตที่ทำการเทแล้วเสร็จจะต้องอยู่เหนือระดับที่ต้องการ (Pile Cut-Off) ประมาณ ๑.๐๐-๒.๐๐ เมตร แล้วสกัดคอนกรีตออกภายหลัง

๕) ถอดปลอกเหล็กชั่วคราว

หลังจากเทคอนกรีตได้ระดับที่ต้องการแล้ว ใช้รถเครนหัวหัวเข่า (Vibro Hammer) จับที่ขอบทั้งสองข้างของปลอกเหล็ก และเขย่าอยู่กับที่สักพักหนึ่ง เพื่อเป็นการทำลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างปลอกเหล็กกับดินบางส่วน ซึ่งจะทำให้ถอดปลอกง่ายขึ้น จากนั้นค่อยๆ ดึงปลอกเหล็กขึ้นช้าๆ และให้อยู่ในแนวตั้งตลอดเวลา ปลอยให้คอนกรีตค่อยๆ แข็งตัวโดยไม่ให้มีการรบกวน เป็นอันเสร็จสิ้นขั้นตอนการก่อสร้าง



รูปที่ ๕-๔๑
ติดตั้งเหล็กเสริม



รูปที่ ๕-๔๒
ติดตั้ง Trimie Pipe



รูปที่ ๕-๔๓
Plug โฟม ใน Trimie Pipe



รูปที่ ๕-๔๔
ปิด Plug โฟม ด้วยแผ่นสังกะสี



รูปที่ ๕-๔๕
เทคอนกรีตผ่าน Trimie Pipe



รูปที่ ๕-๔๖
โฟม และของเหลวในหลุม ถูกดันโดยคอนกรีต ให้ล้นออกด้านบน



รูปที่ ๕-๔๗

ใช้ Vibro Hammer ช่วยตึงปลอกเหล็กชั่วคราวออก



รูปที่ ๕-๔๘

Seismic Integrity Test

๕.๓.๒ การตรวจสอบคุณภาพเสาเข็มเจาะ และการตรวจสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มเจาะโดยวิธี Seismic Test

๕.๓.๒.๑ ทดสอบกำลังของตัวอย่างลูกบาศก์คอนกรีต

การเก็บตัวอย่างลูกบาศก์คอนกรีตจะทำการเก็บตัวอย่างระหว่างเทคอนกรีต โดยแบ่งเป็นขณะเริ่มต้นเทคอนกรีต ระหว่างเทคอนกรีต และเมื่อใกล้เทคอนกรีตแล้วเสร็จ เพื่อให้ได้ตัวอย่างคอนกรีตที่เป็นตัวแทนของทั้งต้น เพื่อนำไปทดสอบกำลังของตัวอย่างลูกบาศก์คอนกรีตต่อไป

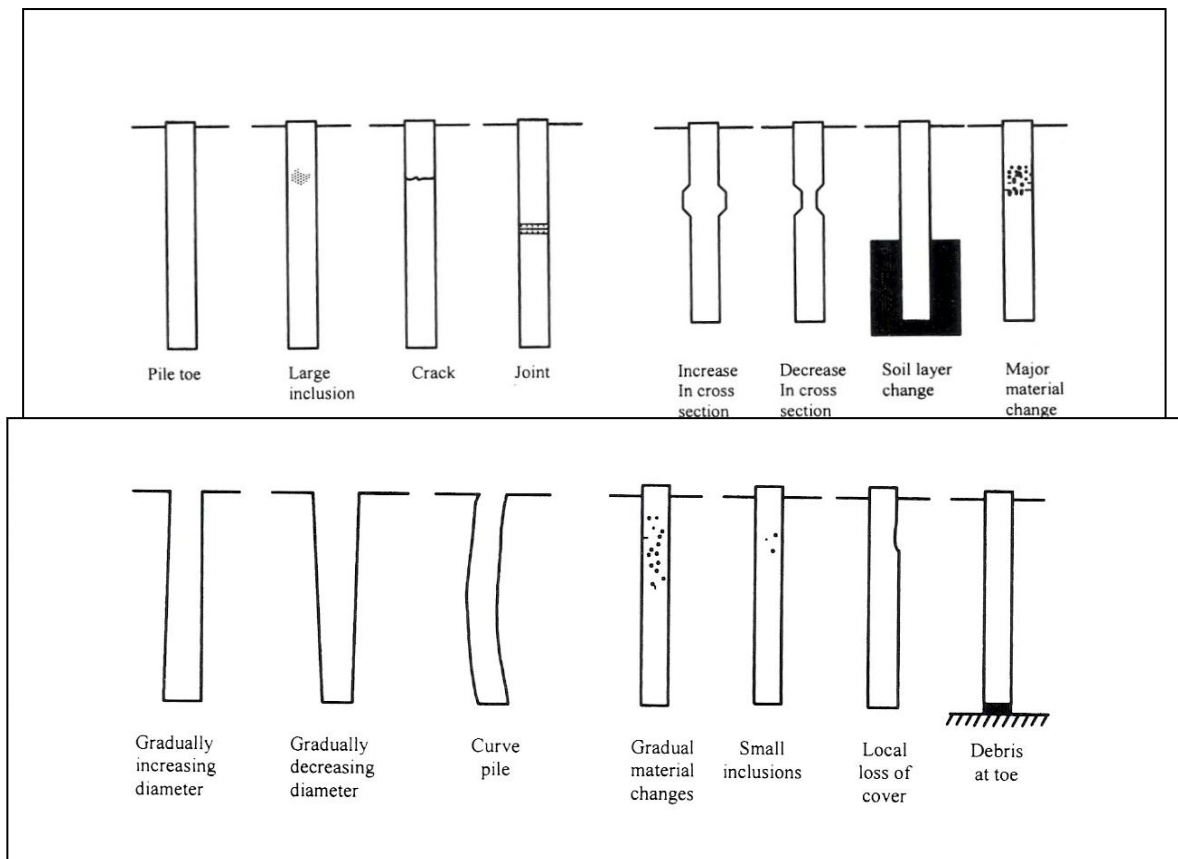
๕.๓.๒.๒ Seismic Integrity Test

โดยหลักการและข้อจำกัดของการทดสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็ม ด้วยวิธี Seismic Test มีดังนี้

Seismic Integrity Test เป็นการตรวจสอบความสมบูรณ์ตลอดความยาวของเสาเข็ม เช่น ขนาด รูปร่าง ความยาว และความต่อเนื่องของคอนกรีต การทดสอบวิธีนี้ เป็นการทดสอบที่สะดวก รวดเร็ว เสียค่าใช้จ่ายต่ำ ผลการทดสอบนี้จะระบุข้อบกพร่องต่างๆ เช่น รอยแตกร้าว โพรงหรือช่องว่าง รอยคอด บวม เป็นต้น

หลักการพื้นฐานการทดสอบวิธีนี้จะใช้คลื่นความเค้น ซึ่งเกิดจากการใช้ค้อนหรือตุ้มน้ำหนักเคาะที่หัวเสาเข็ม คลื่นนี้จะเคลื่อนที่ลงไปในเสาเข็ม โดยอาศัยหลักการที่ว่าถ้าบริเวณใดมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของหน้าตัดเสาเข็มทางพลศาสตร์ (Dynamic Pile Stiffness) หรือที่เรียกกันว่า ค่าอิมพีแดนซ์ (Impedance) คลื่นความเค้นจะสะท้อนกลับขึ้นมาที่หัวเสาเข็มในรูปคลื่นความเค้นอัด (Compression Wave) หรือคลื่นความเค้นดึง (Tension Wave) ดังนั้นเสาเข็มที่มีเนื้อคอนกรีตไม่ต่อเนื่องมีรอยขาดตามขวาง ที่หน้าจอยจะปรากฏคลื่นที่ระยะความลึกที่มีความผิดปกตินั้น ส่วนเสาเข็มที่มีความสมบูรณ์เนื้อคอนกรีตมีความต่อเนื่องไปจนสุดความยาว คลื่นจะปรากฏที่จุดเคาะ (ระยะ ๐.๐๐ เมตร) และยาวต่อเนื่องไปจนเกิดคลื่นที่ปลายเข็ม เพราะที่ปลายเข็มเป็นจุดต่อระหว่างคอนกรีตกับเนื้อหิน ซึ่งมีคุณสมบัติให้คลื่นวิ่งผ่านได้ต่างกันจึงเกิดการสะท้อนแสดงให้เห็น โดยในการทดสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มเจาะนี้ควรทำการทดสอบกับเสาเข็มเจาะทุกต้น

นอกจากการอ่านความหมายอย่างคร่าวๆแล้ว ผู้ควบคุมงานต้องทราบถึงข้อจำกัดของการทดสอบว่า ความบกพร่องใดตรวจสอบพบ และแบบใดไม่สามารถตรวจสอบพบได้ ดังนี้



รูปที่ ๕-๕๐ ลักษณะของเสาเข็มที่ไม่สามารถตรวจพบได้จากการทดสอบ (after Turner, ๑๙๙๗)



รูปที่ ๕-๕๑ อุปกรณ์การทดสอบ และภาพขณะทดสอบ

๕.๔ ฐานรากแผ่

สภาพชั้นดินในบางพื้นที่อาจพบว่ามีความแข็งมาก (ดินดาน) หรือชั้นหินพืด อยู่ในระดับความลึกไม่ถึง ๓.๕๐ เมตร จึงเหมาะสมที่จะออกแบบเป็นฐานแผ่มากกว่าฐานรากแบบใช้เสาเข็ม

๕.๔.๑ ฐานแผ่บนดินแข็ง

โดยปกติผู้ออกแบบจะกำหนดให้ทำการทดสอบกำลังรับน้ำหนักของดินรองรับได้ฐานรากด้วยวิธี Plate Bearing Test ก่อนทำการก่อสร้าง เพื่อเป็นข้อมูลยืนยันให้เกิดความแน่ใจ เมื่อได้ผลการทดสอบว่าชั้นดินใต้ฐานรากสามารถรับน้ำหนักบรรทุกทุกปลอดภัยได้ไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดในแบบก่อสร้างแล้วจึงอนุญาตให้ทำการก่อสร้างได้ โดยผู้ควบคุมงานจะต้องตรวจสอบและควบคุมการก่อสร้างฐานราก ดังนี้

- ๑) ระดับท้องฐานแผ่จะต้องมีความลึกเพียงพอที่จะพ้นจากการ กัดเซาะของกระแสน้ำ โดยปกติจะกำหนดให้ระดับหลังฐานแผ่ลึกจากระดับพื้นดินไม่น้อยกว่า ๒.๕๐ เมตร
- ๒) ตำแหน่งก่อสร้างฐานแผ่ต้องอยู่ในบริเวณที่เหมาะสม ไม่เสี่ยงต่อความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นในภายหลัง เช่น ตำแหน่งต้องไม่อยู่กลางแนวร่องน้ำซึ่งอาจถูกน้ำกัดเซาะ ฐานรากจนทำให้เกิดการทรุดตัวเสียหาย
- ๓) การขุดเปิดพื้นที่ก่อสร้างฐานแผ่ใต้ดิน จะต้องมีการกำหนดรูปแบบการขุดหรือออกแบบโครงสร้างชั่วคราว เพื่อป้องกันการพังทลายของดินซึ่งจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของผู้ปฏิบัติงาน เช่น กำหนดให้ขุดดินแบบเอียงลาดเพื่อให้ดินรักษาเสถียรภาพอยู่ได้ หรือออกแบบโครงสร้างกันโดยรอบ โดยใช้ Sheet Pile หรือเป็นค้ำกันโดยรอบในลักษณะ Cofferdam



รูปที่ ๕-๕๒ ค้ำกันน้ำรอบพื้นที่ก่อสร้างฐานรากสะพานแบบฐานแผ่ (Cofferdam)

- ๔) สำหรับฐานรากที่อยู่ใกล้กันและมีระดับท้องฐานที่แตกต่างกัน ควรกำหนดขั้นตอนในการก่อสร้างโดยให้ก่อสร้างฐานรากที่มีระดับลึกกว่าให้แล้วเสร็จก่อน และทำการกลบดินให้เรียบร้อย ก่อนการขุดดินเพื่อก่อสร้างฐานรากที่มีระดับท้องฐานสูงกว่าต่อไป เนื่องจากหากขุดดินเพื่อก่อสร้างไปพร้อมกัน หลุม ที่ขุดก่อสร้าง ฐานรากด้านล่างอาจ ส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพกับหลุมที่ขุดก่อสร้างฐานรากด้านบนได้

- ๕) ผิวหน้าของชั้นดินแข็งใต้ท้องฐานแผ่ จะต้องได้รับการปรับให้เรียบเสมอกันและเทคอนกรีต
หยาบรองพื้นตามความหนาที่ระบุในแบบก่อสร้าง แต่หากไม่กำหนดไว้ให้ใช้ความหนา
เท่ากับ ๐.๑๐ เมตร

๕.๔.๒ ฐานแผ่นชั้นหินพิศ

โดยทั่วไปจะเหมือนกับฐานแผ่นชั้นดินแข็งมาก แต่มีประเด็นเพิ่มเติมที่ผู้ควบคุมงานต้อง
ตรวจสอบและควบคุมการทำงาน ดังนี้

- ๑) ระดับท้องฐานแผ่ต้องฝังอยู่ในชั้นหินพิศ โดยวัดความลึกจากจุดที่ตื้นที่สุดไม่น้อยกว่า ๐.๕๐
เมตร และต้องขุดเจาะพร้อมทั้งปรับระดับชั้นหินพิศใต้ท้องฐานให้เสมอกันในแนวราบ
- ๒) ต้องมีการเจาะฝังเหล็ก Dowel ในชั้นหินพิศเป็นระยะ ตามแบบกำหนด เพื่อทำหน้าที่ยึด
ฐานรากไม่ให้เกิดการเลื่อนหรือพลิกคว่ำหากเกิดแรงดันมากระทำด้านข้าง เช่น กรณีการเกิด
น้ำไหลหลากจากอุทกภัย ซึ่งในประเด็นนี้หากไม่มีกำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง ผู้ควบคุมงาน
จะต้องให้ผู้รับจ้างจัดทำแบบรายละเอียดพร้อมรายการคำนวณที่มีการรับรองโดยวิศวกรผู้มี
ใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมเสนอให้ผู้ออกแบบพิจารณา ก่อน

นอกจากนี้ ผู้ควบคุมงานจะต้องตรวจสอบจำนวน และขนาดเหล็กเสริมให้ถูกต้องครบถ้วนตาม
แบบก่อสร้าง และให้มีระยะหุ้มคอนกรีต (Covering) ถูกต้องตามข้อกำหนด



รูปที่ ๕-๕๓ การก่อสร้างฐานรากแผ่

๕.๕ เสาคอม่อ

๕.๕.๑ เสาคอม่อสะพานแบบเสาเข็มเดี่ยว (Pile Bent)

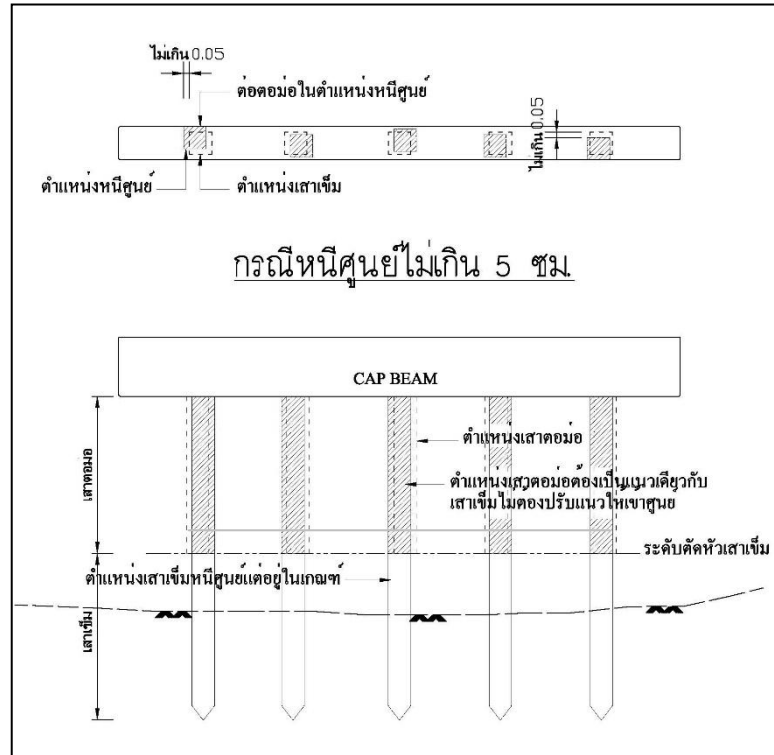
โครงสร้างเสาคอม่อแบบ Pile Bent จะนับตั้งแต่ระดับหลังคานยึดเสา (Bracing Beam) สำหรับกรณีฐานรากแบบเสาเข็มกลุ่มหรือฐานแผ่ เสาคอม่อ คือ โครงสร้างส่วนที่ต่อจากฐานกลุ่มเสาเข็ม (Pile Cap) หรือฐานแผ่ขึ้นไปจนถึงใต้คานหัวเสา (Cap Beam)



รูปที่ ๕-๕๔ การก่อสร้างเสาคอม่อสะพาน

โดยหลังจากการตอกเสาเข็มแล้วเสร็จผู้ควบคุมงานจะต้องตรวจสอบและควบคุมการก่อสร้างเสาคอม่อ ดังนี้

- ๑) ตรวจสอบศูนย์กลางเสาคอม่อและตำแหน่งของเสาเข็มว่าคลาดเคลื่อนไปจากแบบก่อสร้างหรือไม่ หากเกินจากเกณฑ์ที่ยอมรับได้จะต้องแจ้งให้ผู้ออกแบบพิจารณา หรืออาจแจ้งผู้รับจ้างให้เสนอวิธีการแก้ไขแล้วส่งให้ผู้ออกแบบพิจารณาก่อน ทั้งนี้อาจส่งผลให้ต้องมีการออกแบบแก้ไขโครงสร้างใหม่
- ๒) หากตำแหน่งเสาเข็มคลาดเคลื่อนเล็กน้อยและอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ จะต้องกำหนดให้ผู้รับจ้างก่อสร้างเสาคอม่อต่อให้เป็นแนวเส้นตรงเดียวกับเสาเข็ม โดยไม่ต้องปรับแนวเสาคอม่อให้เข้าสู่ศูนย์กลางหรือตำแหน่งตามแบบก่อสร้างเนื่องจากจะทำให้เกิดการเอียงศูนย์กันระหว่างเสาคอม่อกับเสาเข็มแต่หากจำเป็น อาจปรับแนวเสาคอม่อได้เล็กน้อยเพื่อควบคุมให้เสาคอม่อที่ต่อขึ้นไปถูกกลุ่มอยู่ในคานหัวเสา (Cap Beam)
- ๓) หากดำเนินการตามข้อ ๒) ไม่ได้ ก็ให้ใช้วิธีหล่อเพิ่มคานยึดเสา (Bracing Beam) ที่ตำแหน่งติดหัวเสาเข็ม โดยเพิ่มขยายคานยึดเสาให้กลุ่มหัวเสาเข็มที่เอียงศูนย์ทุกต้น แล้วทำการก่อสร้างเสาคอม่อตามตำแหน่งในแบบก่อสร้าง วิธีนี้จะได้แนวเสาคอม่อที่ตรงตำแหน่ง สวยงามตามแบบก่อสร้าง



รูปที่ ๕-๕๕ ตอม่อสะพาน กรณีหินศูนย์ไม่เกิน ๕.๐๐ เซนติเมตร

นอกจากนี้ ผู้ควบคุมงานต้องตรวจสอบขนาดและจำนวนเสาเข็มให้ถูกต้องครบถ้วนตามแบบก่อสร้างและตรวจสอบระยะหุ้มคอนกรีต (Covering) ให้เป็นไปตามข้อกำหนด

ข้อเสนอแนะ

- การบ่มคอนกรีตเสาตอม่อ เมื่อถอดแบบหล่อออกแล้ว ควรแนะนำให้ผู้รับจ้างใช้พลาสติกพันหุ้มผิวคอนกรีตเพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำในเนื้อคอนกรีต ซึ่งจะสะดวกและมีประสิทธิภาพ มากกว่าวิธีการบ่มด้วยการใช้กระสอบชุ่มน้ำคลุม เนื่องจากเป็นโครงสร้างรูปทรงสูง

๕.๕.๒ เสาตอม่อสะพานแบบฐานรากเสาเข็มกลุ่ม

ในกรณีที่พื้นสะพานมีช่วงยาวเกินกว่า ๑๐.๐๐ เมตร ตอม่อที่รับน้ำหนักพื้นดังกล่าวจะมีฐานรากในลักษณะเสาเข็มกลุ่มหรือเป็นฐานแผ่ขนาดใหญ่ เพื่อให้มีความสามารถในการถ่ายน้ำหนักลงสู่ดินได้มากขึ้น อย่างปลอดภัย เสาตอม่อจะมีลักษณะเป็นเสาขนาดใหญ่ อาจมีเสาเดี่ยวหรือสองเสาคู่กันก็ได้ แล้วแต่ผู้ออกแบบได้กำหนดมาในแบบก่อสร้าง

โดยหลังจากการตอกเสาเข็มกลุ่ม เสาเข็มจะแบบเป็นกลุ่ม หรือปรับพื้นดินสำหรับเป็นท้องฐานรากแผ่แล้วเสร็จ ผู้ควบคุมงานต้องตรวจสอบ และควบคุมการก่อสร้างเสาตอม่อ ดังนี้

- ๑) ตรวจสอบศูนย์กลางเสาตอม่อและตำแหน่งของเสาเข็มว่าคลาดเคลื่อนไปจากแบบก่อสร้างหรือหินศูนย์ไปเท่าใด หากเกินจากเกณฑ์ที่ยอมรับได้จะต้องแจ้งให้ผู้ออกแบบพิจารณา หรืออาจแจ้งผู้รับจ้างให้เสนอวิธีการแก้ไขแล้วส่งให้ผู้ออกแบบพิจารณาก่อน ทั้งนี้อาจส่งผลให้ต้องมีการออกแบบแก้ไขโครงสร้างใหม่ หากทุกอย่างอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดให้ก่อสร้างฐานราก ตามรูปแบบต่อไปได้



รูปที่ ๕-๕๖ ติดตั้งเหล็กเสริมเสาตอม่อ
ในตำแหน่งที่ถูกต้อง



รูปที่ ๕-๕๗ เทคอนกรีตเสาตอม่อโดยใช้ท่อช่วย
ส่งคอนกรีตลงสู่ด้านล่าง

- ๒) หากเหล็กเสาตอม่อต้องมีการต่อทาบให้ได้ระยะความสูงตามที่กำหนด ให้ตรวจสอบระยะทาบให้ถูกต้องด้วย และเนื่องจากเหล็กเสริมเสาตอม่อลักษณะนี้จะมีจำนวนเหล็กเป็นจำนวนมากและแน่น มีช่องว่างระหว่างเหล็กเสริมน้อยมาก ควรวางแผนการทาบเหล็กให้สลับกันในแต่ละเส้นไม่ควรทาบตรงตำแหน่งเดียวกัน ซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหาในการเทคอนกรีตได้
- ๓) เสาตอม่อลักษณะนี้ส่วนใหญ่จะเป็นเสาที่มีความสูงมาก ควรแบ่งระยะเทคอนกรีตให้ดี อย่าให้สูงเกินไปนัก ซึ่งจะทำให้คอนกรีตขาดช่วงได้ หากเทคอนกรีตลงมาจากที่สูงเกินไป อาจใช้ท่อช่วยเทคอนกรีตจะทำให้สามารถเทคอนกรีตได้ต่อเนื่อง ลดการแยกตัวของคอนกรีตได้
- ๔) ใช้เครื่องจี้ จี้คอนกรีตให้คอนกรีตลงไปแทนที่ช่องว่างอากาศ ให้ได้เสาคอนกรีตที่สมบูรณ์ ไม่มีโพรง โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณรอบๆ เสา
- ๕) การหยุดเทคอนกรีต ควรกำหนดระดับปลายเสาไว้ให้สูงกว่าระดับท้อง Cap Beam ประมาณ ๕.๐๐ เซนติเมตร เพื่อรองรับการก่อสร้าง Cap Beam ของตอม่อตัวดังกล่าวต่อไป

๕.๖ คานหัวเสารับพื้นสะพาน (Cap Beam)

เป็นส่วนสุดท้ายของโครงสร้างส่วนล่าง ทำหน้าที่รองรับพื้นสะพาน ผู้ควบคุมงานต้องตรวจสอบและควบคุมการก่อสร้างคานรับพื้นสะพาน ดังนี้

- ๑) ตรวจสอบความมั่นคงแข็งแรงของนั่งร้านและค้ำยันแบบท้องคาน โดยให้ผู้รับจ้างจัดทำแบบรายละเอียดนั่งร้านพร้อมรายการคำนวณที่มีการรับรองจากวิศวกรที่มีใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม แล้วจึงทำการตรวจสอบการก่อสร้างนั่งร้านให้เป็นตามรูปแบบที่เสนอ
- ๒) เมื่อผู้รับจ้างตั้งแบบท้องคานแล้ว ให้ตรวจสอบค่าระดับท้องคาน ให้ถูกต้องตามแบบรายละเอียดการก่อสร้าง
- ๓) ตรวจสอบแนวศูนย์กลางสะพาน ระยะห่างระหว่าง ช่วงตอม่อ และแนวศูนย์กลางตามความยาวของคานหัวเสาว่าตั้งฉากกับแนวศูนย์กลางสะพาน หรือเป็นแนวเฉียง (กรณีสะพาน Skew) ให้ถูกต้องตามแบบก่อสร้าง

- ๔) ตรวจสอบตำแหน่ง ขนาดและจำนวนเหล็กเสริม ตำแหน่งฝังเหล็ก Dowel ยึดพื้นสะพาน ขนาดกว้าง-ยาว-ลึกของคาน และระยะหุ้มคอนกรีต (Covering) ให้ถูกต้องตามแบบก่อสร้าง กรณีเป็น สะพาน Skew แบบหล่อปิดปลายคาน จะต้องมีความขนานกันแนวศูนย์กลางสะพาน



รูปที่ ๕-๕๘ การก่อสร้างคานหัวเสารับพื้นสะพาน (Cap Beam)



รูปที่ ๕-๕๙ เทคอนกรีตคานหัวเสารับพื้นสะพาน



รูปที่ ๕-๖๐ ตอม่อสะพานช่วง ๓๐.๐๐ เมตร
เมื่อก่อสร้างแล้วเสร็จ

ข้อแนะนำ

- ระยะห่างระหว่างตอม่อตามแนวศูนย์กลางสะพาน ควรกำหนดให้พอดีกับความยาวพื้นสะพานที่กำหนดตามแบบก่อสร้าง โดยไม่ต้องบวกระยะเผื่อขาด เนื่องจากจะมีผลทำให้รอยต่อระหว่างพื้นสะพานห่างกันมากเกินไปที่กำหนด หากคานคอนกรีตอัดแรงพื้นสะพานที่หล่อจากโรงงานมีความยาวไม่สอดคล้องกับระยะเผื่อขาดดังกล่าว

บทที่ ๖

การก่อสร้างโครงสร้างส่วนบนของสะพาน

โครงสร้างสะพานส่วนบนของสะพานหรือ Super Structure นับตั้งแต่พื้นสะพานขึ้นไป ซึ่งรวมถึงคานสะพานหรือ Girder และพื้นที่ที่เป็นผิวจราจรจรจนถึงทางเท้าและราวสะพาน บทนี้จะกล่าวถึงการก่อสร้างโครงสร้างส่วนบนแต่ละส่วนและแต่ละประเภท ตามลำดับดังนี้

๖.๑ พื้นสะพาน

แบ่งตามรูปแบบที่ใช้โดยทั่วไปของกรมทางหลวงชนบทเป็น ๓ ขนาด ได้แก่ พื้นสะพานช่วงระยะไม่เกิน ๑๐.๐๐ เมตร พื้นสะพานช่วงความยาว ๒๐.๐๐ เมตร และพื้นสะพานช่วงความยาว ๓๐.๐๐ เมตร

๖.๑.๑ พื้นสะพานช่วงยาวไม่เกิน ๑๐.๐๐ เมตร

รูปแบบของพื้นสะพานช่วงความยาว ๕.๐๐ - ๑๐.๐๐ เมตร ที่ใช้กันโดยทั่วไปของกรมทางหลวงชนบท มี ๒ ชนิด ดังนี้

๑) พื้นสะพานชนิดหล่อในที่ แบบแผ่นพื้นหรือ Slab Type

๒) พื้นสะพานชนิดคานคอนกรีตอัดแรง แบบ Plank Girder

๖.๑.๑.๑ ข้อเปรียบเทียบระหว่างพื้นสะพาน คสล. หล่อในที่กับพื้นสะพานคานคอนกรีตอัดแรง

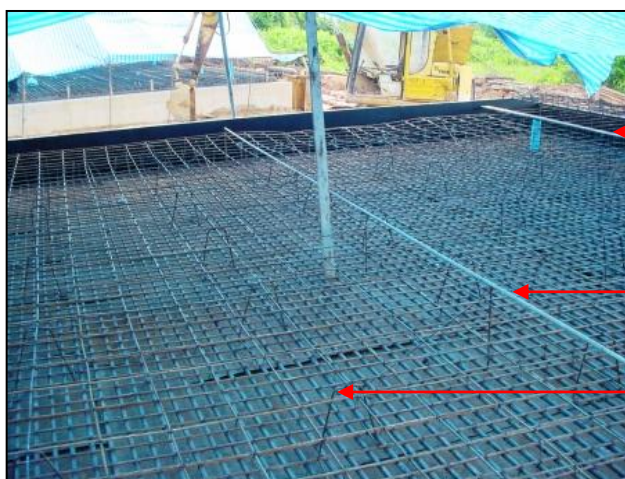
ตารางที่ ๖-๑ ข้อเปรียบเทียบพื้นสะพาน คสล. หล่อในที่กับพื้นสะพานคานคอนกรีตอัดแรง

พื้นสะพานชนิดหล่อในที่	พื้นสะพานชนิดคานคอนกรีตอัดแรง
- ต้องก่อสร้างนั่งร้านค้ำยันรองรับการหล่อพื้นสะพานในที่ - เหมาะกับพื้นที่ที่ไม่เป็นดินอ่อนมาก และชั้นดินมีคุณสมบัติในการรับน้ำหนักที่ถ่ายผ่านนั่งร้านได้ดี - เหมาะที่จะก่อสร้างในลำน้ำที่ไม่ต้องคำนึงถึงปัญหาการกีดขวางการสัญจรทางน้ำ อันเนื่องมาจากนั่งร้าน - ใช้เวลาในการก่อสร้างมากกว่า - เหมาะกับการก่อสร้างในพื้นที่ที่ไม่มีเส้นทางขนส่งคานพื้นสะพานเข้าได้ - เหมาะสำหรับสะพานที่อยู่ในโค้งราบ ซึ่งมีการยกโค้ง (Super Elevation) หรือเป็นสะพานแบบปากผาย เนื่องจากการหล่อในที่สามารถปรับตั้งแบบหล่อได้ง่ายกว่า	- ไม่ต้องก่อสร้างนั่งร้านค้ำยันรองรับ - เหมาะกับการก่อสร้างในพื้นที่ที่ไม่ควรก่อสร้างนั่งร้าน ได้แก่ พื้นที่ดินอ่อนมาก ซึ่งจะทำให้ต้องออกแบบเสริมกำลังนั่งร้านเป็นพิเศษ และลำน้ำที่เป็นร่องน้ำลึก ซึ่งจะทำให้ต้องก่อสร้างนั่งร้านสูง เนื่องจากจะมีค่าใช้จ่ายสูง และต้องใช้เวลาดำเนินการมาก - เหมาะกับลำน้ำที่มีพาหนะสัญจรทางน้ำเนื่องจากไม่มีนั่งร้านกีดขวาง - ใช้เวลาในการก่อสร้างน้อยกว่า - เหมาะกับพื้นที่ก่อสร้างที่มีเส้นทางขนส่งคานพื้นสะพานเข้าได้โดยสะดวก - ไม่เหมาะสมสำหรับสะพานที่อยู่ในโค้งราบ ซึ่งมีการยกโค้ง (Super Elevation) หรือเป็นสะพานแบบปากผาย เนื่องจากจะมีความยุ่งยากในการติดตั้งคานพื้นสะพาน



๖.๑.๑.๒ การตรวจสอบและควบคุมงานก่อสร้างพื้นสะพานชนิดหล่อในที่

- หลังจากตกแต่งคานหัวเสา (Cap Beam) แล้วเสร็จจะต้องตรวจสอบความถูกต้องของแนวศูนย์กลางของสะพาน และค่าระดับท้องพื้นสะพานตามแบบรายละเอียดการก่อสร้าง (Shop Drawing) ที่ผู้รับจ้างจัดทำเสนอ
- ตรวจสอบความถูกต้องของตำแหน่งเหล็ก Dowel ซึ่งทำหน้าที่ยึดพื้นสะพานไว้กับคานหัวเสา โดยทั่วไปผู้รับจ้างอาจใช้วิธีฝังเหล็ก Dowel ไว้พร้อมกับการก่อสร้างคานหัวเสา หรืออาจใช้วิธีเปิดช่องเป็นรูเอาไว้บนคานหัวเสาเพื่อติดตั้งเหล็ก Dowel ในภายหลังพร้อมกับการก่อสร้างพื้นสะพาน
- ตรวจสอบความถูกต้องของตำแหน่งการจัดวางแผ่นยางรองพื้นสะพาน (Bearing Pad) ซึ่งเป็นตัวคั่นแยกพื้นสะพาน กับคานหัวเสา ออกจากกันทำหน้าที่เป็นวัสดุลดแรงกระแทกที่เกิดจากน้ำหนักโครงสร้างส่วนบนและน้ำหนักบรรทุกจากยานพาหนะ
- ตรวจสอบตำแหน่ง Fixed End และ Free End ของพื้นสะพานให้ถูกต้องเพื่อให้พฤติกรรมในการรับน้ำหนักของพื้นสะพานเป็นไปอย่างถูกต้องตามทฤษฎีของพื้นสะพานแบบช่ วงเดี่ยว (Simple Span) กล่าวคือ ด้าน Fixed End จะต้องให้คอนกรีตพื้น สะพานยึดติดกับเหล็ก Dowel (เสมือน Hinge Support ที่ยอมให้มีการแอ่นตัวโดยไม่มีการเคลื่อนตัว) และด้าน Free End จะเว้นช่องเพื่อทำเป็นรูโดยการใส่ท่อ ที่มีขนาดใหญ่กว่าหัวเหล็ก Dowel ไว้ (เสมือน Roller Support ที่ยอมให้มีการเคลื่อนตัวโดยไม่มีการแอ่นตัว)
- ตรวจสอบความมั่นคงแข็งแรงของนั่งร้านโดยให้ผู้รับจ้างจัดทำแบบรายละเอียดของนั่งร้าน พร้อมรายการคำนวณที่มีการรับรองจากวิศวกรที่มีใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรม ควบคุม แล้วควบคุมให้เป็นไปตามแบบรายละเอียดดังกล่าว กรณีที่เป็นนั่งร้านชนิดเส าะไม้เบญจพรรณ (ไม้ยาง ไม้สน หรือไม้ยูคาลิปตัส) จะต้องควบคุมให้ผู้รับจ้างตอกเสาไม้ให้ฝังจมอยู่ในชั้นดินที่แข็งแรงโดยสังเกตจากอัตราการจมในขณะตอกเพื่อป้องกันการทรุดตัวในขั้นตอนการเทคอนกรีต และจะต้องยึดจุดต่อต่างๆ ของนั่งร้านให้แข็งแรงครบถ้วน เช่น จุด ยึดระหว่างเสากับไม้ยึดเสา จุดยึดระหว่างเสากับคาน และจุดยึดระหว่างคานกับตง เป็นต้น รวมถึงการอัดลิ่มช่องว่างระหว่างคานกับตง และระหว่างตงกับแบบหล่อท้องพื้นสะพานให้แน่น เพื่อป้องกันการทรุดหรือแอ่นตัวของแบบหล่อ



เหล็กกำหนดค่าระดับพื้น
สะพาน (ด้านข้าง)

เหล็กกำหนดค่าระดับพื้น
สะพาน (กึ่งกลาง)

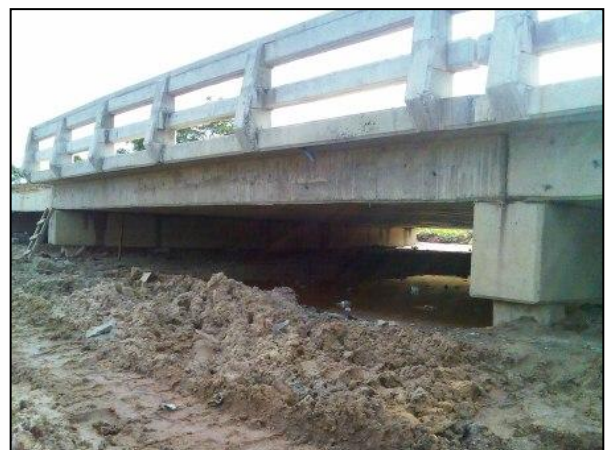
การติดตั้ง Bar Chair

รูปที่ ๖-๑ เหล็กเสริมพื้นสะพานแบบหล่อในที่และการติดตั้ง Bar Chair



รูปที่ ๖-๒ เทคอนกรีตพื้นสะพานแบบหล่อในที่ (Slab Type)

- เมื่อผู้รับจ้างปูแบบท้องพื้นสะพานเรียบร้อยแล้วจะต้องตรวจสอบความถูกต้องของค่าระดับอีกครั้งหนึ่งก่อนจัดวางเหล็กเสริม โดยค่าระดับท้องพื้นสะพานอาจมีการเผื่อการทรุดตัวของนั่งร้าน ประมาณ ๑.๐๐-๑.๕๐ เซนติเมตร หรือตามความเหมาะสม
- ตรวจสอบความถูกต้องของเหล็กเสริมพื้นสะพานทั้งขนาด ระยะห่าง และจำนวนรวมถึง ระยะหุ้มคอนกรีต (Covering) โดยเหล็กเสริมชั้นบนที่อยู่ใกล้ผิวพื้นสะพานจะต้องมีการค้ำยันให้แข็งแรงและให้อยู่ในระดับหรือตำแหน่งที่ถูกต้อง โดยทั่วไปจะติดตั้ง Bar Chair เป็นค้ำยัน
- ตรวจสอบ ความถูกต้องของค่าระดับ และ ความมั่นคงแข็งแรง ของเหล็กกำหนดระดับที่ติดตั้งชั่วคราว ในระหว่างเทคอนกรีตเพื่อ ทำหน้าที่ ควบคุมให้ระดับผิวพื้นสะพานถูกต้องตามค่าที่กำหนด โดยทั่วไปเหล็กกำหนดระดับอาจติดตั้งตามแนวยาวของพื้นสะพานหรือตามแนวขวางของพื้นสะพานก็ได้ และควรกำหนดค่าระดับไว้ทุกระยะ ๕.๐๐ เมตรตามความยาวสะพานเพื่อควบคุมให้ผิวพื้นสะพานเรียบได้แนว เช่น ในกรณีพื้นสะพาน มีค่าระดับโค้งตามแนวดิ่ง จะช่วยให้ได้ ผิวพื้นสะพาน ที่เป็นแนวโค้งต่อเนื่องสวยงาม ทั้งนี้ จะต้องกำหนดค่าระดับผิวพื้นสะพานตาม แนวขวางของพื้นสะพานให้สอดคล้องกับ ค่าความลาดเอียง (Crown Slope) ตามแบบก่อสร้างด้วย



รูปที่ ๖-๓ พื้นสะพานแบบหล่อในที่

- เนื่องจากพื้นสะพานชนิดหล่อในที่ จะใช้ คอนกรีต ในปริมาณมาก ดังนั้นเพื่อให้การเทคอนกรีตเป็นไป อย่างต่อเนื่องรวดเร็วและมีประสิทธิภาพผู้ควบคุมงานควรแนะนำผู้รับจ้างให้เตรียมความพร้อมให้ดีทั้งการผลิตและขนส่งคอนกรีตจากโรง งานผสมคอนกรีต (Concrete Plant) และความพร้อมหน้างาน ได้แก่การจัดทางลำเลียงคอนกรีต การจัดเตรียมอุปกรณ์เครื่องมือเช่น เครื่องจี้คอนกรีต เครื่องเชื่อม และเครื่องตัดเหล็กสำหรับการติดตั้งและรื้อถอนเหล็กกระดับ อุปกรณ์แต่งผิวคอนกรีตพื้นสะพาน ไม้กวาด ลากผิวพื้นคอนกรีต โม่ผสมคอนกรีตสำรองไว้ใช้กรณี อุณหภูมิสูงเกินไปสำหรับบ่มคอนกรีต โครงหลังคาพร้อมผ้าใบคลุมกรณีฝนตก และไฟฟ้าแสงสว่างกรณีทำงานต่อเนื่องถึงช่วงกลางคืน และการจัดเตรียมคนงานให้เพียงพอ
- ควบคุมให้มีการ ทำผิวหน้าคอนกรีตให้หยาบเมื่อคอนกรีตเริ่มแข็งตัว และให้มีการกริดผิวหน้าคอนกรีตด้วยไม้กวาด ลากผิวพื้นให้เป็นร่องตามแนวตั้งฉากกับแนวสะพานโดยให้ขนานกันอย่างเป็นระเบียบและสวยงาม ทั้งนี้เพื่อเพิ่มความต้านทานในการสั่นไถลของล้อยานพาหนะ



รูปที่ ๖-๔ การกริดผิวหน้าคอนกรีต

- ตรวจสอบและควบคุมรอยต่อระหว่างพื้นสะพานแต่ละช่วงให้ได้แนวและมีระยะห่างตามที่แบบก่อสร้างกำหนด โดยทั่วไปรอยต่อพื้นสะพานจะมีระยะห่างเท่ากับ ๒ .๐๐เซนติเมตรนอกจากนี้ในช่องว่างระหว่างรอยต่อตลอดความหนาของพื้นสะพานจะต้องมีการจัดวางกระดากชานอ้อยขุดน้ำมันดิน ให้เต็มช่องว่างเพื่อทำหน้าที่เป็นวัสดุกันรอยต่อ (Joint Filler)
- เมื่อเทคอนกรีตแล้วเสร็จและแต่งผิวหน้าเป็นที่เรียบร้อยแล้วจะต้องควบคุมให้ใช้วัสดุคลุมเพื่อบ่มคอนกรีตทันที และให้มีการบ่มอย่างต่อเนื่องตามข้อกำหนด
- ควบคุมการตกแต่งรอยต่อพื้นสะพานที่ผิวบนให้ได้แนว และให้อุดด้วยวัสดุยาแนว (Joint Sealer) ที่มีคุณสมบัติตามข้อกำหนด

ข้อเสนอแนะ

- การเทคอนกรีตพื้นสะพานควรเทในลักษณะเป็นแถบ (Strip) ตามความยาวพื้นสะพานแต่ละแถบกว้างประมาณ ๒.๐๐ เมตร เพื่อให้คอนกรีตมีความต่อเนื่องตามแนวยาวสอดคล้องกับหลักการออกแบบพื้นสะพาน
- การใช้พื้นที่บนพื้นสะพานที่เทคอนกรีตแล้วเพื่อทำงานต่อเนื่องหรือเก็บกองวัสดุหรือขนส่งวัสดุก่อสร้างผ่าน ต้องรอให้คอนกรีตได้อายุตามเกณฑ์กำหนดก่อน
- การรื้อถอนนั่งร้านค้ำยันพื้นสะพาน ก่อนกำหนด จะต้อง ทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่างก่อนว่าอยู่ในเกณฑ์ที่อนุญาตได้หรือไม่



- หลังจากรื้อถอนนั่งร้านค้ำยันพื้นสะพานแล้ว ควรตรวจสอบค่าระดับของพื้นสะพานที่ตำแหน่งกึ่งกลาง อีกครั้งว่าเปลี่ยนแปลงไปจากค่าระดับที่กำหนดก่อนเทคอนกรีตหรือไม่อย่างไรเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับใช้กำหนดค่าระดับเพื่อการทรุดตัวในโอกาสต่อไป

๖.๑.๑.๓ การตรวจสอบและควบคุมงานก่อสร้างสะพานชนิดคานคอนกรีตอัดแรง

๑) ตรวจสอบสถานที่หล่อ คานแบบแผ่นพื้น (Plank Girder) หรือแท่นผลิต (Yard) และส่วนประกอบของระบบการอัดแรงโดยใช้วิธีตรวจประเมินด้วยสายตา ดังนี้

- แท่นรับแรง (Bed) ซึ่งทำหน้าที่รับแรงอัดที่เกิดจากการดึงลวดอัดแรงชั่วคราว (ก่อนที่จะมีการตัดลวดเพื่อถ่ายแรงสู่คานกรีตในภายหลัง) จะต้องเป็นแนวตรงและอยู่ในสภาพดี

- แผ่นเหล็กเจาะรูสำหรับร้อยลวดอัดแรงที่บริเวณหัว-ท้ายของแท่นรับแรงจะต้องติดตั้งอยู่ที่ระดับที่ถูกต้องและมีการเชื่อมยึดกับแท่นรับแรงอย่างแข็งแรง



รูปที่ ๖-๕ ตรวจสอบแท่นรับแรง (Bed)

-พื้นหรือฐานรองรับแบบหล่อจะต้องมีระดับเรียบเท่ากันไม่ทรุดตัว

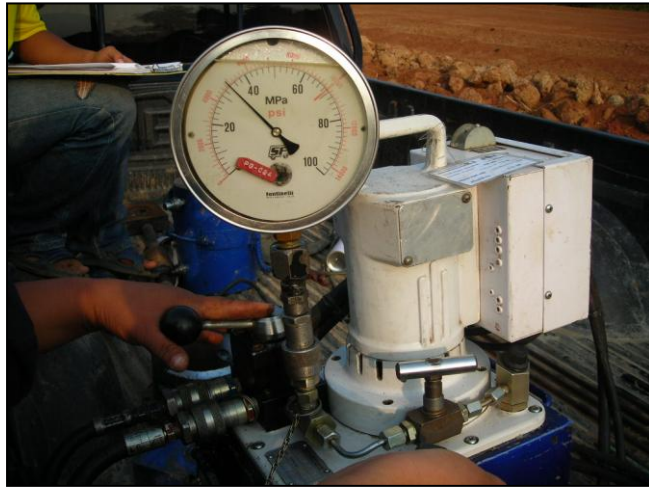
-แบบหล่อด้านข้างจะต้องอยู่ในสภาพเรียบร้อยไม่บิดเบี้ยว เป็นแนวตรง



รูปที่ ๖-๖ ตรวจสอบพื้นแบบหล่อ

- อุปกรณ์ดึงลวด (Hydraulic Jack & Pump) จะต้องอยู่ในสภาพพร้อมใช้งานโดยให้ทำการทดลองใช้งานก่อนทำงานจริง

- มาตรวัดแรงดัน (Pressure Gauge) จะต้องมิตัวเลขที่ชัดเจนมีการทดสอบปรับเทียบค่า (Calibration) และมีใบรับรองผลอายุไม่เกิน ๖ เดือน



รูปที่ ๖-๗ มาตรวัดแรงดัน (Pressure Gauge) ของอุปกรณ์ดิ่งลวดอัดแรง

๒) ควบคุมการดิ่งลวดอัดแรง

- เปรียบเทียบค่าแรงดิ่งสุดท้ายตามที่กำหนดในแบบก่อสร้างกับผลการปรับเทียบค่า (Calibration) ของมาตรวัดแรงดันเพื่อใช้เป็นค่าควบคุมแรงดิ่ง
- ตรวจสอบระยะยืด (Elongation) ของลวดอัดแรงทุกเส้นว่าเป็นไปตามค่าที่คำนวณได้หรือไม่ เนื่องจากระยะยืดจะสัมพันธ์กับแรงดิ่ง ทั้งนี้เพื่อเป็นการตรวจทานความถูกต้องของแรงดิ่งอีกชั้นหนึ่ง โดยจะต้องมีการจดบันทึกค่าแรงดิ่งและระยะยืดของลวดอัดแรงไว้เป็นหลักฐานทุกครั้ง

๓) ตรวจสอบความเรียบร้อยก่อนเทคอนกรีต

- ตรวจนับจำนวนเหล็กเสริมแต่ละขนาดและแต่ละตำแหน่ง ให้ถูกต้องครบถ้วนตามแบบก่อสร้างและตำแหน่งของเหล็กรับแรงเฉือนด้านข้าง ทั้งชั้นบนและล่าง ยึดให้มั่นคงไม่เคลื่อนตัวขณะเทคอนกรีต



รูปที่ ๖-๘ ตรวจสอบเหล็กเสริมและความเรียบร้อยของแบบหล่อก่อนการเทคอนกรีตคานแบบแผ่นพื้น (Plank Girder)

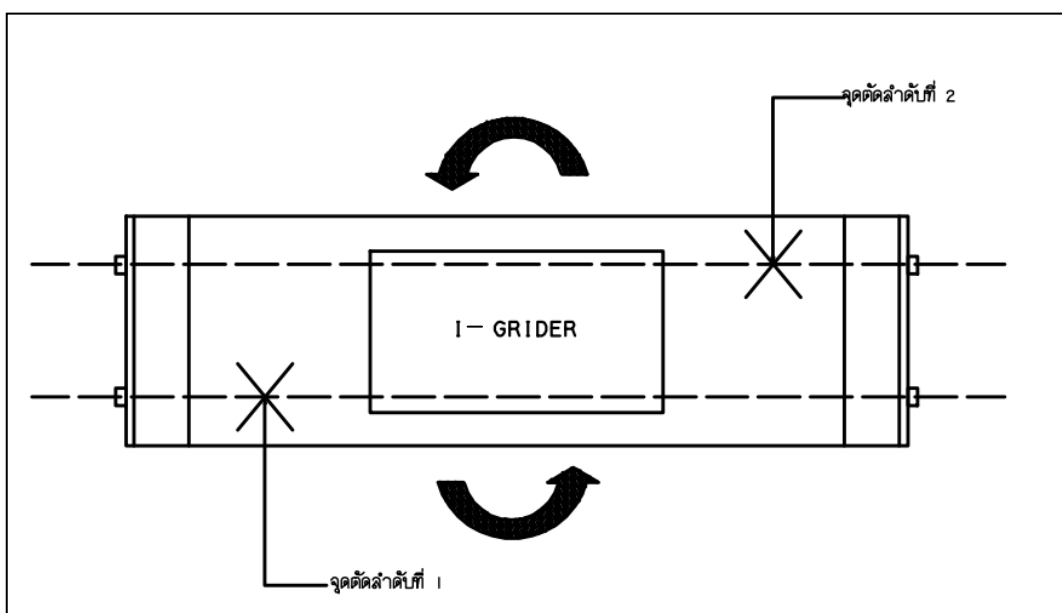
- ตรวจสอบระยะหุ้มคอนกรีต (Covering) ให้เป็นไปตามแบบก่อสร้างหรือข้อกำหนด
- ตรวจสอบการเว้นช่อง เพื่อเจาะรูสำหรับฝัง Dowel Bar ที่ปลายคานให้มีขนาดและตำแหน่งที่ถูกต้อง

๔) ควบคุมการเทคอนกรีต

- ตรวจสอบคุณสมบัติของคอนกรีตก่อนนำมาใช้งาน ขณะเทคอนกรีตให้ใช้เครื่องเขย่าแบบหล่อหรือใช้เครื่องจี้ ทำการจี้คอนกรีตจนคอนกรีตแน่นเต็มแบบหล่อ จากนั้นเก็บตัวอย่างคอนกรีตไม่น้อยกว่า ๓ ชุด (ชุดละ ๓ แห่ง) เพื่อทดสอบกำลังอัด
- หลังจากเทคอนกรีตเสร็จเรียบร้อยให้ทำการบ่มด้วยการใช้กระสอบหรือแผ่นพลาสติกคลุมเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำซึ่งจะมีผลต่อการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีต และป้องกันการเกิดรอยแตกที่ผิวหน้าคอนกรีตเนื่องจากการหดตัว (Shrinkage)

๕) ควบคุมการตัดลวดอัดแรงเพื่อถ่ายแรงสู่คอนกรีต

- ก่อนตัดลวดอัดแรงต้องมีการทดสอบ ตัวอย่างคอนกรีตให้มีกำลังอัดได้ตามข้อกำหนด โดยปกติจะกำหนดให้ตัดลวดได้เมื่อคอนกรีตมีกำลังอัดไม่น้อยกว่า ๘๕% ของกำลังอัดที่ ๒๘ วัน
- ให้ตัดลวดอัดแรงสลับซ้าย-ขวา ครึ่งละ ๑-๒ เส้น ก่อนที่จะสลับไปตัดที่ปลายคานอีกฝั่งหนึ่งในลักษณะเดียวกัน เพื่อให้การถ่ายแรงเป็นไปอย่างสมดุลไม่เกิดแรงกระทำที่แตกต่างกันมากเกินไปซึ่งจะทำให้แผ่นพื้นบิดตัวเสียรูปได้



รูปที่ ๖-๙ แสดงการหมุนของคาน เนื่องจากลำดับการตัดเส้นลวดไม่สมดุล

๖) การคำนวณการวัดค่าระยะยืดของเส้นลวด

ค่าระยะยืด (Elongation) ของเส้นลวด เมื่อทำการดึงจนถึงค่าแรงที่ผู้ออกแบบได้กำหนดไว้ในแบบสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\begin{aligned} \Delta &= PL/EA \\ \text{โดยที่ } P &= \text{ค่าแรงดึง กก.} \\ L &= \text{ค่าความยาวของเส้นลวด: เมตร} \\ E &= \text{ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของเส้นลวด ซึ่งได้จากการทดลอง} \\ &\quad \text{ถ้าไม่สามารถหาได้ให้ใช้เท่ากับ ๒,๐๐๐,๐๐๐ กก./ตร.ซม.} \\ A &= \text{พื้นที่หน้าตัดของเส้นลวด ตร. ซม.} \end{aligned}$$

ตัวอย่าง การคำนวณหาค่าระยะยืดของคานคอนกรีตอัดแรงช่วง ๑๐.๐๐ เมตร (PlankGirder) กำหนดให้

- ลวดเหล็ก P.C. Strand Dia. ๓/๘" Grade-๒๕๐k
- แรงดึงในเส้นลวด (Initial Prestressing Force) $P = ๖,๓๕๐$ กก.
- พื้นที่หน้าตัดเส้นลวด $A = ๐.๕๑๖๑$ ตร.ซม.
- ความยาวเส้นลวด $L = ๑๒๗.๙๐$ ม.

$$\begin{aligned} \text{ระยะยืด } \Delta &= \frac{๖,๓๕๐ \times ๑๒๗.๙๐ \times ๑๐๐}{๒,๐๐๐,๐๐๐ \times ๐.๕๑๖๑} \\ &= ๗๘.๖๘ \text{ ซม.} \end{aligned}$$

เมื่อทำการดึงเส้นลวดจนได้ค่าระยะยืดตามที่คำนวณได้แล้ว ก่อนที่จะคลายแรงดึงเครื่องดึงลวดจะต้องจัด Grip ยึดเส้นลวดให้เข้าที่เรียบร้อย พร้อมทั้งให้ทำการดึงเพื่อการ Slip ของเส้นลวดและการขยับตัวเข้าที่ของ Grip อีกประมาณ ๐.๕๐-๑.๐๐ เซนติเมตร ซึ่งผู้ควบคุมงานสามารถวัดค่า Slip จากลวดเส้นแรกเพื่อกำหนดค่าเผื่อ Slip ของเส้นลวดอื่นๆ ที่เหลือได้ ดังตัวอย่าง รายการคำนวณ การดึงลวดอัดแรงในภาคผนวกหน้า ๑๖๗-๑๗๐

๗) การตรวจสอบและการควบคุมการดึงลวดเหล็ก

ก่อนที่จะนำเครื่องดึงลวดชุดใดๆ มาใช้งาน ผู้ควบคุมงานจะต้องตรวจสอบหมายเลข Hydraulic Pump และหมายเลข Hydraulic Jack ให้แน่ใจว่าเป็นชุดเดียวกันกับที่นำไปทำการทดสอบ Calibration Test จากนั้นจึงทำการเปรียบเทียบค่าแรงที่จะดึงกับค่าแรงที่จะอ่านหน้าปัดเกจของเครื่องดึงลวด ซึ่งการเปรียบเทียบค่าแรงที่อ่าน (Gauge Reading) จะทำได้โดยการคำนวณตามสมการเส้นตรงที่ได้จากผลการทดสอบ Calibration Test เช่น ถ้าค่า Actual Load $P=๖,๓๕๐$ Kg จะหาค่า Gauge Reading ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{Actual Load} &= (\text{Gauge Reading} \times ๙๑.๙๐๒) - ๕๑๔.๗๒๒ \\ \text{Gauge Reading} &= \frac{๖,๓๕๐ + ๕๑๔.๗๒๒}{๙๑.๙๐๒} \\ &= ๗๔.๗๐ \text{ bars} \end{aligned}$$

แสดงว่าเมื่อแรงดึงในเส้นลวด = ๖,๓๕๐ กก. ค่าอ่านจากเกจได้ ๗๔.๗๐ bars และเส้นลวดจะยืดเท่ากับ ๗๘.๖๘ เซนติเมตร



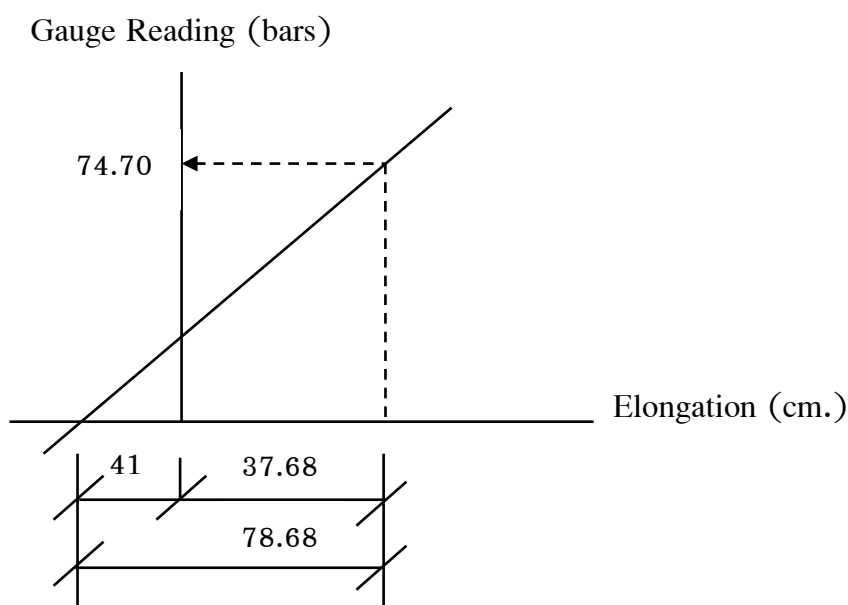
โดยปกติจะดึงลวดด้วยแรงประมาณ ๕๐% ของแรงที่จะดึงทั้งหมดก่อน แล้วจึงทำการผูกเหล็กเสริมคาน และประกอบแบบข้างคาน เพื่อลดอันตรายจากการดูดของเส้นลวดขณะคนงานกำลังผูกเหล็ก เช่น อาจใช้แรง ๔๐ bars เป็นแรงดึง Preload ก่อน เมื่อผูกเหล็กเสริมประกอบแล้วจึงทำการดึงต่อจนถึง ๗๔.๗๐ bars แล้วจึงดึงเผื่อค่า Slip ต่อไป

ในการควบคุมแรงดึงในเส้นลวดให้ได้ตามที่แบบกำหนดนั้น ผู้ควบคุมงานจะต้องตรวจสอบทั้งค่าที่อ่านได้จากเกจวัดแรงดันน้ำมันไฮดรอลิก และค่าระยะยืดของเส้นลวด โดยเมื่อทำการดึงแรงต่อจากค่าแรง Preload ให้จดบันทึกค่าแรงดึงและระยะที่วัดได้ประมาณ ๒-๓ ค่า เพื่อที่จะนำมา Plot กราฟหาค่าระยะยืดในช่วงที่ Preload เช่น

ตารางที่ ๖-๒ ค่าแรงดึงกับระยะยืดของเส้นลวด

Gauge Reading (bars)	Elongation (cm.)
๔๕	๕.๗๐
๕๐	๑๑.๔๐
๕๕	๑๗.๐๐

เมื่อนำค่าที่อ่านได้มา Plot กราฟ จะได้ค่าดังนี้



รูปที่ ๖-๑๐ กราฟเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและระยะยืด

ระยะยืดที่เกิดขึ้นแล้วในช่วง Preload = ๔๑ ซม. (ได้จากการต่อเส้นกราฟ ตัดกับเส้นแกนนอน Elongation)
ระยะยืดที่ต้องดึงเพิ่ม = ๗๘.๖๘ - ๔๑ = ๓๗.๖๘ ซม.

เมื่อทำการดึงเพิ่มอีก ๓๗.๖๘ เซนติเมตรแล้ว ค่าแรงดันน้ำมันจะต้านได้ ๗๔.๗๐ bars ซึ่งสอดคล้องตรงกันกับกราฟแล้วก็ถือว่าการดึงลวดอัดแรงเส้นนี้ใช้ได้





รูปที่ ๖-๑๑ การติดตั้งลวดอัดแรง



รูปที่ ๖-๑๒ การอ่านค่าแรงดึงลวด



รูปที่ ๖-๑๓ การวัดค่าระยะยึดของลวด

๘) ความปลอดภัยในการทำงาน

เมื่อมีการติดตั้งลวดอัดแรง จะมีพลังงานจำนวนหนึ่งสะสมอยู่ในตัวลวดอัดแรง ในกรณีที่ลวดอัดแรงขาดขณะที่รับแรงดึงเต็มที่หรืออยู่ในขั้นตอนการติดตั้งหรือเพราะสมอยึดหลุดออกก็อาจเกิดอันตรายร้ายแรงต่อผู้ปฏิบัติงานหรืออุปกรณ์ในการทำงาน เนื่องจากการปลดปล่อยพลังงานนี้อย่างทันทีทันใด แม้ว่าจะไม่มีวิธีการใดที่จะป้องกันอันตรายจากอุบัติเหตุดังกล่าวได้อย่างสมบูรณ์แบบ แต่ทุกครั้งที่ติดตั้งลวดอัดแรงหรือต้องทำงานใกล้กับลวดอัดแรงที่ตึงไว้แล้วก็ควรมีหลักปฏิบัติเพื่อหลีกเลี่ยงอันตรายจากการทำงาน เช่น ผู้ปฏิบัติงานต้องไม่ยืนอยู่ในแนวเดียวกับลวดอัดแรง สมอยึด หรือเครื่องดึงลวดอัดแรง และไม่เดินบนลวดอัดแรง นอกจากนั้นยังควรมีสิ่งป้องกันที่ทำได้ง่ายๆ เช่น ทำกำแพงคอนกรีตในแนวเดียวกับลวดเหล็กและหลังเครื่องดึงลวดอัดแรง เพื่อป้องกันอันตรายให้แก่ผู้ปฏิบัติงานที่จำเป็นต้องเดินผ่านไปโรงงานหรือสถานที่แต่ละแห่ง ต้องมีมาตรการป้องกันอันตรายอันเหมาะสมเฉพาะแต่ละแห่งที่ไม่กระทบต่อกระบวนการผลิตตามปกติจนเกินความจำเป็นและต้องตระหนักไว้เสมอว่า มาตรการป้องกันอันตรายที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุด คือ การฝึกอบรมบุคลากรให้มีความรู้ ความเข้าใจถึงเทคนิคของการอัดแรง และวิธีการปฏิบัติตัวเมื่อจำเป็นต้องอยู่ใกล้กับลวดอัดแรงขณะที่กำลังตึงอยู่

๙) ควบคุมการตกแต่งคานและการขนย้ายไปเก็บกอง

- หลังจากตัดลวดอัดแรงแล้วจะต้องตรวจสอบให้มีการ ตัดแต่งปลาย ลวดอัดแรงที่ยื่นออกมาให้เรียบเสมอผิวคอนกรีต แล้วทาปลายลวดอัดแรงด้วย วัสดุประสานรอยต่อกำลังสูง (Epoxy) หรือสีกันสนิมหรือวัสดุอื่นที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการเกิดสนิม

- การขนย้ายคานไปเก็บกองในโรงงานหรือสถานที่ก่อสร้างจะต้องควบคุมให้มีการยกคานและการวางหมอนรองรับคาน ทั้งในขณะขนส่งและในขณะวางกองที่จุดยกตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้างเท่านั้น



รูปที่ ๖-๑๔ การเก็บกองคานคอนกรีตอัดแรงแบบแผ่นพื้น (Plank Girder)

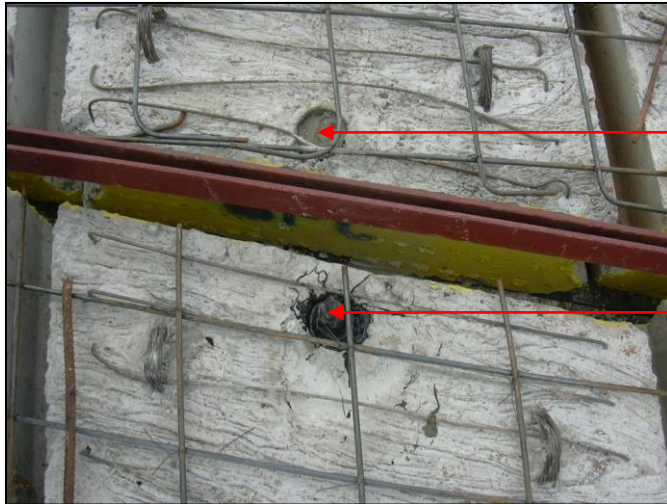
๑๐) การติดตั้งคานคอนกรีตอัดแรงแบบแผ่นพื้น

- ให้ผู้รับจ้างเสนอวิธีการติดตั้งคานต่อผู้ควบคุมงาน เพื่อพิจารณาความเหมาะสมก่อนดำเนินการ โดยทั่วไปจะใช้รถเครนที่มีความสามารถในการยกน้ำหนักได้มากกว่าน้ำหนัก Plank Girder ๑ คาน อีก ๑ เท่า เพื่อความปลอดภัย
- ตรวจสอบอุปกรณ์ที่จะใช้ในการติดตั้งให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานได้ตามปกติก่อนอนุญาตให้ทำการติดตั้ง



รูปที่ ๖-๑๕ การติดตั้งคานคอนกรีตอัดแรงแบบแผ่นพื้น (Plank Girder)

- ควบคุมการติดตั้ง Plank Girder ให้ตรงตำแหน่งและตรงกับ Dowel Bar ที่เตรียมไว้ รวมทั้งตรวจสอบตำแหน่ง Fixed End และ Free End ของพื้นสะพานให้ถูกต้องเพื่อให้พฤติกรรมในการแอ่นตัวของพื้นสะพานเป็นไปอย่างถูกต้องตามทฤษฎีของพื้นสะพานแบบช่วงเดียว (Simple Span) โดยจุดที่เป็น Free End ให้ใช้ Asphalt อุดให้เต็มช่องว่าง และในจุดที่เป็น Fixed End ให้กรอกด้วยปูนทรายจนเต็ม

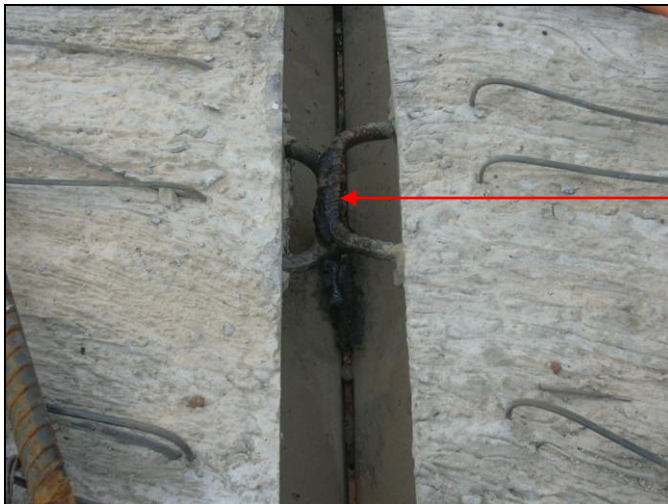


การอุดช่องว่างที่จุด
Fixed End ด้วยปูนทราย

การอุดช่องว่างที่จุด
Free End ด้วย Asphalt

รูปที่ ๖-๑๖ การอุดช่องว่างที่จุด Fixed End และ Free End

- ตรวจสอบการเชื่อมเหล็กรับแรงเฉือน (Shear Connector) ที่ข้างคานให้เรียบร้อยแน่นหนาตามรูปแบบ



การเชื่อมเหล็ก Shear Connector

รูปที่ ๖-๑๗ การเชื่อมเหล็กรับแรงเฉือน (Shear Connector) ที่ข้างคาน

- ตรวจสอบความถูกต้องของเหล็กเสริมพื้น ทับหน้า ทั้งขนาด ระยะห่าง และจำนวน รวมถึงระยะหุ้มคอนกรีต (Covering) โดยจะต้องหุ้มเหล็กเสริมให้อยู่ในระดับที่ถูกต้อง

- ตรวจสอบ ความถูกต้องของค่าระดับและ ความมั่นคงแข็งแรงของเหล็กกำหนดระดับที่ติดตั้งชั่วคราวในระหว่างเทคอนกรีตเพื่อ ทำหน้าที่ควบคุมให้ระดับผิวพื้นสะพานถูกต้องตามค่าระดับที่กำหนด โดยทั่วไปเหล็กกำหนดระดับอาจติดตั้งตามแนวยาวของพื้นสะพานหรือตามแนวขวางของพื้นสะพานก็ได้ และ

ควรกำหนดค่าระดับไว้ทุกระยะ ๕.๐๐เมตร ตามความยาวสะพาน เพื่อให้ ได้พื้นผิวสะพานที่เรียบได้แนว และ กรณีสานพื้นเป็นโค้งตามแนวดิ่ง จะทำให้พื้นผิวสะพานเป็นแนวโค้งที่ต่อเนื่องสวยงามไม่สะดุด และต้อง กำหนดค่าระดับผิวพื้นสะพานตามขวางให้สอดคล้องกับ ค่าความลาดเอียงตามขวางของผิวสะพาน (Crown Slope) ตามแบบก่อสร้างด้วย



รูปที่ ๖-๑๘ การเทคอนกรีตทับหน้าพื้นสะพาน (Concrete Topping)

- ตรวจสอบคุณสมบัติของคอนกรีตก่อนนำมาใช้งาน ขณะเทคอนกรีตให้ใช้เครื่องจักรคอนกรีตจนคอนกรีตแน่นเต็มร่องรอยต่อคานคอนกรีตอัดแรงแบบแผ่นพื้นและบนพื้นสะพาน จากนั้นเก็บตัวอย่างคอนกรีตไม่น้อยกว่า ๓ ชุด เพื่อทดสอบกำลังอัด
- เมื่อคอนกรีตเริ่มแข็งตัวต้อง ควบคุมให้มีการขัด หยาบผิวหน้าคอนกรีตให้ เรียบ และให้ กริดผิวหน้าคอนกรีตด้วยไม้กวาดลากผิวพื้นให้เป็นร่องตามแนวตั้งฉากกับแนวสะพานโดยให้ขนานกันอย่างเป็นระเบียบและสวยงาม ทั้งนี้เพื่อเพิ่มความต้านทานในการสั่นไถลของล้อยานพาหนะ



รูปที่ ๖-๑๙ การแต่งผิวหน้าคอนกรีตด้วยไม้กวาดลากผิวพื้น

๖.๑.๒ พื้นสะพานช่วงความยาว ๒๐.๐๐ เมตร

พื้นสะพานช่วงความยาว ๒๐.๐๐ เมตร ที่ใช้ในงานก่อสร้างสะพานกรมทางหลวงชนบทเป็นชนิดคานคอนกรีตอัดแรง (Prestressed Concrete Girder) โดยจะเป็นคานคอนกรีตอัดแรงประเภทดึงลวดอัดแรงก่อน (Pre-Tension) ซึ่งผลิตจากโรงงานแล้วขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง และรูปแบบคานคอนกรีตอัดแรงมี ๒ รูปแบบ ได้แก่

๑) แบบคานรูปกล่อง (Box Girder)

๒) แบบคานรูปตัวไอ (I-Girder)



รูปที่ ๖-๒๐ คานรูปกล่อง (Box Girder)



รูปที่ ๖-๒๑ คานรูปตัวไอ (I-Girder)

๖.๑.๒.๑ ข้อเปรียบเทียบในการใช้งานระหว่างคานคอนกรีตอัดแรง ๒ รูปแบบ

ตารางที่ ๖-๓ ข้อเปรียบเทียบการใช้งานคานคอนกรีตอัดแรง ๒ รูปแบบ

คานรูปกล่อง (Box Girder)	คานรูปตัวไอ (I-Girder)
- ความลึกของคานน้อยกว่า ทำให้สะพานมีความลาดชันน้อยกว่า (ที่ความสูงช่องลอดเท่ากัน) - กระบวนการผลิตยุ่งยากมากกว่า เนื่องจากเป็นคานกลวง ทำให้ต้องทำแบบหล่อรูปกล่องติดตั้งไว้ด้านใน - ราคาต่อคานถูกกว่า แต่จำนวนคานที่ต้องใช้ใน ๑ ช่วงพื้นสะพาน มากกว่าประมาณ ๒ เท่า ทำให้ราคาพื้นสะพานในภาพรวมสูงกว่า - การขนส่งและการติดตั้งสะดวกกว่า เนื่องจากคานมีความกว้างมากกว่าความสูง - การก่อสร้างพื้นบนคาน สะดวก และรวดเร็วกว่า เนื่องจากคานวางเรียงชิดติดกัน ทำให้ไม่ต้องจัดทำแบบหล่อท้องพื้น	- ความลึกของคานมากกว่า ทำให้สะพานมีความลาดชันมากกว่า (ที่ความสูงช่องลอดเท่ากัน) - กระบวนการผลิตยุ่งยากน้อยกว่า เนื่องจากไม่ต้องทำแบบหล่อด้านใน - ราคาต่อคานแพงกว่า แต่จำนวนที่ต้องใช้ใน ช่วง ๑ พื้นสะพานน้อยกว่า ทำให้ราคาพื้นสะพานในภาพรวมประหยัดกว่า - การขนส่งและการติดตั้งมีความสะดวกน้อยกว่า เนื่องจากคานมีความสูงมากกว่าความกว้าง - การก่อสร้างพื้นบนคานยุ่งยากกว่า เนื่องจากคานไม่วางเรียงชิดติดกัน ทำให้ต้องเพิ่มขั้นตอนการติดตั้งแผ่นพื้นสำเร็จรูปเป็นแบบหล่อท้องพื้น

๖.๑.๒.๒ การก่อสร้างพื้นสะพานชนิดคานคอนกรีตอัดแรงแบบคานรูปกล่อง (Box Girder)

๑) การตรวจสอบและควบคุมการผลิตคานที่โรงงาน

ให้ปฏิบัติเช่นเดียวกับคานคอนกรีตอัดแรงแบบแผ่นพื้น (Plank Girder) ตามข้อ ๖.๑.๑.๓ ในข้อ ๑) - ๙) โดยมีข้อควรระวังและข้อแนะนำในการตรวจสอบเพิ่มเติม ดังนี้

- ความยาวของคานต้องเท่ากับที่แบบกำหนด คือ ๑๙.๙๘ เมตร (ความยาวช่วงพื้นสะพาน ๒๐.๐๐ เมตร ลบด้วยระยะห่างที่รอยต่อพื้นสะพาน ๐.๐๒ เมตร) โดยไม่ต้องเผื่อให้สั้นกว่านี้เพื่อไม่ให้รอยต่อพื้นสะพานห่างมากเกินไปกว่าระยะที่กำหนด ซึ่งจะทำให้เกิดความชำรุดเสียหายได้ง่ายเมื่อเปิดใช้งาน
- แบบหล่อปิดปลายคานจะต้องได้แนวตามที่กำหนดในแบบ ไม่บิดเบี้ยวเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาการเปิดตัวกันขึ้นขั้นตอนการติดตั้งคาน
- กรณีพื้นสะพานถูกออกแบบเป็นโค้งในแนวตั้ง (Vertical Curve) ควรปรับแบบหล่อปิดปลายคานให้ลึกลงสอดคล้องกับความลาดชันของสะพาน ซึ่งจะทำให้ปลายคานที่ได้รับการติดตั้งตามแบบก่อสร้างแล้ว ตั้งตรงอยู่ในแนวตั้งสอดคล้องกับพื้นบนคานสะพานอย่างเป็นระเบียบสวยงาม



รูปที่ ๖-๒๒ ติดตั้งเหล็กเสริมและลวดอัดแรง



รูปที่ ๖-๒๓ ตรวจสอบและควบคุมการผลิตคานที่โรงงาน

- ตำแหน่งเหล็กเสริมรับแรงเฉือนระหว่างคาน (Shear Connector) จะต้องถูกต้องตามระยะและระดับความสูงที่กำหนด เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการเลื่อนตัวกันหลังจากติดตั้งคานแล้วเสร็จ ซึ่งจะทำให้สามารถเชื่อมติดกันได้ง่ายและรอยเชื่อมมีความแข็งแรงตามที่ออกแบบไว้
- ตำแหน่งรูด้อยเหล็กรัดคาน (Tie Rod) จะต้องถูกต้องตามระยะและระดับความสูงที่กำหนด เพื่อป้องกันปัญหาความยุ่งยากในการรูด้อยเหล็กหรือลวดอัดแรงรัดคานในภายหลัง หากปรากฏว่ารูด้อยของคานแต่ละตัวมีตำแหน่งไม่ตรงกัน
- ตำแหน่งรูเสียบเหล็กเดือย (Dowel Bar) บริเวณหัวคานคอนกรีตอัดแรงจะต้องตรงกับตำแหน่งเหล็กเดือยที่เตรียมไว้บนคาน (Cap Beam) โดยผู้ควบคุมงานต้องกำกับให้มีการประสานงานกันระหว่างการทำงานที่โรงงานกับการทำงานที่สถานที่ก่อสร้างอย่างใกล้ชิด โดยเฉพาะกรณีที่ ผู้รับจ้างเสนอใช้วิธีเจาะรูเสียบเหล็กเดือยบนคานคอนกรีตอัดแรง และบนคานหัวเสาตอม่อในภายหลังจากการติดตั้งคานคอนกรีตอัดแรงแล้ว
- แบบหล่อรูปกล่องด้านในจะต้องมีความแข็งแรงต่อการรองรับน้ำหนักของคอนกรีตสด โดยทั่วไปจะใช้กล่องทำด้วยโครงไม้บุกระดานอัดหรือใช้แท่งโฟมเป็นแบบหล่อด้านใน การติดตั้งกล่องจะต้องตรวจสอบให้มีตำแหน่งถูกต้องตามแบบก่อสร้างและมีการยึดติดอย่างมั่นคงแข็งแรง



รูปที่ ๖-๒๔ ท่อสำหรับทำเป็นรูร้อยเหล็กกรัดคาน
(Tie Rod)



รูปที่ ๖-๒๕ กล่องด้านใน Box Girder



รูปที่ ๖-๒๖ เทคอนกรีต Box Girder



รูปที่ ๖-๒๗ บ่มคอนกรีตตามข้อกำหนด

- การใช้รถเครนหรือลากจูงคานผ่านพื้นสะพานช่วงก่อนที่จะติดตั้งคาน จะต้องพิจารณาถึงความมั่นคงแข็งแรงของพื้นสะพานช่วงนั้นด้วย เช่น คอนกรีตมีอายุหรือกำลังรับแรงอัดที่จะสามารถรองรับน้ำหนักบรรทุกได้หรือไม่ มีการร้อยเหล็กกรัดคานพื้นสะพานและเชื่อมติดเหล็กกับแรงเฉือนหรือยัง และในกรณีที่ยังไม่ได้มีการเทคอนกรีตหล่อพื้นทับหน้า (Topping Slab) จะต้องให้ปูแผ่นเหล็กหนาไว้บนหลังคานเพื่อให้เกิดการกระจายน้ำหนักโดยไม่เกิดแรงกดทับที่คานตัวหนึ่งตัวใดด้วย
- แผ่นยางรองคานพื้นสะพาน (Bearing Pad) จะต้องมีการทดสอบคุณสมบัติเฉพาะโครงการว่าเป็นไปตามข้อกำหนดในแบบก่อสร้างหรือไม่ โดยจะต้องตรวจสอบขนาดความกว้าง-ยาว-หนา และตำแหน่งติดตั้งให้ถูกต้องก่อนวางคาน
- เมื่อวางคานครบจำนวนในพื้นที่แต่ละช่วงแล้ว จะต้องจัดให้ปลายคานทั้งสองด้านอยู่ในแนวเดียวกัน แล้วจึงตรวจสอบตำแหน่งจุดติดตั้งเหล็กเดือย ตำแหน่งรูร้อยเหล็กกรัดคาน และตำแหน่งเหล็กกับแรงเฉือนของคานแต่ละตัวว่าตรงกันหรือไม่ ในประเด็นนี้ หากมีการควบคุมการผลิตคานที่โรงงานอย่างมีคุณภาพ และมีการประสานงานกันกับการทำงาน ณ สถานที่ก่อสร้างอย่างใกล้ชิดแล้วก็จะไม่ทำให้เกิดปัญหาการเหลื่อมระยะของปลายคานแต่อย่างใด
- เมื่อทำการติดตั้งเหล็กเดือยยึดคานคอนกรีตอัดแรงกับคานหัวเสาตอม่อเรียบร้อยแล้ว ให้ทำการร้อยเหล็กกรัดคานและอัดแรงให้ได้ตามที่กำหนดในแบบก่อสร้างก่อน จากนั้นจึงให้ทำการเชื่อมเหล็กกับ

แรงเฉือน โดยจะต้องทำการเชื่อมให้ได้ขนาดตามที่กำหนดในแบบก่อสร้าง กรณีเหล็กรับแรงเฉือนห่างกันให้ใช้เหล็กเส้นสอดเสริมเข้าไปในช่องว่าง แล้วจึงให้ทำการเชื่อมติดกันระหว่างเหล็กเส้นที่สอดกับเหล็กรับแรงเฉือนของทั้งสองคาน

- เหล็กเดือย (Dowel Bar) ด้านที่เป็น Fixed End จะต้องกรอกปูนทรายอุดให้เต็มช่องว่างของรู (Block out) ที่ทำไว้ ทั้งส่วนล่างที่ฝังอยู่ในคานหัวเสาและส่วนบนที่ฝังอยู่ในคานคอนกรีตอัดแรง สำหรับด้านที่เป็น Free End จะต้องกรอกปูนทรายอุดให้เต็มช่องว่างของรูเฉพาะส่วนล่างที่ฝังอยู่ในคานหัวเสาต่อม่อ โดยส่วนบนที่อยู่ในคานคอนกรีตอัดแรงจะต้องอุดด้วย Asphalt เพื่อรองรับการขยายตัวให้คานสามารถเคลื่อนตัว (Movement) ได้

๒) การติดตั้งคานคอนกรีตอัดแรงรูปกล่อง

โดยทั่วไปจะมีการติดตั้ง ๒ วิธี ได้แก่ การใช้รถเครนยกติดตั้ง และการใช้คานเหล็ก (I-Beam หรือโครงถักเหล็ก) หรือ Launcher วางพาดเป็นทางเดินสำหรับลากจูงคานคอนกรีตอัดแรงไปติดตั้งบนตอม่อ (Launching)



รูปที่ ๖-๒๘ การขนส่ง Box Girder จากโรงงานผลิตสู่สถานที่ก่อสร้าง



รูปที่ ๖-๒๙ การติดตั้ง Box Girder ด้วยวิธี Launching

ตารางที่ ๖-๔ ข้อเปรียบเทียบระหว่างการใช้รถเครนกับคานเหล็กในการติดตั้ง

รถเครน	คานเหล็ก (Launcher)
- สะดวกและติดตั้งได้รวดเร็วกว่า - ต้องมีพื้นที่เพียงพอสำหรับการจอดยืน และดินรองรับจุดจอดยืนต้องแข็งแรงเพียงพอ - กรณีติดตั้งคานช่วงกลางน้ำ สามารถดำเนินการได้เฉพาะฤดูที่น้ำแห้งเท่านั้น	- ติดตั้งได้ช้ากว่าและต้องใช้เครื่องมืออุปกรณ์มากกว่า - ไม่ต้องการพื้นที่ทำงานมาก - สามารถติดตั้งคานช่วงกลางน้ำได้โดยไม่ต้องคำนึงถึงฤดูกาลน้ำ

ในการติดตั้งคานคอนกรีตอัดแรงรูปกล่องมีข้อแนะนำ ดังนี้

- กรณีใช้รถเครน ขนาดกำลังยกของรถเครนต้องเหมาะสมกับน้ำหนักคาน (กำลังยกควรมากกว่าน้ำหนักคานประมาณ ๒-๓ เท่า) โดยปกติควรใช้รถเครน ๒ คัน ยกปลายคานด้านละคัน



- กรณีใช้คานเหล็กหรือ Launcher จะต้องมีรายการคำนวณรับรองความมั่นคงแข็งแรงโดยวิศวกรที่มีใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมระดับสามัญวิศวกรรมโยธาขึ้นไป และจะต้องตรวจสอบความมั่นคงแข็งแรงของเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ เช่น จุดต่อของคานเหล็ก กำลังและความสมบูรณ์ของรอกหัว รวมถึงลวดสลิงและอุปกรณ์จับยึด



รูปที่ ๖-๓๐ Box Girder (ช่วง ๒๐.๐๐ เมตร)
ที่ติดตั้งแล้วเสร็จ ก่อนเทคอนกรีตทับหน้า



รูปที่ ๖-๓๑ Box Girder (ช่วง ๒๐.๐๐ เมตร)
ที่ติดตั้งแล้วเสร็จ

๓) การก่อสร้างพื้นทับหน้า (Topping Slab)

- ตรวจสอบให้ดูรอยห่างระหว่างคานในร่อง Shear Key เพื่อป้องกันน้ำปูนไหลออก ระหว่างเทคอนกรีต
- ตรวจสอบเหล็กเสริม ทั้งส่วนที่เป็นเหล็กตั้งที่ยื่นจากหลังคานและเหล็กตะแกรงให้ครบถ้วน และมีระดับถูกต้องตามแบบก่อสร้าง โดยต้องให้มีการหนุนลูกปูนเป็นระยะๆ
- กรณีมีทางเท้า ควรตั้งแบบด้านข้างกันระหว่างส่วนที่เป็นผิวจราจรกับส่วนที่เป็นทางเท้า เพื่อให้ทำการเทคอนกรีตส่วนผิวจราจรก่อน (ส่วนที่เป็นทางเท้าให้เทภายหลังพร้อมทางเท้า)
- การเทคอนกรีตให้ควบคุมการจี้คอนกรีตในร่อง Shear Key ให้ทั่วถึง
- ขั้นตอนอื่นๆ ให้เป็นไปตามการก่อสร้างพื้นสะพานชนิด Plank Girder ช่วงความยาว ๕.๐๐-๑๐.๐๐ เมตร
- การเทคอนกรีตจะต้องมีการเปิดช่องได้ห้องและบนกล่องซึ่งเป็นแบบหล่อด้านในไว้เป็นช่วงๆ สำหรับตรวจสอบว่ามีคอนกรีตไหลเข้ามาเต็มได้ห้องกล่องหรือยัง
- ในระหว่างเทคอนกรีตจะต้องหมั่นตรวจสอบตำแหน่งกล่อง รู้อยู่ที่รัดคานเหล็กกับแรงเฉือนและรูเสียบเหล็กเดือยตลอดเวลา หากมีการเคลื่อนตัวจะได้ทำการแก้ไขได้ทัน
- หลังจากเทคอนกรีตเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะต้องทำการบ่มคอนกรีตด้วยกระสอบชุบน้ำหรือแผ่นพลาสติกคลุมอยู่ตลอดเวลาจนกว่าคอนกรีตจะมีกำลังรับแรงอัดตามที่กำหนด



รูปที่ ๖-๓๒ พื้นสะพานหลังจากเทคอนกรีตพื้นสะพานแล้วเสร็จ

๖.๑.๒.๓ การก่อสร้างพื้นสะพานชนิดคานคอนกรีตอัดแรงแบบคานรูปตัวไอ (I-Girder)

โดยทั่วไปมีขั้นตอนในการตรวจสอบควบคุมเช่นเดียวกับคานรูปกล่อง ยกเว้นบางกรณีจะมีกระบวนการก่อสร้างแตกต่างกัน ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่อไป

๖.๑.๓ พื้นสะพานช่วงความยาว ๓๐.๐๐ เมตร

พื้นสะพานช่วงความยาว ๓๐.๐๐ เมตร ที่ใช้ในงานก่อสร้างสะพานของกรมทางหลวงชนบท มีรูปแบบเป็นคานคอนกรีตอัดแรงรูปตัวไอ (Prestressed Concrete I-Girder) แบ่งตามระบบการอัดแรงเป็น ๒ ประเภท ได้แก่

๑) คานคอนกรีตอัดแรงระบบดึงลวดอัดแรงก่อน (Pre-Tension System)

๒) คานคอนกรีตอัดแรงระบบดึงลวดอัดแรงภายหลัง (Post-Tension System)

๖.๑.๓.๑ ข้อเปรียบเทียบระหว่างคานระบบดึงลวดอัดแรงก่อนและระบบดึงลวดอัดแรงภายหลัง

ตารางที่ ๖-๕ ข้อเปรียบเทียบคานระบบดึงลวดอัดแรงก่อนและระบบดึงลวดอัดแรงภายหลัง

คานระบบดึงลวดอัดแรงก่อน(Pre-tension)	คานระบบดึงลวดอัดแรงภายหลัง(Post-Tension)
- เหมาะสำหรับผลิตในโรงงาน ซึ่งมีเส้นทางขนส่งคานไปยังสถานที่ก่อสร้างได้สะดวก - ผลิตได้พร้อมกันครั้งละหลายคาน เนื่องจากดึงลวดอัดแรงในครั้งเดียวกัน ทำให้ใช้เวลาในการผลิตรวดเร็วกว่า - ระบบการอัดแรงไม่ยุ่งยาก และมีขั้นตอนน้อยกว่า - ราคาต่อผลิตต่อคานถูกกว่า แต่จะมีค่าใช้จ่ายเพิ่มสำหรับการขนส่ง	- เหมาะสำหรับผลิตในสถานที่ก่อสร้าง เนื่องจากมีข้อจำกัดในการขนส่งคานจากภายนอกเข้าสู่สถานที่ก่อสร้าง - การผลิตคานแต่ละคานอิสระจากกัน เนื่องจากระบบการอัดแยกกันเฉพาะคานซึ่งจำนวนที่ผลิตขึ้นอยู่กับพื้นที่ทำงาน แต่ในภาพรวมกระบวนการผลิตจะช้ากว่า - ระบบการอัดแรงยุ่งยากและมีขั้นตอนมากกว่า - ราคาต่อผลิตต่อคานแพงกว่า แต่ไม่มีค่าใช้จ่ายในการขนส่ง

คานระบบดึงลวดอัดแรงก่อน(Pre-tension)	คานระบบดึงลวดอัดแรงภายหลัง(Post-Tension)
- กระบวนการควบคุมคุณภาพการผลิตในโรงงาน ในภาพรวมจะดีกว่าการผลิตในสถานที่ก่อสร้าง	- กระบวนการควบคุมคุณภาพการผลิตในสถานที่ ก่อสร้าง มีโอกาสดีน้อยกว่าการผลิตในโรงงาน หากมีการกำกับดูแลไม่ใกล้ชิดและทั่วถึง

๖.๑.๓.๒ การก่อสร้างคานคอนกรีตอัดแรงรูปตัวไอช่วง ๓๐.๐๐ เมตร ระบบดึงลวดอัดแรงก่อน

๑) การตรวจสอบแท่นผลิตหล่อคาน (Yard) แท่นรับแรงดึง (Bed) องค์ประกอบอื่นตลอดจนอุปกรณ์และเครื่องมือ ให้เป็นไปตามการก่อสร้างคานคอนกรีตอัดแรงช่วง ๑๐.๐๐ เมตร แบบ Plank Girder ในข้อ ๖.๑.๑.๓

๒) การตรวจสอบในขั้นตอนการดึงลวดอัดแรงแบบ Pre-Tension ให้เป็นไปตามการก่อสร้างคานคอนกรีตอัดแรงช่วง ๑๐.๐๐ เมตร แบบ Plank Girder ในข้อ ๖.๑.๑.๓ เช่นกัน

๓) เมื่อดึงลวดอัดแรงเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะต้องตรวจสอบการใช้ท่อพลาสติกหรือท่อยางหรือวัสดุที่เหมาะสม หุ้มลวดอัดแรงแต่ละเส้น ตามระยะที่ระบุในแบบก่อสร้างให้ถูกต้อง เพื่อไม่ให้คอนกรีตจับยึดติดกับลวดอัดแรงหรือที่เรียกว่า Debond



รูปที่ ๖-๓๓ ร้อยลวดอัดแรง I-Girder



รูปที่ ๖-๓๔ ทำการ Debond ลวดอัดแรงตามตำแหน่งและระยะที่กำหนด

๔) ในขั้นตอนการเทคอนกรีต จะต้องควบคุมการจี้คอนกรีตให้ทั่วถึง โดยเฉพาะบริเวณช่วง Web ซึ่งแคบและสูง เพื่อให้แน่ใจว่าคอนกรีตไหลเต็มและแน่นตลอดหน้าตัดคาน

๕) เมื่อเทคอนกรีตเสร็จเรียบร้อยแล้วจะต้องแต่งผิวบนของคานให้ขรุขระ และทำการบ่มคอนกรีตให้ต่อเนื่องจนกว่าคอนกรีตจะมีกำลังรับแรงอัด เป็นไปตามที่กำหนดให้ตัดลวดอัดแรงเพื่อการถ่ายแรงได้

๖) การตัดลวดอัดแรงให้สลับซ้าย-ขวา และแต่ละปลายของคานอย่างสมดุลเพื่อไม่ให้เกิดแรงบิดในคานมากเกินไป

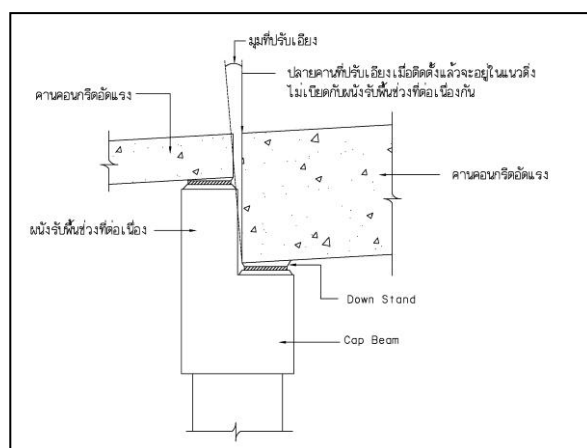
๗) เมื่อตัดลวดอัดแรงเสร็จเรียบร้อยแล้ว ควรตรวจสอบการโก่งตัว (Deflection) ของคานทุกตัวไว้เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาความสมบูรณ์ของคาน โดยใช้วิธีการตรวจสอบความแตกต่างของค่าระดับปลายคานทั้งสองด้านกับที่กึ่งกลางคาน (หลังเทคอนกรีตแล้วเสร็จ และก่อนคอนกรีตแข็งตัวให้ฝังเหล็กกระดับไว้



ที่ปลายคานทั้งสองด้านและกึ่งกลางคาน แล้วใช้กล้องวัดระดับส่องปรับระดับเหล็กกระดับดังกล่าวให้มีค่าเท่ากัน เพื่อความสะดวกในการตรวจสอบการโก่งตัว) ทั้งนี้หากคานมีความสมบูรณ์ทั้งกำลังอัดของคอนกรีต แรงอัดของ ลวดอัดแรงและการ Debond ค่าการโก่งตัวจะเป็นไปตามรายการคำนวณ และทุกคานมีค่าการโก่งตัวที่เท่ากัน หรือใกล้เคียงกัน

๘) กรณีพื้นสะพานช่วง ๓๐.๐๐ เมตร อยู่ในช่วงโค้งตามแนวตั้ง (Vertical Curve) จะมีผล ทำให้คานรูปตัวไอเอียงตัวตามความลาดชัน กรณีนี้จะต้องทำฐานรองรับปรับระดับติดไว้ใต้ท้องคาน (Down Stand) เพื่อให้คานกดทับในลักษณะตั้งฉากกับแผ่นยางรองคานพื้นสะพาน (Bearing Pad) ซึ่งจะทำให้มีเฉพาะ แรงกระทำตามแนวตั้งและเกิดการกระจายน้ำหนักทั่วแผ่นยางอย่างสม่ำเสมอเท่าๆ กัน โดยการทำให้ Down Stand ดังกล่าวสามารถดำเนินการไปพร้อมการหล่อคาน หรืออาจดำเนินการหลังจากวางคานเข้าตำแหน่งแล้ว โดยการตั้งแบบหล่อใต้ท้องคานแล้วอัด Non-Shrinkage Motor เข้าไป

๙) กรณีคานรูปตัวไอ ถูกวางเอียงตามความลาดชันตามข้อ ๘) ในขั้นตอนการหล่อคาน จะต้องปรับเปลี่ยนแบบหล่อปลายคานทั้งสองด้าน ให้มีความเอียงเท่ากับค่าความลาดชันของสะพาน เมื่อมีการ ติดตั้งคานตามความลาดชันแล้วทำให้หน้าตัดปลายคานตั้งอยู่ในแนวตั้ง และมีรอยต่อระหว่างช่วงพื้นสะพานที่ สวยงามเป็นระเบียบ และที่สำคัญกรณีสะพานอยู่ในช่วงโค้งหงายตามแนวตั้ง จะช่วยป้องกันการเบียดตัว ระหว่างหัวคานส่วนบนของพื้นสองช่วงที่ต่อเนื่องกัน และกรณีพื้นสะพานช่วง ๓๐.๐๐ เมตร เป็นพื้นช่วงริม จะ ช่วยป้องกันการเบียดตัวระหว่างหัวคานส่วนบนกับผนังรับพื้นสะพานช่วงที่ต่อเนื่องกัน



รูปที่ ๖-๓๕ ตรวจสอบแบบหัวคานว่าวางเรียงตามความลาดชันและมีค่ามุม Skew ถูกต้อง

๑๐) แผ่นยางรองคานพื้นสะพานสำหรับคานรูปตัวไอทั้งช่วงความยาว ๒๐.๐๐ เมตร และ ๓๐.๐๐ เมตร จะถูกกำหนดให้ใช้เป็น Laminated Elastomeric Bearing Pad ซึ่งมีการเสริมแผ่นเหล็กด้านใน (Steel Laminated Plate) เพื่อเพิ่มความสามารถในการรับน้ำหนัก เนื่องจากน้ำหนักกดทับจากคานรูปตัวไอมี ลักษณะกระทำเป็นจุดไม่กระจายเช่นคานรูปกล่อง



รูปที่ ๖-๓๖ ปรับระดับคานด้วย
Non Shrinkage Motor



รูปที่ ๖-๓๗ ตรวจสอบแผ่นยางรอง I-Girder
ตามข้อกำหนดในแบบก่อสร้าง

๖.๑.๓.๓ การก่อสร้างคานคอนกรีตอัดแรงตัวไอช่วง ๓๐.๐๐ เมตร ระบบดิ่งลวดอัดแรงภายหลังความแตกต่างจากการก่อสร้างคานระบบอัดแรงก่อน อยู่ที่ยอดติดตั้งลวดอัดแรงและวิธีอัดแรง โดยมีประเด็นสำคัญที่ต้องระมัดระวัง ดังนี้

๑) เนื่องจากการจัดวางลวดอัดแรงมีลักษณะเป็นรูปโค้งพาราโบลา และลวดอัดแรงจะถูกร้อยอยู่ในท่อ (Sheath) การติดตั้งท่อร้อยลวดอัดแรงจึงต้องตรวจสอบว่าค่าระดับท่อที่ระบุในแบบก่อสร้าง เป็นระดับที่ตำแหน่งศูนย์กลางท่อหรือท้องท่อ ทั้งนี้เพื่อให้ได้ระยะเยื้องแนวแกนสะพานที่ถูกต้องตามที่ออกแบบไว้



รูปที่ ๖-๓๘ เตรียมพื้นที่ก่อสร้างให้ได้ระดับและ
สะดวกต่อการทำงาน



รูปที่ ๖-๓๙ ติดตั้งท่อร้อยลวดอัดแรงตามตำแหน่ง
ที่ระบุในแบบก่อสร้าง

๒) รอยต่อของท่อร้อยลวดอัดแรงจะต้องแข็งแรงและป้องกันการรั่วซึมของน้ำปูนได้ดีเพื่อป้องกันปัญหาท่ออุดตันหลังจากเทคอนกรีตแล้วเสร็จ ซึ่งจะมีผลต่อการร้อยหรือดึงลวดอัดแรง

๓) บริเวณปลายคานทั้งสองข้าง ต้องมีการเสริมเหล็กกันแตกให้ถูกต้องครบถ้วนและมีระยะห่างตามแบบก่อสร้างโดยเฉพาะจุดรองรับสมอยึดลวดอัดแรง (Anchorage) เนื่องจากการถ่ายแรงจากลวดอัดแรงทั้งหมดจะเกิดขึ้นเฉพาะบริเวณปลายคาน



รูปที่ ๖-๔๐ ที่ปลายคานติดตั้งอุปกรณ์ตามที่
ผู้ออกแบบระบุให้ครบถ้วน



รูปที่ ๖-๔๑ เทคอนกรีตโดยให้เทให้เต็มตลอด
ความยาวไล่ระดับขึ้นมาจนถึงหลังคาน

๔) ในการเทคอนกรีต จะต้องควบคุมการจี้คอนกรีตให้ทั่วถึง โดยเฉพาะบริเวณปลายคานซึ่งมีหน่วยแรงเกิดขึ้นมาก เพื่อป้องกันการแตกร้าวของคอนกรีตหรือการยุบตัวของสมอยึดลวดอัดแรงในขณะอัดแรงหากเนื้อคอนกรีตไม่แน่นพอ และบริเวณช่วง Web ซึ่งเป็นพื้นที่แคบคอนกรีตอาจไหลไปไม่เต็มหน้าตัดคาน โดยการติดตั้งเครื่องเขย่าแบบหล่อด้านข้างเสริมในช่วง Web จะช่วยแก้ปัญหาการไหลของคอนกรีตได้มาก

๕) หลังจากเทคอนกรีตเสร็จประมาณ ๒ ชั่วโมง ให้ทำการลากดิ่งกลุ่มลวดอัดแรงที่อยู่ในท่อ รูดไปมาเพื่อทดสอบว่ามีน้ำปูนรั่วมาจับเกาะลวดอัดแรงหรือไม่ หากมีก็จะช่วยให้ปูนที่เริ่มแข็งตัวหลุดออกไป

๖) การดึงลวดอัดแรงเมื่อคอนกรีตมีกำลังรับแรงอัดตามที่กำหนดแล้ว ปกติควรใช้แม่แรงดึงลวดอัดแรงที่ปลายคานทั้งสองด้านพร้อมๆ กัน เพื่อลดการสูญเสียแรงดึงอันเนื่องมาจากความผิดที่เกิดขึ้นระหว่างลวดอัดแรงกับผิวท่อร้อยด้านในและความผิดที่เกิดจากความโค้งตามแนวตั้งของลวดอัดแรง



รูปที่ ๖-๔๒ ดึงลวดอัดแรงพร้อมกันทั้งกลุ่มตาม
วิธีการและค่าแรงที่กำหนด



รูปที่ ๖-๔๓ ผสมน้ำปูน

๓) การอัดน้ำปูน (Grouting) ในท่อน้ำลอดอัดแรงหลังจากอัดแรงแล้วเสร็จต้องตรวจสอบและควบคุมส่วนผสมและความชื้นเหลวของน้ำปูนให้ถูกต้องตามข้อกำหนด ปกติควรใส่สารผสมเพิ่มเพื่อการขยายตัวในน้ำปูนด้วย เพื่อชดเชยการหดตัวหลังจากน้ำปูนแข็งตัว ซึ่งจะทำให้ในท่อน้ำลอดอัดแรงไม่มีช่องว่างเป็นการป้องกันสนิมในลวดอัดแรง



รูปที่ ๖-๔๔ ตรวจสอบความชื้นเหลวของน้ำปูน



รูปที่ ๖-๔๕ อัดน้ำปูนในท่อน้ำลอดจนน้ำปูนล้นออกที่ปลายคาน่อีกด้าน



รูปที่ ๖-๔๖ ขนย้ายคานขึ้นสู่สะพานเตรียมการติดตั้ง



รูปที่ ๖-๔๗ ติดตั้ง I-Girder ด้วยวิธี Launching

๖.๑.๓.๔ การก่อสร้างพื้นบนคานคอนกรีตอัดแรงรูปตัวไอ

รูปแบบการก่อสร้างพื้นบนคานคอนกรีตอัดแรงรูปตัวไอของกรมทางหลวงชนบทกำหนดให้ใช้แผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป (Precast Concrete Panel) เป็นแบบหล่อท้องพื้นเพื่อความสะดวกรวดเร็ว ซึ่งสามารถลดเวลาและขั้นตอนในการทำงานได้มาก โดยแผ่นพื้นสำเร็จรูปดังกล่าวถูกออกแบบให้เป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างพื้น (Composite Section) ที่ช่วยรับน้ำหนักบรรทุกทุกด้วย ประเด็นสำคัญที่ต้องตรวจสอบและควบคุมการทำงาน มีดังนี้

๑) พื้นที่หลังบริเวณคานที่เป็นจุดรองรับแผ่นพื้นสำเร็จรูป จะต้องทำการปรับให้เรียบและได้ระดับ กรณีเป็นสะพานโค้งในแนวตั้ง จะต้องกำหนดระดับท้องพื้นจากระดับผิวจราจรลดด้วยความหนาพื้น ในช่วงใดที่ระดับท้องพื้นสูงกว่าหลังคานรูปตัวไอ ให้ใช้ปูนทรายปรับระดับหลังคานให้สูงขึ้นเพื่อรองรับแผ่นพื้นสำเร็จรูป



รูปที่ ๖-๔๘ ปรับระดับหลังคานด้วยปูนทราย
ก่อนวางแผนพื้นสำเร็จรูป

๒) แผ่นพื้นสำเร็จรูปที่นำมาใช้งาน ต้องมีรายการคำนวณการรับน้ำหนักให้เป็นไปตามที่กำหนดในแบบก่อสร้าง หากไม่สามารถควบคุมการผลิตได้อย่างใกล้ชิด ควรสุ่มเก็บตัวอย่างไปทำการทดสอบกำลังรับน้ำหนักด้วย

๓) เหล็กเสริมพื้นจะต้องมีการหนุ่นด้วยลูกปุ่นและค้ำยันด้วยเหล็ก Bar Chair เพื่อให้มีระยะหุ้มคอนกรีต (Covering) ถูกต้องตามแบบก่อสร้าง

๔) การเทคอนกรีตให้เทจากพื้นที่ต่ำไปพื้นที่สูง เพื่อป้องกันการไหลของคอนกรีต สำหรับการตกแต่งผิวหน้าและการบ่มคอนกรีตให้เป็นไปเช่นเดียวกับพื้นสะพานช่วง ๑๐.๐๐ เมตร



รูปที่ ๖-๔๙ เทคอนกรีตพื้นสะพานบนคาน I-Girder

๕) รอยต่อพื้นสะพานตามรูปแบบที่ใช้ทั่วไป จะต้องมียแผ่นเหล็กปิดปลายพื้นที่ทั้งสองช่วงที่ต่อเนื่องกัน (ติดตั้งพร้อมกับการเทคอนกรีตพื้นสะพาน) สำหรับการอุดรอยต่อมีให้เลือก ๒ แบบ ได้แก่ แบบใช้วัสดุยาแนว (Joint Sealant) รองรับด้วยท่อยาง (Rubber Pipe) และแบบใช้ยาง Neoprene Compression Seal



รูปที่ ๖-๕๐ ติดตั้งท่อยาง (Rubber Pipe For Joint) ที่รอยต่อพื้นสะพาน



รูปที่ ๖-๕๑ เทวัสดุยาแนวรอยต่อชนิดเทร็อน (Joint Sealant) ตาม มอก.๔๗๙

๖.๒ ทางเท้า

- ควบคุมการตัดเหล็กพื้นทางเท้าที่ติดตั้งมาพร้อมกับ Plank Girder ตัวริมให้ได้ตามแบบก่อสร้าง
- ตรวจสอบความแข็งแรงของค้ำยัน และท้องแบบทางเท้า
- ตรวจสอบการติดตั้งแบบจุกทางเท้า โดยวัดความกว้างพื้นสะพานทุกช่วง รอยต่อความยาว สะพาน (Span) ให้ได้ความกว้างถึงจุกทางเท้า ตามรูปแบบกำหนด



รูปที่ ๖-๕๒ การผูกเหล็กเสริมทางเท้าสะพาน

- ติดตั้งท่อระบายน้ำบนพื้นสะพานที่ฝังอยู่ใต้ทางเท้า ให้มั่นคงแข็งแรงไม่มีการเคลื่อนที่ระหว่างการเทคอนกรีตทางเท้า



รูปที่ ๖-๕๓ การติดตั้งท่อระบายน้ำใต้ทางเท้าสะพาน

- ตรวจสอบระดับหลังทางเท้า และความลาดเอียง ทุกๆ ระยะ ๕.๐๐ เมตร
- ตรวจสอบ ความถูกต้องของ เหล็กเสริมสำหรับเสาราวสะพานและแท่นติดตั้งเสาไฟฟ้าที่ ติดตั้งไว้บนทางเท้า
- ตรวจสอบรอยต่อระหว่างพื้นทางเท้าให้มีระยะห่าง ๒.๐๐ เซนติเมตร โดยใช้กระดาษขานอ้อยกัน



รูปที่ ๖-๕๔ แสดงรอยต่อระหว่างพื้นทางเท้าสะพาน

- เมื่อคอนกรีตแข็งตัวให้ควบคุมการตัดแต่งรอยต่อทางเท้าให้เรียบร้อย และ ควบคุมการเซาะร่องรอยต่อระหว่าง พื้นทางเท้าให้ลึก ๒.๐๐ เซนติเมตร แล้วจึงยาแนวรอยต่อด้วยวัสดุยาแนว รอยต่อคอนกรีตที่มีคุณสมบัติตามข้อกำหนดต่อไป



รูปที่ ๖-๕๕ การตัดแต่งรอยต่อและเจาะร่องรอยต่อระหว่างพื้นทางเท้าสะพาน

๖.๓ ราวสะพาน

- ตรวจสอบการติดตั้งเหล็กเสริมเสาและราวสะพานให้ครบถ้วนและได้ตำแหน่งที่ถูกต้อง
- ตรวจสอบแบบหล่อเสาราวสะพานให้ได้แนวดิ่ง
- ควบคุมการเทคอนกรีตเสาราวสะพานให้คอนกรีตไหลลงเต็มแบบเสา



รูปที่ ๖-๕๖ การประกอบแบบและเทคอนกรีตเสาราวสะพาน

- ตรวจสอบเหล็กกราวสะพานให้ครบถ้วนถูกต้องได้ตำแหน่งตามรูปแบบที่กำหนด



รูปที่ ๖-๕๗ การติดตั้งเหล็กเสริมราวสะพานบนเสาราวสะพาน

- ตรวจสอบแบบหล่อราวสะพานให้ติดตั้งอย่างมั่นคงแข็งแรงได้แนวที่สวยงาม
- ควบคุมการเทคอนกรีตราวสะพานให้เต็มแบบหล่อ
- ควบคุมการตกแต่งผิวคอนกรีตหลังราวสะพานให้ผิวคอนกรีตเรียบ และสวยงาม
- ถอดแบบหล่อเมื่อคอนกรีตได้อายุ โดยควบคุมการถอดแบบด้วยความระมัดระวัง ไม่ให้คอนกรีตราวสะพานเกิดการชำรุด และแบบหล่อเสียหายบิดงอ เนื่องจากจะต้องนำไปประกอบใช้หล่อคอนกรีตราวสะพานในช่วงอื่นๆ อีก โดยให้ตกแต่งผิวและมุมต่างๆ ของคอนกรีตราวสะพานอีกครั้ง เพื่อความเรียบร้อย สวยงาม



รูปที่ ๖-๕๘ การประกอบแบบและเทคอนกรีตราวสะพาน

บทที่ ๗

ส่วนประกอบอื่น ๆ ของสะพาน

นอกจากสะพานจะประกอบด้วยโครงสร้างส่วนล่าง และโครงสร้างส่วนบนแล้วสะพานยังต้องมีส่วนประกอบอื่นเสริมให้เกิดความครบถ้วนสมบูรณ์ เพื่อความมั่นคงแข็งแรง เพื่อความสะดวกปลอดภัยในการใช้งาน รวมถึงเพื่อความสวยงามและประโยชน์อื่นๆ ดังนี้

๗.๑ ดาดคอนกรีตป้องกันคอสะพาน (Concrete Slope Protection)

เป็นส่วนประกอบที่ใช้ป้องกันการกัดเซาะคอสะพาน และเพิ่มเสถียรภาพของถนนคอสะพาน โดยทั่วไปจะก่อสร้างไว้ที่ตอม่อตัวริม งานก่อสร้างประกอบด้วย งานดินถม และงานดาดคอนกรีต แนวทางปฏิบัติในการควบคุมงาน มีดังนี้

๗.๑.๑ กำหนดให้ดำเนินการขั้นตอนงานดินถมคันทางไปพร้อมการถมดินเพื่อก่อสร้างถนนคอสะพาน โดยควบคุมการบดอัดดินถมทั้งด้านหน้าและด้านหลังตอม่อตัวริมให้มีความหนาไม่เกินข้อกำหนดและใช้เครื่องจักรในการบดอัดที่เหมาะสม เพื่อป้องกันความเสียหายของตอม่อตัวริมที่เกิดจากแรงดันดิน

๗.๑.๒ ตรวจสอบงานดินถมให้มีความลาดเอียงถูกต้องตามแบบก่อสร้าง เช่น เอียงลาดตั้ง : ราบ เท่ากับ ๑ : ๒ เป็นต้น

๗.๑.๓ ตรวจสอบตำแหน่งก่อสร้างคานขอบ (Shear Key) ให้เหมาะสมกับสภาพดินเดิมและได้แนวที่ถูกต้องตามระยะที่กำหนดในแบบก่อสร้าง



รูปที่ ๗-๑ งานดินถมรองรับดาดคอนกรีตป้องกันคอสะพาน และการเตรียมพื้นที่ก่อสร้างคานขอบ (Shear Key)

๗.๑.๔ ตรวจสอบขนาดคานขอบ และเหล็กเสริมให้ถูกต้องตามแบบก่อสร้าง

๗.๑.๕ ควบคุมการเทคอนกรีตคานขอบให้ได้รูปทรงตามแบบก่อสร้าง และควบคุมการแต่งผิวคอนกรีตให้เรียบร้อยสวยงาม



รูปที่ ๗-๒ งานเทคอนกรีตหล่อคานขอบ (Shear Key)

๗.๑.๖ ตรวจสอบ ตำแหน่ง ที่จะติดตั้งท่อระบายน้ำในพื้นที่เอียงลาดที่จะคาดคอนกรีตให้ถูกต้องตามแบบก่อสร้าง

๗.๑.๗ ตรวจสอบชนิดและขนาดของท่อระบายน้ำ รวมถึงหินกรวดและแผ่นใยสังเคราะห์สำหรับใช้เป็นวัสดุรองเม็ดดินให้ถูกต้องตามแบบก่อสร้างและข้อกำหนด

๗.๑.๘ ควบคุมการขุดติดตั้งท่อระบายน้ำให้มีระยะฝังและความเอียงลาดของท่อ ตลอดจนการติดตั้งวัสดุรองเม็ดดินให้ถูกต้องตามแบบก่อสร้าง

๗.๑.๙ ตรวจสอบให้มีการติดตั้งกระดาดขานอ้อยกั้นรอยต่อระหว่างส่วนที่เทคอนกรีตติดกับคานขอบและโครงสร้างต่อม่อัดบริมให้เรียบร้อยครบถ้วนตามแบบก่อสร้าง

๗.๑.๑๐ ตรวจสอบขนาดและระยะห่างของตะแกรงเหล็กแผ่นคอนกรีตคาดให้ถูกต้องตามแบบก่อสร้าง

๗.๑.๑๑ ควบคุมการเทคอนกรีตคาดให้มีความหนาถูกต้องตามแบบก่อสร้าง และควบคุมการแต่งผิวหน้าคอนกรีตให้เรียบร้อยสวยงาม



รูปที่ ๗-๓ งานติดตั้งท่อระบายน้ำและตะแกรงเหล็กเสริมลาดคอนกรีต

๗.๑.๑๒ ควบคุมการเซาะร่องแผ่นคอนกรีตลาดให้มีระยะห่างและความลึกถูกต้องตามแบบก่อสร้าง รวมทั้งให้ได้แนวที่สวยงาม

๗.๑.๑๓ ตรวจสอบวัสดุยาแนวรอยต่อให้มีคุณสมบัติตามข้อกำหนด และควบคุมการยาแนวให้เรียบร้อยครบถ้วนทุกแนวที่มีการเซาะร่อง



รูปที่ ๗-๔ งานลาดคอนกรีตที่ก่อสร้างแล้วเสร็จ

๗.๒ พื้นคอนกรีตเชิงลาดคอสะพาน (Approach Slab)

เป็นส่วนประกอบของสะพานที่ใช้ป้องกันปัญหาการสะดุดของยานพาหนะขณะวิ่งขึ้นสะพานเนื่องจากถนนคอสะพานเกิดการทรุดตัวซึ่งอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ ทั้งนี้ด้วยลักษณะของ Approach Slab ที่ปลายข้างหนึ่งวางอยู่บนตอม่อตัวบริมทำให้ปลายข้างนี้จะมีระดับเท่ากับพื้นสะพานอยู่ตลอดเวลา และปลายอีกข้างหนึ่งวางอยู่บนตัวถนนทำให้ปลายข้างนี้จะมีระดับเท่ากับผิวถนน ซึ่งหากถนนทรุดตัวก็จะทรุดตามไปด้วยตลอดเวลาเช่นกัน แนวทางในการควบคุมการก่อสร้าง Approach Slab ให้เป็นไปตามลำดับ ดังนี้

๗.๒.๑ ควบคุมการก่อสร้างงานดินถมคันทางและชั้นโครงสร้างทางรองรับ Approach Slab ให้ถูกต้องตามแบบก่อสร้างและมาตรฐานข้อกำหนด



รูปที่ ๗-๕ การทดสอบความแน่นชั้นโครงสร้างทางที่รองรับ Approach Slab
โดยการทำ Sand Cone Test

๗.๒.๒ ควบคุมการก่อสร้างงานทรายซับน้ำ (Porous Backfill) ใต้ Approach Slab (บริเวณที่ติดกับตอม่อตัวบริม) ให้มีระยะและความลึกถูกต้องตามแบบก่อสร้างโดยต้องระมัดระวังการบดอัดไม่ให้เกิดความเสียหายต่อตอม่อตัวบริม



รูปที่ ๗-๖ การถมทรายซับน้ำใต้พื้น Approach Slab

๗.๒.๓ ควบคุมงานทรายหยาบรองพื้นใต้ผิว Approach Slab ให้มีความหนาและความแน่นเป็นไปตามแบบก่อสร้างและข้อกำหนด



รูปที่ ๗-๗ การบดอัดทรายรองใต้พื้น Approach Slab

๗.๒.๔ ตรวจสอบแผ่นพลาสติกที่ใช้รองบริเวณรอยต่อของ Approach Slab ให้มีความกว้าง ความหนาและคุณสมบัติอื่น (ถ้ามี) เป็นไปตามแบบก่อสร้าง และข้อกำหนดรวมทั้งตรวจสอบการปูแผ่นพลาสติกให้ถูกต้องเรียบร้อย

๗.๒.๕ ตรวจสอบความสูงของแบบหล่อ และขนาดของ Shear Key ในแนวรอยต่อตามยาวให้ถูกต้อง

๗.๒.๖ ตรวจสอบขนาดความกว้าง ความยาว และค่าระดับผิวบนของแบบหล่อที่ติดตั้งแล้วให้ถูกต้อง

๗.๒.๗ ตรวจสอบขนาด ระยะห่าง และระยะทาบของเหล็กตะแกรงเสริม Approach Slab ให้ถูกต้องตามแบบก่อสร้าง ซึ่งรูปแบบโดยทั่วไปจะแบ่งแปลนพื้นออกเป็น ๒ ช่วงตามความยาว ช่วงแรกที่พาดบนตอม่อ ตับริมจะเสริมเหล็ก ๒ ชั้น เพื่อให้สามารถรับแรงดัดได้ และช่วงที่สองซึ่งมีการเชื่อมต่อด้วย เหล็กเดือย (Dowel Bars) จะเสริมเหล็กด้านบนชั้นเดียวดังเช่นผิวถนนคอนกรีตทั่วไป



รูปที่ ๗-๘ เหล็กเสริม Approach Slab และการปูแผ่นพลาสติกใต้รอยต่อแผ่นพื้นคอนกรีต



เหล็กยึดรอยต่อตามขวาง (Dowel Bars)
(ดูขยาย รูปที่ ๕-๑๐)

เหล็กยึดรอยต่อตามยาว
(Tie Bars)

รูปที่ ๗-๙ การฝังเหล็กยึดรอยต่อตามยาว (Tie Bars)



เหล็กยึดรอยต่อตามขวาง
(Dowel Bars)

รูปที่ ๗-๑๐ การฝังเหล็กยึดรอยต่อตามขวาง (Dowel Bars)

๗.๒.๘ ตรวจสอบขนาด ตำแหน่ง และระยะฝังของเหล็กยึดรอยต่อตามยาว (Tie Bars) เนื่องจากรูปแบบโดยทั่วไปจะแบ่งแผ่นพื้นออกเป็น ๒ ข้าง และเหล็กยึดรอยต่อตามขวาง (Dowel Bars) ให้ถูกต้องตามแบบก่อสร้าง

๗.๒.๙ ก่อนเทคอนกรีตจะต้องควบคุมให้มีการพรมน้ำบนทรายหยาบรองพื้นให้มีความชุ่มน้ำไว้เพื่อป้องกันการดูดซึมน้ำจากคอนกรีต

๗.๒.๑๐ ควบคุมการเทคอนกรีตให้ได้ระดับผิวจราจรตามแบบก่อสร้าง และควบคุมการแต่งผิวหน้าคอนกรีตให้หยาบพร้อมกวาดเป็นร่องตามแนวขวางเพื่อเพิ่มแรงเสียดทานระหว่างผิวพื้นคอนกรีตกับล้อรถ

๗.๒.๑๑ ควบคุมให้มีการบ่มคอนกรีตพื้นที่ที่แต่งผิวหน้าเสร็จ โดยอาจใช้วิธีใดวิธีหนึ่ง ดังต่อไปนี้

- ๑) กระสอบป่านชุ่มน้ำ
- ๒) วิธีชังน้ำ
- ๓) วิธีคลุมด้วยทรายชุ่มน้ำ
- ๔) ใช้พ่นคลุมด้วยน้ำยาบ่มคอนกรีต (Curing Compound)

ซึ่งทั้ง ๔ วิธีดังกล่าวข้างต้นต้องควบคุมให้บ่มต่อเนื่องตามมาตรฐานข้อกำหนด

๗.๒.๑๒ ในการก่อสร้างแผ่นพื้นส่วนที่ต่อเนื่องจากที่เทคอนกรีตไปแล้ว จะต้องตรวจสอบ Tie Bars และ Dowel Bars ส่วนที่ยื่นออกมาให้อยู่ในแนวราบ แล้วจึงควบคุมและตรวจสอบตามขั้นตอนข้างต้นต่อไป



รูปที่ ๗-๑๑ การบ่มคอนกรีต (กระสอบคลุม พ่นน้ำยา และคลุมพลาสติก)

๗.๓ รางระบายน้ำคอนกรีตบริเวณเชิงลาดสะพาน

เพื่อให้น้ำไหลลงออกจากสะพานอย่างเป็นระบบ ไม่ไหลกัดเซาะดินถมบริเวณคอสะพาน ซึ่งอาจทำให้เกิดความเสียหายได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสะพานที่มีลักษณะโค้งคว่ำ เมื่อฝนตกจะมีน้ำไหลมาสะสมบริเวณคอสะพานบนเชิงลาดคอสะพานเป็นจำนวนมาก จึงต้องมีรางระบายน้ำบริเวณเชิงลาดคอสะพาน เพื่อให้ น้ำไหลลงสู่ด้านล่างของสะพาน และบริเวณลาดไหล่ทางได้อย่างเรียบร้อย ปลอดภัย โดยในการก่อสร้างรางระบายน้ำบริเวณเชิงลาดคอสะพาน ผู้ควบคุมงานควรควบคุมตรวจสอบ ดังนี้



- ๗.๓.๑ ควบคุมการขุดร่องเพื่อก่อสร้างรางน้ำ ให้ได้แนว ความลาดชันและขนาดที่ถูกต้อง
- ๗.๓.๒ ในขณะที่ก่อสร้างให้เว้นรอยต่อที่ติดกับแผ่นพื้นคอนกรีตบริเวณเชิงลาดสะพานไว้ประมาณ ๒.๐๐ เซนติเมตร เพื่อการยาแนวด้วยวัสดุยาแนวรอยต่อในภายหลังสามารถกระทำได้
- ๗.๓.๓ ตบแต่งผิวคอนกรีตให้เรียบเรียบร้อยงาม
- ๗.๓.๔ บรรจุหินในบ่อรับน้ำตามรูปแบบเพื่อรองรับกระแสน้ำที่ไหลลงมาตามรางน้ำ
- ๗.๓.๕ กลบดินข้างรางระบายน้ำให้เรียบร้อย และบดอัดดินด้วยเครื่องตบดินให้แน่น
- ๗.๓.๖ ตรวจสอบ พื้นผิวคอนกรีตที่น้ำจะไหลลงสู่บ่อพักอีกครั้งว่า น้ำสามารถไหลลงสู่บ่อพักได้ โดยสะดวกและไม่ค้างอยู่ในส่วนใดๆ



รูปที่ ๗-๑๒ รางระบายน้ำและบ่อพักบริเวณเชิงลาดคอสะพาน

๗.๔ กำแพงกันดิน (Retaining Wall)

ในพื้นที่จำกัดที่เชิงลาดคอสะพานไม่สามารถก่อสร้างลาดคันทางได้ จำเป็นต้องออกแบบก่อสร้างเป็นกำแพงกันดินที่ด้านข้างเชิงลาดคอสะพาน เพื่อให้เชิงลาดคอสะพานมีความมั่นคงแข็งแรง ไม่ทรุดตัวเนื่องจากการเคลื่อนตัวด้านข้างของดินถมบริเวณคอสะพาน ในการก่อสร้างกำแพงกันดินดังกล่าวผู้ควบคุมงานต้องควบคุมและตรวจสอบ ดังนี้

๗.๔.๑ ให้ควบคุมตรวจสอบการบดอัดดินใต้ฐานรากกำแพงกันดิน ให้ได้ตรงแบบตามที่กำหนดก่อนการก่อสร้างงานกำแพงกันดิน

๗.๔.๒ ก่อสร้างโครงสร้างกำแพงกันดินตามรูปแบบก่อสร้าง โดยในระหว่างการเทคอนกรีตควรเทคอนกรีตส่วนฐานกำแพงให้เรียบร้อย ก่อนเทส่วนกำแพง โดยในส่วนของกำแพงควรเทคอนกรีตไล่ระดับตามแนวราบจากล่างขึ้นด้านบนตลอดความยาวกำแพง หากเทคอนกรีตไม่แล้วเสร็จในวันนั้น ให้แต่งผิวคอนกรีตให้ได้ระดับในแนวราบ และก่อนเทคอนกรีตในวันถัดไป ให้รดน้ำผิวคอนกรีตเดิมที่แข็งตัวแล้วด้วยน้ำสะอาดก่อน เพื่อไม่ให้คอนกรีตเดิมดูดซึมน้ำออกจากคอนกรีตใหม่ ซึ่งเป็นสาเหตุให้รอยต่อคอนกรีตดังกล่าวไม่เป็นเนื้อเดียวกันและไม่แข็งแรง

๗.๔.๓ บ่มคอนกรีตให้ได้อายุตามกำหนด ทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตให้ได้ตามที่ออกแบบไว้ ก่อนการก่อสร้างงานดินถมด้านในกำแพงกันดินด้วยการบดอัดงานดินเป็นชั้นๆ โดยไม่ให้แต่ละชั้นหนาจนเกินไป เพื่อให้สามารถบดอัดได้ง่าย และได้ความแน่นตามกำหนด



รูปที่ ๗-๑๓ บดอัดดินเดิมให้ได้ความแน่นก่อน
ก่อสร้างฐานกำแพงกันดิน



รูปที่ ๗-๑๔ ติดตั้งเหล็กเสริมและท่อระบายน้ำ

๗.๕ ราวกันตกคอนกรีต (Concrete Barrier)

ราวกันตกคอนกรีต (Concrete Barrier) เป็นส่วนประกอบหนึ่งของสะพาน ซึ่งติดตั้งอยู่บนพื้นคอนกรีตเชิงลาดคอสะพานฝั่งซ้าย (ด้านรถวิ่งเข้าสะพาน) ทำหน้าที่ป้องกันยานพาหนะที่จะขึ้นมาใช้สะพานตกคอสะพานและขับชนราวสะพาน ปีนขึ้นทางเท้าสะพาน หรือเพื่อเป็นเครื่องเตือนให้ผู้ขับขี่ยานพาหนะทราบถึงแนวที่จะขับขึ้นสะพานได้อย่างปลอดภัยยิ่งขึ้น และมีประโยชน์ทางอ้อมในการเป็น โครงสร้างระบายน้ำให้น้ำบนสะพานไหลผ่านไปตามราวกันตกคอนกรีต ก่อนไหลลงรางระบายน้ำที่ปลายราวกันตกคอนกรีตได้ต่อไป โดยในการก่อสร้างราวกันตกคอนกรีต (Concrete Barrier) ผู้ควบคุมงานควรตรวจสอบ ดังนี้

๗.๕.๑ ตรวจสอบแนวก่อสร้างราวกันตกคอนกรีตให้เป็นแนวเดียวกับราวสะพาน

๗.๕.๒ ตรวจสอบความกว้างช่องจราจร ต้องไม่น้อยกว่าแบบก่อสร้างกำหนด

๗.๕.๓ ตรวจสอบรอยต่อของราวกันตกคอนกรีต ให้มีตำแหน่งตรงกันกับรอยต่อของพื้นคอนกรีตบริเวณเชิงลาดสะพาน (Approach Slab)

๗.๕.๔ ตบแต่งผิวคอนกรีตให้เรียบเรียบร้อยงามและก่อสร้างราวกันตกคอนกรีตให้ได้รูปทรงตามแบบก่อสร้าง

๗.๕.๕ ตรวจสอบให้แน่ใจว่า ราวกันตกคอนกรีตติดตั้งอยู่บนพื้นคอนกรีตเชิงลาดคอสะพานอย่างแท้จริง ไม่มีส่วนใดยื่นเหยียบอยู่บนส่วนของตอม่อสะพานตัวริม โดยเฉพาะบริเวณหูช้าง เพราะพื้นคอนกรีตเชิงลาดคอสะพาน จะมีค่าการหลุดร่วงต่างจากตัวสะพาน ซึ่งในระยะยาวหากพื้นคอนกรีตเชิงลาดคอสะพานหลุดร่วง (ปรับตัวตามการหลุดร่วงของถนนต่อเชื่อม) อาจส่งผลให้ราวกันตกคอนกรีตที่มีบางส่วนยื่นอยู่บนหูช้างตอม่อตัวริมชำรุดเสียหายได้



รูปที่ ๗-๑๕ ส่วนปลายราวกันตกคอนกรีตมีลักษณะปิดตัวและเรียงลง



รูปที่ ๗-๑๖ เทคอนกรีตส่วนบนของราวกันตกคอนกรีตเป็นส่วนสุดท้าย



รูปที่ ๗-๑๗ ราวกันตกคอนกรีตฝั่งซ้ายและคันหินคอนกรีตฝั่งขวาบริเวณเชิงลาดคอสะพาน

ข้อเสนอแนะ

ในการก่อสร้างราวกันตกคอนกรีตควรเทคอนกรีตทีละชั้นไล่ระดับจากส่วนล่างแล้วค่อยเข้าแบบในส่วนบนเพื่อให้เข้าแบบได้รูปทรงที่ต้องการ เมื่อถอดแบบให้ตกแต่งผิวคอนกรีตอีกครั้ง เพื่อความเรียบร้อยสวยงาม

๗.๖ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

ในงานก่อสร้างสะพาน บางสะพานอาจตั้งอยู่ในเขตชุมชน ซึ่งจำเป็นต้องมีระบบไฟฟ้าแสงสว่างบนสะพาน เพื่ออำนวยความสะดวกและความปลอดภัยแก่ผู้ใช้รถใช้ถนน เนื่องจากมียานพาหนะวิ่งบนสะพานเป็นจำนวนมากทั้งกลางวันและกลางคืน เพื่อให้การก่อสร้างระบบไฟฟ้าแสงสว่างถูกต้อง ปลอดภัยแก่ผู้ใช้สะพาน ผู้ควบคุมงานควรตรวจสอบดำเนินการ ดังนี้

๗.๖.๑ ประสานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคท้องถิ่นเพื่อขยายเขตไฟฟ้า และต่อกระแสไฟฟ้า

๗.๖.๒ ตรวจสอบใบรับรอง มอก. ของผู้ผลิต ตาม มอก. ที่ระบุในข้อกำหนดของ สัญญาจ้างหรือแบบก่อสร้าง

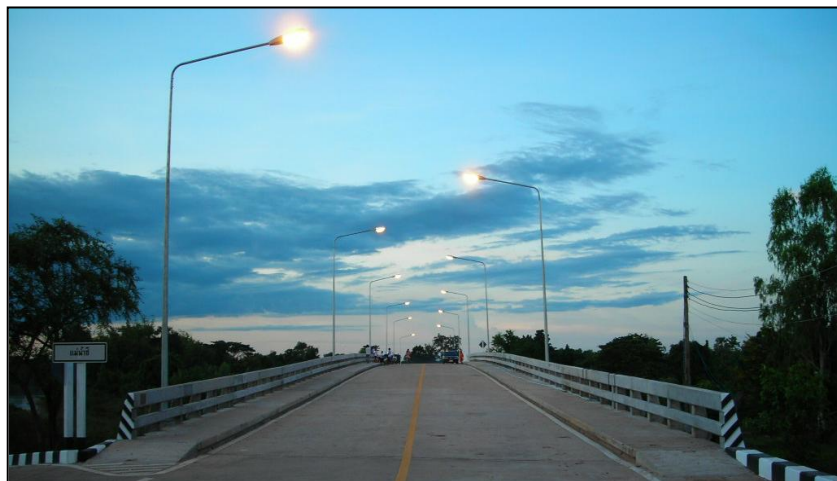
๗.๖.๓ ตรวจสอบอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น ชนิดของหลอดไฟและกำลังส่องสว่าง สายไฟ ท่อร้อยสายไฟ อุปกรณ์ยึด ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ภายในตู้ ให้ถูกต้องตามแบบก่อสร้างกำหนด

๗.๖.๔ ควบคุมตรวจสอบการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า ทดลองเปิดใช้ไฟฟ้าแสงสว่างในระยะเวลาหนึ่ง ตลอดทั้งกลางวันและกลางคืนและทดลองระบบเปิด-ปิดอัตโนมัติจนมั่นใจก่อนเตรียมกุญแจตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าเพื่อส่งมอบคณะกรรมการตรวจการจ้างในวันที่ตรวจรับงาน

๗.๖.๕ วัดขนาดความสูง ขนาด ความหนาและจำนวนของเสาไฟฟ้าแสงสว่าง รวมทั้งชนิดและจำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าให้ถูกต้องตามรูปแบบ



รูปที่ ๗-๑๘ เสาไฟฟ้าแสงสว่าง
ก่อนการติดตั้ง



รูปที่ ๗-๑๙ ทดลองเปิดใช้งานระบบไฟฟ้าแสงสว่างบนสะพานอย่างต่อเนื่อง

๗.๗ เครื่องหมายจราจร

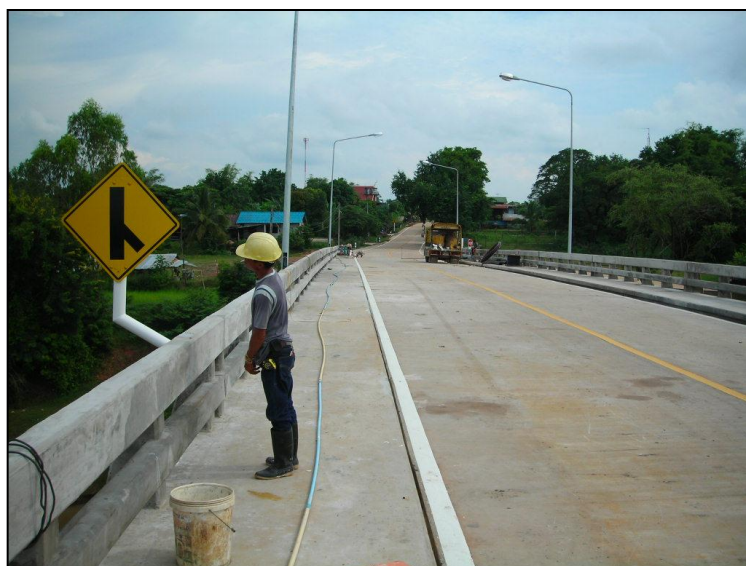
สะพานเป็นส่วนหนึ่งของทางสาธารณะ ดังนั้นเพื่อให้สามารถใช้เป็นเส้นทางสัญจรของยานพาหนะได้อย่างสมบูรณ์ ปลอดภัยและเป็นมาตรฐาน ต้องมีเครื่องหมายจราจรตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง และสามารถใช้เป็นเครื่องหมายเตือนได้อย่างถูกต้อง ปลอดภัยและคงทน ดังนั้น ผู้ควบคุมงานต้องควบคุมการก่อสร้างงานเครื่องหมายจราจรอย่างเคร่งครัด โดยมีข้อแนะนำ ดังนี้

๗.๗.๑ ตรวจสอบแบบก่อสร้างและความเหมาะสมของเครื่องหมายจราจรที่ปรากฏอยู่ในแบบก่อสร้าง และพื้นที่จริง หากเห็นว่าไม่เหมาะสมให้เสนอคณะกรรมการตรวจการจ้างเพื่อพิจารณาก่อนดำเนินการต่อไป

๗.๗.๒ ตรวจสอบใบรับรอง มอก. ของผู้ผลิต ตาม มอก. ที่ระบุในข้อกำหนดของ สัญญาจ้างหรือแบบก่อสร้าง

๗.๗.๓ ตรวจสอบชนิด ความหนาของแผ่นป้ายจราจร พร้อมทั้งตรวจสอบแผ่นสะท้อนแสง วัดค่าการสะท้อนแสง ก่อนอนุญาตให้นำมาใช้งาน

๗.๗.๔ ควบคุมตรวจสอบการติดตั้งแผ่นสะท้อนแสงให้ตรงตามตำแหน่งที่ถูกต้อง ผิวเรียบ และแน่นหนา และตรวจสอบค่าการสะท้อนแสง



รูปที่ ๗-๒๐ เครื่องหมายจราจรบนสะพาน

๗.๗.๕ ตรวจสอบแนวและตำแหน่งเส้นจราจร ควบคุมให้มีการตีเส้นจราจรตามมาตรฐาน และวิธีการของผู้ผลิต เช่นทำความสะอาดพื้นผิว ลงน้ำยารองพื้นก่อนการตีเส้นจราจร

๗.๗.๖ ตรวจสอบการตี Rumble Strips บนแผ่นพื้นคอนกรีต บริเวณเชิงลาดสะพานให้เป็นไปตามรูปแบบกำหนด

๗.๗.๗ ตรวจสอบความกว้าง ความหนา ค่าการสะท้อนแสงของเส้นจราจร



รูปที่ ๗-๒๑ สีเทอร์โมพลาสติก



รูปที่ ๗-๒๒ ตีเส้นจราจรด้วยสีเทอร์โมพลาสติกและ
โรยลูกแก้วสะท้อนแสง



รูปที่ ๗-๒๓ ตรวจสอบค่าการสะท้อนแสงของเส้น
จราจร



รูปที่ ๗-๒๔ ค่าการสะท้อนแสงที่ปรากฏที่เครื่อง
ตรวจสอบ



รูปที่ ๗-๒๕ เครื่องหมายจราจรต่างๆ บนสะพานและบนส่วนประกอบของสะพาน

ข้อกำหนดของการตรวจสอบค่าการสะท้อนแสง

เส้นจราจร สีขาว	> ๓๐๐ mcd/lux/m ^๒ (เฉลี่ยทั้งเส้น)
สีเหลือง	> ๓๐๐ mcd/lux/m ^๒ (เฉลี่ยทั้งเส้น)
ป้ายจราจร สีขาว	> ๗๐ Cd/lux/m ^๒ (เฉลี่ย ๔ จุดใน ๑ ป้าย)
สีเหลือง	> ๕๐ Cd/lux/m ^๒ (เฉลี่ย ๔ จุดใน ๑ ป้าย)
สีแดง	> ๑๔ Cd/lux/m ^๒ (เฉลี่ย ๔ จุดใน ๑ ป้าย)
สีน้ำเงิน	> ๔ Cd/lux/m ^๒ (เฉลี่ย ๔ จุดใน ๑ ป้าย)

บทที่ ๘

การควบคุมคุณภาพวัสดุ

ในปัจจุบันงานก่อสร้างสะพานไม่ว่าจะเป็นสะพานขนาดใหญ่ ขนาดกลาง หรือสะพานขนาดเล็ก ส่วนใหญ่มักใช้คอนกรีตเป็นส่วนประกอบหลักในโครงสร้างส่วนต่างๆ ของสะพาน เช่น เสาเข็ม ตอม่อ เสา คาน พื้นราวดสะพาน และส่วนประกอบอื่นๆ เนื่องจากคอนกรีตเป็นวัสดุก่อสร้างที่มีคุณสมบัติหรือลักษณะที่โดดเด่นกว่าวัสดุก่อสร้างชนิดอื่น เช่น สามารถหล่อให้มีรูปร่างต่างๆ ได้ตามที่ต้องการ มีความแข็งแรงคงทนสูง มีอายุการใช้งานยาวนาน และมีราคาถูกกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุก่อสร้างชนิดอื่น เช่น ไม้ หรือเหล็กgrupพรรณ เป็นต้น

๘.๑ คอนกรีต

คอนกรีต (Concrete) คือ วัสดุก่อสร้างชนิดหนึ่งที่ยินยอมใช้กันอย่างแพร่หลายในงานก่อสร้างประเภทต่างๆ ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน เพราะเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติหลายประการที่เหมาะสม อาทิเช่น สามารถหล่อขึ้นรูปได้ตามที่ต้องการได้ มีความคงทนสูง ไม่ติดไฟ สามารถเทหล่อได้ในสถานที่ก่อสร้าง ตกแต่งผิวให้สวยงามได้ และที่สำคัญคือมีราคาไม่แพง โดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบกับราคาเหล็กgrupพรรณ

โดยทั่วไป คอนกรีตประกอบด้วยส่วนผสมพื้นฐาน ๒ ส่วน คือ

๑) ซีเมนต์เพสต์ (Cement Paste) ได้แก่ ปูนซีเมนต์ น้ำและสารผสมเพิ่ม

๒) มวลรวม (Aggregates) ได้แก่ มวลรวมละเอียดหรือทราย และมวลรวมหยาบ ได้แก่

หินหรือกรวด

เมื่อนำส่วนผสมต่างๆ เหล่านี้มาผสมกันจะได้คอนกรีตที่คงสภาพเหลวอยู่ช่วงเวลาหนึ่งพอที่จะนำไปเทลงในแบบหล่อที่มีรูปร่างตามต้องการได้ เรียกคอนกรีตในสภาพนี้ว่า “คอนกรีตสด (Fresh Concrete)” หลังจากนั้นคอนกรีตจะเปลี่ยนสภาพเป็นของแข็งในเวลาต่อมา โดยจะมีกำลังหรือความแข็งแรงมากขึ้นตามอายุที่เพิ่มขึ้น และเมื่อมีคุณสมบัติผ่านข้อกำหนดงานคอนกรีตตามข้อกำหนดไว้ จึงจะสามารถเปิดใช้งานรับน้ำหนักได้ต่อไป เรียกคอนกรีตภายหลังจากการเปลี่ยนสภาพเป็นของแข็งแล้วนี้ว่า “คอนกรีตแข็งตัวแล้ว (Hardened Concrete)” (ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร และคณะ ๒๕๔๘, ๑๑๖)

โดยทั่วไปงานก่อสร้างสะพานส่วนใหญ่ มักจะก่อสร้างด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก (คสล.) และคอนกรีตอัดแรง (คอร.) นอกจากนั้น ยังมีพื้นที่บางแห่งโดยเฉพาะจังหวัดที่อยู่ติดทะเลหรือชายฝั่งทะเลที่มีลักษณะเป็นดินเค็มหรือน้ำเค็ม จำเป็นต้องใช้คอนกรีตที่มีคุณสมบัติพิเศษในการป้องกันซัลเฟต และคลอไรด์ซึมผ่านเนื้อคอนกรีตได้โดยง่าย ผู้ออกแบบจึงต้องกำหนดคุณสมบัติของคอนกรีตที่ต้องใช้วัสดุบางชนิดผสมเพิ่มเติมในปูนซีเมนต์ หรือสารผสมเพิ่มของคอนกรีต ซึ่งแบ่งออกเป็น ๓ ชนิด คือ วัสดุเฉื่อย (Inert Materials) วัสดุซีเมนต์ (Cementing Materials) และวัสดุปอซโซลาน (Pozzolan Materials) โดยปกติผู้ออกแบบมักจะกำหนดให้ใช้วัสดุปอซโซลานเป็นส่วนผสมคอนกรีตป้องกันน้ำเค็ม เนื่องจากเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายในประเทศไทย ราคาไม่แพง สามารถขนส่งได้สะดวกรวดเร็ว ไม่กระทบต่อราคางานและระยะเวลาก่อสร้าง ดังนั้น โรงงานผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ (Ready Mix Concrete) ส่วนใหญ่ มักใช้เถ้าลอย (Fly Ash) ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากการเผาถ่านหินเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าจากโรงงานไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ตัวอย่างคอนกรีตป้องกันน้ำเค็ม เช่น มารีนคอนกรีต เป็นต้น ซึ่งคอนกรีตที่มีคุณสมบัติป้องกันผลกระทบจากน้ำทะเลเหล่านี้ สามารถนำมาใช้ได้ทั้งคอนกรีตสำหรับงานโครงสร้างชนิดหล่อในที่ที่ไม่ต้องการกำลังรับแรงอัดสูงในระยะเวลานั้น และ



คอนกรีตสำหรับงานโครงสร้างชนิดคอนกรีตอัดแรงที่ต้องการกำลังรับแรงอัดสูงในระยะเวลานั้น (High Early Strength) อีกด้วย

๘.๒ วัสดุที่ใช้ในงานคอนกรีต

งานคอนกรีต ซึ่งประกอบด้วยส่วนผสมต่างๆ ได้แก่ ปูนซีเมนต์ หิน ทราย และน้ำเป็นส่วนผสมหลัก นอกจากนั้น อาจมีสารผสมเพิ่มอยู่ด้วยกรณีที่เป็นคอนกรีตผสมเสร็จ (Ready Mix Concrete) ดังนั้น การควบคุมงานคอนกรีต ผู้ควบคุมงานจะต้องควบคุมกำกับดูแลทั้งคุณสมบัติและคุณภาพของวัสดุชนิดต่างๆ ให้ถูกต้องครบถ้วนตามเกณฑ์และข้อกำหนดในรูปแบบรายละเอียด และสัญญาจ้างกำหนดไว้ โดยมีรายละเอียดหลักเกณฑ์ในการตรวจสอบควบคุมคุณสมบัติและคุณภาพของวัสดุชนิดต่างๆ ดังนี้

๘.๒.๑ ปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในงานโครงสร้างของสะพานทั้งหมดให้ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. ๑๕) เป็นมาตรฐานปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ โดยปกติงานก่อสร้างสะพานมักจะใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์อยู่ ๒ ประเภท ดังนี้

- ๑) ประเภท ๑ เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา สำหรับใช้ในการก่อสร้างทั่วไป
- ๒) ประเภท ๓ เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทรับแรงอัดสูงในระยะเวลานั้น (High Early Strength Portland Cement) สำหรับใช้ในงานคอนกรีตที่ต้องการให้รับน้ำหนักได้เร็ว เช่น งานคอนกรีตอัดแรง เป็นต้น

๘.๒.๒ วัสดุปอซโซลาน (Pozzolan Materials)

วัสดุปอซโซลานที่นำมาใช้ปรับคุณสมบัติของคอนกรีตเพื่อป้องกันผลกระทบจากน้ำทะเลหรือน้ำเค็ม จะต้องเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM-C๖๑๘ ซึ่งมีผู้ให้คำจำกัดความของวัสดุปอซโซลานไว้ว่า “วัสดุปอซโซลานเป็นวัสดุที่มีซิลิกาหรือซิลิกาและอลูมินาเป็นองค์ประกอบหลัก โดยทั่วไปแล้ววัสดุปอซโซลาน จะไม่มีคุณสมบัติในการยึดประสานแต่ถ้าวัสดุปอซโซลานมีความละเอียดมาก และมีน้ำหรือความชื้นที่เพียงพอจะสามารถทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อุณหภูมิปกติ ทำให้ได้สารประกอบที่มีคุณสมบัติในการยึดประสาน”(รศ.ดร.ชัย จาตุรพิทักษ์กุล และ วีรชาติ ตั้งจิรภัทร ๒๕๔๙, ๒)

การนำวัสดุปอซโซลานมาใช้เป็นส่วนผสมคอนกรีตป้องกันน้ำเค็มในงานก่อสร้างสะพานโดยปกติจะมีอยู่ ๒ ประเภทหลัก ได้แก่

- ๑) คอนกรีตสำหรับโครงสร้างหล่อในที่ ที่ไม่ต้องการกำลังรับแรงอัดสูงในระยะสั้น เช่น งานโครงสร้างตอม่อ พื้นทับหน้าบนคานพื้นสะพาน (Topping Slab on Girder) ทางเท้าและราวสะพาน เป็นต้น ซึ่งสามารถออกแบบส่วนผสมได้โดยไม่ต้องคำนึงถึงระยะเวลาในการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตมากนัก
- ๒) คอนกรีตสำหรับโครงสร้างคอนกรีตอัดแรง ที่ต้องการกำลังรับแรงอัดสูงในระยะเวลานั้น (High Early Strength) เช่น เสาค้ำ คานพื้นสะพาน (Plank Girder Box Girder I-Girder และ Box Segment Girder)

โดยทั่วไปการใช้วัสดุปอซโซลาน คือ เถ้าลอย (Fly Ash) เป็นวัสดุผสมแทนซีเมนต์ ทำให้สามารถลดปริมาณซีเมนต์ลงได้ส่วนหนึ่ง ทั้งนี้เนื่องจากเถ้าลอย (Fly Ash) มีลักษณะทางกายภาพเป็นรูปทรงกลมผิวเรียบเมื่อเทียบกับซีเมนต์ซึ่งมีผิวขรุขระ ดังนั้น ปริมาณน้ำที่จะต้องใช้ในการทำปฏิกิริยา Hydration เพื่อทำให้เกิดการแข็งตัวของคอนกรีตในตอนต้นก็จะน้อยลง ข้อดีของการลดปริมาณน้ำ คือ ทำให้คอนกรีตมีความพรุนน้อยลง การละลายจำพวกเกลือคลอไรด์และเกลือซัลเฟตซึ่งเป็นสาเหตุทำให้คอนกรีตแตกร้าวและ



การเกิดสนิมเหล็กจะซึมผ่านเข้าไปทำลายเนื้อคอนกรีตได้ยาก อย่างไรก็ตามการผลิคอนกรีตผสมเถ้าลอยจะทำให้คอนกรีตพัฒนาความสามารถรับกำลังอัดตามที่กำหนดได้ช้ากว่าคอนกรีตที่มีเพียงปูนซีเมนต์เป็นตัวประสาน เพราะมีการเกิดปฏิกิริยา Hydration ในอัตราที่ช้ากว่าคอนกรีตธรรมดา จากเหตุผลดังกล่าวทำให้ในการดำเนินการก่อสร้างโครงสร้างคอนกรีตอัดแรงซึ่งต้องการกำลังรับแรงอัดสูงในระยะเวลาดำเนินการ ต้องมีการออกแบบส่วนผสมของคอนกรีตผสมเถ้าลอยเป็นกรณีพิเศษเพื่อแก้ไขปัญหาความล่าช้าในการพัฒนาความสามารถในการรับแรงอัดของคอนกรีต

ในการควบคุมงานก่อสร้างสะพานที่ต้องใช้วัสดุปอซโซลานเป็นส่วนผสมคอนกรีต เพื่อป้องกันผลกระทบจากน้ำเค็มหรือดินเค็ม ผู้ควบคุมงานจึงควรแนะนำให้ผู้รับจ้างออกแบบส่วนผสมคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอย (Fly Ash) โดยการใช้สารผสมเพิ่ม (Admixtures) ชนิด Superplasticizer (Type F Polycarboxylic Based) ซึ่งช่วยลดปริมาณน้ำในส่วนผสมได้มาก เมื่อปริมาณน้ำลดลงเหลือเพียงปริมาณที่เพียงพอสำหรับการทำปฏิกิริยา Hydration ที่สมบูรณ์ก็จะลดช่องว่างในเนื้อคอนกรีตที่เกิดจากการระเหยของน้ำที่เหลือจากการทำปฏิกิริยา และทำให้เนื้อคอนกรีตมีความหนาแน่นและสามารถรับกำลังอัดสูงในระยะเวลาดำเนินการ ทั้งนี้คอนกรีตสดจะยังคงความสามารถในการไหล (Flow Ability) จึงไม่เกิดช่องว่างแบบรังผึ้ง (Honey Comb Void)

ตามมาตรฐาน ASTM-C๑๒๐๒ และ AASHTOT-๒๒๗ กำหนดเกณฑ์วัดคุณภาพคอนกรีต ตามตารางดังนี้

ตารางที่ ๘-๑ กำหนดเกณฑ์วัดคุณภาพคอนกรีตจากการซึมผ่านของคลอไรด์ไอออน

ปริมาณประจุไฟฟ้าที่ไหลผ่าน (Coulombs)	เกณฑ์ความซึมผ่านได้ของคลอไรด์ไอออน
> ๔,๐๐๐	สูง
๒,๐๐๐ – ๔,๐๐๐	ปานกลาง
๑,๐๐๐ – ๒,๐๐๐	ต่ำ
๑๐๐ – ๑,๐๐๐	ต่ำมาก
< ๑๐๐	ไม่มีการซึมผ่าน

๘.๒.๓ ทราย

ทรายที่ใช้เป็นส่วนผสมคอนกรีตต้องเป็นทรายน้ำจืดหรือทรายบกที่มีเม็ดหยาบ คม แข็งแรง สะอาดปราศจากวัสดุอื่น เช่น เปลือกหอย ดิน เถ้าถ่าน และสารอินทรีย์ต่างๆ เจือปน มีค่าพิกต์ความละเอียด (Fineness Modulus) ตั้งแต่ ๒.๓ ถึง ๓.๑ และต้องผ่านการทดสอบคุณสมบัติตามมาตรฐานการทดสอบวัสดุมวลผสมคอนกรีต

๘.๒.๔ หินหรือกรวด

หินหรือกรวดที่ใช้ผสมคอนกรีตต้องแข็งแรง เหนียวไม่ผุและสะอาดปราศจากวัสดุอื่นเจือปน ขนาดใหญ่สุดต้องไม่ใหญ่กว่า ๔๐.๐๐ มิลลิเมตร และไม่ใหญ่กว่า ๑/๕ ของด้านในที่แบนที่สุดของแบบหล่อ และต้องไม่ใหญ่กว่า ๓/๔ ของช่องห่างระหว่างเหล็กเสริมแต่ละเส้นหรือแต่ละมัด และต้องผ่านการทดสอบคุณสมบัติตามมาตรฐานการทดสอบวัสดุมวลผสมคอนกรีต

๘.๒.๕ น้ำ

น้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตให้ใช้น้ำประปา ในกรณีที่หาน้ำประปาไม่ได้จะต้องเป็นน้ำจืดปราศจากสารที่เป็นอันตรายต่อคอนกรีตและเหล็กเสริม และต้องผ่านการทดสอบคุณสมบัติตามมาตรฐานการทดสอบน้ำที่ใช้ในงานคอนกรีต



๘.๒.๖ กำลังอัดของคอนกรีต

๑) คอนกรีตที่ใช้ในงานโครงสร้างทั่วไปของสะพานส่วนใหญ่จะมีจำนวนปูนซีเมนต์ที่ใช้ต่อคอนกรีต ๑ ลูกบาศก์เมตร ต้องไม่น้อยกว่า ๓๕๐ กิโลกรัม และมีแรงอัดประลัยต่ำสุดของแท่งคอนกรีตมาตรฐานขนาด ๑๕x๑๕x๑๕ เซนติเมตร ไม่น้อยกว่า ๓๐๐ กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร หรือแท่งคอนกรีตมาตรฐานรูปทรงกระบอกขนาด ๑๕x๓๐ เซนติเมตร ไม่น้อยกว่า ๒๕๐ กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

๒) งานคอนกรีตอัดแรง (Prestress Concrete) ที่ใช้สำหรับงานก่อสร้างสะพานส่วนใหญ่มักจะเหมาะกับโครงสร้างสะพานแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่หล่อมาจากโรงงานแล้วขนส่งนำมาติดตั้งในสถานที่ก่อสร้าง เช่น คานพื้นสะพาน (Plank Girder Box Girder I-Girder) เสาค้ำ และแผ่นพื้นสำเร็จรูป เป็นต้นงานคอนกรีตอัดแรงจะมีกำลังอัดคอนกรีต ไม่น้อยกว่า ๔๒๐ กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สำหรับตัวอย่างแท่งคอนกรีตมาตรฐานลูกบาศก์ หรือแท่งคอนกรีตมาตรฐานรูปทรงกระบอก ไม่น้อยกว่า ๓๕๐ กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

๘.๒.๗ เหล็กเสริมคอนกรีต

เหล็กเสริมคอนกรีตที่ใช้สำหรับงานโครงสร้างสะพานแบ่งออกเป็น ๒ ชนิด คือ เหล็กเส้นกลมต้องมีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. ๒๐) : มาตรฐานเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต (เหล็กเส้นกลม) และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.๒๔) : มาตรฐานเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต (เหล็กข้ออ้อย)

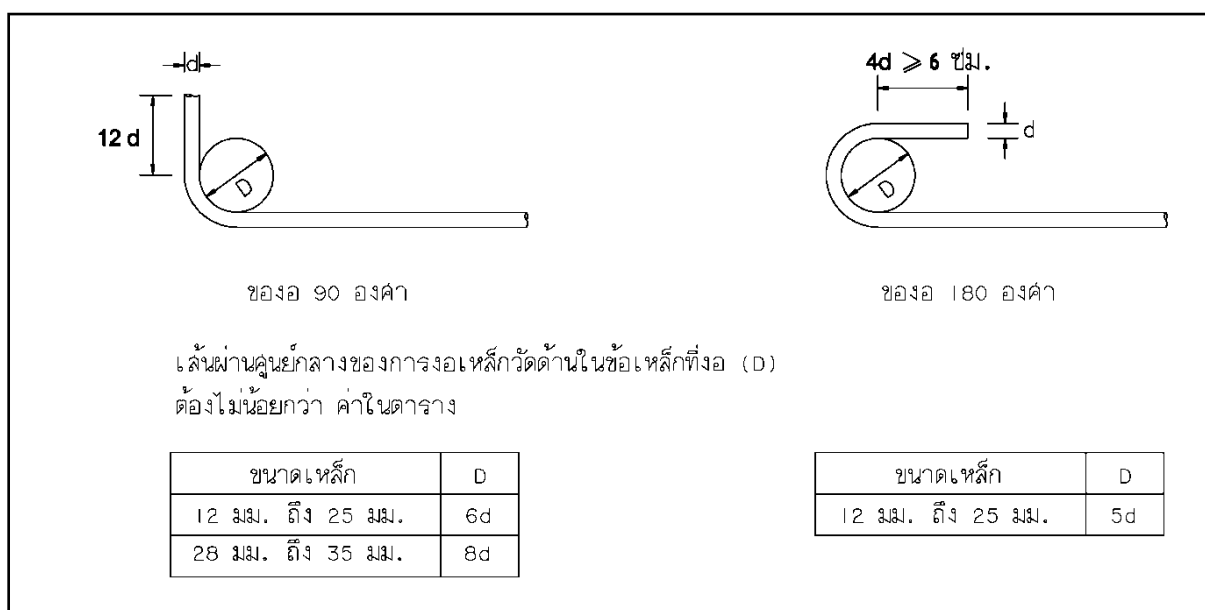
๑) การตัดเหล็กเส้น ห้ามตัดเหล็กเส้นโดยวิธีเผาให้ร้อน และการตัดเหล็กเส้นจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานการตัดและต่อเหล็กเส้นที่กำหนด ดังรูปที่ ๘-๑ และ ๘-๒

๒) การต่อเหล็กเสริม เหล็กเสริมของคาน พื้น นอกจากที่เป็นคานยื่นหรือพื้นยื่น หรือที่ระบุไว้ในแบบรายละเอียดจะต้องต่อเหล็กในตำแหน่งดังต่อไปนี้

- เหล็กกลางของคาน - พื้น ให้ต่อตรงบริเวณหัวเสาหรือคาน
- เหล็กบนของคาน - พื้น ให้ต่อตรงบริเวณกึ่งกลางคานหรือพื้น

๓) รอยต่อของเหล็กเสริมแต่ละเส้นที่อยู่ข้างเคียง ต้องไม่อยู่ในแนวเดียวกันและควรเหลื่อมกันประมาณ ๑.๐๐ เมตร หากไม่จำเป็นห้ามต่อเหล็ก

๔) การต่อเหล็กอาจทำได้โดยวิธีการ ดังรูปที่ ๘-๓



รูปที่ ๘-๑ การงอขอปลายเหล็กเสริมคอนกรีต



- การต่อเหล็กแบบวางทาบเหลื่อมกัน สำหรับเหล็กเส้นกลมให้วางทาบโดยให้เหลื่อมกัน มีระยะยาวไม่น้อยกว่า ๔๐ เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเส้นนั้นและปลายของเหล็กที่ต้องงอขอให้ได้ ตามมาตรฐานการงอเหล็กเส้นกลม ส่วนเหล็กข้ออ้อยนั้นให้วางทาบกันมีระยะยาวไม่น้อยกว่า ๓๐ เท่าของเส้น ผ่านศูนย์กลางของเหล็กข้ออ้อยนั้นโดยไม่ต้องงอขอ

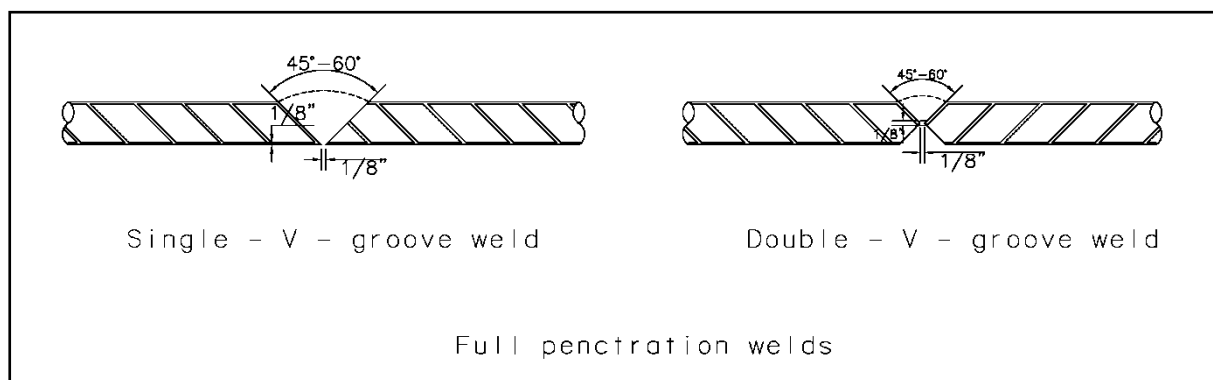
- การต่อโดยวิธีการเชื่อมด้วยไฟฟ้า ไฟฟ้าที่ใช้เชื่อมต้องมีกำลังเพียงพอ การต่อให้เชื่อม แบบต่อชน (Butt Weld) และต้องเป็นไปตามมาตรฐานของการเชื่อมต่อ รอยต่อต้องมีกำลังต้านแรงดึง (Tensile Strength) ได้น้อยกว่า ๑.๒๕ เท่าของกำลังต้านแรงดึงสูงสุดของเหล็กเส้นที่คำนวณได้จากกำลัง ต้านแรงดึงสูงสุด (ไม่น้อยกว่า ๓,๙๐๐ กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สำหรับเหล็กเส้นกลม และไม่น้อยกว่า ๕,๗๐๐ กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สำหรับเหล็กข้ออ้อย)

ข้อควรระวัง เกี่ยวกับการเชื่อมเสริมคอนกรีตมีดังนี้

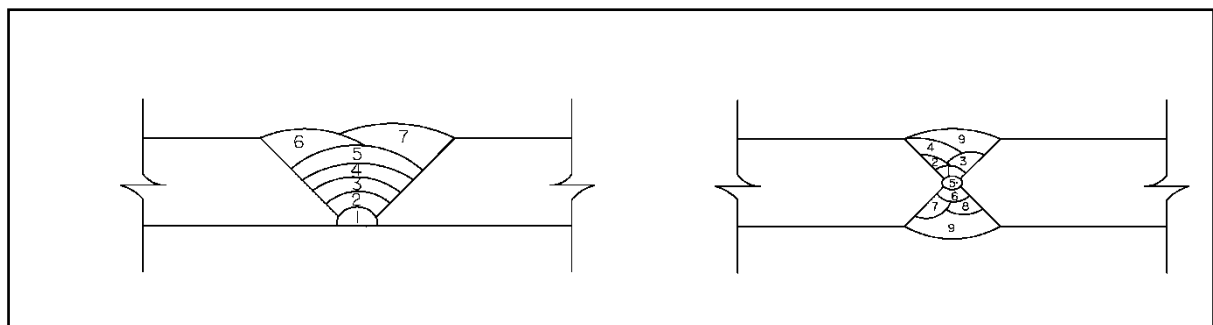
- เหล็กเส้นที่นำมาใช้ในงานก่อสร้างต้องเก็บไว้ในสถานที่ที่มีหลังคาคลุม หรือมีที่กำบังฝน และต้องเก็บไว้ในเนื้อพื้นดินไม่น้อยกว่า ๒๐.๐๐ เซนติเมตร

- การเชื่อมต่อเหล็กต้องตัดปลายเหล็กทั้งสองท่อนที่นำมาเชื่อมให้เอียงลาด (๔๕-๖๐ องศา) จากนั้นให้ทำความสะอาดปลายเหล็กที่ตัดแล้วนำมาวางให้ได้แนวหรือได้ศูนย์และมีระยะห่างได้ตามมาตรฐาน การเชื่อมต่อเหล็กด้วยไฟฟ้า ดังรูปที่ ๘-๔

- ทำการเชื่อมเป็นชั้นหรือเป็นแนว ภายหลังจากการเชื่อมแนวหนึ่งหรือชั้นหนึ่งแล้วจะต้อง เคาะเอาขี้เหล็กหุ้มชั้นหรือหุ้มแนวนั้นออกทุกครั้งแล้วใช้แปรงลวดถูให้สะอาดก่อนจะทำการเชื่อมครั้งต่อไป ปฏิบัติเช่นนี้เรื่อยไปจนเชื่อมได้ความหนาเต็มตามที่กำหนดดังรูปที่ ๘-๕



รูปที่ ๘-๔ รูปแบบการต่อเหล็กกลมและเหล็กข้ออ้อย



รูปที่ ๘-๕ แสดงการเชื่อมต่อเหล็กด้วยไฟฟ้า

๕) ลวดเหล็ก (Prestress Wire)

ลวดเหล็กที่ใช้สำหรับงานคอนกรีตอัดแรงต้องมีคุณสมบัติทางกลตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. ๙๕) : มาตรฐานลวดเหล็กสำหรับงานคอนกรีตอัดแรง

- ลวดเหล็กตีเกลียวชนิด ๗ เส้น (Uncoated Seven-Wire Stress-Relieved Strand) ลวดเหล็กตีเกลียวที่ใช้ต้องมีคุณสมบัติทางกลเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.

๔๒๐) : มาตรฐานลวดเหล็กตีเกลียวชนิด ๗ เส้น สำหรับงานคอนกรีตอัดแรง

- การดึงลวดเหล็กและลวดเหล็กตีเกลียวชนิด ๗ เส้น การตรวจสอบและควบคุมการดึงลวดเหล็กสำหรับงานคอนกรีตอัดแรงที่ใช้ในการก่อสร้างสะพานโดยปกติถ้าไม่ได้กำหนดไว้ในแบบรายละเอียดเป็นอย่างอื่น ลวดเหล็กและลวดเหล็กตีเกลียวจะทำการดึงหรือตัดได้ก็ต่อเมื่อมีค่าแรงอัดของแท่งรูปทรงกระบอกคอนกรีตมาตรฐานเส้นผ่านศูนย์กลาง ๑๕x๓๐ เซนติเมตร ของคอนกรีตโครงสร้างนั้นมีค่าน้อยกว่าค่าที่กำหนด เช่น งานสะพานร้อยละ ๘๕ ของแรงอัดประลัยที่กำหนดให้ หรืองานเสาเข็มร้อยละ ๘๐ ของแรงอัดประลัยที่กำหนดให้

๘.๒.๘ การเก็บตัวอย่างเหล็กเส้นเพื่อการทดสอบ

แนวทางปฏิบัติที่เกี่ยวกับการเก็บตัวอย่างเหล็กเส้นเพื่อส่งไปทดสอบในห้องทดสอบควรปฏิบัติดังนี้

๑) ต้องตัดเหล็กเส้นทุกๆ ขนาด แต่ละขนาดยาวไม่น้อยกว่า ๑.๐๐ เมตร เพื่อทำการทดสอบคุณสมบัติทางกล

๒) ให้เก็บตัวอย่างเหล็กเส้นทุกๆ ขนาด โดยใน ๑ ตัวอย่างยาว ๑.๐๐ เมตร จากเหล็กเส้นเส้นหนึ่ง รวมให้ครบไม่น้อยกว่า ๕ ตัวอย่าง เป็น ๑ ชุด ต่อจำนวนเหล็กเส้นที่ใช้ทุกๆ ๑๐๐ เส้น ต่อขนาดและเศษของ ๑๐๐ เส้น อีก ๑ ชุด

๓) ต้องเก็บตัวอย่างจากกองเหล็กเส้นแต่ละชุดที่อยู่ในสถานที่ก่อสร้างและต้องเก็บตัวอย่างต่อหน้าผู้ควบคุมงานของผู้ว่าจ้าง

๔) ผู้รับจ้างต้องนำส่งตัวอย่างวัสดุมายังผู้ควบคุมงานของผู้ว่าจ้างเพื่อทำการทดสอบที่หน่วยราชการที่ผู้ว่าจ้างเชื่อถือได้ โดยค่าใช้จ่ายในการทดสอบนี้ผู้รับจ้างต้องเป็นผู้ออกเองทั้งสิ้น

๘.๒.๙ การพิจารณาผลการทดสอบ

ผลการทดสอบตัวอย่างเหล็กเส้นที่ส่งไปทดสอบจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้หากผลการทดสอบไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ให้ถือว่าเหล็กเส้นชุดนั้นไม่สามารถนำมาใช้งานได้

๘.๒.๑๐ ข้อกำหนดในการก่อสร้าง (Construction Requirement) เกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพวัสดุ การตรวจสอบและควบคุมงานคอนกรีตอัดแรงเพื่อให้มีคุณภาพตามเกณฑ์และข้อกำหนดที่ระบุไว้ในแบบรายละเอียด ผู้ควบคุมงานควรปฏิบัติตามข้อกำหนดในการก่อสร้างดังนี้

๑) คอนกรีต

- ในกรณีที่ผู้รับจ้างต้องการจะใช้สารผสมเพิ่ม (Admixture) เช่น สารที่ช่วยให้คอนกรีตแข็งตัวช้าในระยะแรกเพื่อช่วยในการปฏิบัติงานจะต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ว่าจ้างก่อน

- กรรมวิธีในการผลิตคอนกรีต เช่น การเท การบำรุงรักษา การติดตั้งไม้แบบ การควบคุมคุณภาพ การยอมรับการวัดผลของกำลังคอนกรีตและอื่นๆ ให้ถือปฏิบัติเป็นไปตามมาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็กของกรมทางหลวงชนบทหรือระเบียบรายละเอียดตามที่แบบกำหนดไว้

๒) ลวดเหล็กและลวดเหล็กตีเกลียว

- ลวดเหล็กและลวดเหล็กตีเกลียวที่ใช้ จะต้องมียางานการทดสอบเกี่ยวกับความล้า (Relaxation) จากโรงงานผลิตส่งมายังผู้ว่าจ้างด้วย



- ลวดเหล็กและลวดเหล็กตีเกลียวที่ส่งมา ต้องเป็นม้วนและเป็นของใหม่ไม่เคยใช้งานมาก่อน
- เหล็กเสริมอื่นๆ ที่ไม่ใช่ลวดเหล็กและลวดเหล็กตีเกลียว ซึ่งนำมาใช้ในงานคอนกรีตอัดแรงนี้ จะต้องเป็นไปตามมาตรฐานงานเหล็กเสริมคอนกรีตของกรมทางหลวงชนบทหรือมาตรฐานอื่นตามที่แบบกำหนดไว้
- การเก็บตัวอย่างเพื่อส่งทดสอบ จะต้องเป็นลวดเหล็กและลวดเหล็กตีเกลียวที่เก็บต่อหน้าผู้ควบคุมงานของผู้ว่าจ้าง
- การเก็บลวดตัวอย่าง ให้เก็บทุกวันที่ใช้จากที่ต้นม้วนและปลายม้วนอย่างน้อยแห่งละ ๒ ตัวอย่าง แต่ละตัวอย่างต้องยาวไม่น้อยกว่า ๑.๐๐ เมตร เพื่อทำการทดสอบคุณสมบัติทางกลตาม มอก. ๙๕ :มาตรฐานลวดเหล็กสำหรับงานคอนกรีตอัดแรง และ มอก. ๔๒๐ : มาตรฐานลวดเหล็กตีเกลียวชนิด ๗ เส้นสำหรับงานคอนกรีตอัดแรง





โครงการก่อสร้างสะพาน คสล.ข้าม.....ตำบล.....อำเภอ.....จังหวัด.....

สำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม

สัญญาจ้างเลขที่.....ลงวันที่.....

สัญญาเริ่ม.....

ระยะเวลาก่อสร้าง.....

ผู้รับจ้าง บริษัทฯ/ห้างฯ.....

กำหนดแล้วเสร็จ.....

ค่าปรับวันละ.....

การตรวจสอบก่อนเริ่มงานก่อสร้าง

ลำดับ ที่	รายการ	มี		ไม่มี	หมายเหตุ
		ถูกต้อง	แก้ไข		
๑	☐ การเตรียมงานก่อนเริ่มการก่อสร้าง				
	☐ ตรวจสอบแบบและเอกสารสัญญาจ้าง				
	☐ ตรวจสอบกรรมสิทธิ์ที่ดินและระบบสาธารณูปโภค				
	☐ การประสานงานกับหน่วยราชการที่เกี่ยวข้อง				
	☐ การตรวจสอบแบบก่อสร้างเปรียบเทียบกับพื้นที่ก่อสร้าง				
	☐ การตรวจสอบหมุดพยาน, หมุดหลักฐาน				
	☐ การตรวจสอบตำแหน่งแนวสะพานและแนวกั้นขึงลาด				
	☐ มีการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงสภาพของลำน้ำในแนวที่จะก่อสร้างหรือไม่				
	☐ มีการตรวจสอบแผนงานก่อสร้างของผู้รับจ้างหรือไม่				
	☐ มีการตรวจสอบปริมาณงานตามใบสรุปปริมาณ, ราคาก่อสร้างเปรียบเทียบกับแบบก่อสร้างตามสัญญาหรือไม่				
	☐ มีการเตรียมเอกสารรายงานและแบบฟอร์มต่างๆ ที่ใช้ในการควบคุมงานหรือไม่				
	☐ มีการจัดเตรียมสำนักงานควบคุมการก่อสร้าง, บอร์ดต่างๆ, เครื่องมือทดสอบ, อุปกรณ์สำนักงาน เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดตามเอกสารการประมูลหรือไม่				
	☐ มีการจัดยานพาหนะในการควบคุมงานหรือไม่				
	☐ มีการจัดทำป้ายประชาสัมพันธ์โครงการหรือไม่				
	☐ มีการรายงานตัวต่อผู้อำนวยการสำนักทางหลวงชนบทและทางหลวงชนบทจังหวัด				



โครงการก่อสร้างสะพาน คสล. ชำม..... ตำบล อำเภอ.....จังหวัด.....

สำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม

สัญญาจ้างเลขที่.....ลงวันที่.....

สัญญาเริ่ม

ระยะเวลาก่อสร้าง.....

ผู้รับจ้าง บริษัทฯ/ห้างฯ

กำหนดแล้วเสร็จ

ค่าปรับวันละ.....

การตรวจสอบการปฏิบัติงานเมื่อเริ่มโครงการ

ลำดับ ที่	รายการ	มี		ไม่มี	หมายเหตุ
		ถูกต้อง	แก้ไข		
๑	☐ การสำรวจเพื่อการก่อสร้าง				
	☐ มีการตรวจสอบหาหมุดหลักฐานบังคับแนวราบและแนวตั้งหรือไม่				
	☐ ตรวจสอบแนวที่จะทำการก่อสร้างและทำหมุดพยานเพิ่มเติม				
	☐ ตรวจสอบค่าระดับของหมุดระดับ และหมุดระดับชั่วคราว				
	☐ มีการวางแผนถนนต่อเชื่อมคอสะพานทั้ง ๒ ฝั่ง เพื่อทำการ Clearing ก่อนหรือไม่				
	☐ มีการวางแผนศูนย์กลางและวางแผนฉากสะพานเพื่อใช้อ้างอิงในการกำหนดตำแหน่งฐานรากและโครงสร้างอื่นๆ หรือไม่				
	☐ มีการตรวจสอบ มุมเฉียง (Skew) ของฐานรากสะพาน หรือไม่				
	☐ มีการตรวจสอบ ปัญหาอุปสรรคจากระบบสาธารณูปโภคที่กีดขวางแนวก่อสร้างหรือไม่				





โครงการก่อสร้างสะพาน คสล. ชำม..... ตำบล อำเภอ..... จังหวัด.....

สำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม

สัญญาจ้างเลขที่.....ลงวันที่.....

สัญญาเริ่ม

ระยะเวลาก่อสร้าง.....

ผู้รับจ้าง บริษัทฯ/ห้างฯ

กำหนดแล้วเสร็จ

ค่าปรับวันละ.....

การควบคุมวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง

ลำดับ ที่	รายการ	มี		ไม่มี	หมายเหตุ
		ถูกต้อง	แก้ไข		
๑	☐ หมดงานดิน				
	☐ การทดสอบ General test ได้แก่				
	☐ มีการทดสอบ Compaction test หรือไม่				
	☐ มีการทดสอบ C.B.R. หรือไม่				
	☐ มีการทดสอบ Sieve Analysis หรือไม่				
	☐ มีการทดสอบ Atterberg limits หรือไม่				
	☐ มีการทดสอบ Swelling หรือไม่				
	☐ มีการทดสอบ Abrasion หรือไม่				
	☐ การทดสอบ Control test				
	☐ มีการทดสอบ Compaction หรือไม่				
	☐ มีการทดสอบ Sieve Analysis หรือไม่				





โครงการก่อสร้างสะพาน คสล. ข้าม..... ตำบล อำเภอ..... จังหวัด.....

สำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม

สัญญาจ้างเลขที่.....ลงวันที่.....

สัญญาเริ่ม

ระยะเวลาก่อสร้าง.....

ผู้รับจ้าง บริษัทฯ/ห้างฯ

กำหนดแล้วเสร็จ

ค่าปรับวันละ.....

การควบคุมวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง

ลำดับ ที่	รายการ	มี		ไม่มี	หมายเหตุ
		ถูกต้อง	แก้ไข		
๒	☐ หมวดงานโครงสร้าง				
	☐ มีการตรวจสอบวัสดุที่เป็นองค์ประกอบของคอนกรีตจากแหล่งหรือไม่				ทดสอบ
	☐ หิน				ตาม มทช
	☐ ทราย				ตาม มทช
	☐ งานคอนกรีต				
	☐ มีการตรวจสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตตาม Mix Design หรือไม่				
	☐ การตรวจสอบการทดสอบค่ายุบตัว (Slump test) ตาม Mix Design หรือไม่				
	☐ งานเหล็กเสริม, เหล็กgrupพรรณ และลวดอัดแรง				
	☐ มีการผลทดสอบการรับแรงดึงของเหล็กเสริมหรือไม่				
	☐ มีการทดสอบการรับแรงดึงของลวดอัดแรงหรือไม่				
	☐ มีการทดสอบคุณสมบัติของแผ่นยางรองคานสะพานหรือไม่				
๓	☐ มีการทดสอบวัสดุอื่นๆ หรือไม่				





โครงการก่อสร้างสะพาน คสล. ข้าม..... ตำบล อำเภอ..... จังหวัด.....

สำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม

สัญญาจ้างเลขที่..... ลงวันที่.....

สัญญาเริ่ม

ระยะเวลาก่อสร้าง.....

ผู้รับจ้าง บริษัทฯ/ห้างฯ

กำหนดแล้วเสร็จ

ค่าปรับวันละ.....

การขออนุมัติวัสดุเพื่อใช้ในโครงการ

ลำดับ ที่	รายการ	การดำเนินการ		
		ขอแล้ว	กำลังรวมเอกสาร	อนุมัติแล้ว
๑.	ขออนุมัติใช้วัสดุผสมคอนกรีต - หิน - ทราย			
๒.	ขออนุมัติใช้ Mixed Design คอนกรีต			
๓.	ขออนุมัติใช้เหล็กเสริมคอนกรีต			
๔.	ขออนุมัติใช้ลวดเหล็กอัดแรง			
๕.	ขออนุมัติใช้คอนกรีตสำเร็จ			
๖.	ขออนุมัติใช้เสาเข็มคอนกรีตอัดแรง, คานคอนกรีตอัดแรง			
๗.	ขออนุมัติใช้แผ่นยางรองพื้นสะพาน			
๘.	ขออนุมัติใช้เหล็กโครงสร้างรูปพรรณ			
๙.	ขออนุมัติใช้ท่อ PVC			
๑๐.	เอกสารขออนุมัติใช้วัสดุยารอยต่อ คอนกรีต			
๑๑.	ขออนุมัติใช้วัสดุงานทาง - ดินถม - วัสดุคัดเลือก - รองพื้นทาง - วัสดุพื้นทาง - ทรายถม			
๑๒.	ขออนุมัติใช้ Job Mix งานลาดยาง แบบ Cape Seal, Asphaltic			
๑๓.	ขออนุมัติใช้เหล็กเสริม Wire Mesh			
๑๔.	ขออนุมัติใช้ท่อ คสล.			
๑๕.	ขออนุมัติใช้แผ่นใยสังเคราะห์			
๑๖.	ขออนุมัติใช้สีตีเส้นจราจร , แผ่นป้าย จราจร			





โครงการก่อสร้างสะพาน คสล.ข้าม..... ตำบล อำเภอ.....จังหวัด.....

สำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม

สัญญาจ้างเลขที่.....ลงวันที่..... สัญญาเริ่ม ระยะเวลาก่อสร้าง.....
ผู้รับจ้าง บริษัทฯ/ห้างฯ กำหนดแล้วเสร็จ ค่าปรับวันละ.....

รายการตรวจสอบงานก่อสร้างสะพาน

ลำดับ ที่	รายการ	มี		ไม่มี	หมายเหตุ
		ถูกต้อง	แก้ไข		
๑	งานเสาเข็ม (ชุดที่.....)				
	☐ งานหล่อเสาเข็มคอนกรีต				
	☐ มีการเจาะสำรวจชั้นดินเพื่อกำหนดความยาวเสาเข็มหรือไม่				
	☐ ตรวจสอบระดับผิวคอนกรีตรองรับพื้นบริเวณหล่อเสาเข็ม				
	☐ ตรวจสอบชนิดและขนาดของเหล็กเสริมที่ใช้				
	☐ ตรวจสอบการผูกเหล็กและตำแหน่งของเหล็ก				
	☐ ตรวจสอบความเรียบร้อยของแบบหล่อ ขนาดและความยาวของเสาเข็มก่อนเทคอนกรีต				
	☐ ตรวจสอบการผสมคอนกรีตและการเทคอนกรีตการทดสอบความชื้นเหลวการเก็บตัวอย่างลูกปูน				
	☐ ตรวจสอบระยะเวลาถอดแบบ				
	☐ ตรวจสอบวิธีการบ่มคอนกรีต				



โครงการก่อสร้างสะพาน คสล.ข้าม..... ตำบล อำเภอ..... จังหวัด.....
 สำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม
 สัญญาจ้างเลขที่.....ลงวันที่..... สัญญาเริ่ม..... ระยะเวลาก่อสร้าง.....
 ผู้รับจ้าง บริษัทฯ/ห้างฯ..... กำหนดแล้วเสร็จ..... ค่าปรับวันละ.....

รายการตรวจสอบงานก่อสร้างสะพาน

ลำดับ ที่	รายการ	มี		ไม่มี	หมายเหตุ
		ถูกต้อง	แก้ไข		
	☐ งานตอกเสาเข็ม (ตบที่.....)				
	☐ ตรวจสอบความมั่นคงแข็งแรงของนั่งร้านตอกเสาเข็ม				
	☐ ตรวจสอบตำแหน่งเสาเข็ม				
	☐ ตรวจสอบอุปกรณ์ที่ใช้ในการตอกเสาเข็ม (ปั้นจั่น ลูกตุ้ม ลวดสลิง หมวกครอบ หัวเข็ม เครื่องยนต์				
	☐ ตรวจสอบคุณภาพของเสาเข็ม (รอยร้าวและความตรง)				
	☐ การบันทึกการตอกเสาเข็ม				
	☐ ตรวจสอบระยะเยื้องศูนย์				
	☐ ตรวจสอบและควบคุมแนวตั้งของเสาเข็ม และความ ลาดเอียงของเข็มตามรูปแบบ				
	☐ ตรวจสอบระดับหัวเสาเข็ม (Pile Top)				
	☐ ตรวจสอบการรับน้ำหนักบรรทุกทุกของเสาเข็ม(คำนวณ)				



โครงการก่อสร้างสะพาน คสล.ข้าม..... ตำบล อำเภอ..... จังหวัด.....
 สำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม
 สัญญาจ้างเลขที่..... ลงวันที่..... สัญญาเริ่ม ระยะเวลาก่อสร้าง.....
 ผู้รับจ้าง บริษัทฯ/ห้างฯ กำหนดแล้วเสร็จ ค่าปรับวันละ.....

รายการตรวจสอบงานก่อสร้างสะพาน

ลำดับ ที่	รายการ	มี		ไม่มี	หมายเหตุ
		ถูกต้อง	แก้ไข		
๒	ตรวจสอบงานฐานราก Pile Cap (ต๊ับที่.....)				
	☐ ตรวจสอบระดับท้องฐานรากตามแบบกำหนด				
	☐ ตรวจสอบการสกัดและการตัดหัวเสาเข็ม				
	☐ ตรวจสอบแนวศูนย์กลางและการวางแนวจากฐานราก พร้อมวางตำแหน่งเสาตอม่อ				
	☐ ตรวจสอบชนิดและขนาดของเหล็กเสริม				
	☐ ตรวจสอบการผูกเหล็กและตำแหน่งของเหล็กเสริมฐาน				
	☐ ตรวจสอบการผูกเหล็กเสาตอม่อ				
	☐ ตรวจสอบการประกอบติดตั้งแบบหล่อและการค้ำยันแบบ, ขนาดความกว้าง, ยาว, และความสูงของฐานรากอีกครั้ง				
	☐ ตรวจสอบการผสมคอนกรีต การเทคอนกรีต การทดสอบ ความชื้นเหลว การเก็บตัวอย่างคอนกรีต				
	☐ ตรวจสอบ ระยะเวลาถอดแบบ				
	☐ ตรวจสอบวิธีการบ่มคอนกรีต				



โครงการก่อสร้างสะพาน คสล.ข้าม..... ตำบล อำเภอ..... จังหวัด.....
 สำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม
 สัญญาจ้างเลขที่.....ลงวันที่..... สัญญาเริ่ม ระยะเวลาก่อสร้าง.....
 ผู้รับจ้าง บริษัทฯ/ห้างฯ กำหนดแล้วเสร็จ ค่าปรับวันละ.....

รายการตรวจสอบงานก่อสร้างสะพาน

ลำดับ ที่	รายการ	มี		ไม่มี	หมายเหตุ
		ถูกต้อง	แก้ไข		
๓	ตรวจสอบงานเสาตอม่อสะพาน (ดับที่.....)				
	○ ตรวจสอบการผูกเหล็กและตำแหน่งของเหล็กเสริมเพิ่มจากลำดับ ที่ ๒				
	○ ตรวจสอบขนาด ความเรียบร้อยและความมั่นคงแข็งแรงของการ ติดตั้งแบบหล่อ และขนาดของเสาตอม่อก่อนเทคอนกรีต				
	○ ตรวจสอบการผสมคอนกรีต การเทคอนกรีต การทดสอบ Slump Test และ การเก็บตัวอย่างคอนกรีต				
	○ ตรวจสอบระยะเวลาถอดแบบ				
	○ ตรวจสอบวิธีการบ่มคอนกรีต				



โครงการก่อสร้างสะพาน คสล.ข้าม..... ตำบล อำเภอ..... จังหวัด.....
 สำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม
 สัญญาจ้างเลขที่.....ลงวันที่..... สัญญาเริ่ม ระยะเวลาก่อสร้าง.....
 ผู้รับจ้าง บริษัทฯ/ห้างฯ กำหนดแล้วเสร็จ ค่าปรับวันละ.....

รายการตรวจสอบงานก่อสร้างสะพาน

ลำดับ ที่	รายการ	มี		ไม่มี	หมายเหตุ
		ถูกต้อง	แก้ไข		
๔	ตรวจสอบงานคานหัวเสา (Cab Beam) (ดับที่.....)				
	☐ ตรวจสอบระดับท้องคาน				
	☐ ตรวจสอบชนิดและขนาดของเหล็กเสริม และเหล็กเดือย (Dowel)				
	☐ ตรวจสอบการผูกเหล็กและตำแหน่งของเหล็กเสริม และตำแหน่งของเหล็กเดือย (Dowel)				
	☐ ตรวจสอบขนาด ความมั่นคงแข็งแรงและความเรียบร้อยของแบบหล่อคานก่อนเทคอนกรีต				
	☐ ตรวจสอบการผสมคอนกรีตควบคุมการเทคอนกรีต การทดสอบความชื้นเหลือและการเก็บตัวอย่างคอนกรีต				
	☐ ตรวจสอบวิธีการบ่มคอนกรีต				
	☐ ตรวจสอบระยะเวลาการถอดแบบ				



โครงการก่อสร้างสะพาน คสล.ข้าม.....ตำบล.....อำเภอ.....จังหวัด.....
 สำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม
 สัญญาจ้างเลขที่.....ลงวันที่..... สัญญาเริ่ม.....ระยะเวลาก่อสร้าง.....
 ผู้รับจ้าง บริษัทฯ/ห้างฯ.....กำหนดแล้วเสร็จ.....ค่าปรับวันละ.....

รายการตรวจสอบงานก่อสร้างสะพาน

ลำดับ ที่	รายการ	มี		ไม่มี	หมายเหตุ
		ถูกต้อง	แก้ไข		
๕	ตรวจสอบงานพื้นสะพาน				
	☐ แบบหล่อในที่ (ช่วงที่.....)				
	☐ ตรวจสอบสภาพของดินที่รองรับเสาค้ำยันแบบหล่อพื้น คอนกรีตว่าสามารถรับน้ำหนักของพื้นคอนกรีตที่จะหล่อได้ หรือไม่				
	☐ ตรวจสอบระยะห่างของเสาค้ำยันท้องพื้นและการค้ำยัน				
	☐ ตรวจสอบระยะและระดับของตรงรับไม้แบบหล่อพื้นสะพาน				
	☐ ตรวจสอบการติดตั้งแผ่นยางรองคาน (Bearing Pad)				
	☐ ตรวจสอบจุด Fix End, Free End				
	☐ ตรวจสอบชนิดและขนาดของเหล็กเสริมที่ใช้				
	☐ ตรวจสอบการผูกเหล็กและตำแหน่งของเหล็กเสริม				
	☐ ตรวจสอบการติดตั้งเหล็กรอยต่อเพื่อการขยายตัว				
	☐ ตรวจสอบระดับผิวจราจรทั้งที่ศูนย์กลางสะพานและขอบ ผิวจราจรก่อนเทคอนกรีต				
	☐ ตรวจสอบความมั่นคงแข็งแรงและความเรียบร้อยของแบบหล				
	☐ ตรวจสอบและควบคุมการเทคอนกรีต, การเก็บตัวอย่าง คอนกรีต				
	☐ ตรวจสอบการตกแต่งผิวพื้นคอนกรีตและขีดเส้นหยาบ				
	☐ ตรวจสอบการบ่มคอนกรีต				
	☐ ตรวจสอบวิธีการการบ่มคอนกรีต				



โครงการก่อสร้างสะพาน คสล.ข้าม..... ตำบล อำเภอ..... จังหวัด.....
 สำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม
 สัญญาจ้างเลขที่..... ลงวันที่..... สัญญาเริ่ม ระยะเวลาก่อสร้าง.....
 ผู้รับจ้าง บริษัทฯ/ห้างฯ กำหนดแล้วเสร็จ ค่าปรับวันละ

รายการตรวจสอบงานก่อสร้างสะพาน

ลำดับ ที่	รายการ	มี		ไม่มี	หมายเหตุ
		ถูกต้อง	แก้ไข		
	☐ ตรวจสอบการติดตั้งคานคอนกรีตอัดแรงชนิด Plank Girder หรือ Box Girder และงาน Topping Slab				
	☐ ตรวจสอบการติดตั้งแผ่นยางรองคาน (Bearing Pad)				
	☐ ตรวจสอบการติดตั้งคานคอนกรีตอัดแรง (คำนึงถึงความมั่นคงแข็งแรงและความปลอดภัย)				
	☐ ตรวจสอบจุด Fix End, Free End				
	☐ ตรวจสอบการเชื่อมเหล็กรับแรงเฉือน (Shear Key)				
	☐ ตรวจสอบชนิดและขนาดของเหล็กเสริมคอนกรีตทับหน้า (Topping Slab)				
	☐ ตรวจสอบการผูกเหล็กและตำแหน่งของเหล็กเสริม				
	☐ ตรวจสอบการฝากเหล็กทางเท้า				
	☐ ตรวจสอบการติดตั้งท่อระบายน้ำ				
	☐ ตรวจสอบการติดตั้งเหล็กรอยต่อเพื่อการขยายตัว				
	☐ ตรวจสอบระดับผิวจราจรก่อนเทคอนกรีต				
	☐ ตรวจสอบความเรียบร้อยของแบบหล่อและค้ำยันความหนาของแผ่นพื้นสะพานก่อนเทคอนกรีต				
	☐ ตรวจสอบส่วนผสมและควบคุมการเทคอนกรีต การทดสอบความชื้นเหลวการเก็บตัวอย่างคอนกรีต				
	☐ ตรวจสอบการบ่มคอนกรีต				
	☐ การแต่งผิวหน้าพื้นสะพานและขีดเส้นหยาบ				



โครงการก่อสร้างสะพาน คสล.ข้าม..... ตำบล อำเภอ..... จังหวัด.....
 สำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม
 สัญญาจ้างเลขที่..... ลงวันที่..... สัญญาเริ่ม ระยะเวลาก่อสร้าง.....
 ผู้รับจ้าง บริษัทฯ/ห้างฯ กำหนดแล้วเสร็จ ค่าปรับวันละ

รายการตรวจสอบงานก่อสร้างสะพาน

ลำดับ ที่	รายการ	มี		ไม่มี	หมายเหตุ
		ถูกต้อง	แก้ไข		
	☐ ตรวจสอบการติดตั้งคานคอนกรีตอัดแรงรูปตัวไอ (I-Girder) และงาน Topping Slab				
	☐ การติดตั้งแผ่นยางรองคาน (Bearing Pad)				
	☐ การติดตั้งคานคอนกรีตอัดแรง				
	☐ การก่อสร้างคานยึด				
	☐ การปรับระดับหลังคาน I-Girder				
	☐ การติดตั้งแผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรง (แบบรองพื้น)				
	☐ ชนิดและขนาดของเหล็กเสริม				
	☐ การผูกเหล็กและตำแหน่งของเหล็กเสริม				
	☐ การผูกเหล็กทางเท้า				
	☐ การติดตั้งท่อระบายน้ำ				
	☐ การติดตั้งเหล็กรอยต่อเพื่อการขยายตัว				
	☐ ระดับผิวจราจรก่อนเทคอนกรีต				
	☐ ความเรียบร้อยของแบบหล่อความหนาของแผ่นพื้น สะพานก่อนเทคอนกรีต				
	☐ ตรวจสอบและควบคุมการเทคอนกรีต				
	☐ เก็บตัวอย่างคอนกรีต				
	☐ ตรวจสอบการบ่มคอนกรีต				





โครงการก่อสร้างสะพาน คสล.ข้าม.....ตำบล.....อำเภอ.....จังหวัด.....
 สำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม
 สัญญาจ้างเลขที่.....ลงวันที่..... สัญญาเริ่ม.....ระยะเวลาก่อสร้าง.....
 ผู้รับจ้าง บริษัทฯ/ห้างฯ.....กำหนดแล้วเสร็จ.....ค่าปรับวันละ.....

รายการตรวจสอบงานก่อสร้างสะพาน

ลำดับ ที่	รายการ	มี		ไม่มี	หมายเหตุ
		ถูกต้อง	แก้ไข		
๖	งานทางเท้า (ช่วงที่..... ซ้ายทาง หรือ ขวาทาง)				
	☐ ชนิดและขนาดของเหล็กเสริม				
	☐ การผูกเหล็กและตำแหน่งของเหล็กเสริม				
	☐ การฝากเหล็กเสาราว				
	☐ ระดับผิวทางเท้าก่อนเทคอนกรีต				
	☐ ขนาดและความหนา				
	☐ แนวขอบทางเท้า ขนาดและการติดตั้งบัวบริเวณมุมขอบทางเท้า				
	☐ ความมั่นคงแข็งแรงและความเรียบร้อยของแบบหล่อก่อนเทคอนกรีต				
	☐ ตรวจสอบและควบคุมการเทคอนกรีต				
	☐ เก็บตัวอย่างคอนกรีต				
	☐ ตรวจสอบการบ่มคอนกรีต				



โครงการก่อสร้างสะพาน คสล.ข้าม.....ตำบล.....อำเภอ.....จังหวัด.....
 สำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม
 สัญญาจ้างเลขที่.....ลงวันที่..... สัญญาเริ่ม.....ระยะเวลาก่อสร้าง.....
 ผู้รับจ้าง บริษัทฯ/ห้างฯ.....กำหนดแล้วเสร็จ.....ค่าปรับวันละ.....

รายการตรวจสอบงานก่อสร้างสะพาน

ลำดับ ที่	รายการ	มี		ไม่มี	หมายเหตุ
		ถูกต้อง	แก้ไข		
๗	งานเสาราวสะพาน (ช่วงที่ ซ้ายทาง หรือ ขวาทาง)				
	☐ ตำแหน่งเสาราว				
	☐ ชนิดและขนาดของเหล็กเสริม				
	☐ การผูกเหล็กและตำแหน่งของเหล็กเสริม				
	☐ ขนาดและความสูง				
	☐ ความเรียบร้อยของแบบหล่อก่อนเทคอนกรีต				
	☐ ตรวจสอบการติดตั้งและ ความสม่ำเสมอของขนาดบับบริเวณ ขอบมุม				
	☐ ตรวจสอบและควบคุมการเทคอนกรีต				
	☐ การเก็บตัวอย่างคอนกรีต				
	☐ การบ่มคอนกรีต				



โครงการก่อสร้างสะพาน คสล.ข้าม..... ตำบล อำเภอ..... จังหวัด.....
 สำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม
 สัญญาจ้างเลขที่.....ลงวันที่..... สัญญาเริ่ม ระยะเวลาก่อสร้าง.....
 ผู้รับจ้าง บริษัทฯ/ห้างฯ กำหนดแล้วเสร็จ ค่าปรับวันละ.....

รายการตรวจสอบงานก่อสร้างสะพาน

ลำดับ ที่	รายการ	มี		ไม่มี	หมายเหตุ
		ถูกต้อง	แก้ไข		
๘	การตรวจสอบงานราวสะพาน				
	☐ ชนิดและขนาดของเหล็กเสริม				
	☐ การผูกเหล็กและตำแหน่งของเหล็กเสริม				
	☐ การตรวจสอบแนวและระดับ				
	☐ ขนาดของราวสะพาน				
	☐ ความเรียบร้อยของแบบหล่อก่อนเทคอนกรีต				
	☐ ตรวจสอบการติดตั้งและ ความสม่ำเสมอของขนาดบัวบริเวณ ขอบมุม				
	☐ ตรวจสอบและควบคุมการเทคอนกรีต				
	☐ การเก็บตัวอย่างคอนกรีต				
	☐ การบ่มคอนกรีต				



โครงการก่อสร้างสะพาน คสล.ข้าม.....ตำบล.....อำเภอ.....จังหวัด.....
 สำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม
 สัญญาจ้างเลขที่.....ลงวันที่..... สัญญาเริ่ม.....ระยะเวลาก่อสร้าง.....
 ผู้รับจ้าง บริษัทฯ/ห้างฯ.....กำหนดแล้วเสร็จ.....ค่าปรับวันละ.....

รายการตรวจสอบงานก่อสร้างสะพาน

ลำดับ ที่	รายการ	มี		ไม่มี	หมายเหตุ
		ถูกต้อง	แก้ไข		
๙	ตรวจสอบงานดาดคอนกรีตป้องกันคอสะพาน (ฝั่ง.....)				
	☐ ความลาดชัน และการบดอัดดิน				
	☐ ชนิดและขนาดของเหล็กเสริม				
	☐ การผูกเหล็กและตำแหน่งของเหล็กเสริม				
	☐ การติดตั้งท่อระบายน้ำ วัสดุกรองน้ำ				
	☐ ความหนาและความเรียบร้อยของแบบหล่อก่อนเทคอนกรีต				
	☐ ตรวจสอบและควบคุมการเทคอนกรีต				
	☐ การเก็บตัวอย่างคอนกรีต				
	☐ การบ่มคอนกรีต				



โครงการก่อสร้างสะพาน คสล.ข้าม..... ตำบล อำเภอ..... จังหวัด.....
 สำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม
 สัญญาจ้างเลขที่..... ลงวันที่..... สัญญาเริ่ม ระยะเวลาก่อสร้าง.....
 ผู้รับจ้าง บริษัทฯ/ห้างฯ กำหนดแล้วเสร็จ ค่าปรับวันละ

รายการตรวจสอบงานก่อสร้างสะพาน

ลำดับ ที่	รายการ	มี		ไม่มี	หมายเหตุ
		ถูกต้อง	แก้ไข		
๑๐	งานหล่อคานคอนกรีตอัดแรง แบบ Pretension				
	○ ตรวจสอบสภาพทั่วไปของโรงงาน , สภาพการทำงาน , สภาพอากาศ				
	○ ตรวจสอบชนิดและขนาดของลวดอัดแรงที่ใช้				
	○ ตรวจสอบตำแหน่งลวดอัดแรง				
	○ ตรวจสอบตำแหน่งการ debond ของลวดอัดแรง				
	○ ตรวจสอบใบ Calibration Jacking (แม่แรง) ก่อนนำมาใช้				
	○ ตรวจสอบและบันทึกแรงดึงลวดอัดแรง				
	○ ตรวจสอบและบันทึกระยะยัดของลวดอัดแรง				
	○ ตรวจสอบชนิด, ขนาดและตำแหน่งของเหล็กเสริมตลอดจนวัสดุอื่น ๆ ที่ใช้และช่องเปิดต่าง ๆ				
	○ ตรวจสอบขนาดของโครงสร้างและความเรียบร้อยของแบบหล่อก่อนเทคอนกรีต				
	○ ตรวจสอบและควบคุมการเทคอนกรีต				
	○ การเก็บตัวอย่างคอนกรีต				
	○ การบ่มคอนกรีต				
	○ ตรวจสอบกำลังอัดของคอนกรีตก่อนการตัดลวดอัดแรง				
	○ ตรวจสอบการตัดลวดอัดแรง				
	○ ตรวจสอบชิ้นงานที่หล่อเสร็จ				
	○ ตรวจสอบการถอดแบบ , การขนส่งและการเก็บ				
	○ ตรวจสอบการติดตั้งคานอัดแรงบนตอม่อ , อุปกรณ์ติดตั้ง , ตำแหน่งติดตั้ง				



โครงการก่อสร้างสะพาน คสล.ข้าม..... ตำบล อำเภอ.....จังหวัด.....

สำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม

สัญญาจ้างเลขที่.....ลงวันที่..... สัญญาเริ่ม.....ระยะเวลาก่อสร้าง.....
ผู้รับจ้าง บริษัทฯ/ห้างฯ.....กำหนดแล้วเสร็จ.....ค่าปรับวันละ.....

รายการตรวจสอบงานก่อสร้างสะพาน

ลำดับ ที่	รายการ	มี		ไม่มี	หมายเหตุ
		ถูกต้อง	แก้ไข		
๑๑	งานหล่อคานคอนกรีตอัดแรงแบบ (Post tension)				
	○ ตรวจสอบชนิดและขนาดของลวดอัดแรง				
	○ ตรวจสอบชนิด, ขนาดและตำแหน่งเหล็กเสริมตามรูปแบบ				
	○ ตรวจสอบการติดตั้งตามตำแหน่งท่อร้อยลวดอัดแรง (Duct) , การจัดแนวและระดับ (Profile)				
	○ ตรวจสอบจำนวนลวดอัดแรงที่ใช้ต่อ Tendon				
	○ ตรวจสอบสมอยึด (Anchorage) ที่ใช้และการติดตั้ง				
	○ ความเรียบร้อยของแบบหล่อก่อนเทคอนกรีต				
	○ ตรวจสอบและควบคุมการเทคอนกรีต				
	○ การเก็บตัวอย่างคอนกรีต				
	○ ตรวจสอบการบ่มคอนกรีต				
	○ การทดสอบแบ่งตัวอย่างก่อนดึงลวด				
	○ ตรวจสอบการถอดแบบและตกแต่ง				
	○ ตรวจสอบขนาดของจ้ำปา (Grip) จับลวด ต้องมีความแข็งแรง มากกว่าลวดอัดแรงและสมอยึด				
	○ ตรวจสอบการ Calibration (แม่แรง)				
	○ ตรวจสอบบัญชีการดึงลวดอัดแรงจากวิศวกร , ลำดับการดึงลวด ตามหมายเลข				
	○ ตรวจสอบระยะยึด , แรงอัดในแม่แรงและการคำนวณสำหรับ แรงดึงในลวดเหล็กของแต่ละกลุ่ม				
	○ ตรวจสอบระยะโง่งของคานอัดแรง				
	○ ตรวจสอบความปลอดภัยในการทำงาน				



โครงการก่อสร้างสะพาน คสล. ข้าม..... ตำบล อำเภอ.....จังหวัด.....

สำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม

สัญญาจ้างเลขที่.....ลงวันที่.....

สัญญาเริ่ม

ระยะเวลาก่อสร้าง.....

ผู้รับจ้าง บริษัทฯ/ห้างฯ

กำหนดแล้วเสร็จ

ค่าปรับวันละ

รายการตรวจสอบงานก่อสร้างสะพาน

ลำดับ ที่	รายการ	มี		ไม่มี	หมายเหตุ
		ถูกต้อง	แก้ไข		
	☐ ตรวจสอบการตัดปลายลวดอัดแรง				
	☐ ตรวจสอบปริมาณและส่วนผสมวัสดุ Grouting				
	☐ ตรวจสอบแรงดันขณะอัดน้ำปูน (Grouting)				
	☐ เก็บตัวอย่างน้ำปูน เพื่อทดสอบความชื้นเหลว				
	☐ ตรวจสอบการเคลื่อนย้ายไปติดตั้ง				
	☐ ตรวจสอบอุปกรณ์ ,นั่งร้าน , รองรับการเดินคานไปติดตั้ง ตำแหน่งติดตั้ง				





โครงการก่อสร้างสะพาน คสล.ข้าม..... ตำบล อำเภอ..... จังหวัด.....
 สำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม
 สัญญาจ้างเลขที่..... ลงวันที่..... สัญญาเริ่ม..... ระยะเวลาก่อสร้าง.....
 ผู้รับจ้าง บริษัทฯ/ห้างฯ..... กำหนดแล้วเสร็จ..... ค่าปรับวันละ.....

รายการตรวจสอบงานก่อสร้างสะพาน

ลำดับ ที่	รายการ	มี		ไม่มี	หมายเหตุ
		ถูกต้อง	แก้ไข		
๑๒	งานอื่นๆ (ถ้ามี)				
	☐ งานเชิงลาดคอสะพาน (Approach Slab)				
	○ ชนิดและขนาดของเหล็กเสริม				
	○ การผูกเหล็กและตำแหน่งของเหล็กเสริม				
	○ ตรวจสอบระดับผิวจราจร				
	○ ตรวจสอบความหนา ความกว้าง ความยาว				
	○ ความเรียบร้อยของแบบหล่อก่อนเทคอนกรีต				
	○ ตรวจสอบและควบคุมการเทคอนกรีต				
	○ เก็บตัวอย่างคอนกรีต				
	○ การบ่มคอนกรีต				
	○ การถอดแบบ				
	งานอื่นๆ (ถ้ามี)				
	☐ งานติดตั้งระบบไฟฟ้าส่องสว่าง				
	○ มีการประสานงานกับการไฟฟ้าเพื่อขอติดตั้งหม้อแปลงกับมิเตอร์ไฟฟ้า				
	○ มีการประสานงานกับหน่วยงานปกครองส่วนท้องถิ่น				
	○ มีการตรวจสอบวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้หรือไม่				
	○ มีการตรวจสอบตำแหน่งการติดตั้งหรือไม่				
	☐ งาน Concrete Barrier				
	○ ชนิดและขนาดของเหล็กเสริม				
	○ การผูกเหล็กและตำแหน่งของเหล็กเสริม				
	○ ความเรียบร้อยของแบบหล่อก่อนเทคอนกรีต				
	○ มีการตรวจสอบแนวและระดับหรือไม่				
	○ ตรวจสอบและควบคุมการเทคอนกรีต				
	○ การเก็บตัวอย่างคอนกรีต				
	○ การบ่มคอนกรีต				
	○ การถอดแบบ				



โครงการก่อสร้างสะพาน คสล.ข้าม..... ตำบล อำเภอ..... จังหวัด.....
 สำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม
 สัญญาจ้างเลขที่.....ลงวันที่..... สัญญาเริ่ม..... ระยะเวลาก่อสร้าง.....
 ผู้รับจ้าง บริษัทฯ/ห้างฯ กำหนดแล้วเสร็จ ค่าปรับวันละ.....

รายการตรวจสอบงานก่อสร้างสะพาน

ลำดับ ที่	รายการ	มี		ไม่มี	หมายเหตุ
		ถูกต้อง	แก้ไข		
	☐ งานเครื่องหมายจราจร				
	☐ ป้ายจราจร				
	ตรวจสอบวัสดุที่ใช้ทำแผ่นป้าย หรือไม่				
	ตรวจสอบ ขนาดความหนา ของแผ่นป้าย				
	ตรวจสอบตำแหน่งติดตั้ง				
	ตรวจสอบการสะท้อนแสง				
	☐ การตีเส้นบนผิวทาง (สีเทอร์โมพลาสติก)				
	ตรวจสอบชนิดของสี				
	ตรวจสอบตำแหน่งของการตีเส้น				
	ตรวจสอบความสะอาดผิวจราจรก่อนตี				
	ตรวจสอบการทา Primer ก่อนตีเส้น				
	ตรวจสอบความกว้าง ความยาวและความหนา ของเส้นจราจร				
	ตรวจสอบการสะท้อนแสงของเส้นจราจร				
	☐ งานหลัคนำโค้ง คสล.				
	ตรวจสอบตำแหน่งติดตั้ง				
	ตรวจสอบขนาดและความสูงของหลัคนำโค้ง				
	ตรวจสอบการทาสี การติดแผ่นสะท้อนแสง				



โครงการก่อสร้างสะพาน คสล.ข้าม..... ตำบล อำเภอ.....จังหวัด.....

สำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม

สัญญาจ้างเลขที่.....ลงวันที่.....

สัญญาเริ่ม

ระยะเวลาก่อสร้าง.....

ผู้รับจ้าง บริษัทฯ/ห้างฯ

กำหนดแล้วเสร็จ

ค่าปรับวันละ

บันทึกการตอกเสาเข็ม

ตำแหน่งฐานราก P

เลขที่.....

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.

เสาเข็ม		ปันจันหมายเลข ความสูง.....ม.	
☐ คอนกรีตอัดแรง	☐ คอนกรีตเสริมเหล็ก	ลูกตุ้มหนัก ตัน	ยกสูง ม.
รูป ขนาด.....ม.	น้ำหนัก.....ตัน	เจาะนำ ขนาด ม.	ลึก ม.
ผลิตภัณฑ์ของ.....		ไม่รองหมวกหนา ซม.	เสาส่งยาว ม.
ข้อกำหนดเสาเข็มตามแบบ			
ค่าระดับปลายเสาเข็ม (Pile Tip) ม.	ค่าระดับท้องฐาน (Pile Cut Off) ม.	ระยะเหล็ก Dowel ม.	ค่าระดับหัวเสาเข็ม (Pile Top) ม.
		ความยาวต่อน.....ม.	

ลำดับการตอก	๑	๒	๓	๔	ผังเสาเข็ม ตำแหน่งฐานราก P ...
รหัสเสาเข็ม/ตำแหน่งเสาเข็ม					
วันที่หล่อ					
วันที่ตอก					
เวลาที่เริ่มตอกเสาเข็ม					
เวลาที่ตอกเสาเข็มแล้วเสร็จ					
ระยะเสาเข็มจม (ม.)	ด้วยน้ำหนักเสาเข็ม				
	ด้วยน้ำหนักลูกตุ้ม				
จำนวนครั้งที่ตอก ต่อระยะย่น ๒๕ เซนติเมตร	ความยาวเสาเข็มเหนือระดับพื้นดินเดิม				
	ความลึกเสาเข็มจากพื้นดินเดิม				
ระยะจมนต่อการตอกนับ ๑๐ ครั้งสุดท้าย	ครั้งที่ ๑				
	ครั้งที่ ๒				
	ครั้งที่ ๓				
	เฉลี่ย				
กำลังรับน้ำหนักบรรทุกเสาเข็ม	Qu				
	Qa				
ค่าระดับที่ตอกได้	Pile Top				
	Pile Tip				
ค่าระดับ Pile Top ตามแบบ (Pile Cut Off + Dowel)					รวมความยาวที่ตอกได้ (เมตร)
ความยาวที่ตอกได้					
ศูนย์เสาเข็มเมื่อตอกแล้วเสร็จ	แนวแกน x				
	แนวแกน y				
() ตัวแทนผู้รับจ้าง () ผู้ควบคุมงานกรมทางหลวงชนบท					





โครงการก่อสร้างสะพาน คสล.ข้าม..... ตำบล อำเภอ.....จังหวัด.....

สำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม

สัญญาจ้างเลขที่.....ลงวันที่.....

สัญญาเริ่ม

ระยะเวลาก่อสร้าง.....

ผู้รับจ้าง บริษัทฯ/ห้างฯ

กำหนดแล้วเสร็จ

ค่าปรับวันละ.....

ใบตรวจสอบระดับ

ที่.....

วันที่.....

ตรวจสอบระดับ	☐ งานถนนต่อเชื่อม ☐ งานดินถม ☐ งานรองพื้นทาง ☐ งานพื้นทาง ☐ ผิวจราจรคอนกรีต					☐ งานสะพาน ☐ ผิวจราจร ☐ ทางเท้า ☐ ราวสะพาน					
	ตำแหน่งที่ตรวจสอบ ตั้งแต่ กม.ที่ ถึง กม.ที่										
STA.	ELEV.	BS.	HI.	FS.	IFS.					REMARK	
					RT.	LT.	C/L	RT.	LT.		
										Staff	
										Rod	
										diff	
										Staff	
										Rod	
										diff	
										Staff	
										Rod	
										diff	
										Staff	
										Rod	
										diff	
										Staff	
										Rod	
										diff	
										Staff	
										Rod	
										diff	
										Staff	
										Rod	
										diff	
										Staff	
										Rod	
										diff	
										Staff	
										Rod	
										diff	

.....

(.....)

ผู้ตรวจสอบของผู้รับจ้าง

.....

(.....)

ผู้ควบคุมงานกรมทางหลวงชนบท





โครงการก่อสร้างสะพาน คสล. ข้าม..... ตำบล อำเภอ จังหวัด.....

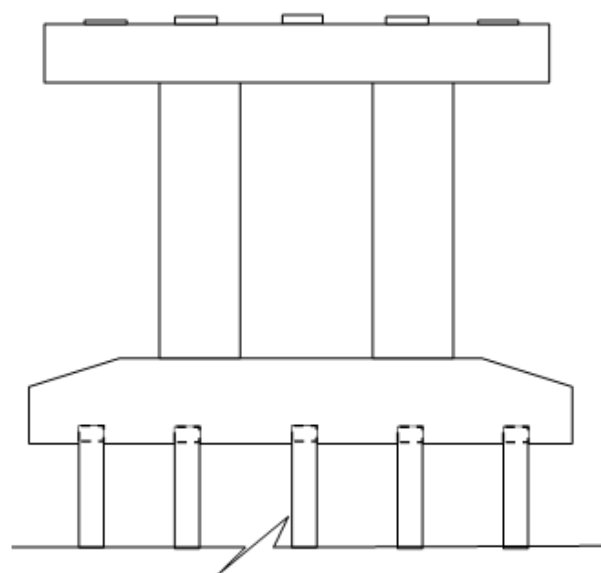
สำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม

ผู้รับจ้าง บริษัทฯ/ห้างฯ สัญญาจ้างเลขที่..... ลงวันที่..... สัญญาเริ่ม กำหนดแล้วเสร็จ.....

ใบตรวจสอบระดับตอม่อสะพาน

ตรวจสอบระดับโครงสร้างตอม่อ P.

ตำแหน่งที่ตรวจสอบ	☐ Pile Cut Off
☐ ท้องฐาน Pile Cap	☐ ท้อง Cap Beam
☐ ผิวบนฐาน Pile Cap	☐ หลัง Cap Beam
☐ หัวเสาตอม่อ	☐ non shrinkage



.....
(.....)

ผู้แทนผู้รับจ้าง

ที่.....

วันที่.....

BM no. Elev.

ELEV. CONS	BS.	HI.	rod	IFS. (staff reading)			diff.
				staff	tape	reading	
ELEV.							
ELEV.							
ELEV.							
ELEV.							
ELEV.							
REMARK							

ผลการตรวจสอบ

☐ ถูกต้อง

☐ แก้ไข

.....

.....
(.....)

ผู้ควบคุมงานกรมทางหลวงชนบท



กรมทางหลวงชนบท

สำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม

ระยะเวลาก่อสร้าง.....

ค่าปรับวันละ.....

เลขที่..... วันที่..... เดือน..... พ.ศ.

[illegible]



โครงการก่อสร้างสะพาน คสล.ข้าม.....ตำบล.....อำเภอ.....จังหวัด.....

สำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม

สัญญาจ้างเลขที่.....ลงวันที่.....

สัญญาเริ่ม.....

ระยะเวลาก่อสร้าง.....

ผู้รับจ้าง บริษัทฯ/ห้างฯ.....

กำหนดแล้วเสร็จ.....

ค่าปรับวันละ.....

ใบรายงานผลการตรวจสอบงานโครงสร้างก่อนเทคอนกรีต

เลขที่.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

เรียน หัวหน้าโครงการฯ

รายละเอียดผลการตรวจสอบงานโครงสร้างก่อนดำเนินการเทคอนกรีต

ชิ้นส่วน/ตำแหน่งโครงสร้าง.....		เริ่มดำเนินการ/...../.....	ดำเนินการแล้วเสร็จ/...../.....		รวมดำเนินการ.....วัน
ลำดับ ที่	รายการ	แบบก่อสร้าง/ มาตรฐาน/ ข้อกำหนด ที่ใช้อ้างอิง	ผลการตรวจสอบ		หมายเหตุ
			ผ่าน	ไม่ผ่าน	
๑	งานรอยต่อชิ้นส่วนโครงสร้างเท่ากับชิ้นส่วน โครงสร้างใหม่				
	ความหยาบของผิวรอยต่อคอนกรีตเท่ากับ คอนกรีตใหม่				
	วัสดุเชื่อมรอยต่อ (กาวซีเมนต์/เหล็ก Dowel/ อื่นๆ.....)				- ตามใบขออนุมัติใช้วัสดุที่แนบ
	ความสะอาดจุดเชื่อมต่อ				
	ความถูกต้องเรียบร้อยของรอยต่อ (การต่อ เหล็กโดยการเชื่อม)				
๒	งานเหล็กเสริม				
	ชนิดและขนาด				- ตามใบรายงานผลการตรวจสอบ เหล็กเสริมที่แนบ
	ตำแหน่ง (เหล็กแกน/ลวดอัดแรง เส้า,คาน)				
	ระยะห่าง (เหล็กเสริมพื้น,เหล็กปลอก,เหล็ก ฐานราก,อื่นๆ.....)				
	ความสะอาด				
๓	งานแบบหล่อ				
	ความเรียบ,ตรงและไม่โค้งงอของแบบหล่อ				
	ความถูกต้องของขนาดและรูปร่างของแบบ หล่อภายหลังการประกอบ				
	ความเรียบร้อยของการประกอบและการ อุดรอยต่อ				
	ความมั่นคงแข็งแรงของการยึดและค้ำยัน				
	ความสะอาดและการทาน้ำมัน				



	ระยะห่างระหว่างแบบหล่อและเหล็กเสริม				
	การทำบัวและลบเหลี่ยมขอบขึ้นส่วน โครงสร้าง				
๔	อุปกรณ์ฝังในเนื้อคอนกรีต				
	ท่อร้อยสายไฟฟ้า				
	ท่อระบายน้ำ/ท่อน้ำประปา				
	ช่องเปิดต่างๆ				
๕	ความพร้อมของอุปกรณ์ที่ใช้ในเทคอนกรีต				
	เครื่องเขย่าคอนกรีต				
	อุปกรณ์ปรับเกลี่ยและแต่งผิวหน้าคอนกรีต				
	รางลำเลียงคอนกรีต				
	รถเครน				
	Bucket				
	ปั๊ม				
	ท่อเทคอนกรีต (Trimie)				
๖	ความพร้อมของวัสดุและอุปกรณ์ บ่ม คอนกรีต				
	กระสอบ				
	แผ่นพลาสติก				
	น้ำยาบ่มคอนกรีต				
	สายยางฉีดน้ำ				
เพื่อประกอบการพิจารณาอนุมัติให้ดำเนินการเทคอนกรีตต่อไป					
..... () ผู้ตรวจสอบของผู้รับจ้าง /...../..... () ผู้ช่วยหัวหน้าโครงการฯ /...../.....					
สำเนาเรียน : หัวหน้างานทาง (ผู้เกี่ยวข้อง) หัวหน้างานโครงสร้าง					



โครงการก่อสร้างสะพาน คสล. ข้าม..... ตำบล อำเภอ.....จังหวัด.....

สำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม

สัญญาจ้างเลขที่.....ลงวันที่.....

สัญญาเริ่ม

ระยะเวลาก่อสร้าง.....

ผู้รับจ้าง บริษัทฯ/ห้างฯ

กำหนดแล้วเสร็จ

ค่าปรับวันละ.....

ใบรายงานผลการเทคอนกรีต

เลขที่.....

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.

ตำแหน่งโครงสร้างที่ทำการเทคอนกรีต			
☐ เสาเข็ม	☐ ฐาน Pile Cap	☐ เสาตอม่อ	☐ คานหัวเสา (Cab Beam)
☐ Box Girder	☐ Topping Slab	☐ ทางเท้า	☐ เสาราวสะพาน
☐ I - Girder	☐ ราวสะพาน	☐ Slope Protection	☐ Approach Slab
☐ ผิวจราจรถนนคอนกรีต	☐ หลักรน้ำโค้ง	☐ กำแพงกันดิน	☐ รางระบายน้ำ
☐ อื่น ๆ			

คุณสมบัติของคอนกรีต			
ชนิดของปูนซีเมนต์	กำลังรับแรงอัด.....กก./ตร.ซม.	ปริมาตรตามแบบ ลบ.ม.	
อัตราส่วนผสม	ปูนซีเมนต์ กก.	หิน กก.	สารผสมเพิ่ม กก.
	ทราย กก.	น้ำ กก.	อื่น ๆ

วิธีการเท				
☐ ปล่อยอิสระ	☐ ปัม	☐ Bucket	☐ Trimly	☐ อื่นๆ
เวลาเริ่มเทคอนกรีต น.		เวลาเทคอนกรีตแล้วเสร็จ.....น.		

การเก็บตัวอย่างคอนกรีต												
หมายเลขแท่งคอนกรีต												
เวลาที่หล่อ												
Slump (ซม.)												

ลำดับที่	ใบจ่ายสินค้า เลขที่	หมายเลขรถ	ปริมาตร (ลบ.ม.)	เวลาออกจาก Plant	เวลาที่ถึง หน้างาน	เวลาเริ่มเท	เวลาเท แล้วเสร็จ	Slump (ซม.)	เก็บตัวอย่าง คอนกรีต

หมายเหตุ

ผู้รับจ้าง

()

วิศวกรของผู้รับจ้าง

กรมทางหลวงชนบท

()

ผู้ช่วยหัวหน้าโครงการฯ





โครงการก่อสร้างสะพาน คสล. ข้าม..... ตำบล อำเภอ จังหวัด.....

สำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม

ผู้รับจ้าง บริษัทฯ/ห้างฯ สัญญาจ้างเลขที่.....ลงวันที่.....สัญญาเริ่ม กำหนดแล้วเสร็จ ระยะเวลาก่อสร้าง.....ค่าปรับวันละ.....

GROUTING REPORT

Girder Type _____	Grouting Equipment Type _____								Page _____	
Girder No. _____	Cement _____ Type _____ Manufacture _____				Date _____					
Drawing No. _____	Admixture _____ Type _____ Manufacture _____									
Batch No.	๑		๒		๓		๔		๕	
Time										
Air Temperature										
W/C Ratio										
Dosage of Admixture										
Mixing Sequence										
Mixing Time										
Temperature of Grout										
Flow Time After ๐ Minute										
Flow Time After ๑๕ Minute										
Filling Level of Cylinder	mm.		mm.		mm.		mm.		mm.	
Bleeding	mm.	%	mm.	%	mm.	%	mm.	%	mm.	%
๓ hours										
๒๔ hours										
Expansion ๒๔ hours										
..... (.....) วิศวกรของผู้รับจ้าง (.....) ผู้ช่วยหัวหน้าโครงการฯ (.....) หัวหน้าโครงการฯ										





โครงการก่อสร้างสะพาน คสล. ชำม..... ตำบล อำเภอ จังหวัด.....
 สำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม
 ผู้รับจ้าง บริษัทฯ/ห้างฯ สัญญาจ้างเลขที่..... ลงวันที่..... สัญญาเริ่ม กำหนดแล้วเสร็จ ระยะเวลาก่อสร้าง..... ค่าปรับวันละ.....

รายงานการตรวจสอบความปลอดภัย

ประจำเดือน.....

หน้าที่ 1/4

ลำดับที่	รายการตรวจสอบ	ผลการตรวจสอบ			สถานที่	วันที่ตรวจสอบ	หมายเหตุ
		ดี	พอใช้	แก้ไข			
๑	☐ ความปลอดภัยทั่วไป						
	☐ ห้องปฐมพยาบาลผู้บาดเจ็บเบื้องต้น						
	☐ ถังดับเพลิง						
	☐ หมวกนิรภัย						
	☐ รองเท้าหุ้มส้น						
	☐ ป้ายเตือนเกี่ยวกับความปลอดภัยต่างๆ						
	☐ ความสะอาดในหน่วยงาน						
	☐ สภาพแวดล้อมข้างเคียง						
๒	☐ การจัดระบบจราจร						
	☐ ป้ายจำกัดความเร็ว						
	☐ ป้ายแนะนำผู้ใช้รถยนต์ที่ผ่านบริเวณก่อสร้าง						
	☐ สภาพทางเบี่ยงชั่วคราว						
	☐ การตีเส้นจราจรชั่วคราว						
	☐ รั้วกั้นพื้นที่ทำงานและแบ่งกันชั่วคราว						
	☐ ช่องเปิดทางรถเข้า-ออก						
	☐ สัญญาณไฟต่างๆ						
๓	☐ การจอดยานพาหนะบนผิวจราจรเพื่อขนถ่ายวัสดุ						
	☐ การวางกรวยยาง						
	☐ การวางแผงกั้น						
	☐ พนักงานให้สัญญาณ						





โครงการก่อสร้างสะพาน คสล. ชำม..... ตำบล อำเภอ จังหวัด.....
 สำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม
 ผู้รับจ้าง บริษัทฯ/ห้างฯ สัญญาจ้างเลขที่..... ลงวันที่..... สัญญาเริ่ม กำหนดแล้วเสร็จ ระยะเวลาก่อสร้าง..... ค่าปรับวันละ.....

รายงานการตรวจสอบความปลอดภัย

ประจำเดือน.....

แผ่นที่ 2/4

ลำดับที่	รายการตรวจสอบ	ผลการตรวจสอบ			สถานที่	วันที่ตรวจสอบ	หมายเหตุ
		ดี	พอใช้	แก้ไข			
๔	☐ ความปลอดภัยเกี่ยวกับระบบไฟฟ้า						
	☐ สภาพแผงไฟฟ้าและอุปกรณ์						
	☐ ขนาดความเหมาะสมของสายไฟฟ้าที่ใช้						
	☐ สภาพการใช้งานของสายไฟฟ้า						
	☐ จุดต่อสายไฟ						
	☐ สภาพเครื่องมือ-อุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้า						
	☐ ไฟฟ้าแสงสว่างในบริเวณก่อสร้าง						
	☐ สัญญาณไฟต่างๆ ในบริเวณก่อสร้าง						
	☐ ป้ายเตือนบริเวณที่จะเกิดอันตรายจากกระแสไฟฟ้า						
๕	☐ การทำงานในที่สูง						
	☐ สภาพนั่งร้านชั่วคราว						
	☐ แผงกันตก						
	☐ บันไดชั่วคราว						
	☐ ผ้าใบหรือตาข่ายป้องกันของตก						
	☐ ทางเดินชั่วคราว						
	☐ สภาพไม้แบบค้ำยันหรือสลิงยึด						
๖	☐ เครื่องมือ-อุปกรณ์งานเชื่อมในหน่วยงาน						
	☐ สภาพของสายไฟฟ้าและสายเชื่อม						
	☐ อุปกรณ์ป้องกันของผู้ปฏิบัติงาน (หน้ากาก, ถุงมือ)						
	☐ บริเวณปฏิบัติงานไม่มีน้ำขัง						





โครงการก่อสร้างสะพาน คสล. ชำม..... ตำบล อำเภอ จังหวัด.....
 สำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม
 ผู้รับจ้าง บริษัทฯ..... สัญญาจ้างเลขที่..... ลงวันที่..... สัญญาเริ่ม กำหนดแล้วเสร็จ ระยะเวลาก่อสร้าง..... ค่าปรับวันละ.....

รายงานการตรวจสอบความปลอดภัย

ประจำเดือน.....

แผ่นที่ 3/4

ลำดับที่	รายการตรวจสอบ	ผลการตรวจสอบ			สถานที่	วันที่ตรวจสอบ	หมายเหตุ
		ดี	พอใช้	แก้ไข			
	☐ บริเวณปฏิบัติงานไม่มีวัสดุติดไฟหรือไวไฟ						
๗	☐ ระบบป้องกันดินพัง						
๘	☐ การจัดเก็บวัสดุหน้างาน						
๙	☐ รถยกชนิดเคลื่อนที่ได้						
	☐ การเตรียมสภาพบริเวณปฏิบัติงาน						
	☐ การเตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่จะเคลื่อนย้าย						
	☐ การควบคุมเครื่องจักร						
	☐ พนักงานให้สัญญาณ						
	☐ สภาพแวดล้อม						
	☐ การยกวัสดุ/อุปกรณ์						
	☐ การจัดเตรียมสภาพบริเวณปฏิบัติงาน						
	☐ การจอดพักเครื่องจักร						
๑๐	☐ เครื่องจักรงานตอกเข็มติดกันดินพัง						
	☐ การเตรียมสภาพบริเวณปฏิบัติงาน						
	☐ การเตรียมวัสดุบริเวณปฏิบัติงาน						
	☐ การควบคุมเครื่องจักร						
	☐ พนักงานให้สัญญาณ						
	☐ สภาพแวดล้อม						
	☐ การยกเข็มตอกเหล็ก						
	☐ การจอดพักเครื่องจักร						





โครงการก่อสร้างสะพาน คสล.ข้าม.....ตำบล.....อำเภอ.....จังหวัด.....
 สำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม
 ผู้รับจ้าง บริษัทฯ/ห้างฯ.....สัญญาจ้างเลขที่.....ลงวันที่.....สัญญาเริ่ม.....กำหนดแล้วเสร็จ.....ระยะเวลาก่อสร้าง.....ค่าปรับวันละ.....

รายงานการตรวจสอบความปลอดภัย
 ประจำเดือน.....

แผ่นที่ 4/4

ลำดับที่	รายการตรวจสอบ	ผลการตรวจสอบ			สถานที่	วันที่ ตรวจสอบ	หมายเหตุ
		ดี	พอใช้	แก้ไข			
๑๑	☐ เครื่องจักรงานตอกเสาเข็ม						
	☐ การเตรียมสภาพบริเวณปฏิบัติงาน						
	☐ การเตรียมวัสดุบริเวณปฏิบัติงาน						
	☐ การควบคุมเครื่องจักร						
	☐ พนักงานให้สัญญาณ						
	☐ สภาพแวดล้อม						
	☐ การยกเสาเข็ม						
	☐ การจอดักเครื่องจักร						
๑๒	☐ การควบคุมระบบระบายน้ำ						

รายงานโดย

ตรวจสอบโดย

ทราบ/สั่งการแก้ไข

.....
 (.....)
 วิศวกรความปลอดภัยของผู้รับจ้าง

.....
 (.....)
 ผู้ช่วยหัวหน้าโครงการฯ

.....
 (.....)
 ผู้ช่วยหัวหน้าโครงการฯ



คณะกรรมการจัดทำคู่มือ QA ด้านก่อสร้างสะพาน

นายปฐม	เฉลยวาเรศ	ผู้อำนวยการสำนักก่อสร้างสะพาน
นายสมบุญ	กนกนภากุล	ผู้อำนวยการสำนักวิเคราะห์ วิจัยและพัฒนา
นายจิรนนท์	ประกอบไวยกิจ	ผู้อำนวยการสำนักฝึกอบรม
นายสุรเดช	เบญจศิริวรรณ	ผู้อำนวยการสำนักงานทางหลวงชนบทที่ ๒
นายวิโรดิ	จำปา	ผู้อำนวยการสำนักงานทางหลวงชนบทที่ ๑๔
นายชัยณรงค์	องอาจวานิชย์	วิศวกรโยธาเชี่ยวชาญ
นายชาครีย์	บำรุงวงศ์	วิศวกรโยธาเชี่ยวชาญ
นายจีระพงษ์	ปิณฑะบุตร	วิศวกรโยธาชำนานุกรการพิเศษ
นายอดิเทพ	ดีระมาศวนิช	วิศวกรโยธาชำนานุกรการพิเศษ
นายมานพ	เหมเวช	วิศวกรโยธาชำนานุกรการพิเศษ
นายธีรพันธ์	โหมยงค์	วิศวกรโยธาชำนานุกรการพิเศษ
นายอมร	จันทร์สกุล	วิศวกรโยธาชำนานุกรการพิเศษ
นายศาสด์	ภูริภัตสกุล	วิศวกรโยธาชำนานุกรการพิเศษ
นายอนุรักษ์	สวัสดิ์	วิศวกรโยธาชำนานุกรการพิเศษ
นายวิชัย	พลอยกลม	วิศวกรโยธาชำนานุกรการพิเศษ
นายกิตติ	มโนคุ่น	วิศวกรโยธาชำนานุกรการพิเศษ
นายจุติ	ไคร์ครวญ	วิศวกรโยธาชำนานุกรการ
นายพุทธิพงศ์	หะลิรัตน์วัฒนา	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ
นายไพรัช	พงษ์ชู	นายช่างโยธาชำนานุกรงาน

บรรณาธิการ

นายคุณมาศ	พันธุ์เตชะ	วิศวกรโยธาชำนานุกรการพิเศษ
-----------	------------	----------------------------

ออกแบบปกและรูปเล่ม

นายคุณมาศ	พันธุ์เตชะ	วิศวกรโยธาชำนานุกรการพิเศษ
นายเรวัฒน์	สุขขำ	นายช่างโยธาปฏิบัติงาน
นายพันกร	ทองมา	เจ้าพนักงานธุรการ

สำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวงชนบท

๔ ถนนพหลโยธิน แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน กทม. ๑๐๒๒๐

โทรศัพท์ ๐-๒๕๕๑-๕๕๕๖, <http://bridge.drr.go.th>





จัดทำโดย

คณะอนุกรรมการพัฒนาระบบการประกันคุณภาพของกรมทางหลวงชนบท
(Quality Assurance, QA)

ด้านก่อสร้างสะพาน