

คู่มือปฏิบัติงานก่อสร้างสะพานสำหรับ อปท.



คู่มือปฏิบัติงานก่อสร้างสะพานสำหรับ อปท.



กรมทางหลวงชนบท กรมการขนส่งทางบก



กรมทางหลวงชนบท

กรมการขนส่งทางบก



คู่มือปฏิบัติงานก่อสร้างสะพานสำหรับ อปท.





คู่มือปฏิบัติงานก่อสร้างสะพานสำหรับ อปท.

จัดพิมพ์และเผยแพร่โดย : สำนักส่งเสริมการพัฒนาทางหลวงท้องถิ่น

กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม

พิมพ์ครั้งที่ 3 : เมษายน 2556

จำนวน : 1,500 เล่ม

ISBN : 978-974-9848-78-4

ลิขสิทธิ์กรมทางหลวงชนบท

คำนำ

สะพานเป็นโครงสร้างถาวรที่ต้องใช้เทคนิคและวิชาการก่อสร้างในระดับสูง ซึ่งจะก่อให้เกิดคุณประโยชน์อย่างมหาศาล และในขณะเดียวกันก็จะส่งผลกระทบที่เสียหายอย่างรุนแรงต่อชีวิตและทรัพย์สินต่อประชาชนผู้ใช้ หากผู้รับผิดชอบในการควบคุมการก่อสร้างไม่มีความรู้ และประสบการณ์อย่างเพียงพอ และได้ดำเนินการกำกับดูแลให้เป็นไปตามหลักวิศวกรรม อีกทั้งกรณีที่งานก่อสร้างสะพานเกิดปัญหา การที่จะปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้มีคุณภาพและมาตรฐานในระดับที่สามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย นับเป็นเรื่องที่มีความยุ่งยากมาก ดังนั้น องค์การปกครองส่วนท้องถิ่นที่มีหน้าที่ดำเนินการเกี่ยวกับการก่อสร้างสะพานจึงควรตระหนักและดำเนินการด้วยความรับผิดชอบ ทั้งนี้ แผนการกระจายอำนาจให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2551 ได้กำหนดให้องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น ดำเนินการก่อสร้างและบำรุงรักษาทางและสะพานที่ได้รับการถ่ายโอนให้เป็นไปตามมาตรฐานงานทางและเทคนิควิชาการ ตามที่กรมทางหลวงชนบทกำหนด

คู่มือการก่อสร้างสะพานสำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่กรมทางหลวงชนบทได้จัดทำขึ้นในครั้งนี้ เป็นไปตามเจตนารมณ์ที่ต้องการเสริมสร้างขีดความสามารถให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น โดยการส่งเสริมและสนับสนุนทางด้านวิชาการ ซึ่งจะเป็นการปรับปรุงและพัฒนาจากคู่มือปฏิบัติงานก่อสร้างและบำรุงรักษาทาง (ฉบับเดิม) เพื่อให้มีความเหมาะสม สอดคล้องกับการใช้งาน มีความทันสมัย และเป็นไปตามหลักวิชาการ โดยเนื้อหาจะเน้นหนักในภาคปฏิบัติซึ่งประกอบด้วย ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสะพาน การเตรียมการก่อสร้าง การก่อสร้างโครงสร้างส่วนล่าง การก่อสร้างโครงสร้างส่วนบน ส่วนประกอบอื่นๆ ของสะพาน การควบคุมคุณภาพวัสดุ รวมถึงปัญหา ข้อควรระวังและแนวทางแก้ไขปัญหาในการก่อสร้างสะพาน เพื่อให้บุคลากรของท้องถิ่นสามารถนำไปใช้เป็นคู่มือในการควบคุมงานก่อสร้างสะพานให้มีคุณภาพและมาตรฐานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คู่มือนี้จะเป็นประโยชน์ในด้านการปฏิบัติงานของบุคลากรในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และผู้ที่สนใจสำหรับใช้ประกอบในการศึกษาค้นคว้า และอ้างอิง



สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสะพาน	1
1.1 ข้อแนะนำเบื้องต้นในการออกแบบอาคารระบายน้ำ	1
1.2 ประเภทของสะพาน	2
1.3 องค์ประกอบโครงสร้างสะพาน	7
1.4 ส่วนประกอบของแบบก่อสร้างสะพาน	9
บทที่ 2 การเตรียมการก่อนเริ่มงานก่อสร้างสะพาน	14
2.1 ศึกษาสัญญาจ้าง	14
2.2 ศึกษาแบบก่อสร้าง	14
2.3 ตรวจสอบพื้นที่ก่อสร้าง	16
2.4 การมีส่วนร่วมภาคประชาชน	18
2.5 การประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง	19
2.6 ตรวจสอบแผนงานของผู้รับจ้าง	20
2.7 การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุก่อสร้าง	22
2.8 ตรวจสอบสภาพชั้นดินรองรับงานฐานราก	26
2.9 จัดทำแบบรายละเอียดก่อนการก่อสร้าง (Shop Drawing)	28
บทที่ 3 การก่อสร้างโครงสร้างส่วนล่างของสะพาน	30
3.1 การสำรวจเพื่อการก่อสร้างและการวางผัง	30
3.2 ฐานรากเสาเข็ม	31
3.3 ฐานรากแผ่	48
3.4 เสาตอม่อ	50
3.5 คานหัวเสารับพื้นสะพาน (Cap Beam)	52
บทที่ 4 การก่อสร้างโครงสร้างส่วนบนของสะพาน	53
4.1 พื้นสะพาน	53
4.2 ทางเท้า	66
4.3 ราวสะพาน	68
บทที่ 5 ส่วนประกอบอื่น ๆ ของสะพาน	70
5.1 ดาดคอนกรีตป้องกันคอสะพาน (Concrete Slope Protection)	70
5.2 พื้นคอนกรีตเชิงลาดคอสะพาน (Approach Slab)	72



	หน้า
บทที่ 6 การควบคุมคุณภาพวัสดุ	76
6.1 คอนกรีต	76
6.2 วัสดุที่ใช้ในงานคอนกรีต	77
บทที่ 7 ปัญหา ข้อควรระวัง และแนวทางแก้ไขปัญหาในการก่อสร้างสะพาน	84
7.1 ข้อควรระวังในการตอกเสาเข็ม	84
7.2 การสกัดหัวเสาเข็ม	85
7.3 การกำหนดตำแหน่งของเสาเข็ม	86
7.4 ข้อผิดพลาดจากการกำหนดความยาวของเสาเข็มอัดแรง	86
7.5 การแก้ไขในกรณีที่ตอกเสาเข็มเยื้องศูนย์	87
7.6 การก่อสร้างฐานรากแผ่	87
7.7 การก่อสร้างตอม่อตัวบริม	88
7.8 การกำหนดตำแหน่ง Dowel ยึดพื้นสะพาน	90
7.9 ข้อควรระวังในกรณีที่เป็นสะพานเฉียง	91
7.10 การถมดินคอสะพาน	91
7.11 ปัญหาและแนวทางแก้ไขในการควบคุมงานคอนกรีต	92
7.12 แนวทางแก้ไขปัญหาคอนกรีตป้องกันผลกระทบจากน้ำเค็ม	93
ภาคผนวก	95
- ตัวอย่างแบบฟอร์มรายงานประจำวัน	96
- ตัวอย่างแบบฟอร์มรายงานประจำสัปดาห์	98
- ตัวอย่างแบบฟอร์มรายงานประจำเดือน	103
- ตัวอย่างแผนปฏิบัติงานก่อสร้าง	108
- ตัวอย่างใบรายงานผลการทดสอบวัสดุจากแหล่ง (General Test)	110
- ตัวอย่างใบรายงานผลการทดสอบวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างจริง (Control Test)	113
- ตัวอย่างผลการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตที่มีส่วนผสมของเถ้าลอย (Pozzolanic Materials)	118
- ตัวอย่างผลการทดสอบกำลังอัดของแท่งคอนกรีต	123
- ตัวอย่างรายการคำนวณการดึงลวดอัดแรง	125
- ตัวอย่างเอกสารรายงานการตอกเสาเข็ม	129
- ตัวอย่างหนังสือส่งงาน	139
- ตัวอย่างรายงานผลการตรวจการจ้าง	148
บรรณานุกรม	158



บทที่ 1

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสะพาน

สะพานเป็นสิ่งก่อสร้างที่ใช้สำหรับข้ามลำน้ำ หรือข้ามสิ่งกีดขวาง เพื่อประโยชน์ในการสัญจร และยังทำหน้าที่ในการระบายน้ำด้วย อีกทั้งเป็นโครงสร้างที่ถาวร ผู้ปฏิบัติงานจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีความรู้และความเข้าใจที่ถูกต้อง เพื่อให้ได้งานที่มีคุณภาพและได้มาตรฐานเพื่อความปลอดภัย ทั้งนี้โครงสร้างสะพานที่มีช่วงระหว่างศูนย์กลางตอม่อช่วงใดช่วงหนึ่งยาวตั้งแต่ 10.00 เมตรขึ้นไป เป็นงานวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมที่จะต้องปฏิบัติตามพระราชบัญญัติวิศวกร พ.ศ.2542 และกฎหมายที่เกี่ยวข้องด้วย

1.1 ข้อย่นำเบื้องต้นในการออกแบบอาคารระบายน้ำ

อาคารระบายน้ำมีหลายประเภท ซึ่งแต่ละประเภทจะเหมาะสมกับสภาพพื้นที่และวัตถุประสงคไม่เหมือนกัน ดังนั้น การที่จะกำหนดว่าจะออกแบบเป็นอาคารระบายน้ำประเภทใด จะต้องรู้ข้อกำหนดทั่วไปของระบบอาคารระบายน้ำก่อน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1.1 ท่อลอดกลม คสล.

มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.40-1.50 เมตร เหมาะสำหรับช่องระบายน้ำที่กว้างไม่เกิน 5.00 เมตร และระดับน้ำสูงสุดลึกไม่เกิน 1.50 เมตร

1.1.2 ท่อลอดเหลี่ยม คสล.

มีขนาดความกว้างภายใน 0.60-3.60 เมตร เหมาะสำหรับช่องทางน้ำที่กว้างไม่เกิน 10.00 เมตร และระดับน้ำสูงสุดลึกไม่เกิน 3.50 เมตร

1.1.3 สะพาน คสล.

มีความยาวช่วงตั้งแต่ 5.00-10.00 12.00 20.00 30.00 และ 50.00 เมตร เหมาะสำหรับช่องทางน้ำที่กว้างเกิน 10.00 เมตรขึ้นไป และมีระดับน้ำสูงสุดลึกตั้งแต่ 3.50 เมตรขึ้นไป

ที่กล่าวมาข้างต้น เป็นข้อกำหนดเบื้องต้นทั่วไป หากไม่มีข้อมูลอย่างอื่นประกอบ หรือไม่มีเงื่อนไขพิเศษก็สามารถกำหนดประเภทของอาคารระบายน้ำตามข้อกำหนดได้



1.2 ประเภทของสะพาน

การจัดประเภทของสะพานสามารถทำได้หลายลักษณะ ดังนี้

1.2.1 จัดตามหน้าที่การใช้งาน ได้แก่

- 1) สะพานข้ามลำน้ำ
- 2) สะพานบก (ทางยกระดับ หรือ ทางต่างระดับ)



รูปที่ 1-1 สะพานข้ามลำน้ำ



รูปที่ 1-2 สะพานบก

1.2.2 จัดตามวัสดุที่ใช้เป็นโครงสร้างหลักของสะพาน ได้แก่

- 1) สะพานไม้
- 2) สะพานเหล็ก



รูปที่ 1-3 สะพานไม้



รูปที่ 1-4 สะพานเหล็ก

3) สะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก (คสล.)



รูปที่ 1-5 สะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก

4) สะพานแบบผสม เช่น สะพานพื้นไม้ – ตอม่อคอนกรีต สะพานพื้นเหล็ก – ตอม่อคอนกรีต และสะพานที่มีพื้นเป็นโครงสร้างผสมระหว่างเหล็กกับคอนกรีต (ใช้คานเหล็กและมีพื้นบนเป็นคอนกรีต) เป็นต้น



รูปที่ 1-6 สะพานแบบผสม



1.2.3 จัดตามลักษณะโครงสร้างสะพาน ได้แก่

1) สะพานชนิดพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่ เช่น พื้นสะพานชนิดแผ่นพื้น (Slab Type) และพื้นสะพานชนิดคาน (Beam Type) เป็นต้น ปกติจะใช้กับพื้นสะพานที่มีช่วงความยาวไม่เกิน 10.00 เมตร

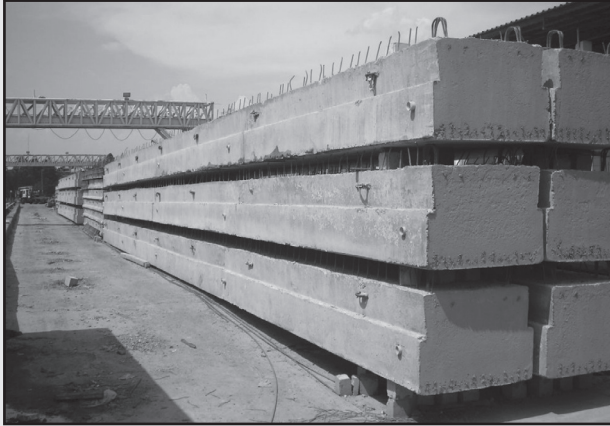


รูปที่ 1-7 สะพานชนิดพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่

2) สะพานชนิดคานคอนกรีตอัดแรง (Prestress Concrete Girder) เป็นพื้นสะพานแบบผสม (Composite Section) ระหว่างคานคอนกรีตอัดแรงกับพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่ ปกติจะใช้กับพื้นสะพานที่มีช่วงความยาวตั้งแต่ 5.00 เมตร จนถึง 30.00 เมตร เช่น คานแบบแผ่นพื้นตัน (Plank Girder) ช่วง 5.00-10.00 เมตร คานรูปกล่อง (Box Girder) ช่วง 20.00 เมตร และคานรูปตัวไอ (I-Girder) ช่วง 20.00-30.00 เมตร เป็นต้น



รูปที่ 1-8 คานแบบแผ่นพื้นตัน (Plank Girder) ช่วง 5.00-10.00 เมตร



รูปที่ 1-9 คานรูปกล่อง (Box Girder)
ช่วง 20.00 เมตร

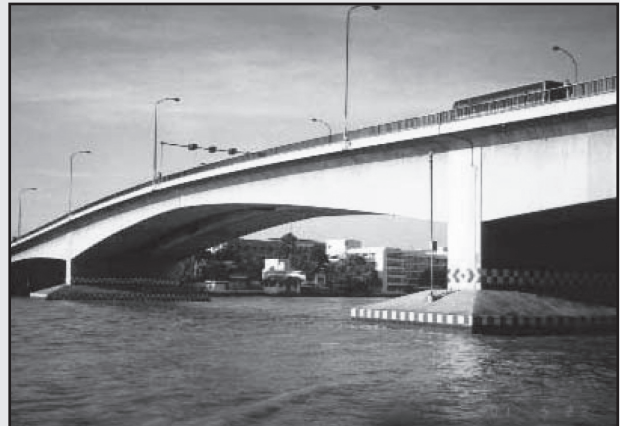


รูปที่ 1-10 คานรูปตัวไอ (I-Girder)
ช่วง 20.00-30.00 เมตร

3) สะพานชนิดคานคอนกรีตอัดแรงรูปกล่องชนิดหล่อเป็นท่อนๆ (Prestress Segmental Box Girder) ปกติจะใช้กับพื้นสะพานที่มีช่วงความยาวตั้งแต่ 40.00 เมตรขึ้นไป



รูปที่ 1-11 คานคอนกรีตรูปกล่องหล่อสำเร็จรูปเป็น
ท่อนๆ (Prestress Segmental Box Girder)
ก่อสร้างโดยวิธีนำมาประกอบติดตั้งและอัดแรงในที่



รูปที่ 1-12 คานคอนกรีตรูปกล่องหล่อในที่และ
อัดแรงเป็นท่อนๆ ก่อสร้างโดยวิธีคานยื่นแบบสมดุล
(Balance Cantilever Method)

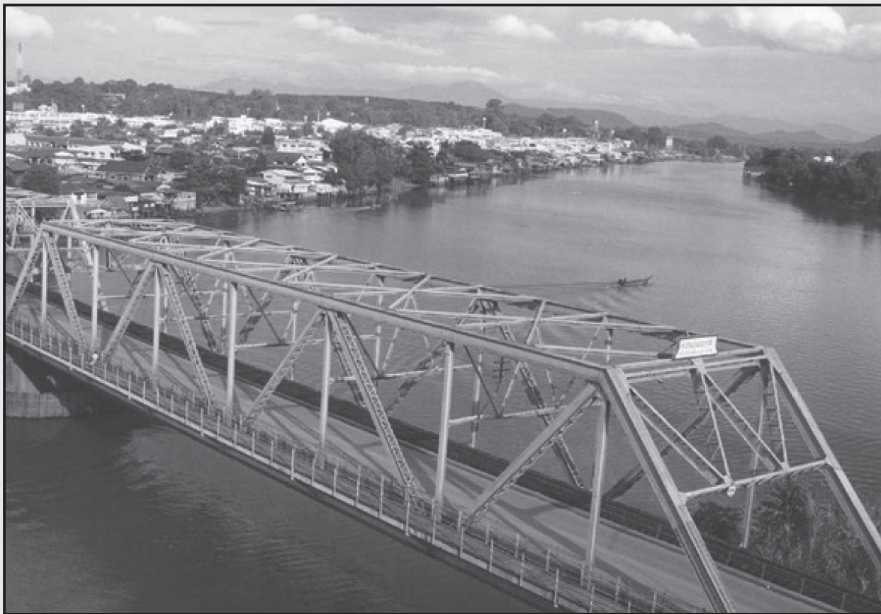
4) สะพานโค้ง (Arch Bridge) ปกติจะเหมาะสำหรับสะพานข้ามหุบเขาหรือเหวลึก เพื่อหลีกเลี่ยงการก่อสร้างตอม่อสูง



รูปที่ 1-13 สะพานโค้ง (Arch Bridge)



5) สะพานแบบโครงถัก (Truss Bridge) ปกติจะใช้เหล็กเป็นโครงสร้างและมีความยาวช่วงพื้นสะพานตั้งแต่ 40.00 เมตรขึ้นไป



รูปที่ 1-14 สะพานแบบโครงถัก (Truss Bridge)

6) สะพานแขวน (Suspension Bridge) เป็นสะพานที่ต้องการความยาวช่วงพื้นสะพานยาวมากๆ เพื่อหลีกเลี่ยงการก่อสร้างตอม่อกลางน้ำ ปัจจุบันสามารถก่อสร้างสะพานแขวนที่มีช่วงความยาวได้ถึง 2,000 เมตร โครงสร้างหลักประกอบด้วยสายเคเบิลหลัก (Main Cable) ซึ่งทำหน้าที่แขวนพื้นสะพานไว้กับเสาสูง (Pylon) โดยมีสมอยึดรั้งด้านหลัง (Anchor Block) นอกจากนี้จะเป็นสะพานสำหรับรถยนต์แล้ว ยังเหมาะที่จะนำมาประยุกต์เป็นสะพานสำหรับคนเดินข้ามอีกด้วย



รูปที่ 1-15 สะพานแขวน (Suspension Bridge)

7) สะพานซิง (Cable Stayed Bridge) เป็นสะพานที่ต้องการช่วงพื้นสะพานยาว เพื่อหลีกเลี่ยงการก่อสร้างตอม่อกลางน้ำเช่นเดียวกับสะพานแขวน เหมาะสำหรับสะพานที่ต้องการช่วงความยาวพื้นสะพานระหว่าง 150-900 เมตร โครงสร้างหลักประกอบด้วยสายเคเบิล (Cable) ซึ่งโยงยึดพื้นสะพานช่วงหลัก (Main Span) ไว้กับเสาสูง (Pylon) โดยมีพื้นสะพานช่วงริม (Side Span) อยู่บนฝั่งทำหน้าที่ยึดรั้งพื้นสะพานช่วงหลัก



รูปที่ 1-16 สะพานซิง (Cable Stayed Bridge)

สำหรับเนื้อหาที่จะกล่าวต่อไป จะเน้นเฉพาะสะพานขนาดเล็กที่มีความยาวช่วงพื้นสะพานไม่เกิน 10.00 เมตร ซึ่งอยู่ในขอบเขตภารกิจขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

1.3 องค์ประกอบโครงสร้างสะพาน

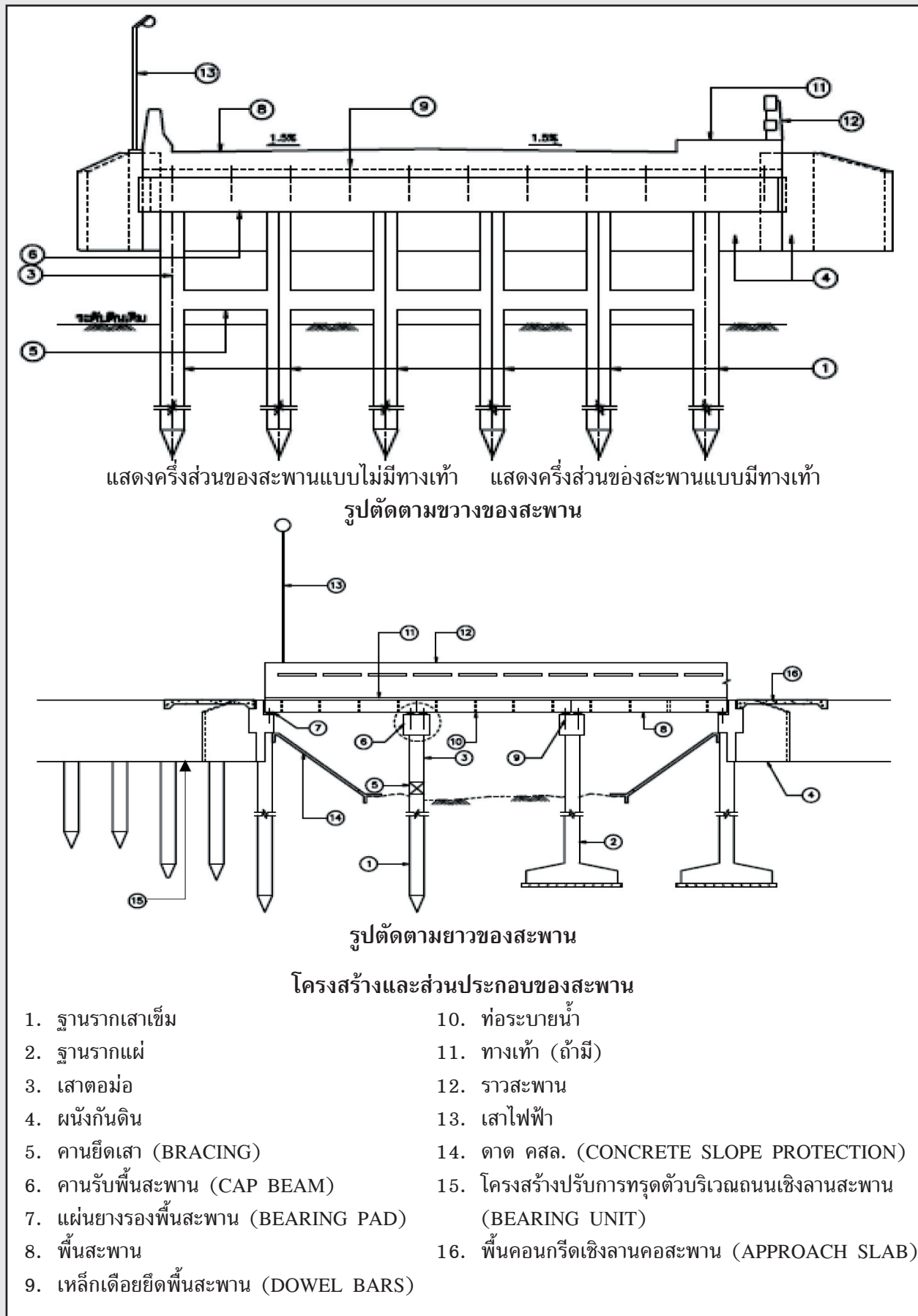
โครงสร้างสะพานแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ดังนี้

1.3.1 โครงสร้างส่วนล่าง (Sub Structure) ได้แก่

- 1) ฐานราก แบบมีเสาเข็มหรือแบบฐานแผ่
- 2) ตอม่อ ประกอบด้วย เสา คานยึดเสา (Bracing Beam) คานรัดหัวเสา หรืออาจเรียกว่า คานรับพื้นสะพาน (Cap Beam) และผนังกันดินสำหรับตอม่อตบริม (Abutment)

1.3.2 โครงสร้างส่วนบน (Super Structure) ได้แก่

- 1) พื้นสะพาน (รวมคานคอนกรีตอัดแรง)
- 2) ทางเท้า
- 3) ราวสะพาน
- 4) แท่งรองรับเสาไฟฟ้า



รูปที่ 1-17 องค์ประกอบโครงสร้างสะพาน



1.4 ส่วนประกอบของแบบก่อสร้างสะพาน

โดยทั่วไปแบบก่อสร้างสะพานจะประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ดังนี้

1.4.1 แบบรายละเอียดเฉพาะงาน ได้แก่

1.4.1.1 แผนที่สังเขป แสดงที่ตั้งของโครงการ และแผนที่มาตราส่วน 1: 50,000

1.4.1.2 แพลนและรูปตัดตามยาว แสดงผังบริเวณ รูปตัดท้องลำนํ้า แนวและตำแหน่งการก่อสร้างสะพาน มุมที่สะพานกระทำกับแนวตั้งฉากกับกระแสนํ้า (Skew) หมุดอ้างอิงแนวการก่อสร้าง (Reference Point) และหมุดหลักฐานการระดับ (Bench Mark หรือ BM.)

1.4.1.3 รูปตัดสะพาน แสดงสัดส่วน (ความกว้าง ความยาว ช่วงพื้นสะพาน) ของสะพาน โดยรวมรายละเอียดรูปร่าง ขนาด และระดับก่อสร้างของโครงสร้างสะพานแต่ละส่วน ชนิดของฐานรากต่อม่อสะพานว่าเป็นแบบเสาเข็มตอกหรือแบบฐานแผ่ พร้อมรายละเอียดประกอบแบบที่ระบุถึงแบบมาตรฐานที่ใช้รายการทั่วไป ข้อกำหนดในการก่อสร้างสะพาน ความยาวเสาเข็มโดยประมาณและกำลังรับน้ำหนักปลอดภัยของเสาเข็ม (Allowable Pile Bearing Capacity)

1.4.2 แบบมาตรฐานงานสะพาน

เป็นแบบแสดงรายละเอียดโครงสร้างส่วนต่างๆ ของสะพาน เพื่อใช้เป็นแบบประกอบในการก่อสร้างสะพาน โดยทั่วไปมักจะประกอบด้วยรายละเอียดของแบบมาตรฐานต่างๆ ตามตารางที่ 1-1 ดังนี้

ตารางที่ 1-1 แบบมาตรฐานงานสะพาน ช่วงความยาว 5.00-10.00 เมตร

ลำดับที่	แบบเลขที่	รายละเอียดแบบ	หมายเหตุ
1	ทถ-4-101	แบบรายการข้อกำหนดงานโครงสร้าง	
2	ทถ-4-102	แบบแสดงโครงสร้างและส่วนประกอบของสะพาน	
3	ทถ-4-103	แบบเสาเข็ม คสล. ขนาด 0.40x0.40 ม. สำหรับตอม่อตบริม	
4	ทถ-4-104	แบบเสาเข็ม คสล. ขนาด 0.40x0.40 ม. สำหรับตอม่อตบกลาง	
5	ทถ-4-201	แบบตอม่อตบริม ชนิดฐานรากเสาเข็มรับพื้นสะพาน ช่วง 5.00-10.00 ม. ผิวจราจรกว้าง 4.00 ม. Skew 0-30 องศา	
6	ทถ-4-202	แบบตอม่อตบกลาง ชนิดฐานรากเสาเข็มรับพื้นสะพาน ช่วง 5.00-10.00 ม. ผิวจราจรกว้าง 4.00 ม. Skew 0-30 องศา	
7	ทถ-4-203	แบบตอม่อตบริม ชนิดฐานแผ่รับพื้นสะพาน ช่วง 5.00-10.00 ม. ผิวจราจรกว้าง 4.00 ม. Skew 0-30 องศา	
8	ทถ-4-204	แบบตอม่อตบกลาง ชนิดฐานแผ่รับพื้นสะพาน ช่วง 5.00-10.00 ม. ผิวจราจรกว้าง 4.00 ม. Skew 0-30 องศา	



ลำดับที่	แบบเลขที่	รายละเอียดแบบ	หมายเหตุ
9	ทล-4-205	แบบตอม่อตัดริม ชนิดฐานรากเสาเข็มรับพื้นสะพาน ช่วง 5.00-10.00 ม. ผิวจราจรกว้าง 7.00 ม. Skew 0-30 องศา	
10	ทล-4-206	แบบตอม่อตัดกลาง ชนิดฐานรากเสาเข็มรับพื้นสะพาน ช่วง 5.00-10.00 ม. ผิวจราจรกว้าง 7.00 ม. Skew 0-30 องศา	
11	ทล-4-207	แบบตอม่อตัดริม ชนิดฐานแผ่รับพื้นสะพาน ช่วง 5.00-10.00 ม. ผิวจราจรกว้าง 7.00 ม. Skew 0-30 องศา	
12	ทล-4-208	แบบตอม่อตัดกลาง ชนิดฐานแผ่รับพื้นสะพาน ช่วง 5.00-10.00 ม. ผิวจราจรกว้าง 7.00 ม. Skew 0-30 องศา	
13	ทล-4-209	แบบตอม่อตัดริม ชนิดฐานรากเสาเข็มรับพื้นสะพาน ช่วง 5.00-10.00 ม. ผิวจราจรกว้าง 8.00-9.00 ม. Skew 0-30 องศา	
14	ทล-4-210	แบบตอม่อตัดกลาง ชนิดฐานรากเสาเข็มรับพื้นสะพาน ช่วง 5.00-10.00 ม. ผิวจราจรกว้าง 8.00-9.00 ม. Skew 0-30 องศา	
15	ทล-4-211	แบบตอม่อตัดริม ชนิดฐานแผ่รับพื้นสะพาน ช่วง 5.00-10.00 ม. ผิวจราจรกว้าง 8.00-9.00 ม. Skew 0-30 องศา	
16	ทล-4-212	แบบตอม่อตัดกลาง ชนิดฐานแผ่รับพื้นสะพาน ช่วง 5.00-10.00 ม. ผิวจราจรกว้าง 8.00-9.00 ม. Skew 0-30 องศา	
17	ทล-4-301	แบบพื้นสะพาน คสล. ช่วง 5.00-10.00 ม. ผิวจราจรกว้าง 4.00 ม. (มีทางเท้า) Skew 0-30 องศา	
18	ทล-4-302	แบบพื้นสะพาน คสล. ช่วง 5.00-10.00 ม. ผิวจราจรกว้าง 4.00 ม. (ไม่มีทางเท้า) Skew 0-30 องศา	
19	ทล-4-303	แบบพื้นสะพาน คสล. ช่วง 5.00-10.00 ม. ผิวจราจรกว้าง 7.00 ม. (มีทางเท้า) Skew 0-30 องศา	

ลำดับที่	แบบเลขที่	รายละเอียดแบบ	หมายเหตุ
20	ทล-4-304	แบบพื้นสะพาน คสล. ช่วง 5.00-10.00 ม. ผิวจราจรกว้าง 7.00 ม. (ไม่มีทางเท้า) Skew 0-30 องศา	
21	ทล-4-305	แบบพื้นสะพาน คสล. ช่วง 5.00-10.00 ม. ผิวจราจรกว้าง 8.00 ม. (มีทางเท้า) Skew 0-30 องศา	
22	ทล-4-306	แบบพื้นสะพาน คสล. ช่วง 5.00-10.00 ม. ผิวจราจรกว้าง 9.00 ม. (ไม่มีทางเท้า) Skew 0-30 องศา	
23	ทล-4-307	แบบคานคอนกรีตอัดแรงชนิด Plank Girder ช่วง 5.00-10.00 ม. Skew 0-30 องศา แสดงรายละเอียดการจัดวางและติดตั้ง	
24	ทล-4-308	แบบคานคอนกรีตอัดแรงชนิด Plank Girder ช่วง 5.00-10.00 ม. Skew 0-30 องศา แสดงการจัดตำแหน่งลวดอัดแรง	
25	ทล-4-401	แบบราวสะพาน (ไม่มีทางเท้า)	
26	ทล-4-402	แบบราวสะพาน (มีทางเท้า)	
27	ทล-4-403	แบบป้ายสะพานชนิดหินอ่อน	
28	ทล-4-404	แบบลาดทางเท้าสะพาน (Ramp)	
29	ทล-4-405	แบบคอนกรีตดาดป้องกันการกัดเซาะคอสะพาน (Concrete Slope Protection)	
30	ทล-4-501	แบบ Bridge Approach Slab	
31	ทล-4-502	แบบ Bridge Approach Transition	
32	ทล-4-601	แบบโครงสร้างป้องกันตอม่อตัวบริม (Abutment Protector)	
33	ทล-4-701	แบบโครงสร้างป้องกันการทรุดตัวคอสะพาน (Bearing Unit)	
34	ทล-4-702	แบบโครงสร้างป้องกันการทรุดตัวคอสะพาน (Bearing Unit)	

จากตารางที่ 1-1 ซึ่งแสดงรายละเอียดแบบมาตรฐานงานสะพานสามารถสรุปรายละเอียดของแบบมาตรฐาน ดังนี้

1.4.2.1 แบบมาตรฐานประกอบการก่อสร้างเสาเข็มคอนกรีต แสดงรูปร่างและขนาดของเสาเข็ม รายละเอียดการเสริมเหล็กและจุดยกเสาเข็มพร้อมรายละเอียดประกอบแบบที่ระบุถึง ประเภทปูนซีเมนต์ที่ใช้ กำลังรับแรงอัดสูงสุดของคอนกรีต (Ultimate Compressive Strength) ค่าการยุบตัวของคอนกรีตที่ได้จากการทำ Slump Test ระยะหุ้มคอนกรีตเสริมเหล็ก (Covering) หลักเกณฑ์ในการเลือกใช้



รูปร่างและชนิดของปลายเสาเข็มว่าเป็นแบบปลายแหลมหรือแบบปลายตัด ข้อกำหนดในการขออนุญาตเปลี่ยนแปลงโดยใช้เสาเข็มคอนกรีตอัดแรงแทน ข้อกำหนดกรณีเสาเข็มความยาวมากเกินกว่าที่กำหนด ข้อกำหนดในการขออนุญาตใช้เสาเข็ม 2 ท่อนต่อและกำลังรับน้ำหนักสูงสุดของเสาเข็ม (Ultimate Pile Bearing Capacity)

1.4.2.2 แบบตอม่อตบิริมชนิดรากฐานเป็นเสาเข็มตอก แสดงตำแหน่งเสาเข็ม ขนาดรูปร่างของตอม่อ (เสา คานยึดเสา คานรัดหัวเสา และกำแพงกันดิน) และรายละเอียดการเสริมเหล็กซึ่งสามารถปรับใช้กับสะพานที่มีแนวตั้งฉากกับกระแสน้ำและสะพานที่มีแนวทำมุมเฉียงกับแนวตั้งฉากกับกระแสน้ำ พร้อมรายละเอียดประกอบแบบที่ระบุถึงระยะจมนดินชั้นต่ำของเสาเข็ม กำลังรับน้ำหนักสูงสุดของเสาเข็ม ความยาวชั้นต่ำของเหล็กเดือยที่ใช้เสริมช่วงหัวเสาเข็ม (Dowel Bar) ในกรณีเสาตอม่อแบบเรียงเดี่ยว วิธีการตอกเสาเข็มในพื้นที่ซึ่งตอกลงยาก ลักษณะดินเป็นทรายหรือกรวดโดยใช้การฉีดน้ำช่วย (Water Jetting) ระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริม และกำลังรับแรงอัดสูงสุดของคอนกรีต

1.4.2.3 แบบตอม่อตบิริมชนิดฐานรากเป็นฐานแผ่ แสดงขนาดรูปร่างของตอม่อ (ฐานแผ่ เสา คานยึดเสา คานรัดหัวเสา และกำแพงกันดิน) และรายละเอียดการเสริมเหล็ก ซึ่งสามารถปรับใช้กับสะพานที่มีแนวตั้งฉากกับกระแสน้ำและสะพานที่มีแนวทำมุมเฉียงกับแนวตั้งฉากกับกระแสน้ำ พร้อมรายละเอียดประกอบแบบที่ระบุถึงระดับความลึกชั้นต่ำของฐานรากจากระดับผิวดินเพื่อให้พ้นการกัดเซาะของกระแสน้ำ (Scouring) กำลังรับน้ำหนักปลอดภัย (Allowable Bearing Capacity) ของดินรองรับฐานราก ระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริม และกำลังรับแรงอัดสูงสุดของคอนกรีต

1.4.2.4 แบบตอม่อตบิกลางชนิดรากฐานเป็นเสาเข็มตอก แสดงตำแหน่งเสาเข็ม ขนาดรูปร่างของตอม่อ (เสา คานยึดเสา และคานรัดหัวเสา) และรายละเอียดการเสริมเหล็ก ซึ่งสามารถปรับใช้กับสะพานที่มีแนวตั้งฉากกับกระแสน้ำ และสะพานที่มีแนวทำมุมเฉียงกับแนวตั้งฉากกับกระแสน้ำ พร้อมรายละเอียดประกอบแบบที่ระบุถึงระยะจมนดินชั้นต่ำของเสาเข็ม กำลังรับน้ำหนักของเสาเข็ม ความยาวชั้นต่ำของเหล็กเดือยที่ใช้เสริมช่วงหัวเสาเข็ม วิธีการตอกเสาเข็มในพื้นที่ซึ่งตอกลงยากโดยใช้การฉีดน้ำช่วย ระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริม และกำลังรับแรงอัดสูงสุดของคอนกรีต

1.4.2.5 แบบตอม่อตบิกลางชนิดฐานรากเป็นฐานแผ่ แสดงขนาด รูปร่างของตอม่อ (ฐานแผ่ เสา คานยึดเสา และคานรัดหัวเสา) และรายละเอียดการเสริมเหล็ก ซึ่งสามารถปรับใช้กับสะพานที่มีแนวตั้งฉากกับกระแสน้ำและสะพานที่มีแนวทำมุมเฉียงกับแนวตั้งฉากกับกระแสน้ำ พร้อมรายละเอียดประกอบแบบที่ระบุถึงระดับความลึกชั้นต่ำของฐานรากจากระดับผิวดิน เพื่อให้พ้นการกัดเซาะของกระแสน้ำ กำลังรับน้ำหนักปลอดภัยของดินรองรับฐานราก ระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริม และกำลังรับแรงอัดสูงสุดของคอนกรีต

1.4.2.6 แบบพื้นสะพาน ทางเท้า เสาและราวสะพาน แสดงขนาด รูปร่าง รายละเอียดการเสริมเหล็กของพื้นสะพาน ทางเท้า เสา และราวสะพาน ซึ่งสามารถใช้กับพื้นสะพานหลายช่วง (ช่วง 5.00–10.00 เมตร) และสามารถปรับใช้กับสะพานที่มีแนวตั้งฉากกับกระแสน้ำ และสะพานที่มีแนวทำมุมเฉียงกับแนวตั้งฉากกับกระแสน้ำ พร้อมรายละเอียดประกอบแบบที่ระบุถึงความหนาของพื้นสะพาน แต่ละช่วง ความยาว ขนาดของน้ำหนักรวมน้ำหนักบรรทุก กำลังรับแรงอัดสูงสุดของคอนกรีต ระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริม ขนาดของแผ่นยางรองพื้นสะพาน คุณสมบัติของแผ่นยางรองพื้นสะพาน และข้อกำหนดในการขอเปลี่ยนเป็นพื้นสะพานระบบคานคอนกรีตอัดแรง

1.4.2.7 แบบพื้นสะพานระบบคานคอนกรีตอัดแรง แสดงการวางคอนกรีตอัดแรง ความหนาของพื้นคอนกรีตทับหน้า (Topping Slab) และรายละเอียดการเสริมเหล็กพื้นคอนกรีตทับหน้า ซึ่งสามารถปรับใช้กับพื้นสะพานหลายช่วงความยาว (ช่วง 5.00–10.00 เมตร) และสามารถปรับใช้กับสะพานที่มีแนวตั้งฉากกับกระแสน้ำ และสะพานที่มีแนวทำมุมเฉียงกับแนวตั้งฉากกับกระแสน้ำ พร้อมรายละเอียดประกอบแบบการกำหนดกำลังรับแรงอัดสูงสุดของคอนกรีต และระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริม

1.4.2.8 แบบคานคอนกรีตอัดแรงแบบแผ่นพื้น (Prestressed Plank Girder) แสดงขนาดรูปร่างของคาน จำนวน ตำแหน่งการจัดวางลวดอัดแรง ซึ่งสามารถปรับใช้กับคานหลายช่วงความยาว (ช่วง 5.00–10.00 เมตร) พร้อมรายละเอียดที่ระบุถึงจำนวน ขนาด ชนิดและคุณสมบัติในการรับแรงดึง (Ultimate Tensile Strength) ของลวดอัดแรง แรงดึงที่ใช้ในการดึงลวดอัดแรง ระยะยืดของลวดอัดแรง (Elongation) และกำลังรับแรงอัดสูงสุดของคอนกรีต

1.4.2.9 แบบดาดคอนกรีตป้องกันน้ำกัดเซาะตลิ่งคอสะพาน (Concrete Slope Protection) แสดงแปลน รอยต่อ (Joint) ความหนาและรายละเอียดการเสริมเหล็กของแผ่นพื้นคอนกรีต ดาดตลิ่งคอสะพานและการติดตั้งท่อระบายน้ำใต้แผ่นพื้นคอนกรีต พร้อมรายละเอียดประกอบแบบการกำหนดกำลังรับแรงอัดสูงสุดของคอนกรีตที่ใช้ และวิธีการเตรียมพื้นที่ก่อสร้าง

1.4.2.10 แบบโครงสร้างเสริมบริเวณคอสะพาน ได้แก่ แผ่นพื้นรองรับถนนเชิงลาด สะพาน (Approach Slab) โครงสร้างป้องกันตอม่อตัวริม (Abutment Protector) และโครงสร้างป้องกันการทรุดตัวของดินคอสะพาน (Bearing Unit) เป็นต้น ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ช่วยเสริมบริเวณคอสะพานเพื่อให้สะพานมีความมั่นคงแข็งแรงมากยิ่งขึ้น และเป็นการเพิ่มความปลอดภัยให้แก่ยานพาหนะที่สัญจรผ่านสะพาน

1.4.2.11 แบบถนนคอสะพาน ประกอบด้วยแบบโครงสร้างทาง แบบแปลนและรูปตัดตามยาว แบบรูปตัดตามขวางของถนนทุกระยะ 25.00 เมตร แบบแสดงวิธีการยกโค้งและขยายผิวจราจรทางโค้ง แบบท่อกลมระบายน้ำ คสล. และแบบเครื่องหมายจราจร เป็นต้น

เมื่อผู้ควบคุมงานได้ศึกษาแบบก่อสร้างดังกล่าวข้างต้น จะทราบความยาวสะพานแต่ละช่วง พื้นสะพานยาวเท่าไร แนวสะพานตั้งฉากกับกระแสน้ำ หรือทำมุมเฉียงกับแนวตั้งฉากกับกระแสน้ำเป็นมุมเท่าไร ส่วนฐานรากตอม่อสะพานแต่ละระดับจะเป็นฐานรากชนิดตอกเสาเข็มหรือฐานแผ่ นั้นจะต้องมีการตรวจสอบดินรองรับฐานรากก่อนจึงกำหนดได้ว่าจะใช้รากฐานชนิดใด จะได้เลือกใช้แบบประกอบการก่อสร้างได้อย่างถูกต้อง รวมทั้งจะได้เตรียมรายละเอียดต่างๆ เช่น การคำนวณระยะความยาวที่แปรเปลี่ยนตามมุมเฉียงของแนวสะพาน และจัดทำแบบขยายรายละเอียด (Shop Drawing) ไว้ใช้ตรวจสอบต่อไป



บทที่ 2

การเตรียมการก่อนเริ่มงานก่อสร้างสะพาน

ผู้ที่ได้รับการแต่งตั้งเป็นผู้ควบคุมงาน เมื่อได้รับทราบคำสั่งแล้วจะต้องเตรียมการก่อนที่ผู้รับจ้างจะเริ่มดำเนินการก่อสร้างสะพาน ดังนี้

2.1 ศึกษาสัญญาจ้าง

2.1.1 เอกสารสัญญา นอกเหนือจากสัญญาจ้างแล้วจะประกอบด้วยเอกสาร ดังนี้

- 1) แบบรูป (แบบก่อสร้าง) และรายการประกอบแบบ
- 2) เอกสารเพิ่มเติมเกี่ยวกับงานก่อสร้าง (ถ้ามี)
- 3) รายละเอียดวงงาน
- 4) ใบเสนอราคาและบัญชีแสดงปริมาณวัสดุของผู้รับจ้าง
- 5) บันทึกการประเมินราคาค่าก่อสร้างหลังการต่อรองราคา
- 6) ประกาศประกวดราคา หรือสอบราคา และเงื่อนไขแนบท้าย
- 7) มาตรฐานงานก่อสร้าง หรือข้อกำหนดรายละเอียดงานก่อสร้าง (Specification)

2.1.2 สิ่งสำคัญที่ผู้ควบคุมงานต้องทำ

- 1) จัดหาและรวบรวมเอกสารสัญญาจ้างให้ครบถ้วน
- 2) อ่านสัญญาจ้างและเอกสารสัญญาโดยละเอียด และจะต้องทำความเข้าใจพร้อมทั้งจดจำในประเด็นสำคัญ เช่น วันเริ่มงาน – วันกำหนดแล้วเสร็จ อำนาจหน้าที่ของผู้ควบคุมงานและคณะกรรมการตรวจการจ้าง การจ้างช่วง การแก้ไขเพิ่มเติมงาน การขยายเวลาก่อสร้าง เป็นต้น
- 3) วินิจฉัยกรณีพิพข้อขัดแย้งระหว่างเอกสารสัญญา ให้ถือความสำคัญของเอกสารเรียงตามลำดับดังนี้ คือ สัญญาจ้าง เอกสารเพิ่มเติมเกี่ยวกับงานก่อสร้าง (ถ้ามี) ประกาศประกวดราคาและเงื่อนไขแนบท้าย แบบรูปและรายการประกอบแบบ มาตรฐานงานก่อสร้างหรือข้อกำหนดรายละเอียดงานก่อสร้าง รายละเอียดวงงาน บันทึกการประเมินราคาค่าก่อสร้างหลังการต่อรองราคา และใบเสนอราคาและบัญชีแสดงปริมาณวัสดุของผู้รับจ้าง กรณีที่ไม่สามารถตัดสินใจได้จะต้องแจ้งคณะกรรมการตรวจการจ้างเพื่อวินิจฉัยต่อไป กรณีมีสิ่งที่เกิดขึ้นจากการแก้ไขใบรายละเอียดสัญญาจ้าง เช่น สัญญาแก้ไขเพิ่มเติม บันทึกข้อตกลงเพิ่มเติมแนบท้ายสัญญา หรือแบบแก้ไขเพิ่มเติม จะต้องจัดทำเอกสารเพิ่มเติม

2.2 ศึกษาแบบก่อสร้าง

ต้องเริ่มให้ความสำคัญจากแบบแสดงรายละเอียดเฉพาะงานก่อน ได้แก่ แบบสำรวจผังบริเวณแบบแสดงรูปแปลงและรูปตัดตามยาวสะพาน และแบบแสดงรูปตัดขวางสะพาน จากนั้นจึงให้ความสำคัญกับแบบมาตรฐานรองลงมา โดยมีประเด็นสำคัญที่ต้องศึกษา ดังนี้

2.2.1 ขนาดและตำแหน่งของสะพาน

มีความกว้าง ความยาวและการวางตำแหน่งแนวสะพานตั้งฉากหรือทำมุมเฉียง (Skew) กับทิศทางน้ำไหล

2.2.2 ฐานรากต่อม่อสะพาน

มีรูปแบบเป็นเสาเข็มตอกหรือฐานแผ่หรืออาจมีทั้ง 2 แบบ

2.2.2.1 กรณีเป็นฐานรากแบบเสาเข็มตอก

1) ข้อกำหนดกำลังรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดหรือปลอดภัยของเสาเข็ม เช่น กำหนดให้เสาเข็มตอกรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยได้ไม่น้อยกว่า 50 ตันต่อตัน และสูตรแนะนำในการคำนวณกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มตอกในสนาม (Pile Driving Formula) เช่น Hiley's Formula หรือ Janbu's Formula

2) ข้อกำหนดให้ตอกเสาเข็มจมดินลึกเท่าใด เพื่อให้พ้นการกัดเซาะของกระแสน้ำ (Scouring) เช่น จะต้องตอกเสาเข็มจมดินลึกไม่น้อยกว่า 3.50 เมตร เป็นต้น

3) รูปแบบปลายเสาเข็ม เช่น กรณีเป็นดินธรรมดาให้ใช้แบบปลายสอบเสริมหัวเหล็กหล่อ กรณีเป็นดินอ่อนให้ใช้แบบปลายตัด (ไม่สอบ) หรือกรณีเป็นดินแข็งให้ใช้แบบปลายสอบเสริมเหล็กรูปพรรณ (H-Beam) เพื่อให้เจาะทะลุชั้นดินแข็งได้ง่ายขึ้น เป็นต้น

4) ข้อกำหนดเกี่ยวกับความชะลุดของเสาเข็ม (Free Standing Height) หรือความสูงของเสาเข็มจากท้องน้ำถึงท้องคานยึดเสา (Bracing Beam) หรือท้องคานหัวเสา (Cap Beam) หรือท้องฐานคลุมเสาเข็ม (Pile Cap) เช่น กรณีเสาเข็มหน้าตัดสี่เหลี่ยมขนาด 0.40 x 0.40 เมตร ความชะลุดไม่เกินแบบกำหนด เป็นต้น

2.2.2.2 กรณีเป็นฐานแผ่ (Spread Footing)

1) ตรวจสอบค่าระดับและระยะฝังของฐานแผ่ในชั้นดินแข็งหรือชั้นหิน

2) มีข้อกำหนดให้ผู้รับจ้างทำการทดสอบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของดินรองรับฐานราก (Soil Bearing Capacity) หรือไม่

3) ตรวจสอบรายละเอียดการก่อสร้างฐานรากแผ่นบนชั้นหินและเจาะฝังเหล็กเดือย (Dowel Bar) ยึดระหว่างชั้นหินกับฐานราก



การฝังเหล็กเดือย (Dowel Bar) ของฐานแผ่ในชั้นหินแข็ง

รูปที่ 2-1 แสดงรายละเอียดการฝังเหล็กเดือยของฐานแผ่ในชั้นหินแข็ง



2.2.3 รูปแบบตอม่อ

เป็นแบบเสาเรียงเดี่ยว (Pile Bent) หรือเป็นรูปแบบฐานเสาเข็มกลุ่ม มีจำนวนเสาเข็มที่ต้นในแต่ละตอม่อ มีความสูงของเสาตอม่อเท่าใด และใช้แบบมาตรฐานใดประกอบการก่อสร้าง (รูปแบบตอม่อจะแตกต่างกันไปตามความยาวช่วงพื้นสะพาน ความสูงเสาตอม่อ และชนิดฐานราก)

2.2.4 พื้นสะพาน

เป็นแบบพื้นสะพานหล่อในที่หรือเป็นแบบคานคอนกรีตอัดแรง มีความยาวช่วงพื้นสะพานกี่ขนาด กรณีเป็นพื้นแบบคานอัดแรง กำหนดให้ใช้คานรูปแบบใด มีจำนวนคานกี่คานในพื้นแต่ละช่วง และกำหนดให้ใช้แผ่นยางรองพื้นสะพาน (Bearing Pad) เป็นแบบยางธรรมชาติ (Natural Rubber) หรือยางสังเคราะห์ (Neoprene Rubber) รวมทั้งตรวจสอบขนาดกว้าง-ยาว-หนา

2.2.5 ทางเท้า

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

2.2.6 ราวสะพาน

ตรวจสอบรายละเอียดรูปแบบของราวสะพาน เช่น เป็นราวโปร่งสองชั้น หรือราวทึบแบบผนัง คสล. (Barrier) เป็นต้น

2.2.7 องค์ประกอบอื่นๆ ได้แก่

- 1) ท่อระบายน้ำบนพื้นสะพานเป็นแบบกลมหรือสี่เหลี่ยม วัสดุที่ใช้เป็นท่อพีวีซีหรือท่อเหล็กรูปกล่อง หรือท่อคอนกรีตรูปกล่อง และมีการจัดวางตามแนวตั้งหรือวางเอียงลาดได้ทางเท้า
- 2) งานดาดคอนกรีตป้องกันคอสะพาน (Concrete Slope Protection) ซึ่งจะต้องตรวจสอบถึงขนาด รูปร่าง ลักษณะ และตำแหน่งของท่อระบายน้ำ
- 3) งานพื้นคอนกรีตคอสะพาน (Approach Slab) ต้องตรวจสอบขนาดกว้าง-ยาว และลักษณะการวางลาดอยู่บนตอม่อตัวริม ซึ่งจะต้องศึกษารูปแบบของตอม่อตัวริมประกอบด้วย
- 4) งานราวกันชนบริเวณคอสะพาน มีกำหนดให้ก่อสร้างหรือไม่ ถ้ามีเป็นรูปแบบใด เช่น Steel Beam Guard Rail หรือ Concrete Barrier
- 5) งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ตรวจสอบการขยายเขตไฟฟ้า จำนวนเสาไฟฟ้าและการติดตั้งชนิดของโคมไฟ และการส่องสว่าง
- 6) งานโครงสร้างปรับการทรุดตัวคอสะพาน (Bearing Unit) ตรวจสอบว่าเป็นรูปแบบที่มีผนังกันดินด้านข้างหรือไม่ ระดับพื้น Bearing Unit ขนาดกว้าง-ยาว ตำแหน่งเสาเข็ม และการแปรเปลี่ยนความยาวของเสาเข็มในแต่ละแถว
- 7) งานถนนเชิงลาดคอสะพาน เป็นถนนผิวทางประเภทลาดยาง คอนกรีต หรือลูกรัง ตรวจสอบและก่อสร้างตามมาตรฐานงานทางและข้อกำหนดของแบบก่อสร้าง

2.3 ตรวจสอบพื้นที่ก่อสร้าง

เป็นภารกิจสำคัญที่ไม่ควรละเลยการปฏิบัติ เนื่องจากพื้นที่ก่อสร้างจริงก่อนการก่อสร้างอาจมีสภาพแปรเปลี่ยนไปจากแบบก่อสร้างหรืออาจมีข้อผิดพลาดเคลื่อนตกหล่นไปจากแบบก่อสร้าง ซึ่งหากมีการตรวจสอบพบและทราบก่อนแล้วจะทำให้สามารถแก้ไขได้ทันการณ์ โดยมีประเด็นสำคัญที่ต้องตรวจสอบดังนี้

2.3.1 ปัญหากรรมสิทธิ์ที่ดินของราษฎรหรือเอกชน เช่น ขอบเขตการก่อสร้าง รุกล้ำเข้าในที่ดิน ซึ่งยังไม่อุทิศให้แก่ทางราชการ หรือหากก่อสร้างสะพานแล้วจะมีผลทำให้เจ้าของที่ดินเสียประโยชน์ในการใช้ที่ดิน เช่น ไม่สามารถทำทางเข้า – ออกได้ หากมีปัญหาดังกล่าวควรรีบดำเนินการเจรจาหรือหาแนวทางแก้ไขให้ได้ข้อยุติโดยเร็ว มิฉะนั้นจะมีปัญหาทางกฎหมายตามมาภายหลัง หรืออาจทำให้งานส่วนที่ก่อสร้างไปแล้วไม่สามารถใช้งานได้หรือต้องรื้อทิ้ง ซึ่งจะเป็นการเสียเวลาและสูญเสียงบประมาณโดยเปล่าประโยชน์

2.3.2 กรณีมีสะพานเดิมที่ต้องรื้อถอนต้องตรวจสอบทางเลี้ยว และพิจารณาความจำเป็นต่อการก่อสร้างทางเบี่ยงหรือสะพานเบี่ยง โดยอาจสอบถามความคิดเห็นหรือความต้องการของประชาชนในพื้นที่และผู้ใช้เส้นทางเพื่อเป็นข้อมูลเพิ่มเติมด้วย เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาก่อสร้างสะพานเบี่ยงให้เหมาะสม ทั้งนี้เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาความเดือดร้อนต่อผู้ใช้เส้นทางซึ่งจะทำให้เกิดการร้องเรียนตามมา

2.3.3 ก่อนการก่อสร้างสะพานจะต้องขออนุญาตหน่วยงานผู้รับผิดชอบลำน้ำบริเวณดังกล่าว เช่น กรมเจ้าท่า หรือกรมชลประทาน เป็นต้น

2.3.4 อุปสรรคจากสาธารณูปโภคกีดขวาง เช่น แนวเสาและสายไฟฟ้า แนวเสาและสายโทรศัพท์ แนวท่อประปา เป็นต้น ถ้ามีจะต้องรีบติดต่อประสานงานกับหน่วยงานเจ้าของสาธารณูปโภคให้ดำเนินการรื้อย้ายโดยเร็ว เพื่อไม่ให้เป็นอุปสรรคต่องานก่อสร้าง

2.3.5 ความคลาดเคลื่อนของแบบก่อสร้างที่ไม่สอดคล้องเหมาะสมกับสถานที่ก่อสร้างให้พิจารณาประเด็น ดังต่อไปนี้

1) มุมเฉียง (Skew) ของแนวสะพานกับทิศทางการไหลของกระแสน้ำให้มีความเหมาะสมถูกต้องตามสภาพพื้นที่ก่อสร้างจริง เพราะหากก่อสร้างไปโดยไม่ถูกต้องแล้วจะทำให้ตอม่อขวางการไหลของกระแสน้ำซึ่งจะเกิดปัญหาการกัดเซาะฐานรากตามมา และอาจจะกีดขวางต่อการสัญจรทางน้ำด้วย โดยการตรวจสอบทิศทางการไหลของกระแสน้ำจะต้องพิจารณาจากแนวร่องน้ำลึกที่ปรากฏตามเส้นชั้นความสูง (Contour Line) ที่ได้จากการสำรวจ สำหรับกรณีลำน้ำเป็นช่วงโค้งจะต้องพิจารณาทิศทางการไหลจากด้านเหนือน้ำของสะพานเพื่อป้องกันการกัดเซาะบริเวณคอสะพาน

2) รูปตัดท้องคลองและแนวร่องน้ำลึก หากคลาดเคลื่อนจากสภาพพื้นที่จริงแล้วอาจมีผลทำให้ช่องลอดใต้สะพานไม่เพียงพอ หรือหากปรากฏว่าตำแหน่งตอม่อไปตั้งอยู่กลางร่องน้ำลึกจะทำให้มีโอกาสที่ฐานรากจะถูกกัดเซาะจากกระแสน้ำ รวมทั้งความยาวสะพานที่ออกแบบไว้หากไม่เพียงพอต่อความกว้างของลำน้ำอาจทำให้เกิดการกัดเซาะคอสะพานในภายหลัง

3) ระดับน้ำต่ำสุด (LWL หรือ Low Water Level) ที่ระบุในแบบก่อสร้างไม่ถูกต้องตรงกับระดับน้ำต่ำสุดจริง จะมีผลกระทบกับการก่อสร้างตอม่อตักกลางน้ำ ผู้ควบคุมงานสามารถพิจารณาปรับระดับก่อสร้างฐานรากและ/หรือเสนอคณะกรรมการตรวจการจ้างพิจารณาซึ่งเป็นไปตามรายละเอียดและข้อกำหนดของแบบก่อสร้างได้

4) ระดับน้ำสูงสุด (HWL หรือ High Water Level) ที่ระบุในแบบก่อสร้างไม่ถูกต้องตรงกับระดับน้ำสูงสุดจริง จะมีผลทำให้ความสูงของช่องลอดไม่เพียงพอต่อการสัญจรทางน้ำหรือสะพานอาจขวางทางน้ำ ผู้ควบคุมงานจะต้องรายงานปัญหาอุปสรรคให้ผู้ออกแบบดำเนินการแก้ไขต่อไป



รูปที่ 2-2 การตรวจสอบแนวและตรวจพื้นที่ก่อสร้าง

2.4 การมีส่วนร่วมภาคประชาชน

ตามระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการรับฟังความคิดเห็นของประชาชน พ.ศ.2548 กำหนดให้หน่วยงานของภาครัฐที่เป็นผู้รับผิดชอบการดำเนินโครงการต้องจัดให้มีการเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารให้ประชาชนทราบและรับฟังความคิดเห็นของประชาชนต่อการดำเนินโครงการ โดยหน่วยงานเจ้าของโครงการต้องดำเนินการจัดประชุมเพื่อรับฟังความคิดเห็นของประชาชนและผู้เกี่ยวข้อง เพื่อให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมในการดำเนินโครงการของภาครัฐ ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวจะทำให้รับทราบความต้องการ ปัญหา และอุปสรรคในการดำเนินการ รวมถึงมีแนวทางในการแก้ไขที่เหมาะสมและเกิดประโยชน์สูงสุดต่อประชาชน



ข้อเสนอแนะของประชาชน

- 1) ปรับเปลี่ยนแนวก่อสร้างถนนเชิงลาด
- 2) ปรับปรุงภูมิทัศน์และระบบไฟฟ้าแสงสว่าง หรือเพิ่มท่อระบายน้ำ
- 3) ป้องกันผลกระทบสิ่งแวดล้อม (ฝุ่น/ควัน/กลิ่น/เสียงดัง)



การแก้ไข

- 1) ขออนุมัติผู้ว่าจ้างปรับเปลี่ยนแนวก่อสร้างตามข้อเสนอ
- 2) หากมีค่าก่อสร้างเพียงพอสามารถแก้ไขแบบและรายการก่อสร้างเพิ่มเติมได้เลย
- 3) เป็นมาตรการขั้นต่ำที่ต้องปฏิบัติโดยเคร่งครัดตามข้อกำหนด

รูปที่ 2-3 กรอบแนวทางในการดำเนินการให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วม

2.5 การประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 การประสานงานเพื่อขออนุญาตต่อหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง เช่น การขออนุญาตกระทำการขุดลอกลำน้ำต่อกรมเจ้าท่า โดยหน่วยงานเจ้าของโครงการต้องเสนอแบบคำขอตักขุดลอกลำน้ำพร้อมเอกสารประกอบตามข้อกำหนดของหน่วยงานที่ขออนุญาต หรือยื่นแบบคำขออนุญาตพร้อมแบบก่อสร้างและเอกสารประกอบต่อกรมชลประทานกรณีก่อสร้างสะพานข้ามคลองหรืออาคารบังคับน้ำของกรมชลประทาน เป็นต้น



กรมเจ้าท่า
การร้องขอทำสิ่งล่วงล้ำลำน้ำ
(เฉพาะของส่วนราชการ)

จังหวัด ราชบุรี วันที่ 3 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2552

ข้าพเจ้า นายสุวิทย์ นามสกุล สงวน

อายุ 51 ปี สัญชาติ ไทย อยู่บ้านเลขที่ 44/6 หมู่ที่ 4 ซอย

ถนน ราชบุรี แขวง/ตำบล บ้านเขว้า เขต/อำเภอ เมือง

จังหวัด ราชบุรี โทร. 0-2999-4436 08-489-3168 โทรสาร 0-2999-4439

ขอขึ้นการร้องขออนุญาต ขออนุญาตขุดลอกและปรับปรุงเส้นทางน้ำในลำน้ำท่าหลวง (คลองท่าหลวง) ตั้งแต่จุดกิโลเมตรที่ 1 ถึงจุดกิโลเมตรที่ 2 และขุดลอกและปรับปรุงเส้นทางน้ำในลำน้ำท่าหลวง (คลองท่าหลวง) ตั้งแต่จุดกิโลเมตรที่ 2 ถึงจุดกิโลเมตรที่ 3

วัตถุประสงค์ประสงค์ ขุดลอกและปรับปรุงเส้นทางน้ำในลำน้ำท่าหลวง (คลองท่าหลวง) ตั้งแต่จุดกิโลเมตรที่ 1 ถึงจุดกิโลเมตรที่ 2 และขุดลอกและปรับปรุงเส้นทางน้ำในลำน้ำท่าหลวง (คลองท่าหลวง) ตั้งแต่จุดกิโลเมตรที่ 2 ถึงจุดกิโลเมตรที่ 3

โดยจะกระทำที่บริเวณ จุดกิโลเมตรที่ 1 และจุดกิโลเมตรที่ 2 ระยะทาง 2 กิโลเมตร

หน้าที่ดินของ กรมเจ้าท่า โฉนดเลขที่

แขวง/ตำบล เมือง เขต/อำเภอ เมือง จังหวัด ราชบุรี

ตามแผนผังสังเขปท้ายการร้อง

ฉะนั้น ขอได้โปรดดำเนินการพิจารณาคำขอของข้าพเจ้า และข้าพเจ้ายินยอมที่จะปฏิบัติตามระเบียบของกรมเจ้าท่าทุกประการ เมื่อไม่ขัดข้องประการใดแล้ว โปรดออกใบอนุญาตให้ข้าพเจ้าด้วย

(ลงชื่อ) นายสุวิทย์ สงวน
ผู้ขออนุญาต

ราคา ๒ บาท

เลขที่ **43**
เลขที่ **146**
ใบอนุญาตเลขที่ 5002-2552
วันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2552

กรมเจ้าท่า
ใบอนุญาตให้ปลูกสร้างสิ่งล่วงล้ำลำน้ำ

๑. อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 172 แห่งพระราชบัญญัติการเดินเรือในน้ำอันไทย พระพุทธศักราช ๒๔๖๖ และในพระราชบัญญัติการเดินเรือ (ฉบับที่ ๔๖) พ.ศ. ๒๕๕๑

๒. ผู้ได้รับใบอนุญาตให้ปลูกสร้างสิ่งล่วงล้ำลำน้ำในลำน้ำท่าหลวง (คลองท่าหลวง) ตั้งแต่จุดกิโลเมตรที่ 1 ถึงจุดกิโลเมตรที่ 3

จากอธิบดีกรมเจ้าท่า ออกใบอนุญาตให้ กรมทางหลวงชนบท

ซึ่งมีภูมิลำเนาอยู่เลขที่ 218/1 ถนน พระรามที่ 6 ตำบล บางเขน ใน เขต บางเขน จังหวัด กรุงเทพฯ

ประกอบสร้าง (ขยาย) สะพานข้ามคลองขุนทอง

วัตถุประสงค์ เพื่อเป็นการเพิ่มการจราจร

สถานที่ตั้งอยู่บริเวณ คลองขุนทอง

หน้าที่ดิน ติดกับคลองขุนทอง ไร่ งาน ตารางวา

อำเภอ เมือง จังหวัด ราชบุรี

ใบอนุญาตนี้

ไว้ ณ กรุงเทพมหานคร วันที่ 3 สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๕๒

อธิบดีกรมเจ้าท่า

ข้อ ๑ ผู้รับใบอนุญาตต้องเริ่มดำเนินการปลูกสร้างสิ่งล่วงล้ำลำน้ำภายในสิบสองเดือนนับแต่วันที่ได้รับใบอนุญาต หากผู้รับใบอนุญาตไม่เริ่มดำเนินการปลูกสร้างภายในเวลาดังกล่าว ให้ใบอนุญาตเป็นอันสิ้นสุด

ในการนี้ผู้รับใบอนุญาตไม่อาจเริ่มดำเนินการปลูกสร้างภายในกำหนดเวลาผู้รับอนุญาตอาจยื่นคำขอขยายระยะเวลาเริ่มดำเนินการได้ตามแบบที่อธิบดีกรมเจ้าท่ากำหนด

ข้อ ๒ เมื่อปรากฏในภายหลังว่าได้ออกใบอนุญาตโดยขาดเงื่อนไขหรือสำคัญผิดในข้อเท็จจริงอันเป็นสาระสำคัญ เจ้าท่ามีอำนาจแก้ไขให้ถูกต้อง หรือเพิกถอนใบอนุญาตได้

ข้อ ๓ ถ้าการดำเนินการของผู้รับอนุญาตเป็นเหตุให้เสียหายอย่างร้ายแรงแก่สิ่งแวดล้อม หรือเป็นอุปสรรคอย่างร้ายแรงต่อการเดินเรือ หรือการกระทำดังกล่าวทำให้ผู้อื่นได้รับความเสียหายหรือเดือดร้อนเกินกว่าที่จะชดเชยกันได้ตามปกติ เจ้าท่ามีอำนาจสั่งให้หยุดการดำเนินการไว้จนกว่าผู้รับใบอนุญาตจะจัดการแก้ไขหรือชดเชยความเสียหายนั้นได้ และในกรณีนี้เจ้าท่าพิจารณาแล้วเห็นว่า หากให้มีการดำเนินการต่อไปจะทำให้เกิดความเสียหายเกินกว่าประโยชน์ที่จะได้รับจากการดำเนินการ เจ้าท่ามีอำนาจเพิกถอนใบอนุญาตได้

ข้อ ๔ ในกรณีที่รัฐบาลต้องการใช้พื้นที่ในบริเวณที่ผู้รับอนุญาตปลูกสร้างสิ่งล่วงล้ำลำน้ำเพื่อประโยชน์สำคัญของราชการ หรือเพื่อประโยชน์อันถึงแก่สาธารณะ ให้ผู้รับอนุญาตหรือเอกชนสิ่งล่วงล้ำลำน้ำออกไปภายในเวลาที่สมควร และเรียกร้องค่าเสียหาย หรือค่าใช้จ่ายจากการราชการมิได้

รูปที่ 2-4 เอกสารคำขออนุญาต และใบอนุญาตก่อสร้างสิ่งล่วงล้ำลำน้ำ

2.5.2 การประสานงานขอความร่วมมือรื้อย้ายสาธารณูปโภคที่เกิดขวางการก่อสร้าง เช่น ประปา ไฟฟ้า โทรศัพท์ ผู้ควบคุมงานต้องสำรวจสิ่งสาธารณูปโภคที่ต้องรื้อย้าย และแจ้งหน่วยงานเจ้าของสิ่งสาธารณูปโภคเพื่อดำเนินการรื้อย้ายก่อนก่อสร้าง เป็นต้น



รูปที่ 2-5 การจัดประชุม และประสานงานหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

2.6 ตรวจสอบแผนงานของผู้รับจ้าง

ก่อนเริ่มลงมือก่อสร้างผู้รับจ้างจะต้องจัดทำแผนงานก่อสร้างเสนอให้ผู้ว่าจ้างพิจารณาให้ความเห็นชอบ โดยผู้ควบคุมงานจะต้องตรวจสอบก่อนในเบื้องต้นเพื่อให้ความเห็นประกอบการพิจารณาของผู้บังคับบัญชา โดยทั่วไปจะให้ผู้รับจ้างจัดทำแผนงานก่อสร้างในรูปแบบตารางเวลาทำงานแบบแท่ง หรือ Bar Chart ตามตัวอย่างที่แสดงในตารางที่ 2-1

[illegible]



ผู้ควบคุมงานจึงจำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับการจัดทำแผนงาน เพื่อให้สามารถตรวจสอบและให้ความเห็นต่อผู้บังคับบัญชาได้ โดยประเด็นสำคัญที่ต้องนำมาพิจารณาจัดทำแผนงาน มีดังนี้

2.6.1 กิจกรรมงานก่อสร้างแต่ละรายการ โดยใช้ข้อมูลจากเอกสารประมาณราคา หรือใบเสนอราคา หรือรายละเอียดวงงาน

2.6.2 การจัดลำดับขั้นตอนการทำงานและความสัมพันธ์ในแต่ละกิจกรรม โดยศึกษาจากงานในลักษณะเดียวกับที่ผ่านมาในอดีต หรือสอบถามจากผู้มีประสบการณ์ในงานก่อสร้างสะพาน

2.6.3 การกำหนดเวลาทำงานในแต่ละกิจกรรม โดยใช้สถิติการทำงานที่มีการรวบรวมไว้จากหน่วยงานเจ้าของโครงการหลายๆ โครงการ หรืออาจศึกษาจากประสบการณ์ความชำนาญของผู้ที่เคยปฏิบัติงานด้านนี้

2.6.4 หลักเกณฑ์กำหนดอัตราความก้าวหน้าของงานในแต่ละช่วงเวลา เช่น ที่ระยะเวลาครึ่งหนึ่งของสัญญาจะต้องวางแผนงานให้มีความก้าวหน้าไม่น้อยกว่า 30% เป็นต้น ซึ่งจะขึ้นอยู่กับหน่วยงานเจ้าของโครงการเป็นผู้กำหนด ทั้งนี้เพื่อเป็นการควบคุมไม่ให้งานล่าช้าเกินที่ควรเป็น ซึ่งจะทำให้ประชาชนเสียโอกาสในการใช้ประโยชน์ และเป็นการควบคุมการทำงานในแต่ละช่วงเวลาให้มีความก้าวหน้าที่เหมาะสมกับแผนงานและมีแนวโน้มที่จะสามารถทำงานจ้างให้แล้วเสร็จภายในกำหนดสัญญา

2.7 การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุก่อสร้าง

วัสดุก่อสร้างทุกประเภทที่มีการกำหนดคุณสมบัติไว้ในแบบก่อสร้างหรือในมาตรฐานงานก่อสร้าง แม้ว่าจะมีการรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) แล้วก็ตามผู้ควบคุมงานจะต้องสุ่มเก็บตัวอย่างส่งไปทดสอบที่หน่วยงานทดสอบของทางราชการ หรือองค์กรที่เป็นที่ยอมรับของผู้ว่าจ้าง หรือหน่วยงานของกรมทางหลวงชนบทซึ่งมีหน่วยให้บริการทดสอบวัสดุในทุกจังหวัด เมื่อปรากฏผลว่าผ่านมาตรฐานข้อกำหนดแล้วจึงอนุญาตให้นำมาใช้งานได้ ดังนั้นผู้ควบคุมงานจึงควรประสานงานกับผู้รับจ้างให้จัดส่งวัสดุก่อสร้างที่จะนำมาใช้งานในสถานที่ก่อสร้างเพื่อจะได้สุ่มเก็บตัวอย่าง หรือในบางกรณีอาจให้ผู้รับจ้างแจ้งแหล่งผลิตเพื่อให้ผู้ควบคุมงานไปสุ่มเก็บตัวอย่างที่แหล่งผลิตเลยก็ได้ วัสดุก่อสร้างสำหรับงานสะพานที่ต้องสุ่มเก็บตัวอย่างส่งทดสอบ มีดังนี้

2.7.1 เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต จะต้องตรวจสอบให้ชัดเจนว่าแบบหรือรายการก่อสร้างกำหนดเป็นชั้นคุณภาพใด (SR24 SD30 SD40 หรือ SD50) โดยปกติหากไม่กำหนดเป็นอย่างอื่นงานก่อสร้างสะพานจะใช้เหล็กเส้นกลมชั้นคุณภาพ SR24 และเหล็กข้ออ้อยชั้นคุณภาพ SD40 ผู้ควบคุมงานจะต้องเก็บตัวอย่างเหล็กทุกขนาด ทุกยี่ห้อ ทุกจำนวน 100 เส้น และเศษของ 100 เส้นให้เก็บเพิ่มอีก 1 ชุด จำนวนไม่น้อยกว่า 5 ตัวอย่างต่อชุด แต่ละตัวอย่างยาวไม่น้อยกว่า 1.00 เมตร ทั้งนี้ให้เป็นไปตามที่กำหนดในรายการข้อกำหนดประกอบแบบหรือมาตรฐานงานก่อสร้าง



รูปที่ 2-6 เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึงวัสดุเหล็กเสริมและลวดอัดแรง

2.7.2 ลวดเหล็กอัดแรงหรือลวดเหล็กตีเกลียว (Prestressing Wire / Strand) จะต้องสุ่มเก็บตัวอย่างทุกขนาดและทุกยี่ห้อ โดยปกติจะกำหนดให้เก็บจากลวดอัดแรงทุกม้วน ที่ต้นม้วนและปลายม้วน โดยเก็บจุดละไม่น้อยกว่า 2 ตัวอย่าง แต่ละตัวอย่างยาวไม่น้อยกว่า 1.00 เมตร

2.7.3 หิน ทราย ผสมคอนกรีต จะต้องสุ่มเก็บจากแหล่งหรือจากโรงงานผสมคอนกรีต (Concrete Plant) ในปริมาณที่เหมาะสมเพื่อให้เพียงพอต่อการทดสอบ (ประมาณ 15-40 กิโลกรัม ขึ้นอยู่กับขนาดวัสดุ) และต้องสุ่มเก็บตัวอย่างทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแหล่งวัสดุ เพื่อทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ



รูปที่ 2-7 การเก็บตัวอย่างลวดเหล็กอัดแรงและเหล็กเสริม

2.7.4 ส่วนผสมคอนกรีต ผู้รับจ้างจะต้องเสนอรายละเอียดการออกแบบส่วนผสม (Mix Design) ที่มีการรับรองโดยวิศวกรที่มีใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรม และเสนอให้ผู้ควบคุมงานเห็นชอบก่อนดำเนินการก่อสร้าง โดยปกติส่วนผสมคอนกรีตที่ออกแบบจะระบุว่า ในคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร ประกอบด้วย ซีเมนต์ ทราย หิน และน้ำอย่างละกี่กิโลกรัม โดยอาจมีสารผสมเพิ่ม (Admixtures) ชนิดต่างๆ เป็นส่วนผสมด้วย เช่น สารลดปริมาณน้ำเพื่อเพิ่มกำลังให้คอนกรีต และสารหน่วงการก่อตัวเพื่อชะลอให้คอนกรีตแข็งตัวช้าเพื่อจะได้มีเวลาทำงานเพียงพอ เป็นต้น ทั้งนี้ ผู้ควบคุมงานอาจให้ผู้รับจ้างทดลองทำส่วนผสมคอนกรีตตามที่ออกแบบแล้วเก็บแท่งคอนกรีตตัวอย่างไปทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดเพื่อพิสูจน์ว่าคอนกรีตมีกำลังอัดเป็นไปตามที่ออกแบบไว้หรือไม่



รูปที่ 2-8 การทดสอบค่ายุบตัวของคอนกรีต (Slump Test)



รูปที่ 2-9 การเก็บตัวอย่างคอนกรีตรูปลูกบาศก์ ขนาด 15 x 15 x 15 เซนติเมตร



รูปที่ 2-10 การเก็บตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 x 30 เซนติเมตร

2.7.5 แผ่นยางรองพื้นสะพาน (Bearing Pad) ต้องสุ่มเก็บตัวอย่างของแผ่นยางส่งทดสอบ ก่อนนำมาใช้งาน โดยจะต้องส่งทดสอบทุกขนาด ขนาดละไม่น้อยกว่า 1 ตัวอย่าง



รูปที่ 2-11 ตัวอย่างแผ่นยางรองพื้นสะพานรองรับคานแบบแผ่นพื้น (Plank Girder)

ข้อเสนอแนะในการปฏิบัติงาน

- ผู้ควบคุมงานจะต้องเป็นผู้ออกหนังสือนำส่งวัสดุก่อสร้างต่อหน่วยงานทดสอบเอง โดยจะต้องแนบข้อกำหนดรายละเอียดหรือมาตรฐานคุณสมบัติของวัสดุก่อสร้างไปด้วยทุกครั้ง
- การนำวัสดุก่อสร้างไปส่งหน่วยงานทดสอบ ผู้ควบคุมงานควรดำเนินการด้วยตนเองหรือในกรณีจำเป็นอาจมอบหมายผู้ช่วยควบคุมงานซึ่งเป็นเจ้าหน้าที่ของทางราชการดำเนินการแทน

- ผู้ควบคุมงานต้องติดตามผลการทดสอบจากหน่วยงานที่ทดสอบภายในกำหนดเวลา
- เมื่อได้รับใบรายงานผลทดสอบแล้ว ผู้ควบคุมงานจะต้องตรวจสอบว่ามีการทดสอบคุณสมบัติครบถ้วนทุกรายการตามข้อกำหนดรายละเอียดหรือมาตรฐานคุณสมบัติของวัสดุก่อสร้างหรือไม่ และจะต้องพิจารณาผลการทดสอบว่าผ่านเกณฑ์ที่กำหนดหรือไม่ หากมีวัสดุก่อสร้างใดไม่ผ่านเกณฑ์จะต้องแจ้งผู้รับจ้างให้ระงับการใช้งานเพื่อเปลี่ยนวัสดุหรือแหล่งผลิตใหม่หรือเสนอวิธีแก้ไขต่อไป

2.8 ตรวจสอบสภาพชั้นดินรองรับงานฐานราก

ก่อนการก่อสร้างฐานรากต่อม่อสะพานตามแบบก่อสร้าง ผู้ควบคุมงานควรแนะนำให้ผู้รับจ้างทำการตรวจสอบสภาพชั้นดินใต้ฐานรากอีกครั้งหนึ่ง เพื่อเป็นข้อมูลยืนยันความถูกต้องของแบบก่อสร้าง

2.8.1 กรณีฐานรากเสาเข็ม ควรดำเนินการเจาะสำรวจชั้นดิน (Boring Test) เพื่อเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึกต่างๆ มาทดสอบคุณสมบัติ เพื่อเป็นข้อมูลในการคำนวณหาความยาวเสาเข็มที่จะสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง พร้อมทั้งทำการตอกหยั่งตามวิธีมาตรฐานหรือ Standard Penetration Test (SPT) โดยใช้ลูกตุ้มและท่อเหล็กตอกขนาดตามมาตรฐานกำหนด และให้ตอกท่อเหล็กจนหยั่งลึกถึงชั้นดินแข็ง (ปกติชั้นดินแข็งจะมีค่า Blow Count ตั้งแต่ 50 ครั้งต่อฟุตขึ้นไป)

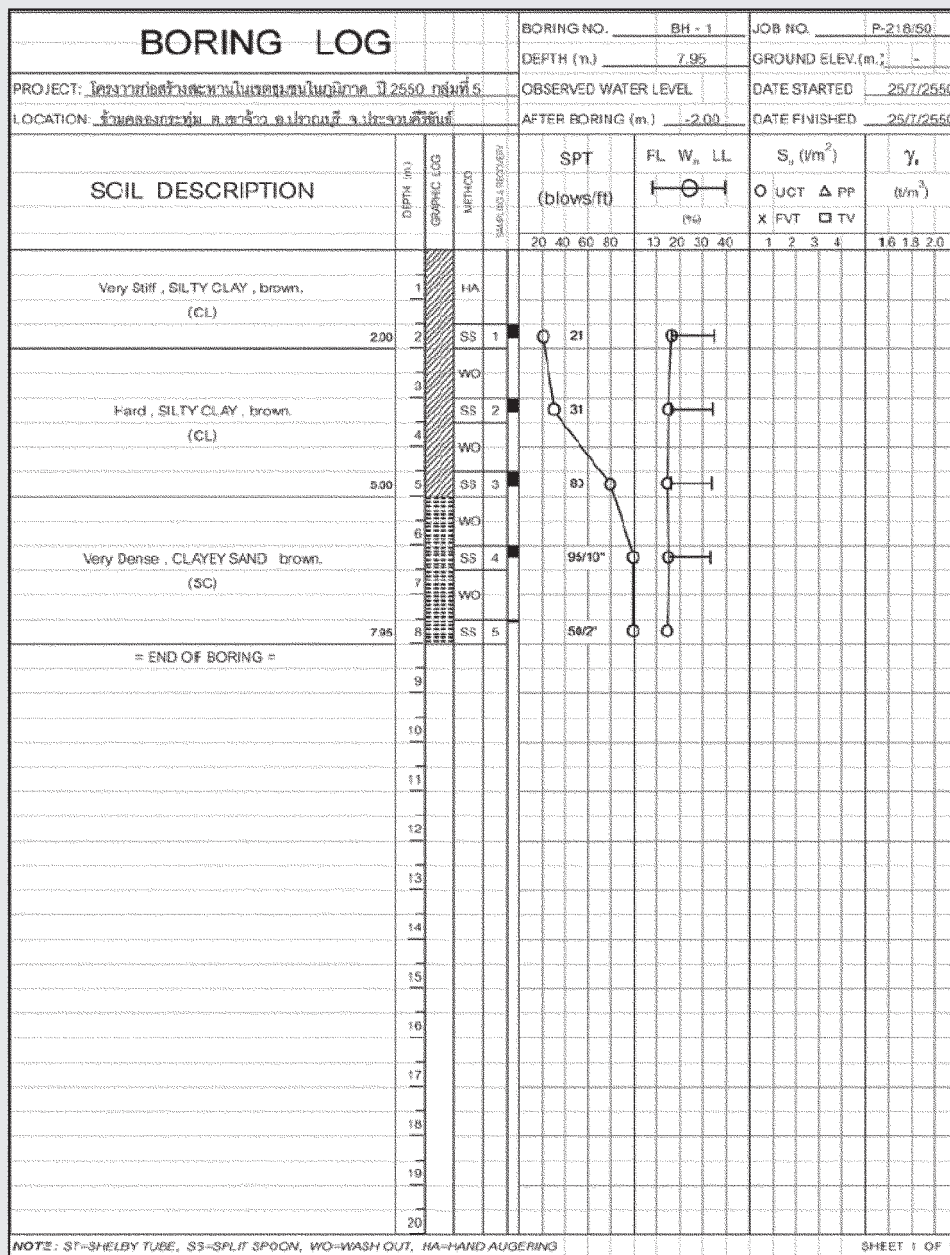
การเจาะสำรวจชั้นดินควรสิ้นสุดที่ความลึก 1.50 – 2.00 เมตร ของชั้นดินแข็ง โดยข้อมูลคุณสมบัติชั้นดินจากการเจาะสำรวจดังกล่าว หรือที่เรียกว่า Boring Log จะสามารถนำมาใช้ในการคำนวณหาความยาวของเสาเข็มได้อย่างถูกต้องใกล้เคียงข้อเท็จจริง



รูปที่ 2-12 การเจาะสำรวจชั้นดินโดยวิธี Standard Penetration Test (SPT)



ตารางที่ 2-2 แสดงผล Boring Log



ข้อเสนอแนะ

- การเจาะสำรวจสภาพชั้นดินดังกล่าว ควรดำเนินการไม่น้อยกว่า 3 จุด ได้แก่ บนฝั่งๆ ละ 1 จุด และกลางน้ำ 1 จุด เพื่อให้มีข้อมูลเพียงพอต่อการคาดคะเนสภาพชั้นดินตลอดความกว้างลำน้ำ (ตามแนวสะพาน) และเมื่อสามารถกำหนดความยาวได้แล้วจึงดำเนินการหล่อเสาเข็มต่อไป
- ในกรณีที่ต้องใช้เสาเข็มเป็นจำนวนมาก หากจะให้ความมั่นใจขึ้นอีกระดับหนึ่งว่าเสาเข็มที่หล่อมาใช้งานจะมีความยาวเพียงพอและไม่เหลือจนมากเกินไป ซึ่งจะทำให้เสียเวลาหากต้องต่อความยาวเสาเข็ม และจะทำให้เปลืองค่าใช้จ่ายหากต้องการตัดเสาเข็มทิ้ง จึงควรแนะนำให้ผู้รับจ้างหล่อเสาเข็มเพื่อนำมาทดลองตอกจริง (Pilot Piles) ขึ้นมา 1 ชุด สำหรับตอกจริงในตำแหน่งตอม่อแต่ละระดับ (หรือตามความเหมาะสม) เพื่อจะได้ข้อมูลความยาวเสาเข็มจริง แล้วจึงดำเนินการหล่อเสาเข็มส่วนที่เหลือตามผลการทดลองตอกดังกล่าวต่อไป

2.8.2 กรณีฐานรากแผ่ โดยปกติฐานแผ่จะถูกกำหนดให้วางอยู่บนชั้นดินแข็งหรือชั้นหินพิศที่อยู่ในระดับที่ไม่ลึกเกินไป ซึ่งมีกำลังรับน้ำหนักแบกทาน (Bearing Capacity) ตั้งแต่ 20 ตันต่อตารางเมตรขึ้นไป ดังนั้นเพื่อให้เกิดความแน่ใจว่าชั้นดินรองรับฐานแผ่เป็นเช่นนั้นจริงและแบบก่อสร้างมิได้มีข้อแนะนำเป็นอย่างอื่น จะต้องกำหนดให้ผู้รับจ้างเตรียมการ ดังนี้

1) เจาะสำรวจความหนาแน่นดินใต้ระดับท้องฐานรากที่เป็นดินแข็งหรือหินพิศว่าเพียงพอที่จะรองรับฐานแผ่ได้โดยปลอดภัยหรือไม่ กล่าวคือ

- กรณีชั้นดินแข็ง จะต้องมีความหนาไม่น้อยกว่า 1.5 เท่าของความกว้างฐานรากและต้องไม่มีชั้นดินอ่อนอยู่ด้านล่างชั้นดินแข็ง

- กรณีชั้นหินพิศ จะต้องมีความหนาของชั้นหินไม่น้อยกว่า 2.00 เมตร โดยควรกำหนดให้เจาะตรวจสอบความหนาชั้นหินพิศอย่างน้อย 2 จุด

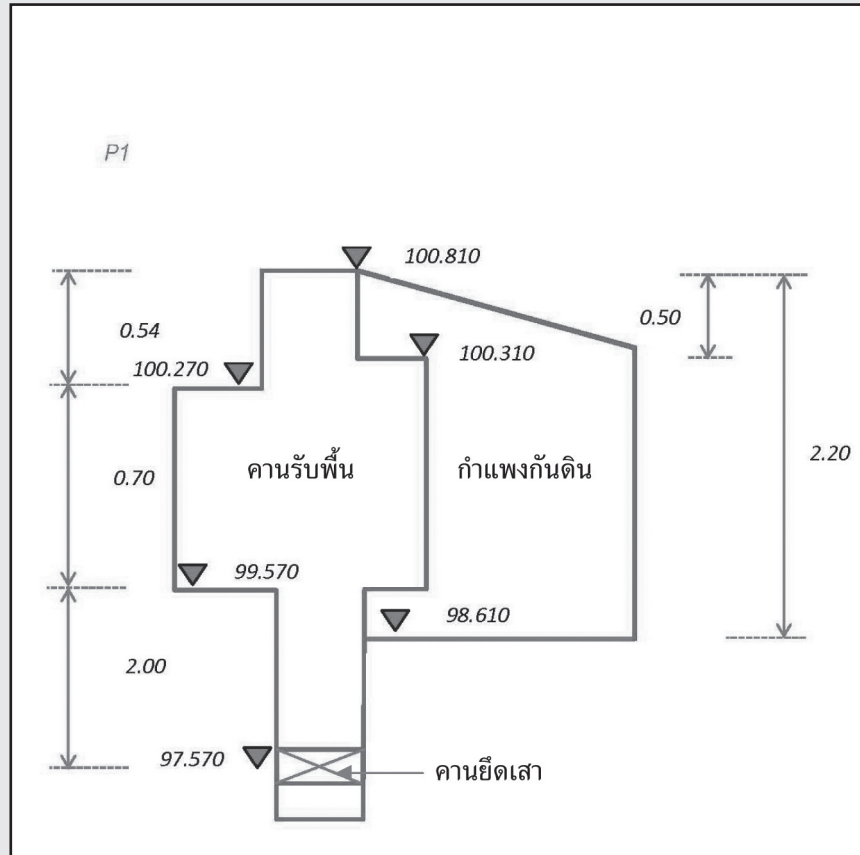
2) ทดสอบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกทุกปลอดภัยของดินใต้ท้องฐานราก โดยวิธี Plate Bearing Test ซึ่งผลกำลังรับน้ำหนักบรรทุกทุกปลอดภัยของดินจะต้องไม่น้อยกว่า 20 ตันต่อตารางเมตร หรือไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง สำหรับกรณีเป็นชั้นหินพิศอาจใช้วิธีเก็บตัวอย่างหินมาตรวจสอบว่าเป็นหินประเภทใดซึ่งจะทำให้ทราบคุณสมบัติของหินชนิดนั้นด้วย



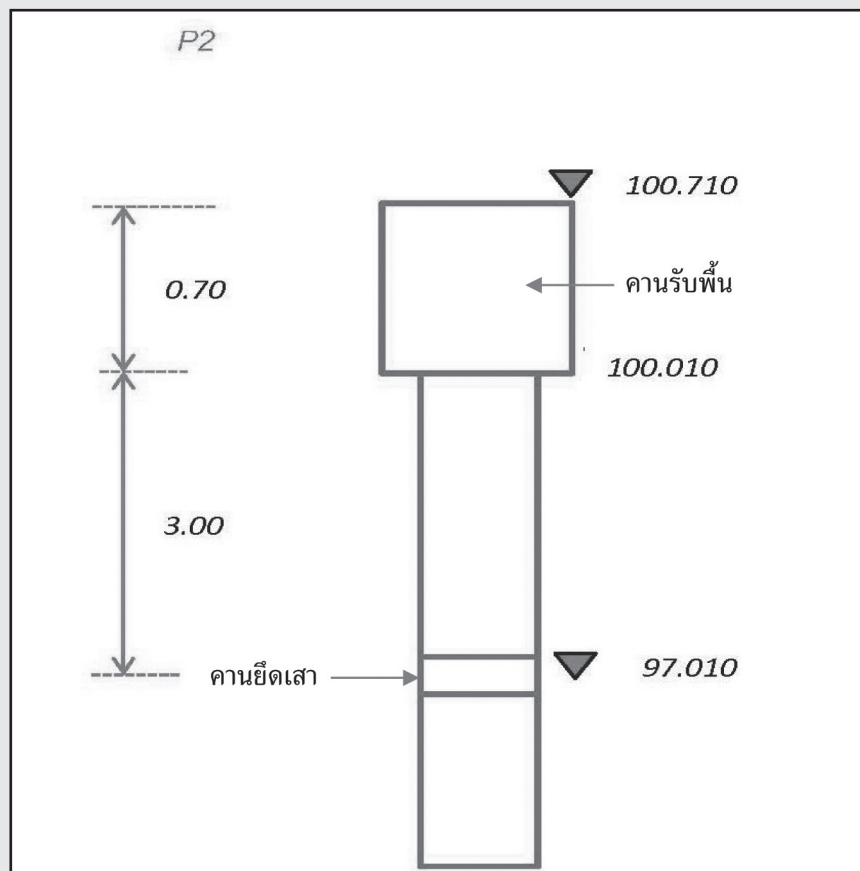
รูปที่ 2-13 การทดสอบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกทุกปลอดภัยของดิน โดยวิธี Plate Bearing Test

2.9 จัดทำแบบรายละเอียดก่อนการก่อสร้าง (Shop Drawing)

โดยปกติแบบก่อสร้างจะแสดงค่าระดับการก่อสร้างไว้เฉพาะบางตำแหน่ง เช่น ที่แนวศูนย์กลางพื้นสะพาน และกึ่งกลางคานยึดเสาหรือใต้ท้องฐาน (กรณีเป็นฐานเสาเข็มกลุ่มหรือฐานแผ่) ในกรณีพื้นสะพานมีความโค้งตามแนวตั้ง (Vertical Curve) จะกำหนดเปอร์เซ็นต์เส้นความลาดชันและจุดตัดของเส้นความลาดชันไว้ให้ ดังนั้นในการก่อสร้างต่อม่อแต่ละดับ ตลอดจนพื้นสะพาน ทางเท้า และราวสะพานแต่ละช่วงแต่ละตำแหน่ง จึงต้องมีการจัดทำแบบรายละเอียดก่อนการก่อสร้าง (Shop Drawing) เพื่อใช้ตรวจสอบควบคุมค่าระดับและมิติของโครงสร้างแต่ละส่วน โดยผู้รับจ้างจะต้องเป็นผู้จัดทำเสนอให้ผู้ควบคุมงานตรวจสอบความถูกต้องก่อนทำการก่อสร้างต่อไป ดังตัวอย่างต่อไปนี้



รูปที่ 2-14 ตัวอย่าง Shop Drawing ตอม่อตบริมช่วง 10.00 เมตร



รูปที่ 2-15 ตัวอย่าง Shop Drawing ตอม่อตบกลางน้ำช่วง 10.00 เมตร



บทที่ 3

การก่อสร้างโครงสร้างส่วนล่างของสะพาน

บทนี้จะกล่าวถึง ขั้นตอนการก่อสร้างโครงสร้างส่วนล่างของสะพานตั้งแต่วางรากขึ้นมาจนถึงคานหัวเสาตอม่อ (Cap Beam หรือ Cross Beam) ซึ่งจะเน้นรูปแบบก่อสร้างของสะพานขนาดเล็กและสะพานขนาดกลางที่มีความยาวช่วงสะพานไม่เกิน 10.00 เมตร และก่อนที่จะดำเนินการก่อสร้าง ผู้ควบคุมงานจะต้องดำเนินการสำรวจเพื่อการก่อสร้างตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

3.1 การสำรวจเพื่อการก่อสร้างและการวางผัง

การสำรวจเพื่อการก่อสร้างเป็นการตรวจสอบหาหมุดหลักฐาน (ค่า BM) ที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้างทั้งที่ใช้บังคับในแนวราบและแนวดิ่ง เพื่อหาว่าหมุดหลักฐานมีจำนวนครบถ้วนและ/หรือถูกต้องหรือไม่ โดยนำค่าที่ถูกต้องมาทำการตรวจสอบหาแนวศูนย์กลางและค่าระดับของสะพานและถนนเชิงลาดที่จะก่อสร้าง ดังนั้นขั้นตอนนี้การสำรวจจะต้องดำเนินการก่อนลงมือก่อสร้าง และยังใช้ในการกำหนดขอบเขตของงานโครงการทั้งหมด เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาเรื่องที่ดินในพื้นที่ก่อสร้าง และเพื่อให้งานดำเนินไปอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ควรปฏิบัติดังนี้

- 1) ศึกษาแบบก่อสร้างและข้อกำหนดต่าง ๆ
- 2) จัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆให้ครบถ้วน เช่น กล้องสำรวจแนว (Theodolite)

กล้องระดับ ไม้ระดับ เทปวัดระยะ เป็นต้น

3.1.1 การสำรวจในแนวราบ

เพื่อหาแนวศูนย์กลางสะพานและถนนเชิงลาด โดยใช้หมุดบังคับและหมุดอ้างอิงที่กำหนดค่าไว้ในแบบก่อสร้าง ทำการหาแนวศูนย์กลางสะพานและถนนเชิงลาดตั้งแต่จุดเริ่มต้นโครงการจนถึงจุดสิ้นสุดโครงการโดยมี วัตถุประสงค์ ดังนี้

- 1) เพื่อกำหนดขอบเขตของโครงการ เช่น กำหนดขอบเขตของสะพาน ขอบเขตของงานถนนเชิงลาด เพื่อใช้เป็นข้อมูลในสภาพพื้นที่จริงที่จะก่อสร้างและนำไปประสานกับหน่วยงานราชการและประชาชนเจ้าของที่ดินที่เกี่ยวข้อง เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาระหว่างที่ดิน

- 2) เพื่อกำหนดหรือตรวจสอบตำแหน่งของตอม่อแต่ละระดับให้เป็นไปตามแบบก่อสร้างและตรวจสอบว่าสอดคล้องกับสภาพพื้นที่ก่อสร้างหรือไม่ เช่น

- ตรวจสอบตำแหน่งของตอม่อกลางน้ำ
- ตรวจสอบมุมเฉียง (Skew)
- ตรวจสอบช่องลอดของตอม่อ
- ตรวจสอบจุดเริ่มต้น (ตับแรก) และสิ้นสุดของสะพาน (ตับสุดท้าย) ว่ามีความ

เหมาะสมกับสภาพที่ตั้งของลำน้ำหรือไม่

3.1.2 การสำรวจในแนวตั้ง

เพื่อหาค่าระดับของสะพานและถนนเชิงลาดโดยใช้หมุดหลักฐานการระดับ (BM.)

- 1) ตรวจสอบค่าระดับของแต่ละหมุดว่ามีความถูกต้องหรือไม่
- 2) ตรวจสอบระดับสะพานและถนนเชิงลาดมีความถูกต้องตามแบบสอดคล้องกับพื้นที่หรือไม่
- 3) ตรวจสอบระดับฐานตอม่อ โดยเฉพาะตอม่อกลางน้ำ
- 4) ตรวจสอบระดับของดินท้องคลอง
- 5) ตรวจสอบความชะลูดของเสาเข็ม (Slenderness Ratio) เพื่อไม่ให้เกินข้อกำหนดในการออกแบบตามขนาดของเสาเข็ม

6) ตรวจสอบระดับถนนเชิงลาดกีดขวางทางเข้า-ออก บ้านเรือนของประชาชนหรือไม่

7) ตรวจสอบระดับน้ำสูงสุด ระดับน้ำต่ำสุด หากในแบบกำหนดไม่ตรงก็จะได้พิจารณา กำหนดให้เหมาะสมตามหลักการออกแบบ

เมื่อดำเนินการสำรวจเพื่อการก่อสร้างโดยการกำหนดตำแหน่งของสะพานทั้งทางตั้งและทางราบพร้อมทั้งวางผังกำหนดตำแหน่งเสาเข็มเรียบร้อยแล้ว ผู้ควบคุมงานควรทราบรายละเอียดงานฐานรากซึ่งมี 2 รูปแบบ ได้แก่ ฐานรากเสาเข็ม และฐานรากแผ่

3.2 ฐานรากเสาเข็ม

3.2.1 รูปแบบของเสาเข็ม

ปกติเป็นฐานรากที่เหมาะสมกับพื้นที่ก่อสร้างที่มีชั้นดินแข็งหรือชั้นทรายแน่นมากที่อยู่ลึกจากดินเดิมตั้งแต่ 3.00 เมตรขึ้นไป จึงจำเป็นต้องใช้เสาเข็มทำหน้าที่รับน้ำหนักของสะพานเพื่อถ่ายลงสู่ชั้นดินด้านล่างซึ่งมีกำลังแบกทานน้ำหนักที่ดีกว่า รูปแบบของเสาเข็มที่ใช้โดยทั่วไป คือ เสาเข็มตอก แต่ในบางพื้นที่อาจใช้เป็นเสาเข็มเจาะซึ่งขึ้นอยู่กับความเหมาะสมหรือดุลยพินิจของผู้ออกแบบ

3.2.1.1 เสาเข็มตอก มีทั้งชนิดคอนกรีตเสริมเหล็กธรรมดา (คสล.) และชนิดคอนกรีตอัดแรง รูปแบบที่นิยมใช้โดยทั่วไป คือ เสาเข็มหน้าตัดสี่เหลี่ยมตันขนาด 0.40 x 0.40 เมตร บางครั้งอาจใช้เป็นเสาเข็มรูปแบบอื่นที่มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อลดความชะลูด เช่น เสาเข็มหน้าตัดสี่เหลี่ยมกลวงขนาด 0.65 x 0.65 เมตร และเสาเข็มกลมแรงเหวี่ยง (Spun Pile) ขนาด 0.60 เมตร หรือ 0.80 เมตร เป็นต้น



รูปที่ 3-1 เสาเข็มหน้าตัดสี่เหลี่ยมตัน
เสริมเหล็กหล่อปลายหล่อเสาเข็ม



รูปที่ 3-2 เสาเข็มหน้าตัดสี่เหลี่ยมกลวง
เสริมเหล็กหล่อปลายหล่อเสาเข็ม

ในการก่อสร้างสะพานที่มีความยาวช่วงไม่เกิน 10.00 เมตร การเลือกใช้เสาเข็ม คสล. หรือชนิดอัดแรงสำเร็จรูปมีข้อดี-ข้อเสียแตกต่างกัน ซึ่งสามารถสรุปข้อพิจารณาในการเลือกใช้ ดังนี้

1) การเลือกใช้เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็ก เหมาะสำหรับกรณีดังนี้

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

2) การเลือกใช้เสาเข็มคอนกรีตอัดแรง เหมาะสำหรับกรณีดังนี้

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

3.2.1.2 เสาเข็มเจาะ (Bored Pile) โดยปกติจะใช้ในกรณีดังนี้

- ท้องลำนํ้ามีชั้นหินพิศอยู่ในระดับไม่ลึกเกินไป ซึ่งไม่สามารถตอกเสาเข็มให้มีระยะฝังดินได้เพียงพอ และไม่สามารถก่อสร้างเป็นฐานแผ่ได้
- ระดับท้องลำนํ้าลึกมาก ทำให้จำเป็นต้องใช้เสาเข็มที่มีขนาดหน้าตัดใหญ่ เช่น 1.00-1.50 เมตร เพื่อลดความชะลูดจึงเหมาะที่จะก่อสร้างเป็นเสาเข็มเจาะมากกว่าเสาเข็มตอก



รูปที่ 3-3 การก่อสร้างเสาเข็มเจาะ (Bored Pile)

0.400
0.125 0.150 0.125
0.140 0.120 0.140

0.025 0.025
0.025 0.025
0.025 0.025

0.075 0.075 0.075 0.075 0.075 0.075
0.075 0.075 0.075 0.075 0.075 0.075

0.125 0.15 0.015 0.012 0.015

0.25

0.07 0.60

0.12 0.04 0.04 0.02

0.07 0.06

รูปตัดหน้า
มาตราส่วน 1 : 10

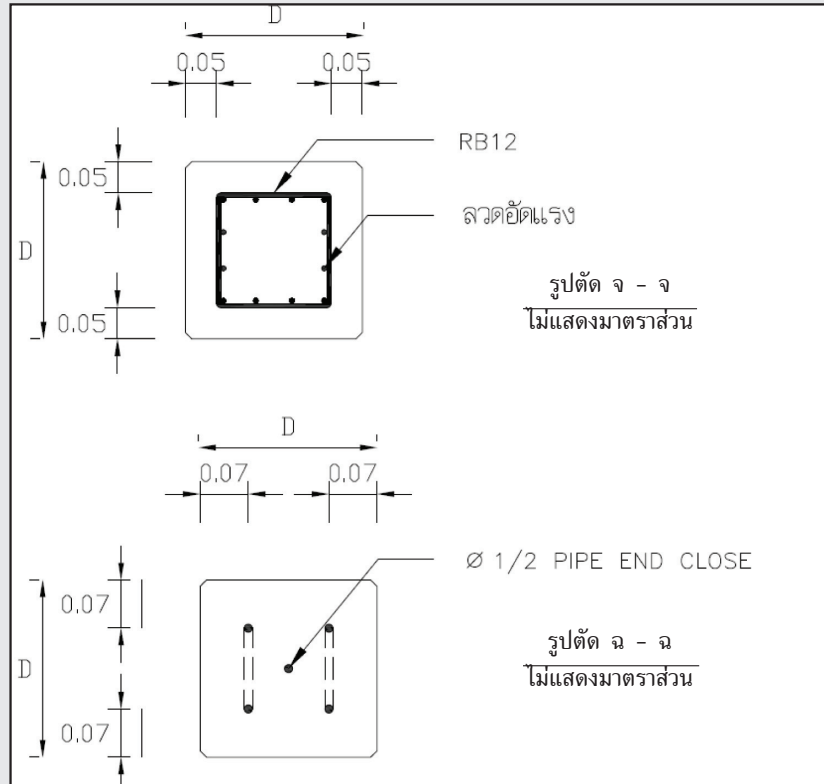
รูปตัด ข- ข
มาตราส่วน 1 : 10

แสดงรายละเอียดปลายเสาเข็มสำหรับขึ้นดินแข็งหรือกรวด
ไม่แสดงมาตราส่วน

Figure 1: Reinforcement layout of the beam. The diagram shows a cross-section of a beam with a total length of 12.00m. The reinforcement is divided into three main sections: 0.15m at each end and 1.20m in the middle. The reinforcement is labeled as RB 6 @ 0.025, RB 6 @ 0.075, and RB 6 @ 0.15. The beam is labeled "รูปตัดแสดงเหล็กเสริมสำหรับ" and "ไม่แสดงขนาดส่วน".

Figure 1 illustrates the reinforcement layout for a 30x30 cm column. The front view (left) shows a square column with four vertical reinforcement bars (2 DB12 U) and two horizontal bars (3 mm diameter). The side view (right) shows the column with two vertical bars (2 DB12 U) and one horizontal bar (3 mm diameter). Dimensions are given in meters (0.10, 0.50).

33



รูปที่ 3-8 รูปแบบขยายแผ่นเหล็กรอยต่อเสาเข็มตอก

3.2.2 การควบคุมการหล่อหรือผลิตเสาเข็ม

นอกเหนือจากการตรวจสอบผลการทดสอบวัสดุและส่วนผสมของคอนกรีตแล้วสิ่งที่คุณควบคุมงานต้องตรวจสอบ มีดังนี้

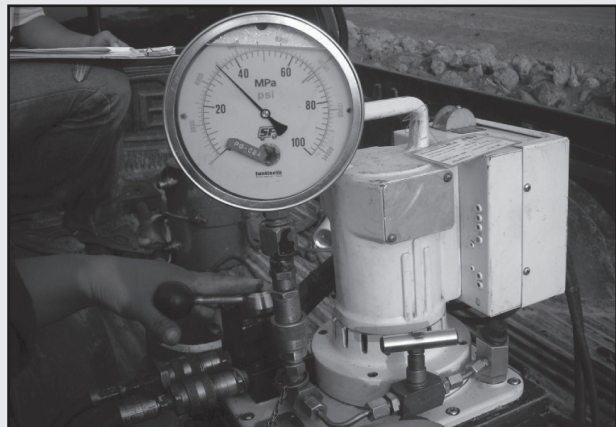
3.2.2.1 ตรวจสอบแท่นที่ผลิตเสาเข็ม (Yard) และอุปกรณ์ประกอบระบบการอัดแรง ดังนี้

- พื้นหรือฐานรองรับแบบหล่อจะต้องมีระดับเรียบเท่ากันไม่ทรุดตัว
- แบบหล่อด้านข้างจะต้องอยู่ในสภาพเรียบร้อยไม่บิดเบี้ยวหรือโก่งงอ
- อุปกรณ์ดึงลวดอัดแรง (Hydraulic Jack & Pump) จะต้องอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน โดยให้ทำการทดลองใช้งานก่อนทำงานจริง

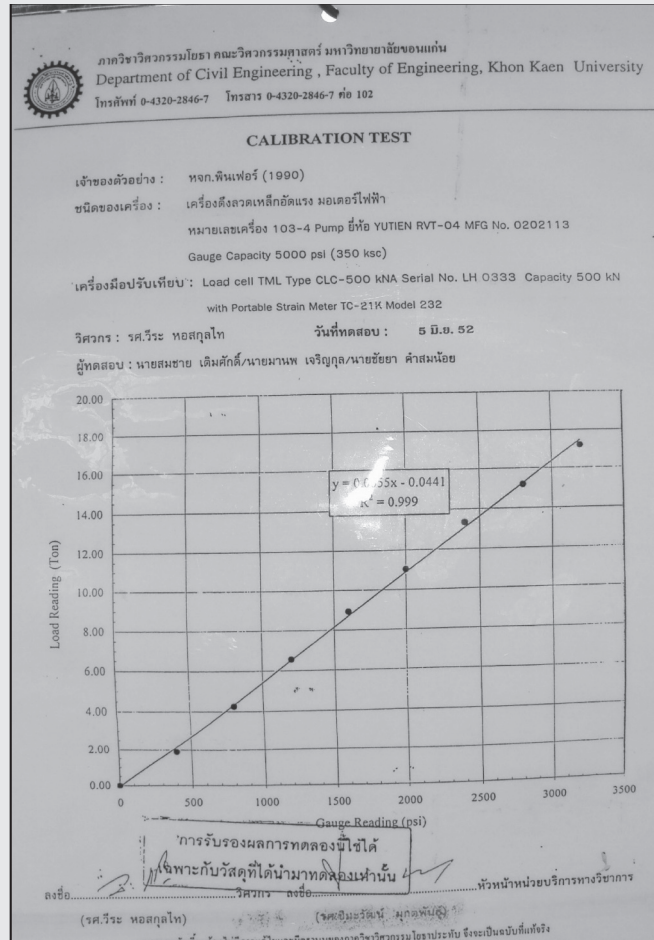
- มาตรวัดแรง (Pressure Gauge) จะต้องมิตัวเลขที่ชัดเจนและต้องมีการทดสอบเปรียบเทียบค่า (Calibration) และควรมีใบรับรองผลอายุไม่เกิน 6 เดือน



รูปที่ 3-9 แท่นผลิตเสาเข็ม (Yard)



รูปที่ 3-10 มาตรวัดแรง (Pressure Gauge)



รูปที่ 3-11 ใบรับรองผลการปรับเทียบค่า (Calibration)

3.2.2.2 ควบคุมการดึงลวดอัดแรง

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



รูปที่ 3-12 การดึงลวดอัดแรง



รูปที่ 3-13 ตรวจสอบระยะยืดของลวดอัดแรง

3.2.2.3 ตรวจสอบความเรียบร้อยก่อนเทคอนกรีต

- ตรวจสอบจำนวนเหล็กเสริมแต่ละขนาดและแต่ละตำแหน่งว่าถูกต้องครบถ้วนตามแบบก่อสร้างหรือไม่
- ตรวจสอบความยาวของเหล็กเสริมแกนเสาเข็ม (Dowel Bar) ที่ช่วงหัวเสาเข็ม ซึ่งโดยปกติแบบก่อสร้างจะกำหนดให้เหล็กเสริมแกนมีความยาวจากหัวเสาเข็มไม่น้อยกว่า 1 ใน 3 ของความยาวเสาเข็มหรือไม่น้อยกว่า 5.00 เมตร ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่าหลังจากการตัดหัวเสาเข็มแล้วจะมีเหล็กเสริมแกนเหลือเพียงพอที่จะไปต่อเชื่อมกับเหล็กเสริมของเสาตอม่อด้านบน และมีความยาวเพียงพอที่จะช่วยรับแรงดันด้านข้างที่กระทำบริเวณรอยต่อระหว่างเสาเข็มกับเสาตอม่อ เช่น กรณีตอม่อดัดบริมที่มีแรงดันด้านข้างจากการถมดินคอสะพาน
- ตรวจสอบระยะหุ้มคอนกรีต (Covering) ให้เป็นไปตามแบบก่อสร้างหรือข้อกำหนดโดยเฉพาะกรณีก่อสร้างในพื้นที่น้ำเค็ม ซึ่งจะกำหนดระยะหุ้มคอนกรีตมากกว่าพื้นที่ทั่วไป เช่น ระยะหุ้มคอนกรีตกรณีพื้นที่ทั่วไปเท่ากับ 5.00 เซนติเมตร แต่พื้นที่น้ำเค็มจะกำหนดไว้ 7.00 เซนติเมตรขึ้นไป เพื่อให้เพียงพอที่คลอไรด์ในน้ำเค็มจะซึมผ่านไปไม่ถึงและทำลายเหล็กเสริมได้



รูปที่ 3-14 ตรวจสอบเหล็กเสริมและระยะหุ้มคอนกรีตก่อนทำการเทคอนกรีตเสาเข็ม

3.2.2.4 ควบคุมการเทคอนกรีต

- จัดให้มีเครื่องเขย่าหรือเครื่องจี้คอนกรีต (Vibrator) เพื่อสั่นสะเทือนเหนือคอนกรีตเป็นการไล่ฟองอากาศและให้เนื้อคอนกรีตไหลเต็มแบบ โดยระมัดระวังในการใช้ เพราะมีผลต่อการแยกตัวของวัสดุมวลรวมและอาจทำความเสียหายต่อแบบหล่อได้
- คอนกรีตคัดแรงให้ใช้คอนกรีตประเภท ค4 (420 Ksc) คอนกรีตเสริมเหล็กให้ใช้คอนกรีตประเภท ค3 (300 Ksc)
- หลังจากเทคอนกรีตแล้วเสร็จ 24 ชั่วโมง ให้ทำการบ่มด้วยการใช้กระสอบหรือแผ่นพลาสติกคลุม เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำซึ่งจะมีผลต่อการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีต
- จะต้องมีการเก็บตัวอย่างคอนกรีตขณะเท เพื่อนำมาทดสอบกำลังอัดคอนกรีตประกอบการตัดสินใจตัดลวดอัดแรง



รูปที่ 3-15 การควบคุมการเทคอนกรีตเสาเข็ม

3.2.2.5 ควบคุมการตัดลวดอัดแรงเพื่อถ่ายแรงสู่คอนกรีต

- ก่อนตัดลวดอัดแรงต้องมีการทดสอบตัวอย่างคอนกรีตก่อนว่ามีกำลังอัดได้ตามข้อกำหนดหรือไม่ โดยปกติจะกำหนดให้ตัดลวดอัดแรงได้เมื่อคอนกรีตมีกำลังอัดไม่น้อยกว่า 80% ของกำลังอัดที่ 28 วัน
- ให้ตัดลวดอัดแรงสลับซ้าย-ขวา และสลับมุมบน-ล่าง ครึ่งละ 1-2 เส้น เพื่อให้การถ่ายแรงเป็นไปอย่างสมดุลไม่เกิดแรงกระทำที่แตกต่างกันมากเกินไปซึ่งจะทำให้เสาเข็มโก่งตัวเกิดรอยแตกร้าวและชำรุดได้



รูปที่ 3-16 การตัดลวดอัดแรงเสาเข็ม

3.2.2.6 การตกแต่งและขนย้ายเสาเข็มไปเก็บกอง

- หลังจากตัดลวดอัดแรงแล้ว จะต้องตรวจสอบให้มีการตัดแต่งปลายลวดอัดแรงที่ยื่นออกมาให้เรียบเสมอผิวคอนกรีต แล้วทาปลายลวดอัดแรงด้วยวัสดุประสานรอยต่อกำลังสูง (Epoxy) หรือสีกันสนิมหรือวัสดุอื่นที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการเกิดสนิม
- การย้ายเสาเข็มไปเก็บกองในโรงงานหรือสถานที่ก่อสร้างจะต้องควบคุมให้มีการยกเสาเข็มและการวางหมอนรองรับเสาเข็มทั้งในขณะขนส่งและในขณะวางกองที่จุดยกตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้างเท่านั้น

3.2.3 การควบคุมการตอกเสาเข็ม

ในการตอกเสาเข็มจะต้องควบคุมการปฏิบัติงานให้เป็นไปตามขั้นตอน ดังนี้

3.2.3.1 นั่งร้านสำหรับปั้นจั่นตอกเสาเข็ม

โดยทั่วไปจะใช้นั่งร้านไม้ชั่วคราว ประกอบด้วยเสาไม้เบญจพรรณ (ไม้ยาง ไม้สน และไม้ยูคาลิปตัส) และไม้แปรรูปทำหน้าที่เป็นตง คาน ไม้ยึดเสา ในกรณีที่ลำน้ำมีท้องน้ำลึกหรือไม่สามารถก่อสร้างนั่งร้านโดยวิธีปกติได้ อาจใช้โป๊ะหรือทุ่น หรือเรือท้องแบนบรรทุกปั้นจั่นสำหรับตอกเสาเข็มแทนการก่อสร้างนั่งร้าน

ผู้ควบคุมงานต้องตรวจสอบความมั่นคงแข็งแรงของนั่งร้านให้เป็นไปตามแบบรายละเอียดที่ผู้รับจ้างจัดทำขึ้นซึ่งต้องมีรายการคำนวณรับรองโดยวิศวกรที่มีใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม



รูปที่ 3-17 นั่งร้านปั้นจั่นตอกเสาเข็ม



รูปที่ 3-18 การตอกเสาเข็มโดยใช้โป๊ะแทนนั่งร้าน

3.2.3.2 ปั้นจั่นตอกเสาเข็ม

- ตรวจสอบความมั่นคงแข็งแรงโดยประเมินจากสภาพทั่วไป เช่น เหล็กโครงปั้นจั่นจะต้องอยู่ในสภาพดีไม่บิดเบี้ยวโก่งงอ รางบังคับลูกตุ้มหรือตะเกียบคู้หน้าจะต้องเป็นแนวตรงและรอยเชื่อม นอตยึด หมุดยึด จะต้องอยู่ในสภาพดีและสมบูรณ์ครบถ้วน เป็นต้น ทั้งนี้ปั้นจั่นที่ใช้งานจะต้องมีขากเลี้ยวด้านหลังสำหรับปรับระดับสูง-ต่ำเพื่อให้เสาเข็มตั้งตรงแนวดิ่งหรือเอียงได้ตามต้องการ เพื่อความสะดวกและปลอดภัยในการทำงานซึ่งจะมีมากกว่าการใช้ปั้นจั่นที่ไม่มีขากเลี้ยว

- พิจารณาความเหมาะสมขนาดของปั้นจั่น กล่าวคือ ฐานปั้นจั่นจะต้องมีความกว้างเพียงพอที่จะทำให้เกิดการทรงตัวที่ดีในขณะที่ยกเสาเข็มขึ้นตั้ง และมีความสูงที่เพียงพอต่อความยาวของเสาเข็ม

- ตรวจสอบขนาดและสภาพเครื่องยนต์ว่ามีกำลังเพียงพอที่จะยกเสาเข็มและลูกตุ้มหรือไม่ รวมทั้งระบบกว้าน (Winch) จะต้องอยู่ในสภาพสมบูรณ์ โดยให้มีการทดลองทำงานก่อนทำการตอกเสาเข็มจริง

- ตรวจสอบความครบถ้วนและเหมาะสมของอุปกรณ์อื่นๆ เช่น หมวกครอบหัวเสาเข็มจะต้องมีขนาดพอเหมาะกับขนาดหัวเสาเข็ม (ไม่ใหญ่กว่าหัวเสาเข็มเกิน 1.00 เซนติเมตร) และมีเหล็กประกับยึดติดไว้กับรางบังคับลูกตุ้ม เพราะหากหมวกครอบหลวมจะเกิดการขยับตัวในขณะที่ตอกจะทำให้หัวเสาเข็มแตกได้ รวมทั้งไม้หมอนรองที่อยู่ภายในและภายนอกหมวกครอบจะต้องเป็นไม้เนื้ออ่อนที่มีความหนาที่เหมาะสม (ไม่ควรหนาเกิน 3.00 เซนติเมตร)



รูปที่ 3-19 ปั่นจั่นตอกเสาเข็ม (แบบโครงเหล็ก แบบรถตอกเคลื่อนที่ และแบบโป๊ะ)

3.2.3.3 ลูกตุ้มตอกเสาเข็มที่ใช้กับปั่นจั่นเป็นลูกตุ้มชนิดปล่อย (Drop Hammer)

การพิจารณาเลือกใช้ลูกตุ้มปั่นจั่นสำหรับตอกเสาเข็ม ดังนี้

- จะต้องเป็นแท่งเหล็กตันซึ่งหล่อจากเหล็กกล้า
- ควรมีน้ำหนักไม่น้อยกว่า 70% ของน้ำหนักเสาเข็ม และหนักไม่น้อยกว่า 3 ตัน

เพื่อให้มีพลังงานเพียงพอที่จะส่งให้เสาเข็มจมลงไปได้โดยลูกตุ้มไม่กระดอนกลับ (Rebound) ซึ่งจะช่วยให้หัวเสาเข็มไม่ถูกกระทบกระเทือนมากจนเกิดการแตกร้าว สำหรับการตรวจสอบน้ำหนักของลูกตุ้มกระทำได้โดยให้ผู้รับจ้างบรรทุกถลไปชั่งน้ำหนัก ณ หน่วยงานหรือองค์กรเอกชนที่น่าเชื่อถือ หรืออาจใช้วิธีคำนวณจากปริมาตรของลูกตุ้มคูณด้วยหน่วยน้ำหนักของเหล็ก คือ 7.85 ตันต่อลูกบาศก์เมตร หรืออาจใช้ทั้ง 2 วิธีเพื่อความแน่ใจ



รูปที่ 3-20 การวัดขนาดลูกตุ้มเพื่อคำนวณหาน้ำหนัก

3.2.3.4 การตอกเสาเข็ม

- ตรวจสอบความถูกต้องของตำแหน่งเสาเข็มที่จะตอก โดยการใช้เทปวัดระยะจากจุดอ้างอิง หรืออาจใช้กล้องสำรวจแนว 2 ชุด ส่องสกัดหาตำแหน่งและเมื่อได้ตำแหน่งศูนย์กลางของเสาเข็มแล้วจะต้องทำหมุดบังคับหรือคอกล้อมเสาเข็มทั้งสี่ด้านให้มั่นคงแข็งแรงเพื่อบังคับไม่ให้เสาเข็มเคลื่อนตัวหรือหนีศูนย์กลางในขณะตอก โดยคอกบังคับดังกล่าวควรเผื่อให้มีขนาดใหญ่กว่าเสาเข็มประมาณ 2.00 เซนติเมตร เพื่อให้เสาเข็มสามารถขยับตัวได้เล็กน้อยขณะตอกโดยไม่ดันคอกบังคับให้ได้รับความเสียหาย ในกรณีนี้ร้านสูงควรทำคอกบังคับที่ระดับด้านล่างของนั่งร้านเพิ่มอีก 1-2 ชั้นตามความเหมาะสม เพื่อช่วยบังคับเสาเข็มให้เกิดการเบี่ยงเบนทางแนวตั้งน้อยที่สุด

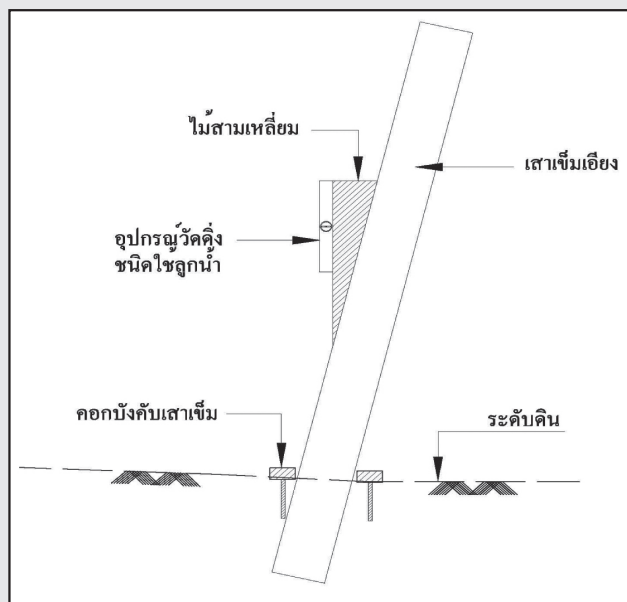
- ก่อนยกเสาเข็มขึ้นตอกให้ใช้สีตีเส้นแนวกึ่งกลางไว้ที่ด้านหน้าและด้านข้างของเสาเข็มเพื่อใช้ในการเล็งแนว และให้ขีดเส้นทำเครื่องหมายบอกระยะไว้ทุก 1.00 เมตร ตลอดความยาวเสาเข็ม และทุกระยะ 0.30 เมตร ที่ 3.00 เมตรสุดท้ายจากหัวเสาเข็มเพื่อใช้ในการบันทึกจำนวนครั้งที่ตอก (Blow Count)

- เมื่อปั้นจั่นยกเสาเข็มขึ้นตั้งและปักลงในคอกบังคับเสาเข็มเรียบร้อยแล้ว จะต้องตรวจสอบว่าเสาเข็มตั้งอยู่ในแนวตั้งหรือไม่ โดยใช้กล้องสำรวจแนว (Theodolite) หรือเชือกแขวนลูกตุ้มเป็นอุปกรณ์ในการเล็งแนว โดยให้เล็งทาบกับเส้นแนวกึ่งกลางเสาเข็มที่จัดทำเครื่องหมายไว้



รูปที่ 3-23 การตรวจสอบแนวตั้งของเสาเข็มขณะตอก

- กรณีเป็นเสาเข็มเอียง ให้ตรวจสอบความเอียงของเสาเข็มโดยการใช้ไม้สามเหลี่ยม ซึ่งมีสัดส่วนความลาดเอียงเท่ากับความเอียงของเสาเข็มที่กำหนดตามแบบก่อสร้างไปทาบกับเสาเข็มที่ปรับเอียงไว้แล้วพร้อมทาบอุปกรณ์วัดความตั้งฉากของลูกน้ำ หากปรากฏว่าลูกน้ำเข้าสู่ศูนย์กลางก็แสดงว่าเสาเข็มต้นนั้นมี ความเอียงถูกต้องตามแบบก่อสร้างแล้ว หากยังไม่เข้าสู่ศูนย์กลางจะต้องปรับความเอียงจากขาเกลียวด้านหลังปั้นจั่น



รูปที่ 3-24 การตรวจสอบแนวเอียงของเสาเข็ม



- ก่อนตอกและขณะตอกเสาเข็ม จะต้องตรวจสอบความตึงหรือความเอียง (ถ้ามี) ของเสาเข็มตลอดเวลา โดยเฉพาะช่วงแรกของการตอกซึ่งเสาเข็มยังไม่ฝังยึดแน่นกับดินเพียงพอ ซึ่งมีโอกาสที่เสาเข็มจะเบี่ยงเบนแนวออกไปได้ง่าย หากลูกตุ้มลงไม่ตรงศูนย์กลางเสาเข็ม การตอกในช่วงแรกนี้จึงควรกำหนดระยะยกลูกตุ้มน้อยๆ (ประมาณ 0.30 เมตร) เพื่อประคองให้เสาเข็มจมดินไปได้ระยะหนึ่งก่อน แล้วจึงค่อยเพิ่มระยะยกตามความเหมาะสม

- ขณะตอกเสาเข็มให้บันทึกระยะยกลูกตุ้มและจำนวนครั้งที่ตอก (Blow Count) ทุกระยะ 1.00 เมตร โดยขีดเครื่องหมายไว้เพื่อเป็นข้อมูลประเมินสภาพชั้นดิน และหากพบว่าค่า Blow Count ลดลง (จำนวนครั้งในการตอกต่อฟุตน้อยลง) มากผิดปกติอย่างทันทีทันใดให้สันนิษฐานก่อนว่าเสาเข็มเกิดการแตกหักอยู่ในชั้นดิน (กรณีนี้เสาเข็มอาจเบี่ยงเบนออกจากตำแหน่งอย่างมองเห็นได้ชัด) ผู้ควบคุมงานต้องสั่งหยุดการตอกเสาเข็มต้นนั้น เพื่อให้มีการตรวจสอบว่าเสาเข็มหักจริงหรือไม่ หากเกิดขึ้นจริงจะต้องแจ้งผู้รับจ้างเป็นลายลักษณ์อักษรให้เสนอวิธีการแก้ไขต่อไป

- เมื่อตอกเสาเข็มจนถึงช่วง 3.00 เมตรสุดท้าย จะต้องกำหนดระยะยกลูกตุ้มให้คงที่และบันทึกจำนวนครั้งที่ตอก (Blow Count) ทุกระยะ 0.30 เมตร เพื่อพิจารณาอัตราการจมดินของเสาเข็มและประเมินว่ามีกำลังรับน้ำหนักใกล้เคียงกับที่ต้องการแล้วหรือไม่ ซึ่งจะได้ทำการตอก 10 ครั้งสุดท้าย (Last 10 Blow) เพื่อตรวจสอบกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มต่อไป โดยปกติจำนวนครั้งที่ตอก (Blow Count) ในช่วงนี้จะมีค่ามากขึ้นเมื่อเสาเข็มยิ่งจมลึกลงไปชั้นดิน ซึ่งบ่งชี้ถึงความสามารถในการรับน้ำหนักของชั้นดินที่มากขึ้น แต่หากปรากฏว่าเป็นไปในทิศทางตรงกันข้ามแสดงว่าชั้นดินยังไม่สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ซึ่งจะต้องทำการตอกต่อไป

3.2.4 การตรวจสอบกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็ม

1) ผู้ควบคุมงานต้องตรวจสอบรายการคำนวณค่าความต้านทานน้ำหนักของเสาเข็มตามสูตรที่ระบุในแบบก่อสร้าง

2) ในการตอกเสาเข็มช่วง 3.00 เมตรสุดท้าย เมื่อมีอัตราการจมของเสาเข็มลดลงตามลำดับ ให้ประเมินได้ว่าชั้นดินสามารถรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยได้ตามที่ต้องการแล้ว โดยให้ทำการตอกเสาเข็มจำนวน 10 ครั้ง ที่ระยะยกลูกตุ้มตามระยะที่คำนวณไว้ (Last 10 Blow) แล้ววัดระยะจมของเสาเข็มเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับระยะจม 10 ครั้งสุดท้าย จากสูตรการคำนวณดังนี้

- **Hiley's Formula** เหมาะสำหรับเสาเข็มที่ตอกหยั่งถึงชั้นดินแข็ง (ชั้นดินเหนียวแข็งหรือชั้นทรายแน่น) ซึ่งกำลังรับน้ำหนักของดินส่วนใหญ่เกิดจากแรงแบกทานที่ปลายเสาเข็ม (End Bearing)

- **Janbu's Formula** เหมาะสำหรับเสาเข็มที่ตอกและจมอยู่ในชั้นดินเหนียวอ่อนถึงดินเหนียวปานกลางค่อนข้างหนา ซึ่งกำลังรับน้ำหนักของดินส่วนใหญ่จะเกิดจากแรงเสียดทานด้านข้างรอบผิวเสาเข็ม (Skin Friction)



ตัวอย่างรายการคำนวณกำลังรับน้ำหนักเสาเข็ม

ตามสัญญาจ้างและรูปแบบรายการ กำหนดให้เสาเข็มต้องรับน้ำหนักบรรทุกทุกพลอตภัยได้ไม่น้อยกว่า 50 ตันต่อตัน และสามารถเลือกวิธีการตรวจสอบกำลังรับน้ำหนักได้ 2 สูตรคือ 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)

$$Q_u = W_h / K_u.S$$

Q_a = Allowable Pile Capacity (ตัน)

Q_u = Ultimate Pile Capacity = $Q_a \times F.S.$ (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 = $C_1 + C_2 + C_3$

C_1 = ความหดตัวของตัวเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กที่ยาว $L = 10^3 Q_u L / AE_c$ (ชม.)

C_2 = ความหดตัวของกระสอบรองหัวเสาเข็มหนา = $9.0128 Q_u / A$ (ชม.)

C_3 = ความหดตัวของดินใต้และรอบเสาเข็ม = 0.25 (ชม.)

A = พื้นที่หน้าตัดของเสาเข็ม คสล. (ตร.ชม.)

L = ความยาวเสาเข็ม (ชม.)

E_c = 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 = $0.75 + 0.15 P/W$

λ = $W_h L / AE_c S^2$



ตารางที่ 3-1 แสดงตัวอย่างผลการคำนวณ

	Hiley	Janbu	หน่วย
Qa	50	50	ตัน
Qu	150	200	ตัน
W	5.00	5.00	ตัน
A	1600	1600	ตร.ชม.
L	1000	1200	ชม.
P	3.840	4.608	ตัน
e	0.25		
h	100	100	ชม.
E	0.75		
C1	0.332		ชม.
C2	0.845		ชม.
C3	0.25		ชม.
C	1.427		ชม.
fc'	350	350	กก. ต่อ ตร.ชม.
Ec	282495.133	282495.133	กก. ต่อ ตร.ชม.
n	0.593	0.550	
Ku		1.730	
Cd		0.865	
λ		0.000564	
S	0.768	1.444	ชม.
Last 10 Blow	7.68	14.44	ชม.

จากผลการคำนวณ ตาม Hiley's Formula หากเสาเข็มมีระยะจมน้ำเมื่อตอก 10 ครั้งสุดท้ายไม่เกิน 7.68 เซนติเมตร ถือว่าเสาเข็มดังกล่าวสามารถรับน้ำหนักบรรทุกทุกปลอดภัยได้ไม่น้อยกว่า 50 ตัน และตาม Janbu's Formula หากเสาเข็มมีระยะจมน้ำเมื่อตอก 10 ครั้งสุดท้ายไม่เกิน 14.44 เซนติเมตร ถือว่าเสาเข็มดังกล่าวสามารถรับน้ำหนักบรรทุกทุกปลอดภัยได้ไม่น้อยกว่า 50 ตัน

หากผู้รับจ้างไม่สามารถตอกเสาเข็มให้ได้กำลังรับน้ำหนักบรรทุกทุกปลอดภัยตามที่แบบก่อสร้างกำหนดโดยคำนวณจากสูตรดังกล่าว จะต้องให้ผู้รับจ้างเสนอวิธีการตรวจสอบหรือพิสูจน์กำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มเพื่อให้คณะกรรมการตรวจการจ้างพิจารณาเห็นชอบ เช่น ทดสอบกำลังรับน้ำหนักด้วยวิธี Static Pile Load Test หรือวิธี Dynamic Pile Load Test เป็นต้น หากทดสอบแล้วปรากฏว่ายังไม่สามารถรับน้ำหนักได้ จะต้องให้ผู้รับจ้างเสนอวิธีแก้ไข เช่น เพิ่มจำนวนเสาเข็ม หรือปรับปรุงรูปแบบตอม่อใหม่ เป็นต้น



รูปที่ 3-25 การตอกเสาเข็มและการวัดระยะจมนของเสาเข็มเมื่อตอก 10 ครั้งสุดท้าย

ข้อแนะนำ

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

ดังนั้น ผู้ควบคุมงานควรพิจารณาเลือกสูตรการคำนวณให้เหมาะสมกับสภาพดินใต้ฐานราก และการใช้งานเสาเข็มตามสภาพพื้นที่จริงด้วย

3.2.5 การประเมินผลการตอกเสาเข็ม

เมื่อตอกเสาเข็มแล้วเสร็จจะต้องประเมินผลว่าเสาเข็มต้นนั้นสามารถใช้งานได้ตามหลักเกณฑ์ดังนี้

- 1) เสาเข็มอยู่ในสภาพสมบูรณ์ ไม่มีเหตุที่บ่งชี้ว่าเกิดการแตกหักในชั้นดินระหว่างการตอก
- 2) เสาเข็มมีกำลังรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยจากการคำนวณโดยสูตรการตอกเสาเข็ม (Pile Driving Formula) ไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด

- เสาเข็มจะต้องฝังจมอยู่ในชั้นดินไม่น้อยกว่า 3.00 เมตร และจะต้องฝังจมลึกเพียงพอที่จะไม่มีโอกาสถูกกระแสน้ำกัดเซาะในอนาคต โดยส่วนที่ฝังจมดินไม่ควรน้อยกว่า 1 ใน 3 ของความยาวเสาเข็มที่ใช้งานจริง ความยาวนับจากปลายเสาเข็มถึงระดับท้องคานยึดเสา (Bracing Beam) หรือระดับท้องคานหัวเสา (Cap Beam) แล้วแต่กรณี

- ตรวจสอบการหนีศูนย์โดยตำแหน่งของเสาเข็มจะต้องคลาดเคลื่อนจากตำแหน่งตามแบบก่อสร้างไม่เกิน 5.00 เซนติเมตร ในทุกทิศทางสำหรับเสาเข็มแบบ Pile Bent กรณีมีความคลาดเคลื่อนเกินกว่าเกณฑ์ดังกล่าว จะต้องแจ้งผู้ออกแบบให้ทำการตรวจสอบความมั่นคงแข็งแรงก่อน ซึ่งอาจต้องออกแบบปรับปรุงเสาเข็มหรือฐานรากใหม่

- หลังจากการตัดหัวเสาเข็มให้ได้ระดับตามที่กำหนดแล้ว (Pile Cut-Off) บริเวณช่วงหัวเสาเข็มจะต้องมีเหล็ก Dowel ที่ฝังอยู่ในคอนกรีตเสาเข็มไม่น้อยกว่า 1.00 เมตร หากปรากฏว่าเหล็ก Dowel มีความยาวไม่เพียงพอจะต้องแจ้งให้ผู้รับจ้างทำการแก้ไขก่อน โดยทั่วไปจะใช้วิธีเจาะคอนกรีตเพื่อฝังเหล็ก Dowel แล้วอุดด้วยวัสดุประสานรอยต่อกำลังสูง (Epoxy)

3.2.6 เสาเชื่อมต่อ

สถานที่ก่อสร้างบางแห่งอาจมีพื้นที่จำกัดทำให้ไม่สามารถหล่อเสาคอนกรีตยาวได้ หรืออาจมีข้อจำกัดของเส้นทางขนส่งวัสดุทำให้ไม่สามารถขนส่งเสาคอนกรีตอัดแรงที่มีความยาวมาก ๆ เข้าสู่สถานที่ก่อสร้างได้ กรณีนี้สามารถอนุญาตให้ผู้รับจ้างใช้เสาคอนกรีตอัดแรงแต่ต้องไม่เกินสองท่อนโดยผู้ควบคุมงานจะต้องตรวจสอบการทำงาน ดังนี้

1) การออกแบบรอยต่อของเสาคอนกรีตจะต้องเป็นไปตามแบบรูปที่กำหนด (ถ้ามี) กรณีที่แตกต่างออกไป ผู้รับจ้างจะต้องจัดทำแบบรายละเอียดพร้อมรายการคำนวณที่มีการรับรองโดยวิศวกรที่มีใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมเสนอให้ผู้ออกแบบตรวจสอบก่อน โดยปกติรอยต่อของเสาคอนกรีตจะต้องได้รับการออกแบบเป็นแผ่นเหล็กที่ทำด้วยเหล็กเหนียวหนา 7.00-9.00 มิลลิเมตร ปิดไว้ที่ปลายเสาคอนกรีตด้านที่จะต่อเชื่อมกันในลักษณะหุ้มครอบ โดยให้มีเหล็ก Dowel ที่เชื่อมติดกับแผ่นเหล็กฝังยึดอยู่ในคอนกรีตตรงกึ่งกลางของเสาคอนกรีต ทั้งนี้ ส่วนของเสาคอนกรีตรอยต่อจะต้องมีการเสริมเหล็กปลอกพิเศษเพื่อป้องกันการแตกร้าวด้วย

2) เมื่อตอกเสาคอนกรีตท่อนล่างจนหัวเสาคอนกรีตถึงระดับที่จะทำการต่อเชื่อม (สูงจากพื้นดิน 0.50 เมตร) และปั้นจั่นได้ยกเสาคอนกรีตท่อนบนมาวางทับแล้ว จะต้องตรวจสอบแผ่นเหล็กปลายเสาคอนกรีตทั้งสองท่อนให้วางทับสนิทกันเต็มหน้าและเสาคอนกรีตทั้งสองท่อนจะต้องต่อเป็นแนวเส้นตรงเดียวกัน

3) ควบคุมและตรวจสอบการเชื่อมรอยต่อให้ถูกต้องตามมาตรฐานข้อกำหนด เช่น ต้องทำความสะอาดแผ่นเหล็กให้ปราศจากสิ่งสกปรก การเชื่อมต่อเชื่อมเป็นชั้น ๆ หรือเป็นแนวตามลำดับก่อนการเชื่อมชั้นต่อไปต้องเคาะขี้เหล็กออกให้หมด และใช้แปรงขัดทำความสะอาด การเชื่อมระหว่างชั้นควรทิ้งช่วงให้อุณหภูมิลดลงก่อนที่จะเชื่อมต่อไป

4) เมื่อเชื่อมแล้วเสร็จจะต้องตรวจวัดขนาด (ความกว้างและความหนา) รอยเชื่อมให้เป็นไปตามที่ออกแบบไว้



รูปที่ 3-26 แสดงขั้นตอนการเชื่อมต่อเสาคอนกรีต



รูปที่ 3-27 แสดงการเชื่อมต่อเสาเข็มแล้วเสร็จ

ข้อแนะนำ

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

3.2.7 การใช้เสาส่ง

ปกติจะใช้เสาส่งในกรณีต้องการตอกส่งให้หัวเสาเข็มจมลงไปถึงระดับที่ต้องการเพื่อความสะดวกในการทำงาน แต่สำหรับกรณีที่ตอกเสาเข็มจนหัวเสาเข็มถึงระดับคอกบังคับเสาเข็มที่วางบนนั่งร้านหรือบนดินเดิมแล้ว ปรากฏว่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยที่ตรวจสอบได้ยังไม่ถึงค่าที่ต้องการ โดยปกติจะมีทางเลือกให้ดำเนินการวิธีใดวิธีหนึ่งดังนี้ คือ หล่อเสาเข็มต่อในที่เมื่อคอนกรีตได้อายุแล้วจึงทำการตอกต่อ หรือใช้วิธีนำเสาส่งมาครอบทับบนเสาเข็มเดิมแล้วทำการตอกต่อ ทั้งนี้โดยทั่วไปแล้วผู้รับจ้างจะเลือกวิธีการใช้เสาส่ง เนื่องจากใช้ระยะเวลาน้อยและประหยัดกว่า แต่ปัญหาของการใช้เสาส่งก็คือ พลังงานจากลูกตุ้มที่กระทบผ่านเสาส่งจะสูญหายไปค่อนข้างมาก จนไม่สามารถใช้สูตรการตอกเสาเข็ม (Pile Driving Formula) มาคำนวณกำลังรับน้ำหนักได้อย่างถูกต้อง ทางออกที่ดีหากเลี่ยงได้ก็คือให้ทำการต่อความยาวรางนำเสาเข็มและบังคับลูกตุ้ม (ตะเกียบปั่นจั่น) ลงไปด้านล่างให้เพียงพอ (กรณีตอกเสาเข็มบนนั่งร้านอาจปรับรื้อคอกบังคับเสาเข็มและนั่งร้านออกบางส่วน และกรณีตอกบนดินจะต้องทำการขุดดินออกซึ่งค่อนข้างจะยุ่งยาก) แต่หากหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่ต้องใช้เสาส่ง ให้ผู้ควบคุมงานตรวจสอบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยของเสาเข็มดังนี้

- 1) ก่อนใช้เสาส่งให้ทำการตอก 10 ครั้ง แล้ววัดระยะจมของเสาเข็ม
- 2) จากนั้นให้ใช้เสาส่งและทำการตอกอีก 10 ครั้ง ที่ระยะยกลูกตุ้มเท่ากัน แล้ววัดระยะจมของเสาเข็ม (ซึ่งจะได้ค่าน้อยกว่าเนื่องจากการสูญเสียพลังงานผ่านเสาส่ง)
- 3) เปรียบเทียบระยะจมที่แตกต่างกัน แล้วคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์พลังงานที่สูญเสียไป เพื่อนำไปใช้เป็นตัวคูณลดกำลังรับน้ำหนักบรรทุกทุกของเสาเข็มที่คำนวณได้จากสูตรการตอกเสาเข็ม (Pile Driving Formula) เมื่อมีการตอก 10 ครั้งสุดท้ายโดยใช้เสาส่ง



รูปที่ 3-28 การใช้เสาส่งตอกส่งเสาเข็มจนถึงระดับที่ต้องการ

3.3 ฐานรากแผ่

สภาพชั้นดินในบางพื้นที่อาจพบว่ามีชั้นดินแข็งมาก (ดินดาน) หรือชั้นหินพืด อยู่ในระดับความลึกไม่ถึง 3.50 เมตร จึงเหมาะสมที่จะออกแบบเป็นฐานแผ่มากกว่าฐานรากแบบใช้เสาเข็ม

3.3.1 ฐานแผ่บนดินแข็ง

โดยปกติผู้ออกแบบจะกำหนดให้ทำการทดสอบกำลังรับน้ำหนักของดินรองรับได้ฐานรากด้วยวิธี Plate Bearing Test ก่อนทำการก่อสร้าง เพื่อเป็นข้อมูลยืนยันให้เกิดความแน่ใจ เมื่อได้ผลการทดสอบว่าชั้นดินได้ฐานรากสามารถรับน้ำหนักบรรทุกทุกปลอดภัยได้ไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดในแบบก่อสร้างแล้วจึงอนุญาตให้ทำการก่อสร้างได้ โดยผู้ควบคุมงานจะต้องตรวจสอบและควบคุมการก่อสร้างฐานราก ดังนี้

- 1) ระดับท้องฐานแผ่จะต้องมีความลึกเพียงพอที่จะพ้นจากการกัดเซาะของกระแสน้ำ โดยปกติจะกำหนดให้ระดับหลังฐานแผ่ลึกจากระดับพื้นดินไม่น้อยกว่า 2.50 เมตร
- 2) ตำแหน่งก่อสร้างฐานแผ่ต้องอยู่ในบริเวณที่เหมาะสม ไม่เสี่ยงต่อความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นในภายหลัง เช่น ตำแหน่งต้องไม่อยู่กลางแนวร่องน้ำซึ่งอาจถูกน้ำกัดเซาะฐานรากจนทำให้เกิดการทรุดตัวเสียหาย
- 3) การขุดเปิดพื้นที่ก่อสร้างฐานแผ่ใต้ดิน จะต้องมีการกำหนดรูปแบบการขุดหรือออกแบบโครงสร้างชั่วคราว เพื่อป้องกันการพังทลายของดินซึ่งจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของผู้ปฏิบัติงาน เช่น กำหนดให้ขุดดินแบบเอียงลาดเพื่อให้ดินรักษาสถียรภาพอยู่ได้ หรือออกแบบโครงสร้างกันโดยรอบ โดยใช้ Sheet Pile หรือเป็นคั่นกันโดยรอบในลักษณะ Cofferdam



รูปที่ 3-29 คันกันน้ำรอบพื้นที่ก่อสร้างฐานรากสะพานแบบฐานแผ่ (Coffer Dam)

4) สำหรับฐานรากที่อยู่ใกล้กันและมีระดับท้องฐานที่แตกต่างกัน ควรกำหนดขั้นตอนในการก่อสร้างโดยให้ก่อสร้างฐานรากที่มีระดับลึกกว่าให้แล้วเสร็จก่อนและทำการกลบดินให้เรียบร้อย ก่อนการขุดดินเพื่อก่อสร้างฐานรากที่มีระดับท้องฐานสูงกว่าต่อไป เนื่องจากหากขุดดินเพื่อก่อสร้างไปพร้อมกัน หลุมที่ขุดก่อสร้างฐานรากด้านล่างอาจส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพกับหลุมที่ขุดก่อสร้างฐานรากด้านบนได้

5) ผิวหน้าของชั้นดินแข็งใต้ท้องฐานแผ่ จะต้องได้รับการปรับให้เรียบเสมอกันและเทคอนกรีตหยาบรองพื้นตามความหนาที่ระบุในแบบก่อสร้าง แต่หากไม่กำหนดไว้ให้ใช้ความหนาเท่ากับ 0.10 เมตร

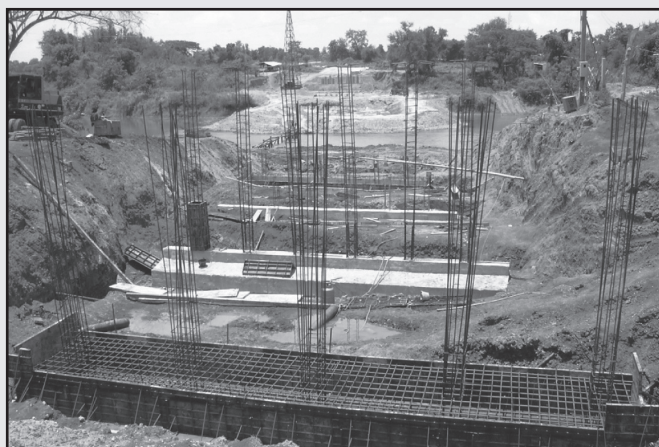
3.3.2 ฐานแผ่บนชั้นหินฟิต

โดยทั่วไปจะเหมือนกับฐานแผ่บนชั้นดินแข็งมาก แต่มีประเด็นเพิ่มเติมที่ผู้ควบคุมงานต้องตรวจสอบและควบคุมการทำงาน ดังนี้

1) ระดับท้องฐานแผ่ต้องฝังอยู่ในชั้นหินฟิต โดยวัดความลึกจากจุดที่ตื้นที่สุดไม่น้อยกว่า 0.50 เมตร และต้องขุดเจาะพร้อมทั้งปรับระดับชั้นหินฟิตใต้ท้องฐานให้เสมอกันในแนวราบ

2) ต้องมีการเจาะฝังเหล็ก Dowel ในชั้นหินฟิตเป็นระยะตามแบบกำหนด เพื่อทำหน้าที่ยึดฐานรากไม่ให้เกิดการเลื่อนหรือพลิกคว่ำหากเกิดแรงดันมากระทำด้านข้าง เช่น กรณีการเกิดน้ำไหลหลากจากอุทกภัย ซึ่งในประเด็นนี้หากไม่มีกำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง ผู้ควบคุมงานจะต้องให้ผู้รับจ้างจัดทำแบบรายละเอียดพร้อมรายการคำนวณที่มีการรับรองโดยวิศวกรผู้มีใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมเสนอให้ผู้ออกแบบพิจารณา ก่อน

นอกจากนี้ ผู้ควบคุมงานจะต้องตรวจสอบจำนวน และขนาดเหล็กเสริมให้ถูกต้องครบถ้วนตามแบบก่อสร้าง และให้มีระยะหุ้มคอนกรีต (Covering) ถูกต้องตามข้อกำหนด



รูปที่ 3-30 การก่อสร้างฐานรากแผ่

3.4 เสาตอม่อ

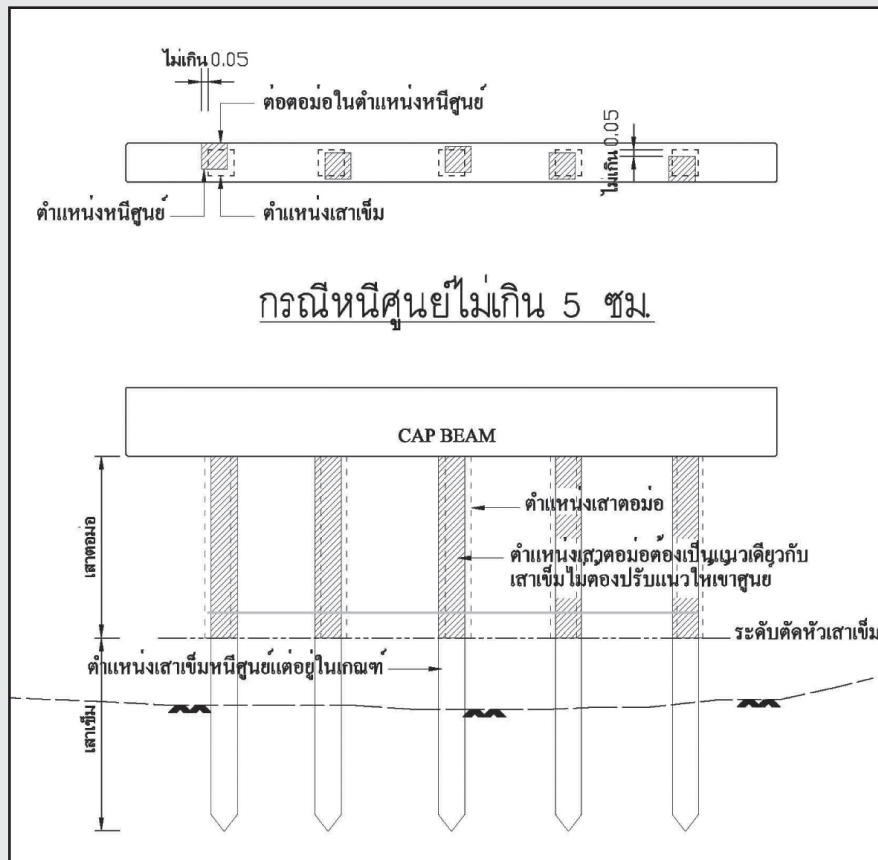
โครงสร้างเสาตอม่อแบบ Pile Bent จะนับตั้งแต่ระดับหลังคานยึดเสา (Bracing Beam) สำหรับกรณีฐานรากแบบเสาเข็มกลุ่มหรือฐานแผ่ เสาตอม่อ คือ โครงสร้างส่วนที่ต่อจากฐานคลุมเสาเข็ม (Pile Cap) หรือฐานแผ่ขึ้นไปจนถึงใต้คานหัวเสา (Cap Beam)



รูปที่ 3-31 การก่อสร้างเสาตอม่อสะพาน

ในหัวข้อนี้จะเน้นเฉพาะเสาตอม่อแบบ Pile Bent เท่านั้น โดยหลังจากการตอกเสาเข็มแล้วเสร็จ ผู้ควบคุมงานจะต้องตรวจสอบและควบคุมการก่อสร้างเสาตอม่อ ดังนี้

- 1) ตรวจสอบศูนย์กลางเสาตอม่อและตำแหน่งของเสาเข็มว่าคลาดเคลื่อนไปจากแบบก่อสร้าง หรือหนีศูนย์กลางไปเท่าใด หากเกินจากเกณฑ์ที่ยอมรับได้จะต้องแจ้งให้ผู้ออกแบบพิจารณา หรืออาจแจ้งผู้รับจ้างให้เสนอวิธีการแก้ไขแล้วส่งให้ผู้ออกแบบพิจารณาก่อน ทั้งนี้อาจส่งผลให้ต้องมีการออกแบบแก้ไขโครงสร้างใหม่
- 2) หากตำแหน่งเสาเข็มคลาดเคลื่อนเล็กน้อยและอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ จะต้องกำหนดให้ผู้รับจ้างก่อสร้างเสาตอม่อต่อให้เป็นแนวเส้นตรงเดียวกับเสาเข็ม โดยไม่ต้องปรับแนวเสาตอม่อให้เข้าศูนย์กลางหรือตำแหน่งตามแบบก่อสร้างเนื่องจากจะทำให้เกิดการเอียงศูนย์กลางกันระหว่างเสาตอม่อกับเสาเข็มแต่หากจำเป็นอาจปรับแนวเสาตอม่อได้เล็กน้อยเพื่อควบคุมให้เสาตอม่อที่ต่อขึ้นไปถูกคลุมอยู่ในคานหัวเสา (Cap Beam)
- 3) หากดำเนินการตามข้อ 2) ไม่ได้ก็ให้ใช้วิธีหล่อเพิ่มคานยึดเสา (Bracing Beam) ที่ตำแหน่งติดหัวเสาเข็ม โดยเพิ่มขยายคานยึดเสาให้คลุมหัวเสาเข็มที่เอียงศูนย์กลางทุกต้น แล้วทำการก่อสร้างเสาตอม่อตามตำแหน่งในแบบก่อสร้าง วิธีนี้จะได้แนวเสาตอม่อที่ตรงตำแหน่ง สวยงามตามแบบก่อสร้าง



รูปที่ 3-32 ตอม่อสะพาน กรณีหินปูนไม่เกิน 5.00 เซนติเมตร

นอกจากนี้ ผู้ควบคุมงานต้องตรวจสอบขนาดและจำนวนเสาเข็มให้ถูกต้องครบถ้วนตามแบบก่อสร้างและตรวจสอบระยะหุ้มคอนกรีต (Covering) ให้เป็นไปตามข้อกำหนด

ข้อแนะนำ

- การบ่มคอนกรีตเสาตอม่อ เมื่อถอดแบบหล่อออกแล้ว ควรแนะนำให้ผู้รับจ้างใช้พลาสติกพันหุ้มผิวคอนกรีตเพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำในเนื้อคอนกรีต ซึ่งจะสะดวกและมีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีการบ่มด้วยการใช้กระสอบชุ่มน้ำคลุม เนื่องจากเป็นโครงสร้างรูปทรงสูง

3.5 คานหัวเสารับพื้นสะพาน (Cap Beam)



รูปที่ 3-33 การก่อสร้างคานหัวเสารับพื้นสะพาน (Cap Beam)

เป็นส่วนสุดท้ายของโครงสร้างส่วนล่าง ทำหน้าที่รองรับพื้นสะพาน ผู้ควบคุมงานต้องตรวจสอบและควบคุมการก่อสร้างคานรับพื้นสะพาน ดังนี้

- 1) ตรวจสอบความมั่นคงแข็งแรงของนั่งร้านและค้ำยันแบบตอม่อคาน โดยให้ผู้รับจ้างจัดทำแบบรายละเอียดนั่งร้านพร้อมรายการคำนวณที่มีการรับรองจากวิศวกรที่มีใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมแล้วจึงทำการตรวจสอบการก่อสร้างนั่งร้านให้เป็นตามรูปแบบที่เสนอ
- 2) เมื่อผู้รับจ้างตั้งแบบตอม่อคานแล้ว ให้ตรวจสอบค่าระดับตอม่อคานให้ถูกต้องตามแบบรายละเอียดการก่อสร้าง
- 3) ตรวจสอบแนวศูนย์กลางสะพาน ระยะห่างระหว่างช่วงตอม่อ และแนวศูนย์กลางตามความยาวของคานหัวเสาว่าตั้งฉากกับแนวศูนย์กลางสะพาน หรือเป็นแนวเฉียง (กรณีสะพาน Skew) ให้ถูกต้องตามแบบก่อสร้าง
- 4) ตรวจสอบตำแหน่ง ขนาดและจำนวนเหล็กเสริม ตำแหน่งฝังเหล็ก Dowel ยึดพื้นสะพาน ขนาดกว้าง-ยาว-ลึกของคาน และระยะหุ้มคอนกรีต (Covering) ให้ถูกต้องตามแบบก่อสร้าง กรณีเป็นสะพาน Skew แบบหล่อเปิดปลายคาน จะต้องมีการแนวนานกันแนวศูนย์กลางสะพาน

ข้อแนะนำ

- ระยะห่างระหว่างตอม่อตามแนวศูนย์กลางสะพาน ควรกำหนดให้พอดีกับความยาวพื้นสะพานที่กำหนดตามแบบก่อสร้าง โดยไม่ต้องบวกระยะเผื่อขาด เนื่องจากจะมีผลทำให้รอยต่อระหว่างพื้นสะพานห่างกันมากเกินไปที่กำหนด หากคานคอนกรีตอัดแรงพื้นสะพานที่หล่อจากโรงงานมีความยาวไม่สอดคล้องกับระยะเผื่อขาดดังกล่าว

บทที่ 4

การก่อสร้างโครงสร้างส่วนบนของสะพาน

โครงสร้างส่วนบนของสะพานประกอบด้วยพื้นสะพาน ทางเท้า และราวสะพาน เพื่อเสริมความมั่นคง แข็งแรง ความปลอดภัย และความสมบูรณ์ในการใช้ประโยชน์ของสะพาน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1 พื้นสะพาน

รูปแบบของพื้นสะพานคอนกรีตช่วงความยาวไม่เกิน 10.00 เมตร แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ ชนิดหล่อในที่ และชนิดคานคอนกรีตอัดแรง

4.1.1 พื้นสะพานชนิดหล่อในที่

การก่อสร้างต้องใช้นั่งร้านทำหน้าที่ค้ำยัน และรองรับแบบหล่อท้องพื้นสะพานเป็นการชั่วคราว แล้วจึงรื้อออกในภายหลัง

4.1.1.1 การเลือกใช้พื้นสะพานชนิดหล่อในที่ เหมาะสมสำหรับกรณีดังนี้

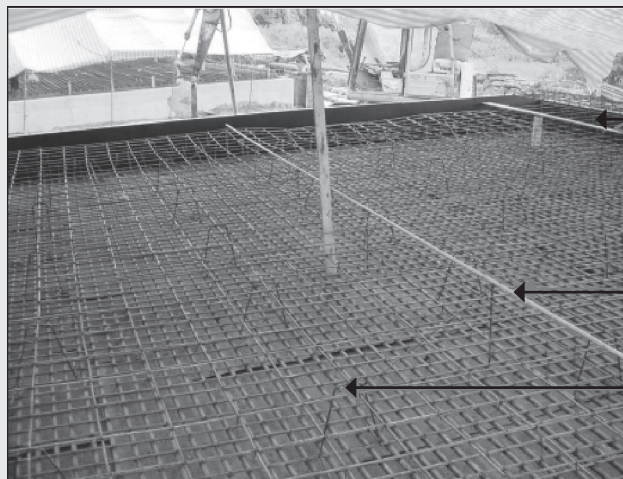
- สภาพดินท้องลำนํ้าต้องไม่เป็นดินอ่อนมาก และสามารถรองรับน้ำหนักพื้นสะพานที่ถ่ายลงดินผ่านนั่งร้านได้ดี
- การก่อสร้างนั่งร้านไม่ก่อให้เกิดปัญหาขัดขวางต่อการสัญจรทางนํ้า
- มีระยะเวลาก่อสร้างเพียงพอ เนื่องจากพื้นสะพานชนิดนี้ต้องใช้เวลาในการก่อสร้างมากกว่าพื้นสะพานชนิดคานคอนกรีตอัดแรง
- แนวสะพานอยู่ในโค้งราบ หรือเป็นพื้นสะพานแบบปากผาย ซึ่งรูปแบบค่อนข้างจะยุ่งยากต่อการก่อสร้าง เนื่องจากพื้นหล่อในที่ที่สามารถก่อสร้างได้หลากหลายรูปแบบ

4.1.1.2 ประเด็นสำคัญที่ต้องตรวจสอบและควบคุมคุณภาพการทำงาน มีดังนี้

- หลังจากตกแต่งคานหัวเสา (Cap Beam) แล้วเสร็จ จะต้องตรวจสอบความถูกต้องของแนวศูนย์กลางของสะพาน และค่าระดับท้องพื้นสะพานตามแบบรายละเอียดการก่อสร้าง (Shop Drawing) ที่ผู้รับจ้างจัดทำเสนอ
- ตรวจสอบความถูกต้องของตำแหน่งเหล็ก Dowel ซึ่งทำหน้าที่ยึดพื้นสะพานไว้กับคานหัวเสา โดยทั่วไปผู้รับจ้างอาจใช้วิธีฝังเหล็ก Dowel ไว้พร้อมกับการก่อสร้างคานหัวเสา หรืออาจใช้วิธีเปิดช่องเป็นรูเอาไว้นบนคานหัวเสา เพื่อติดตั้งเหล็ก Dowel ในภายหลังพร้อมกับการก่อสร้างพื้นสะพาน
- ตรวจสอบความถูกต้องของตำแหน่งการจัดวางแผ่นยางรองพื้นสะพาน (Bearing Pad) ซึ่งเป็นตัวคั่นแยกพื้นสะพานกับคานหัวเสาออกจากกัน ทำหน้าที่เป็นวัสดุลดแรงกระแทกที่เกิดจากน้ำหนักโครงสร้างส่วนบนและน้ำหนักบรรทุกจากยานพาหนะ
- ตรวจสอบตำแหน่ง Fixed End และ Free End ของพื้นสะพานให้ถูกต้อง เพื่อให้พฤติกรรมในการรับน้ำหนักของพื้นสะพานเป็นไปอย่างถูกต้องตามทฤษฎีของพื้นสะพานแบบช่วงเดียว

(Simple Span) กล่าวคือ ด้าน Fixed End จะต้องให้คอนกรีตพื้นสะพานยึดติดกับเหล็ก Dowel (เสมือน Hinge Support ที่ยอมให้มีการแอ่นตัวโดยไม่มีการเคลื่อนตัว) และด้าน Free End จะเว้นช่องเพื่อทำเป็นรูโดยการใส่ท่อที่มีขนาดใหญ่กว่าหุ้มเหล็ก Dowel ไว้ (เสมือน Roller Support ที่ยอมให้มีการเคลื่อนตัวโดยไม่มีการแอ่นตัว)

- ตรวจสอบความมั่นคงแข็งแรงของนั่งร้าน โดยให้ผู้รับจ้างจัดทำแบบรายละเอียดของนั่งร้านพร้อมรายการคำนวณที่มีการรับรองจากวิศวกรที่มีใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม แล้วควบคุมให้เป็นไปตามแบบรายละเอียดดังกล่าว กรณีที่เป็นนั่งร้านชนิดเสาไม้เบญจพรรณ (ไม้ยาง ไม้สน หรือไม้ยูคาลิปตัส) จะต้องควบคุมให้ผู้รับจ้างตอกเสาไม้ให้ฝังจมอยู่ในชั้นดินที่แข็งแรง โดยสังเกตจากอัตราการจมในขณะตอกเพื่อป้องกันการทรุดตัวในขั้นตอนการเทคอนกรีต และจะต้องยึดจุดต่อต่างๆ ของนั่งร้านให้แข็งแรงครบถ้วน เช่น จุดยึดระหว่างเสากับไม้ยึดเสา จุดยึดระหว่างเสากับคาน และจุดยึดระหว่างคานกับตง เป็นต้น รวมถึงการอัดลิ่มช่องว่างระหว่างคานกับตง และระหว่างตงกับแบบหล่อท้องพื้นสะพานให้แน่น เพื่อป้องกันการทรุดหรือแอ่นตัวของแบบหล่อ



เหล็กกำหนดค่าระดับพื้นสะพาน
(ด้านข้าง)

เหล็กกำหนดค่าระดับพื้นสะพาน
(กึ่งกลาง)

การติดตั้ง Bar Chair

รูปที่ 4-1 เหล็กเสริมพื้นสะพานแบบหล่อในที่และการติดตั้ง Bar Chair



รูปที่ 4-2 เทคอนกรีตพื้นสะพานแบบหล่อในที่ (Slab Type)

- เมื่อผู้รับจ้างปูแบบท้องพื้นสะพานเรียบร้อยแล้ว จะต้องตรวจสอบความถูกต้องของค่าระดับอีกครั้งหนึ่งก่อนจัดวางเหล็กเสริม โดยค่าระดับท้องพื้นสะพานอาจมีการเผื่อการทรุดตัวของนํ้าหนักประมาณ 1.00-1.50 เซนติเมตร หรือตามความเหมาะสม
- ตรวจสอบความถูกต้องของเหล็กเสริมพื้นสะพานทั้งขนาด ระยะห่าง และจำนวนรวมถึงระยะหุ้มคอนกรีต (Covering) โดยเหล็กเสริมชั้นบนที่อยู่ใกล้ผิวพื้นสะพานจะต้องมีการค้ำยันให้แข็งแรงและให้อยู่ในระดับหรือตำแหน่งที่ถูกต้อง โดยทั่วไปจะติดตั้ง Bar Chair เป็นค้ำยัน
- ตรวจสอบความถูกต้องของค่าระดับ และความมั่นคงแข็งแรงของเหล็กกำหนดระดับ ที่ติดตั้งชั่วคราวในระหว่างเทคอนกรีตเพื่อทำหน้าที่ควบคุมให้ระดับผิวพื้นสะพานถูกต้องตามค่าที่กำหนด โดยทั่วไปเหล็กกำหนดระดับอาจติดตั้งตามแนวยาวของพื้นสะพานหรือตามแนวขวางของพื้นสะพานก็ได้ และควรกำหนดค่าระดับไว้ทุกระยะ 5.00 เมตร ตามความยาวสะพาน เพื่อควบคุมให้ผิวพื้นสะพานเรียบได้แนว เช่นในกรณีพื้นสะพานมีค่าระดับโค้งตามแนวดิ่ง จะช่วยให้ได้ผิวพื้นสะพานที่เป็นแนวโค้งต่อเนื่องสวยงาม ทั้งนี้จะต้องกำหนดค่าระดับผิวพื้นสะพานตามแนวขวางของพื้นสะพานให้สอดคล้องกับค่าความลาดเอียง (Crown Slope) ตามแบบก่อสร้างด้วย



รูปที่ 4-3 พื้นสะพานแบบหล่อในที่

- เนื่องจากพื้นสะพานชนิดหล่อในที่จะใช้คอนกรีตในปริมาณมาก ดังนั้นเพื่อให้การเทคอนกรีตเป็นไปอย่างต่อเนื่องรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ผู้ควบคุมงานควรแนะนำผู้รับจ้างให้จัดเตรียมความพร้อมให้ดีทั้งการผลิตและขนส่งคอนกรีตจากโรงงานผสมคอนกรีต (Concrete Plant) และความพร้อมหน้างาน ได้แก่ การจัดทางลำเลียงคอนกรีต การจัดเตรียมอุปกรณ์เครื่องมือ เช่น เครื่องจี้คอนกรีต เครื่องเชื่อม และเครื่องตัดเหล็กสำหรับการติดตั้งและรื้อถอนเหล็กกระดับ อุปกรณ์แต่งผิวคอนกรีตพื้นสะพาน ไม่กวาดลากผิวพื้นคอนกรีต โม่ผสมคอนกรีตสำรองไว้ใช้กรณีฉุกเฉิน วัสดุคลุมสำหรับบ่มคอนกรีต โครงหลังคาพร้อมผ้าใบคลุมกรณีฝนตก และไฟฟ้าแสงสว่างกรณีทำงานต่อเนื่องถึงช่วงกลางคืน และการจัดเตรียมคนงานให้เพียงพอ
- ควบคุมให้มีการทำผิวหน้าคอนกรีตให้หยาบเมื่อคอนกรีตเริ่มแข็งตัว และให้มีการกรัดผิวหน้าคอนกรีตด้วยไม้กวาดลากผิวพื้นให้เป็นร่องตามแนวดิ่งจากกับแนวสะพาน โดยให้ชนานกันอย่างเป็นระเบียบและสวยงาม ทั้งนี้เพื่อเพิ่มความต้านทานในการลื่นไถลของล้อยานพาหนะ



รูปที่ 4-4 การกรีดผิวหน้าคอนกรีต

- ตรวจสอบและควบคุมรอยต่อระหว่างพื้นสะพานแต่ละช่วงให้ได้แนวและมีระยะห่างตามที่แบบก่อสร้างกำหนด โดยทั่วไปรอยต่อพื้นสะพานจะมีระยะห่างเท่ากับ 2.00 เซนติเมตร นอกจากนี้ในช่องว่างระหว่างรอยต่อตลอดความหนาของพื้นสะพานจะต้องมีการจัดวางกระดาษขานอ้อยชุบน้ำมันดินให้เต็มช่องว่าง เพื่อทำหน้าที่เป็นวัสดุกันรอยต่อ (Joint Filler)
- เมื่อเทคอนกรีตแล้วเสร็จและแต่งผิวหน้าเป็นที่เรียบเรียบร้อยแล้ว จะต้องควบคุมให้ใช้วัสดุคลุมเพื่อบ่มคอนกรีตทันที และให้มีการบ่มอย่างต่อเนื่องตามข้อกำหนด
- ควบคุมการตกแต่งรอยต่อพื้นสะพานที่ผิวบนให้ได้แนว และให้หูดด้วยวัสดุยาแนว (Joint Sealer) ที่มีคุณสมบัติตามข้อกำหนด

ข้อแนะนำ

- การเทคอนกรีตพื้นสะพานควรเทในลักษณะเป็นแถบ (Strip) ตามความยาวพื้นสะพานแต่ละแถบกว้างประมาณ 2.00 เมตร เพื่อให้คอนกรีตมีความต่อเนื่องตามแนวยาวสอดคล้องกับหลักการออกแบบพื้นสะพาน
- การใช้พื้นที่บนพื้นสะพานที่เทคอนกรีตแล้ว เพื่อทำงานต่อเนื่องหรือเก็บกองวัสดุหรือขนส่งวัสดุก่อสร้างผ่าน ต้องรอให้คอนกรีตได้อายุตามเกณฑ์กำหนดก่อน
- การรื้อถอนนั่งร้านค้ำยันพื้นสะพานก่อนกำหนด จะต้องทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่างก่อนว่าอยู่ในเกณฑ์ที่อนุญาตได้หรือไม่
- หลังจากรื้อถอนนั่งร้านค้ำยันพื้นสะพานแล้ว ควรตรวจสอบค่าระดับของพื้นสะพานที่ตำแหน่งกึ่งกลางอีกครั้งว่าเปลี่ยนแปลงไปจากค่าระดับที่กำหนดก่อนเทคอนกรีตหรือไม่อย่างไร เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับใช้กำหนดค่าระดับเพื่อการhardtตัวในอนาคตต่อไป

4.1.2 พื้นสะพานชนิดคานคอนกรีตอัดแรง

สำหรับสะพานช่วงไม่เกิน 10.00 เมตร โดยมีลักษณะพื้นเป็นแบบช่วงเดี่ยว สามารถเลือกใช้พื้นเป็นแบบคานคอนกรีตอัดแรงได้ โดยรูปแบบที่เป็นที่นิยม คือ คานคอนกรีตอัดแรงแบบแผ่นพื้น (Plank Girder) พื้นสะพานชนิดนี้มีความสะดวกที่ไม่ต้องก่อสร้างนั่งร้าน โดยสามารถติดตั้ง Plank Girder ลงบนคานหัวเสาต่อม่อให้เรียงชิดติดกัน แล้วเทคอนกรีตทับหน้าเพื่อเป็นพื้นสะพานต่อไปได้เลย

4.1.2.1 การเลือกใช้พื้นสะพานชนิดคานคอนกรีตอัดแรง เหมาะสำหรับกรณีดังนี้

- สภาพดินท้องลำนน้ำไม่เหมาะต่อการก่อสร้างนั่งร้าน เช่น มีสภาพเป็นดินอ่อนหรือต้องก่อสร้างนั่งร้านสูงมาก
- มียานพาหนะสัญจรทางน้ำเป็นประจำ หากก่อสร้างนั่งร้านจะทำให้เกิดการกีดขวางเส้นทางจราจร
- ต้องการลดระยะเวลาในการก่อสร้าง เนื่องจากพื้นสะพานชนิดนี้จะใช้เวลาทำงานน้อยกว่าพื้นสะพานชนิดหล่อในที่
- สามารถขนส่งคานคอนกรีตอัดแรงจากโรงงานผลิตไปยังสถานที่ก่อสร้างได้โดยสะดวก
- บริเวณก่อสร้างมีพื้นที่เพียงพอสำหรับการจอดทำงานของรถเครนในการยกติดตั้งคาน

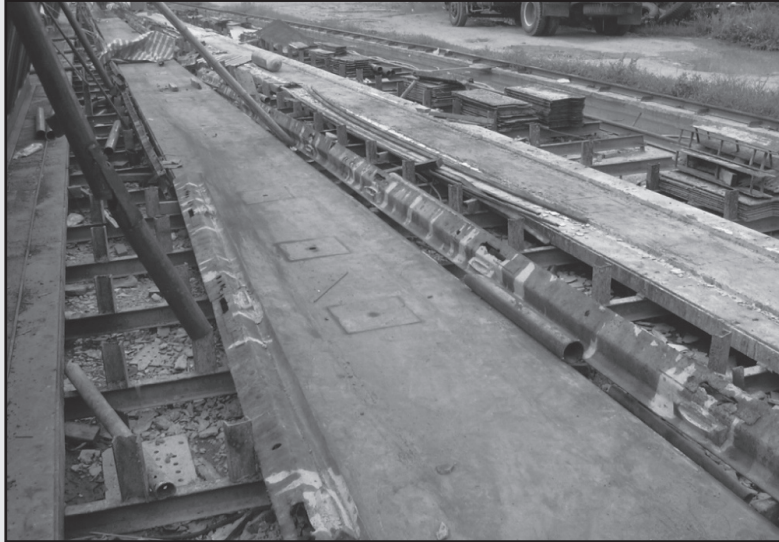
4.1.2.2 ประเด็นสำคัญที่ต้องตรวจสอบและควบคุมคุณภาพการทำงาน มีดังนี้

- 1) ตรวจสอบสถานที่หล่อคานแบบแผ่นพื้น (Plank Girder) หรือแท่นผลิต (Yard) และส่วนประกอบของระบบการอัดแรง โดยใช้วิธีตรวจประเมินด้วยสายตา ดังนี้
 - แท่นรับแรง (Bed) ซึ่งทำหน้าที่รับแรงอัดที่เกิดจากการดึงลวดอัดแรงชั่วคราว (ก่อนที่จะมีการตัดลวดเพื่อถ่ายแรงสู่คานกรีตในภายหลัง) จะต้องเป็นแนวตรงและอยู่ในสภาพดี
 - แผ่นเหล็กเจาะรูสำหรับร้อยลวดอัดแรงที่บริเวณหัว-ท้ายของแท่นรับแรง จะต้องติดตั้งอยู่ที่ระดับที่ถูกต้องและมีการเชื่อมยึดกับแท่นรับแรงอย่างแข็งแรง



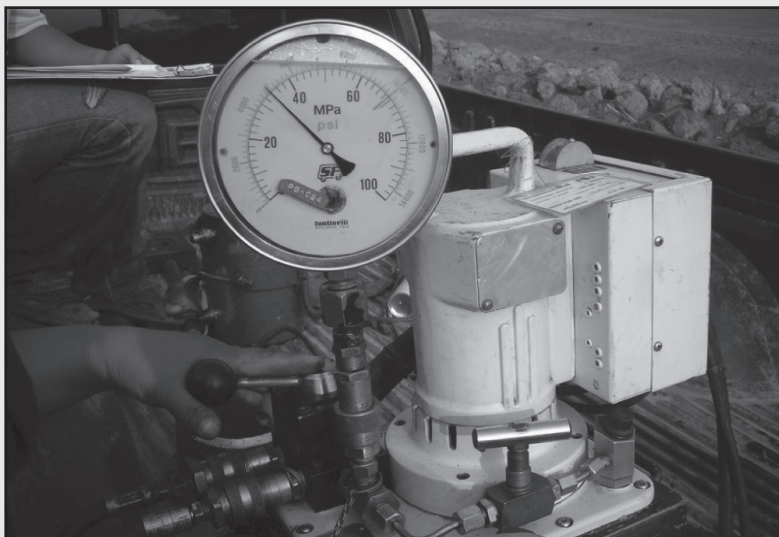
รูปที่ 4-5 ตรวจสอบแท่นรับแรง (Bed)

- พื้นหรือฐานรองรับแบบหล่อ จะต้องมียุทธวิธีเรียบเท่ากันไม่ทรุดตัว
- แบบหล่อด้านข้างจะต้องอยู่ในสภาพเรียบร้อยไม่บิดเบี้ยว เป็นแนวตรง



รูปที่ 4-6 ตรวจสอบพื้นแบบหล่อ

- อุปกรณ์ดิ่งลวด (Hydraulic Jack & Pump) จะต้องอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน โดยให้ทำการทดลองใช้งานก่อนทำงานจริง
- มาตรวัดแรงดัน (Pressure Gauge) จะต้องมียี่ห้อที่ชัดเจน มีการทดสอบปรับเทียบค่า (Calibration) และมีใบรับรองผลอายุไม่เกิน 6 เดือน



รูปที่ 4-7 มาตรวัดแรงดัน (Pressure Gauge) ของอุปกรณ์ดิ่งลวดอัดแรง

2) ควบคุมการดิ่งลวดอัดแรง

- เปรียบเทียบค่าแรงดิ่งสุดท้ายตามที่กำหนดในแบบก่อสร้างกับผลการปรับเทียบค่า (Calibration) ของมาตรวัดแรงดัน เพื่อใช้เป็นค่าควบคุมแรงดิ่ง
- ตรวจสอบระยะยืด (Elongation) ของลวดอัดแรงทุกเส้นว่าเป็นไปตามค่าที่คำนวณได้หรือไม่ เนื่องจากระยะยืดจะสัมพันธ์กับแรงดิ่ง ทั้งนี้เพื่อเป็นการตรวจทานความถูกต้องของแรงดิ่งอีกชั้นหนึ่ง โดยจะต้องมีการจดบันทึกค่าแรงดิ่งและระยะยืดของลวดอัดแรงไว้เป็นหลักฐานทุกครั้ง

3) ตรวจสอบความเรียบร้อยก่อนเทคอนกรีต



รูปที่ 4-8 ตรวจสอบเหล็กเสริมและความเรียบร้อยของแบบหล่อก่อนการเทคอนกรีต
คานแบบแผ่นพื้น (Plank Girder)

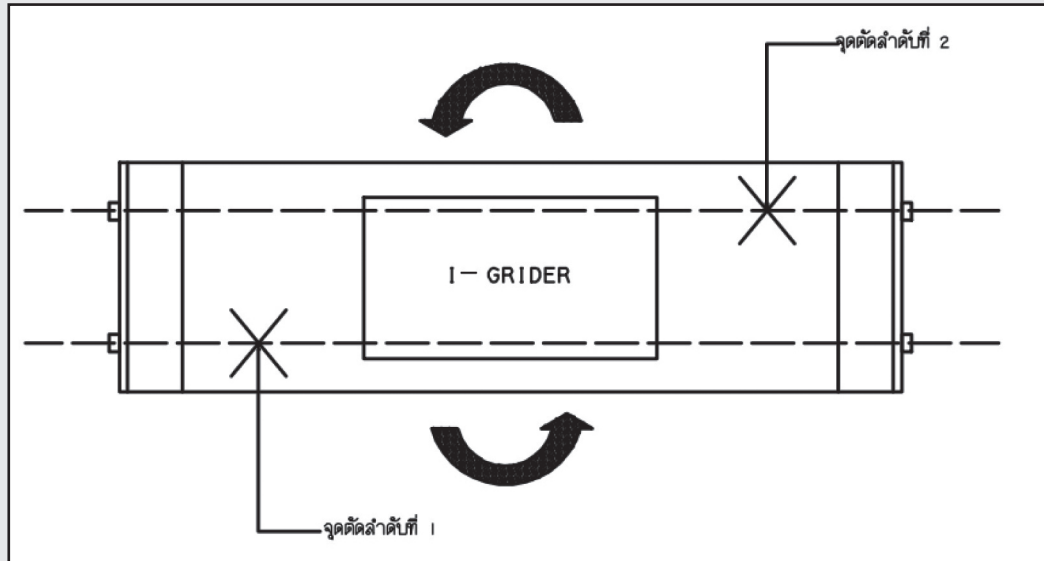
- ตรวจสอบจำนวนเหล็กเสริมแต่ละขนาดและแต่ละตำแหน่งให้ถูกต้องครบถ้วนตามแบบก่อสร้างและตำแหน่งของเหล็กรับแรงเฉือนด้านข้าง ทั้งชั้นบนและล่าง ยึดให้มั่นคงไม่เคลื่อนตัวขณะเทคอนกรีต
- ตรวจสอบระยะหุ้มคอนกรีต (Covering) ให้เป็นไปตามแบบก่อสร้างหรือข้อกำหนด
- ตรวจสอบการเว้นช่อง เพื่อเจาะรูสำหรับฝัง Dowel Bar ที่ปลายคานให้มีขนาดและตำแหน่งที่ถูกต้อง

4) ควบคุมการเทคอนกรีต

- ตรวจสอบคุณสมบัติของคอนกรีตก่อนนำมาใช้งาน ขณะเทคอนกรีตให้ใช้เครื่องเขย่าแบบหล่อหรือใช้เครื่องจี้ทำการจี้คอนกรีตจนคอนกรีตแน่นเต็มแบบหล่อ จากนั้นเก็บตัวอย่างคอนกรีตไม่น้อยกว่า 3 ชุด (ชุดละ 3 แห่ง) เพื่อทดสอบกำลังอัด
- หลังจากเทคอนกรีตเสร็จเรียบร้อย ให้ทำการบ่มด้วยการใช้กระสอบหรือแผ่นพลาสติกคลุมเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำ ซึ่งจะมีผลต่อการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีต

5) ควบคุมการตัดลวดอัดแรงเพื่อถ่ายแรงสู่คอนกรีต

- ก่อนตัดลวดอัดแรงต้องมีการทดสอบตัวอย่างคอนกรีตให้มียกกำลังอัดได้ตามข้อกำหนด โดยปกติจะกำหนดให้ตัดลวดได้เมื่อคอนกรีตมียกกำลังอัดไม่น้อยกว่า 85% ของกำลังอัดที่ 28 วัน
- ให้ตัดลวดอัดแรงสลับซ้าย-ขวา ครั้งละ 1-2 เส้น เพื่อให้การถ่ายแรงเป็นไปอย่างสมดุลไม่เกิดแรงกระทำที่แตกต่างกันมากเกินไป ซึ่งจะทำให้แผ่นพื้นบิดตัวเสียรูปได้
- การตัดลวดเหล็กจะต้องทำการลำดับเส้นลวดที่จะตัดให้เกิดการสมดุลของแรงซ้ายและขวาของหน้าตัดโครงสร้าง เพื่อลดปัญหาการบิดหมุนที่อาจทำให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างได้



รูปที่ 4-9 แสดงการหมุนของคาน เนื่องจากลำดับการตัดเส้นลวดไม่สมดุล

6) การคำนวณการวัดค่าระยะยืดของเส้นลวด

ค่าระยะยืด (Elongation) ของเส้นลวด เมื่อทำการดึงจนถึงค่าแรงที่ผู้ออกแบบได้กำหนดไว้ในแบบสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\Delta = PL/EA$$

โดยที่ P = ค่าแรงดึง กก.

L = ค่าความยาวของเส้นลวด : เมตร

E = ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของเส้นลวด ซึ่งได้จากการทดลอง
ถ้าไม่สามารถหาได้ให้ใช้เท่ากับ 2,000,000 กก./ตร.ซม.

A = พื้นที่หน้าตัดของเส้นลวด ตร. ซม.

ตัวอย่าง การคำนวณหาค่าระยะยืดของคานคอนกรีตอัดแรงช่วง 10.00 เมตร (Plank Girder) กำหนดให้

- ลวดเหล็ก P.C. Strand Dai 3/8" Grade-250k
- แรงดึงในเส้นลวด (Initial Prestressing Force) P = 6,350 กก.
- พื้นที่หน้าตัดเส้นลวด A = 0.5161 ตร.ซม.
- ความยาวเส้นลวด L = 127.90 ม.

$$\begin{aligned} \text{ระยะยืด } \Delta &= \frac{6,350 \times 127.90 \times 100}{2,000,000 \times 0.5161} \\ &= 78.68 \text{ ซม.} \end{aligned}$$

เมื่อทำการดึงเส้นลวดจนได้ค่าระยะยืดตามที่คำนวณได้แล้ว ก่อนที่จะคลายแรงดึงเครื่องดึงลวดจะต้องจัด Grip ยึดเส้นลวดให้เข้าที่เรียบร้อย พร้อมทั้งให้ทำการดึงเพื่อการ Slip ของเส้นลวดและการขยับตัวเข้าที่ของ Grip อีกประมาณ 0.50-1.00 เซนติเมตร ซึ่งผู้ควบคุมงานสามารถวัดค่า Slip จากลวดเส้นแรก เพื่อที่กำหนดค่าเผื่อ Slip ของเส้นลวดอื่นๆ ที่เหลือได้ ดังตัวอย่างรายการคำนวณการดึงลวดอัดแรงในภาคผนวก หน้า 125-128

7) การตรวจสอบและการควบคุมการดึงลวดเหล็ก

ก่อนที่จะนำเครื่องดึงลวดชุดใดๆ มาใช้งาน ผู้ควบคุมงานจะต้องตรวจสอบหมายเลข Hydraulic Pump และหมายเลข Hydraulic Jack ให้แน่ใจว่าเป็นชุดเดียวกันกับที่นำไปทำการทดสอบ Calibration Test จากนั้นจึงทำการเปรียบเทียบค่าแรงที่จะดึงกับค่าแรงที่จะอ่านหน้าปัดเกจของเครื่องดึงลวดซึ่งการเปรียบเทียบหาค่าแรงที่อ่าน (Gauge Reading) จะทำได้โดยการคำนวณตามสมการเส้นตรงที่ได้จากผลการทดสอบ Calibration Test เช่น ถ้าค่า Actual Load $P = 6,350$ Kg จะหาค่า Gauge Reading ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{Actual Load} &= (\text{Gauge Reading} \times 91.902) - 514.722 \\ \text{Gauge Reading} &= \frac{6,350 + 514.722}{91.902} \\ &= 74.70 \text{ bars} \end{aligned}$$

แสดงว่าเมื่อแรงดึงในเส้นลวด = 6,350 กก. ค่าอ่านจากเกจได้ 74.70 bars และเส้นลวดจะยืดเท่ากับ 78.68 เซนติเมตร

โดยปกติจะดึงลวดด้วยแรงประมาณ 50% ของแรงที่จะดึงทั้งหมดก่อน แล้วจึงทำการผูกเหล็กเสริมคาน และประกอบแบบข้างคาน เพื่อลดอันตรายจากการดูดของเส้นลวดขณะคนงานกำลังผูกเหล็ก เช่น อาจใช้แรง 40 bars เป็นแรงดึง Preload ก่อน เมื่อผูกเหล็กเสริมประกอบแล้วจึงทำการดึงต่อจนถึง 74.70 bars แล้วจึงดึงเผื่อค่า Slip ต่อไป

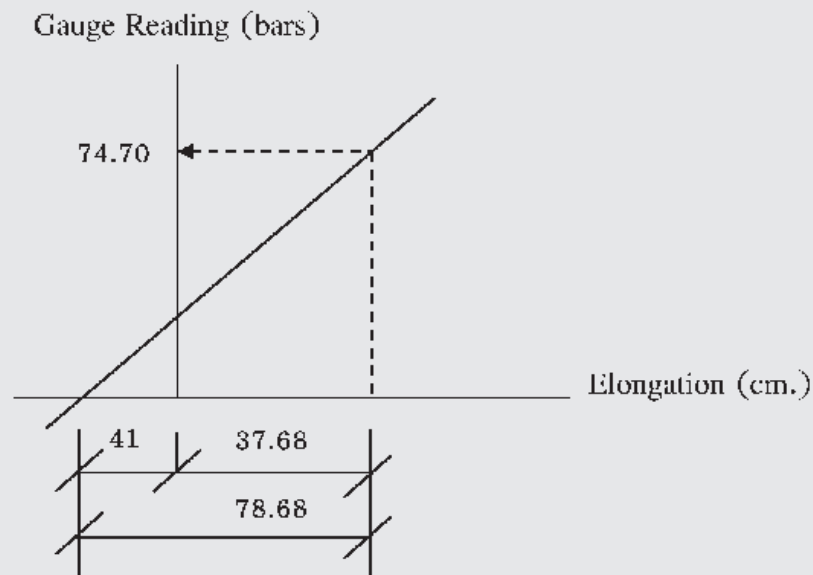
ในการควบคุมแรงดึงในเส้นลวดให้ได้ตามที่แบบกำหนดนั้น ผู้ควบคุมงานจะต้องตรวจสอบทั้งค่าที่อ่านได้จากเกจวัดแรงดันน้ำมันไฮดรอลิก และค่าระยะยืดของเส้นลวด โดยเมื่อทำการดึงแรงต่อจากค่าแรง Preload ให้จดบันทึกค่าแรงดึงและระยะที่วัดได้ประมาณ 2-3 ค่า เพื่อที่จะนำมา Plot กราฟ หาค่าระยะยืดในช่วงที่ Preload เช่น

ตารางที่ 4-1 ค่าแรงดึงกับระยะยืดของเส้นลวด

Gauge Reading (bars)	Elongation (cm.)
45	5.70
50	11.40
55	17.00



เมื่อนำค่าที่อ่านได้มา Plot กราฟ จะได้ค่าดังนี้

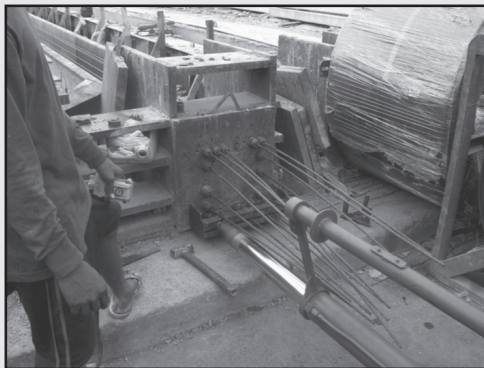


รูปที่ 4-10 กราฟเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและระยะยืด

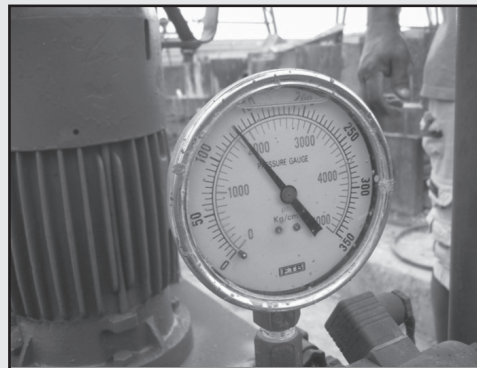
ระยะยืดที่เกิดขึ้นแล้วในช่วง Preload = 41 ซม. (ได้จากการต่อเส้นกราฟ ตัดกับเส้นแกนอน Elongation)

ระยะยืดที่จะต้องดึงเพิ่ม = $78.68 - 41 = 37.68$ ซม.

เมื่อทำการดึงเพิ่มอีก 37.68 เซนติเมตรแล้ว ค่าแรงดันน้ำมันจะดันได้ 74.70 bars ซึ่งสอดคล้องตรงกันกับกราฟแล้วก็ถือว่าการดึงลวดอัดแรงเส้นนี้ใช้ได้



รูปที่ 4-11 การดึงลวดอัดแรง



รูปที่ 4-12 การอ่านค่าแรงดึงลวด



รูปที่ 4-13 การวัดค่าระยะยืดของ

8) ความปลอดภัยในการทำงาน

เมื่อมีการดัดลวดอัดแรง จะมีพลังงานจำนวนหนึ่งสะสมอยู่ในตัวลวดอัดแรง ในกรณีที่ลวดอัดแรงขาดขณะที่รับแรงดึงเต็มที่หรืออยู่ในขั้นตอนการดึงหรือเพราะสมอยึดหลุดออกก็อาจเกิดอันตรายร้ายแรงต่อผู้ปฏิบัติงานหรืออุปกรณ์ในการทำงาน เนื่องจากการปลดปล่อยพลังงานนี้อย่างทันทีทันใด แม้ว่าจะยังไม่มีวิธีการใดที่จะป้องกันอันตรายจากอุบัติเหตุดังกล่าวได้อย่างสมบูรณ์แบบ แต่ทุกครั้งที่ดัดลวดอัดแรงหรือต้องทำงานใกล้กับลวดอัดแรงที่ดึงไว้แล้วก็ควรมีหลักปฏิบัติเพื่อหลีกเลี่ยงอันตรายจากการทำงาน เช่น ผู้ปฏิบัติงานต้องไม่ยืนอยู่ในแนวเดียวกับลวดอัดแรง สมอยึด หรือเครื่องดัดลวดอัดแรง และไม่เดินบนลวดอัดแรง นอกจากนี้ยังควรมีสิ่งป้องกันที่ทำได้ง่ายๆ เช่น ทำกำแพงคอนกรีตในแนวเดียวกับลวดเหล็กและหลังเครื่องดัดลวดอัดแรง เพื่อป้องกันอันตรายให้แก่ผู้ปฏิบัติงานที่จำเป็นต้องเดินผ่านไปโรงงานหรือสถานที่แต่ละแห่ง ต้องมีมาตรการป้องกันอันตรายอันเหมาะสมเฉพาะแต่ละแห่งที่ไม่กระทบต่อกระบวนการผลิตตามปกติ จนเกินความจำเป็นและต้องตระหนักไว้เสมอว่า มาตรการป้องกันอันตรายที่ให้ประสิทธิผลสูงสุด คือ การฝึกอบรมบุคลากรให้มีความรู้ ความเข้าใจถึงเทคนิคของการอัดแรง และวิธีการปฏิบัติตัวเมื่อจำเป็นต้องอยู่ใกล้กับลวดอัดแรงขณะที่กำลังดึงอยู่

9) ควบคุมการตกแตงคานและการขนย้ายไปเก็บกอง

- หลังจากตัดลวดอัดแรงแล้วจะต้องตรวจสอบให้มีการตัดแต่งปลายลวดอัดแรงที่ยื่นออกมาให้เรียบเสมอผิวคอนกรีต แล้วทาปลายลวดอัดแรงด้วยวัสดุประสานรอยต่อกำลังสูง (Epoxy) หรือสีกันสนิมหรือวัสดุอื่นที่เหมาะสม เพื่อป้องกันการเกิดสนิม

- การขนย้ายคานไปเก็บกองในโรงงานหรือสถานที่ก่อสร้าง จะต้องควบคุมให้มีการยกคานและการวางหมอนรองรับคาน ทั้งในขณะขนส่งและในขณะวางกองที่จุดยก ตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้างเท่านั้น



รูปที่ 4-14 การเก็บกองคานคอนกรีตอัดแรงแบบแผ่นพื้น (Plank Girder)

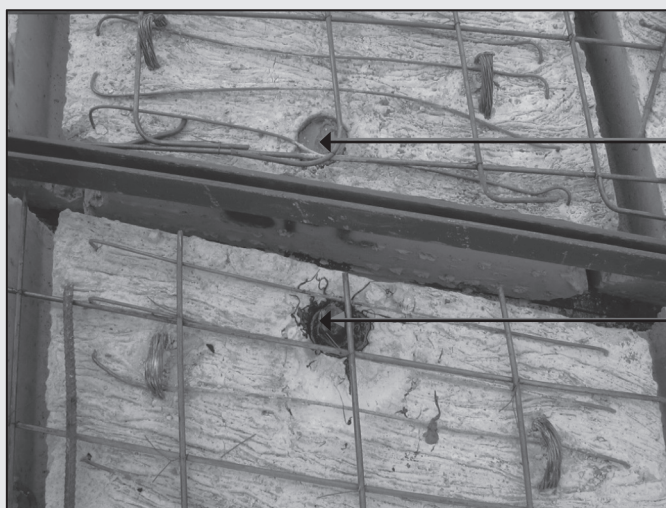
10) การติดตั้งคานคอนกรีตอัดแรงแบบแผ่นพื้น

- ให้ผู้รับจ้างเสนอวิธีการติดตั้งคานต่อผู้ควบคุมงาน เพื่อพิจารณาความเหมาะสมก่อนดำเนินการ โดยทั่วไปจะใช้รถเครนที่มีความสามารถในการยกน้ำหนักได้มากกว่าน้ำหนัก Plank Girder 1 คาน อีก 1 เท่า เพื่อความปลอดภัย
- ตรวจสอบอุปกรณ์ที่จะใช้ในการติดตั้งให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานได้ตามปกติก่อนอนุญาตให้ทำการติดตั้ง



รูปที่ 4-15 การติดตั้งคานคอนกรีตอัดแรงแบบแผ่นพื้น (Plank Girder)

- ควบคุมการติดตั้ง Plank Girder ให้ตรงตำแหน่ง และตรงกับ Dowel Bar ที่เตรียมไว้ รวมทั้งตรวจสอบตำแหน่ง Fixed End และ Free End ของพื้นสะพานให้ถูกต้อง เพื่อให้พฤติกรรมในการแอ่นตัวของพื้นสะพานเป็นไปอย่างถูกต้องตามทฤษฎีของพื้นสะพานแบบช่วงเดี่ยว (Simple Span) โดยจุดที่เป็น Free End ให้ใช้ Asphalt อุดให้เต็มช่องว่าง และในจุดที่เป็น Fixed End ให้กรอกด้วยปูนทรายจนเต็ม



การอุดช่องว่างที่จุด
Fixed End ด้วยปูนทราย

การอุดช่องว่างที่จุด
Free End ด้วย Asphalt

รูปที่ 4-16 การอุดช่องว่างที่จุด Fixed End และ Free End

- ตรวจสอบการเชื่อมเหล็กรับแรงเฉือน (Shear Connector) ที่ข้างคันให้เรียบร้อยแน่นอนหนาตามรูปแบบ



การเชื่อมเหล็ก Shear Connector

รูปที่ 4-17 การเชื่อมเหล็กรับแรงเฉือน (Shear Connector) ที่ข้างคัน

- ตรวจสอบความถูกต้องของเหล็กเสริมพื้นทับหน้า ทั้งขนาด ระยะห่าง และจำนวนรวมถึงระยะหุ้มคอนกรีต (Covering) โดยจะต้องหนุนเหล็กเสริมให้อยู่ในระดับที่ถูกต้อง

- ตรวจสอบความถูกต้องของค่าระดับและความมั่นคงแข็งแรงของเหล็ก กำหนดระดับที่ติดตั้งชั่วคราวในระหว่างเทคอนกรีต เพื่อทำหน้าที่ควบคุมให้ระดับผิวพื้นสะพานถูกต้องตามค่าระดับที่กำหนด โดยทั่วไปเหล็กกำหนดระดับอาจติดตั้งตามแนวยาวของพื้นสะพานหรือตามแนวขวางของพื้นสะพานก็ได้ และควรกำหนดค่าระดับไว้ทุกระยะ 5.00 เมตร ตามความยาวสะพาน เพื่อให้ได้พื้นผิวสะพานที่เรียบได้แนว และกรณีพื้นสะพานเป็นโค้งตามแนวโค้ง จะทำให้พื้นผิวสะพานเป็นแนวโค้งที่ต่อเนื่องสวยงามไม่สะดุด และต้องกำหนดค่าระดับผิวพื้นสะพานตามขวางให้สอดคล้องกับค่าความลาดเอียงตามขวางของผิวสะพาน (Crown Slope) ตามแบบก่อสร้างด้วย



รูปที่ 4-18 การเทคอนกรีตทับหน้าพื้นสะพาน (Concrete Topping)



- ตรวจสอบคุณสมบัติของคอนกรีตก่อนนำมาใช้งาน ขณะเทคอนกรีตให้ใช้เครื่องจักรคอนกรีตจนคอนกรีตแน่นเต็มร่องรอยต่อคานคอนกรีตอัดแรงแบบแผ่นพื้น และบนพื้นสะพานจากนั้นเก็บตัวอย่างคอนกรีตไม่น้อยกว่า 3 ชุด เพื่อทดสอบกำลังอัด

- เมื่อคอนกรีตเริ่มแข็งตัวต้องควบคุมให้มีการขัดหยาบผิวหน้าคอนกรีตให้เรียบ และให้กรีดผิวหน้าคอนกรีตด้วยไม้กวาดลากผิวพื้นให้เป็นร่องตามแนวตั้งฉากกับแนวสะพานโดยให้ขนานกันอย่างเป็นระเบียบและสวยงาม ทั้งนี้เพื่อเพิ่มความต้านทานในการลื่นไถลของล้อยานพาหนะ



รูปที่ 4-19 การแต่งผิวหน้าคอนกรีตด้วยไม้กวาดลากผิวพื้น

4.2 ทางเท้า

- ควบคุมการตัดเหล็กพื้นทางเท้าที่ติดตั้งมาพร้อมกับ Plank Girder ตัวริมให้ได้รูปทรงตามแบบก่อสร้าง

- ตรวจสอบความแข็งแรงของค้ำยัน และท้องแบบทางเท้า

- ตรวจสอบการติดตั้งแบบจุ่มทางเท้า โดยวัดความกว้างพื้นสะพานทุกๆ ช่วงรอยต่อความยาวสะพาน (Span) ให้ได้ความกว้างถึงจุ่มทางเท้า ตามรูปแบบกำหนด



รูปที่ 4-20 การผูกเหล็กเสริมทางเท้าสะพาน

- ติดตั้งท่อระบายน้ำบนพื้นสะพานที่จะฝังอยู่ใต้ทางเท้าให้มั่นคงแข็งแรงไม่มีการเคลื่อนที่ระหว่างการเทคอนกรีตทางเท้า



รูปที่ 4-21 การติดตั้งท่อระบายน้ำใต้ทางเท้าสะพาน

- ตรวจสอบระดับหลังทางเท้า และความลาดเอียง ทุกๆ ระยะ 5.00 เมตร
- ตรวจสอบความถูกต้องของเหล็กเสริมสำหรับเสาราวสะพาน และแท่นติดตั้งเสาไฟฟ้าที่ติดตั้งไว้บนทางเท้า
- ตรวจสอบรอยต่อระหว่างพื้นทางเท้าให้มีระยะห่าง 2.00 เซนติเมตร โดยใช้กระดาษชานอ้อยกั้น



รูปที่ 4-22 แสดงรอยต่อระหว่างพื้นทางเท้าสะพาน

- เมื่อคอนกรีตแข็งตัวให้ควบคุมการตัดแต่งรอยต่อทางเท้าให้เรียบร้อย และควบคุมการเจาะร่องรอยต่อระหว่างพื้นทางเท้าให้ลึก 2.00 เซนติเมตร แล้วจึงยาแนวรอยต่อด้วยวัสดุยาแนวรอยต่อคอนกรีตที่มีคุณสมบัติตามข้อกำหนดต่อไป



รูปที่ 4-23 การตัดแต่งรอยต่อและเจาะร่องรอยต่อระหว่างพื้นทางเท้าสะพาน

4.3 ราวสะพาน

- ตรวจสอบการติดตั้งเหล็กเสริมเสาและราวสะพานให้ครบถ้วนและได้ตำแหน่งที่ถูกต้อง
- ตรวจสอบแบบหล่อเสาราวสะพานให้ได้แนวดิ่ง
- ควบคุมการเทคอนกรีตเสาราวสะพานให้คอนกรีตไหลลงเต็มแบบเสา



รูปที่ 4-24 การประกอบแบบและเทคอนกรีตเสาราวสะพาน

- ตรวจสอบเหล็กวางสะพานให้ครบถ้วนถูกต้องได้ตำแหน่งตามรูปแบบที่กำหนด



รูปที่ 4-25 การติดตั้งเหล็กเสริมวางสะพานบนเสาราวสะพาน

- ตรวจสอบแบบหล่อวางสะพานให้ติดตั้งอย่างมั่นคงแข็งแรงได้แนวที่สวยงาม
- ควบคุมการเทคอนกรีตวางสะพานให้เต็มแบบหล่อ
- ควบคุมการตกแต่งผิวคอนกรีตหลังวางสะพานให้ผิวคอนกรีตเรียบ และสวยงาม
- ถอดแบบหล่อเมื่อคอนกรีตได้อายุ โดยควบคุมการถอดแบบด้วยความระมัดระวังไม่ให้คอนกรีต

วางสะพานเกิดการชำรุด และแบบหล่อเสียหายบิดงอ เนื่องจากจะต้องนำไปประกอบใช้หล่อคอนกรีตวางสะพานในช่วงอื่นๆ อีก โดยให้ตกแต่งผิวและมุมต่างๆ ของคอนกรีตวางสะพานอีกครั้ง เพื่อความเรียบร้อยสวยงาม



รูปที่ 4-26 การประกอบแบบและเทคอนกรีตวางสะพาน

บทที่ 5

ส่วนประกอบอื่นๆ ของสะพาน

นอกจากสะพานจะประกอบด้วยโครงสร้างส่วนล่าง และโครงสร้างส่วนบนแล้วสะพานยังต้องมีส่วนประกอบอื่นเสริมให้เกิดความครบถ้วนสมบูรณ์ เพื่อความมั่นคงแข็งแรง เพื่อความสะอาดปลอดภัยในการใช้งาน รวมถึงเพื่อความสวยงามและประโยชน์อื่นๆ ดังนี้

5.1 ดาดคอนกรีตป้องกันคอสะพาน (Concrete Slope Protection)

เป็นส่วนประกอบที่ใช้ป้องกันการกัดเซาะคอสะพาน และเพิ่มเสถียรภาพของถนนคอสะพาน โดยทั่วไปจะก่อสร้างไว้ที่ตอม่อตัวริม งานก่อสร้างประกอบด้วย งานดินถม และงานดาดคอนกรีต แนวทางปฏิบัติในการควบคุมงาน มีดังนี้

5.1.1 กำหนดให้ดำเนินการขั้นตอนงานดินถมคันทางไปพร้อมการถมดินเพื่อก่อสร้างถนนคอสะพาน โดยควบคุมการบดอัดดินถมทั้งด้านหน้าและด้านหลังตอม่อตัวริมให้มีความหนาไม่เกินข้อกำหนด และใช้เครื่องจักรในการบดอัดที่เหมาะสม เพื่อป้องกันความเสียหายของตอม่อตัวริมที่เกิดจากแรงดันดิน

5.1.2 ตรวจสอบงานดินถมให้มีความลาดเอียงถูกต้องตามแบบก่อสร้าง เช่น เอียงลาดding : ราบ เท่ากับ 1 : 2 เป็นต้น

5.1.3 ตรวจสอบตำแหน่งก่อสร้างคานขอบ (Shear Key) ให้เหมาะสมกับสภาพดินเดิมและได้แนวที่ถูกต้องตามระยะที่กำหนดในแบบก่อสร้าง



รูปที่ 5-1 งานดินถมรองรับดาดคอนกรีตป้องกันคอสะพาน และการเตรียมพื้นที่ก่อสร้างคานขอบ (Shear Key)

5.1.4 ตรวจสอบขนาดคานขอบ และเหล็กเสริมให้ถูกต้องตามแบบก่อสร้าง

5.1.5 ควบคุมการเทคอนกรีตคานขอบให้ได้รูปทรงตามแบบก่อสร้าง และควบคุมการแต่งผิวคอนกรีตให้เรียบร้อยสวยงาม



รูปที่ 5-2 งานเทคอนกรีตหล่อคานขอบ (Shear Key)

5.1.6 ตรวจสอบตำแหน่งที่จะติดตั้งท่อระบายน้ำในพื้นที่เอียงลาดที่จะตาดคอนกรีตให้ถูกต้องตามแบบก่อสร้าง

5.1.7 ตรวจสอบชนิดและขนาดของท่อระบายน้ำ รวมถึงหินกรวดและแผ่นใยสังเคราะห์สำหรับใช้เป็นวัสดุกรองเม็ดดินให้ถูกต้องตามแบบก่อสร้างและข้อกำหนด

5.1.8 ควบคุมการขุดติดตั้งท่อระบายน้ำให้มีระยะฝังและความเอียงลาดของท่อ ตลอดจนการติดตั้งวัสดุกรองเม็ดดินให้ถูกต้องตามแบบก่อสร้าง

5.1.9 ตรวจสอบให้มีการติดตั้งกระดาดขานอ้อยกั้นรอยต่อระหว่างส่วนที่เทคอนกรีตตาดกับคานขอบและโครงสร้างต่อม่อัดบริมให้เรียบร้อยครบถ้วนตามแบบก่อสร้าง

5.1.10 ตรวจสอบขนาดและระยะห่างของตะแกรงเหล็กแผ่นคอนกรีตตาดให้ถูกต้องตามแบบก่อสร้าง

5.1.11 ควบคุมการเทคอนกรีตตาดให้มีความหนาถูกต้องตามแบบก่อสร้าง และควบคุมการแต่งผิวหน้าคอนกรีตให้เรียบร้อยสวยงาม



รูปที่ 5-3 งานติดตั้งท่อระบายน้ำและตะแกรงเหล็กเสริมตาดคอนกรีต



5.1.12 ควบคุมการเซาะร่องแผ่นคอนกรีตลาดให้มีระยะห่างและความลึกถูกต้องตามแบบก่อสร้าง รวมทั้งให้ได้แนวที่สวยงาม

5.1.13 ตรวจสอบวัสดุยาแนวรอยต่อให้มีคุณสมบัติตามข้อกำหนด และควบคุมการยาแนวให้เรียบร้อยครบถ้วนทุกแนวที่มีการเซาะร่อง



รูปที่ 5-4 งานดาดคอนกรีตที่ก่อสร้างแล้วเสร็จ

5.2 พื้นคอนกรีตเชิงลาดคอสะพาน (Approach Slab)

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

5.2.1 ควบคุมการก่อสร้างงานดินถมคันทางและชั้นโครงสร้างทางรองรับ Approach Slab ให้ถูกต้องตามแบบก่อสร้างและมาตรฐานข้อกำหนด



รูปที่ 5-5 การทดสอบความแน่นชั้นโครงสร้างทางที่รองรับ Approach Slab โดยการทำ Sand Cone Test

5.2.2 ควบคุมการก่อสร้างงานทรายชั้นน้ำ (Porous Backfill) ใต้ Approach Slab (บริเวณที่ติดกับตอม่อตัวบริม) ให้มีระยะและความลึกถูกต้องตามแบบก่อสร้างโดยต้องระมัดระวังการบดอัดไม่ให้เกิดความเสียหายต่อตอม่อตัวบริม



รูปที่ 5-6 การถมทรายชั้นน้ำใต้พื้น Approach Slab

5.2.3 ควบคุมงานทรายหยาบรองพื้นใต้ผิว Approach Slab ให้มีความหนาและความแน่นเป็นไปตามแบบก่อสร้างและข้อกำหนด



รูปที่ 5-7 การบดอัดทรายรองใต้พื้น Approach Slab

5.2.4 ตรวจสอบแผ่นพลาสติกที่ใช้รองบริเวณรอยต่อของ Approach Slab ให้มีความกว้าง ความหนาและคุณสมบัติอื่น (ถ้ามี) เป็นไปตามแบบก่อสร้าง และข้อกำหนดรวมทั้งตรวจสอบการปูแผ่นพลาสติกให้ถูกต้องเรียบร้อย

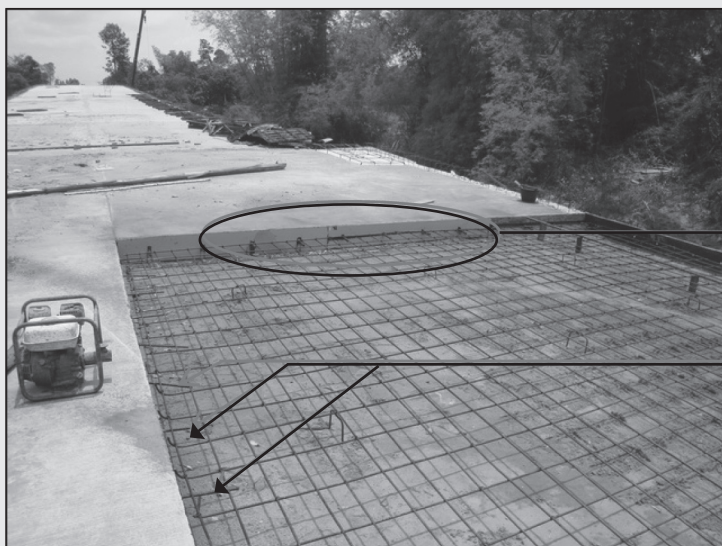
5.2.5 ตรวจสอบขนาดความสูงของแบบหล่อ และขนาดของ Shear Key ในแนวรอยต่อตามยาวให้ถูกต้องตามแบบก่อสร้าง

5.2.6 ตรวจสอบขนาดความกว้าง ความยาว และค่าระดับผิวบนของแบบหล่อที่ติดตั้งแล้วให้ถูกต้องตามแบบก่อสร้าง

5.2.7 ตรวจสอบขนาด ระยะห่าง และระยะทาบของเหล็กตะแกรงเสริม Approach Slab ให้ถูกต้องตามแบบก่อสร้าง ซึ่งรูปแบบโดยทั่วไปจะแบ่งแปลนพื้นออกเป็น 2 ช่วงตามความยาว ช่วงแรกที่พาดบนตอม่อ ตับริมจะเสริมเหล็ก 2 ชั้น เพื่อให้สามารถรับแรงดัดได้ และช่วงที่สองซึ่งมีการเชื่อมต่อด้วย เหล็กเดือย (Dowel Bars) จะเสริมเหล็กด้านบนชั้นเดียวตั้งเช่นผิวถนนคอนกรีตทั่วไป



รูปที่ 5-8 เหล็กเสริม Approach Slab (ช่วงแรกที่พาดบนตอม่อ ตับริม) และการปูแผ่นพลาสติกใตร้อยต่อแผ่นพื้นคอนกรีต



เหล็กยึดรอยต่อตามขวาง (Dowel Bars)
(ดูขยาย รูปที่ 5-10)

เหล็กยึดรอยต่อตามยาว
(Tie Bars)

รูปที่ 5-9 การฝังเหล็กยึดรอยต่อตามยาว (Tie Bars)



เหล็กยึดรอยต่อตามขวาง
(Dowel Bars)

รูปที่ 5-10 การฝังเหล็กยึดรอยต่อตามขวาง (Dowel Bars)

5.2.8 ตรวจสอบขนาด ตำแหน่ง และระยะฝังของเหล็กยึดรอยต่อตามยาว (Tie Bars) เนื่องจากรูปแบบโดยทั่วไปจะแบ่งแผ่นพื้นออกเป็น 2 ข้าง และเหล็กยึดรอยต่อตามขวาง (Dowel Bars) ให้ถูกต้องตามแบบก่อสร้าง

5.2.9 ก่อนเทคอนกรีตจะต้องควบคุมให้มีการพรมน้ำบนทรายหยาบรองพื้นให้มีความชุ่มน้ำไว้เพื่อป้องกันการดูดซึมน้ำจากคอนกรีต

5.2.10 ควบคุมการเทคอนกรีตให้ได้ระดับผิวจราจรตามแบบก่อสร้าง และควบคุมการแต่งผิวหน้าคอนกรีตให้หยาบพร้อมกวาดเป็นร่องตามแนวขวางเพื่อเพิ่มแรงเสียดทานระหว่างผิวพื้นคอนกรีตกับล้อรถ

5.2.11 ควบคุมให้มีการบ่มคอนกรีตทันทีที่แต่งผิวหน้าเสร็จ โดยอาจใช้วิธีใดวิธีหนึ่ง ดังต่อไปนี้

- 1) กระสอบป่านชุ่มน้ำ
- 2) วิธีชังน้ำ
- 3) วิธีคลุมด้วยทรายชุ่มน้ำ
- 4) ใช้พ่นคลุมด้วยน้ำยาบ่มคอนกรีต (Curing Compound)

ซึ่งทั้ง 4 วิธีดังกล่าวข้างต้นต้องควบคุมให้บ่มต่อเนื่องตามมาตรฐานข้อกำหนด

5.2.12 ในการก่อสร้างแผ่นพื้นส่วนที่ต่อเนื่องจากที่เทคอนกรีตไปแล้ว จะต้องตรวจสอบ Tie Bars และ Dowel Bars ส่วนที่ยื่นออกมาให้อยู่ในแนวราบ แล้วจึงควบคุมและตรวจสอบตามขั้นตอนข้างต้นต่อไป



รูปที่ 5-11 การบ่มคอนกรีต (กระสอบคลุม พ่นน้ำยา และคลุมพลาสติก)



บทที่ 6

การควบคุมงานคุณภาพวัสดุ

ในปัจจุบันงานก่อสร้างสะพานไม่ว่าจะเป็นสะพานขนาดใหญ่ ขนาดกลาง หรือสะพานขนาดเล็ก ส่วนใหญ่มักใช้คอนกรีตเป็นส่วนประกอบหลักในโครงสร้างส่วนต่างๆ ของสะพาน เช่น เสาเข็ม ตอม่อ เสา คาน พื้น ราวสะพาน และส่วนประกอบอื่นๆ เนื่องจากคอนกรีตเป็นวัสดุก่อสร้างที่มีคุณสมบัติหรือลักษณะที่โดดเด่นกว่าวัสดุก่อสร้างชนิดอื่น เช่น สามารถหล่อให้มีรูปร่างต่างๆ ได้ตามที่ต้องการ มีความแข็งแรงคงทนสูง มีอายุการใช้งานยาวนาน และมีราคาถูกกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุก่อสร้างชนิดอื่น เช่น ไม้ หรือเหล็กรูปพรรณ เป็นต้น

6.1 คอนกรีต

คอนกรีต (Concrete) คือ วัสดุก่อสร้างชนิดหนึ่งที่ยึดกันอย่างแพร่หลายในงานก่อสร้างประเภทต่างๆ ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน เพราะเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติหลายประการที่เหมาะสม อาทิเช่น สามารถหล่อขึ้นรูปร่างตามที่ต้องการได้ มีความคงทนสูง ไม่ติดไฟ สามารถเทหล่อได้ในสถานที่ก่อสร้าง ตกแต่งผิวให้สวยงามได้ และที่สำคัญคือมีราคาไม่แพง โดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบกับราคาเหล็กรูปพรรณ

โดยทั่วไป คอนกรีตประกอบด้วยส่วนผสมพื้นฐาน 2 ส่วน คือ

- 1) ซีเมนต์เพสต์ (Cement Paste) ได้แก่ ปูนซีเมนต์ น้ำและสารผสมเพิ่ม
- 2) มวลรวม (Aggregates) ได้แก่ มวลรวมละเอียดหรือทราย และมวลรวมหยาบ ได้แก่ หินหรือกรวด

เมื่อนำส่วนผสมต่างๆ เหล่านี้มาผสมกันจะได้คอนกรีตที่คงสภาพเหลวอยู่ช่วงเวลาหนึ่งพอที่จะนำไปเทลงในแบบหล่อที่มีรูปร่างตามต้องการได้ เรียกคอนกรีตในสภาพนี้ว่า “คอนกรีตสด (Fresh Concrete)” หลังจากนั้นคอนกรีตจะเปลี่ยนสภาพเป็นของแข็งในเวลาต่อมา โดยจะมีกำลังหรือความแข็งแรงมากขึ้นตามอายุที่เพิ่มขึ้น และเมื่อมีคุณสมบัติผ่านข้อกำหนดงานคอนกรีตตามที่ยกแบบไว้ จึงจะสามารถเปิดใช้งานรับน้ำหนักได้ต่อไป เรียกคอนกรีตภายหลังจากการเปลี่ยนสภาพเป็นของแข็งแล้วนี้ว่า “คอนกรีตแข็งตัวแล้ว (Hardened Concrete)” (ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร และคณะ 2548, 116)

โดยทั่วไปงานก่อสร้างสะพานส่วนใหญ่ มักจะก่อสร้างด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก (คสล.) และคอนกรีตอัดแรง (คอร.) นอกจากนั้น ยังมีพื้นที่บางแห่งโดยเฉพาะจังหวัดที่อยู่ติดทะเลหรือชายฝั่งทะเลที่มีลักษณะเป็นดินเค็มหรือน้ำเค็ม จำเป็นต้องใช้คอนกรีตที่มีคุณสมบัติพิเศษในการป้องกันซัลเฟต และคลอไรด์ ซึมผ่านเนื้อคอนกรีตได้โดยง่าย ผู้ออกแบบจึงต้องกำหนดคุณสมบัติของคอนกรีตที่ต้องใช้วัสดุบางชนิดผสมเพิ่มเติมในปูนซีเมนต์ หรือสารผสมเพิ่มของคอนกรีต ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ วัสดุเฉื่อย (Inert Materials) วัสดุซีเมนต์ (Cementing Materials) และวัสดุปอซโซลาน (Pozzolanic Materials) โดยปกติผู้ออกแบบมักจะกำหนดให้ใช้วัสดุปอซโซลานเป็นส่วนผสมคอนกรีตป้องกันน้ำเค็ม เนื่องจากเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายในประเทศไทย ราคาไม่แพง สามารถขนส่งได้สะดวกรวดเร็ว ไม่กระทบต่อราคางานและระยะเวลาก่อสร้าง ดังนั้นโรงงานผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ (Ready Mix Concrete) ส่วนใหญ่มักใช้ เถ้าลอย (Fly Ash)

ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากการเผาถ่านหินเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าจากโรงงานไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ตัวอย่างคอนกรีตป้องกันน้ำเค็ม เช่น มารินคอนกรีต เป็นต้น ซึ่งคอนกรีตที่มีคุณสมบัติป้องกันผลกระทบจากน้ำทะเลนั้น สามารถนำมาใช้ได้ทั้งคอนกรีตสำหรับงานโครงสร้างชนิดหล่อในที่ที่ไม่ต้องการกำลังรับแรงอัดสูงในระยะเวลานั้น และคอนกรีตสำหรับงานโครงสร้างชนิดคอนกรีตอัดแรงที่ต้องการกำลังรับแรงอัดสูงในระยะเวลานั้น (High Early Strength) อีกด้วย

6.2 วัสดุที่ใช้ในงานคอนกรีต

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

6.2.1 ปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในงานโครงสร้างของสะพานทั้งหมดให้ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.15) เป็นมาตรฐานปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ โดยปกติงานก่อสร้างสะพานมักจะใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์อยู่ 2 ประเภท ดังนี้

- 1) ประเภท 1 เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา สำหรับใช้ในการก่อสร้างทั่วไป
- 2) ประเภท 3 เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทรับแรงอัดสูงในระยะเวลานั้น (High Early Strength Portland Cement) สำหรับใช้ในงานคอนกรีตที่ต้องการให้รับน้ำหนักได้เร็ว เช่น งานคอนกรีตอัดแรง เป็นต้น

6.2.2 วัสดุปอซโซลาน (Pozzolanic Materials)

วัสดุปอซโซลานที่นำมาใช้ปรับคุณสมบัติของคอนกรีตเพื่อป้องกันผลกระทบจากน้ำทะเลหรือน้ำเค็ม จะต้องเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM - C618 ซึ่งมีผู้ให้คำจำกัดความของวัสดุปอซโซลานไว้ว่า “วัสดุปอซโซลานเป็นวัสดุที่มีซิลิกาหรือซิลิกาและอลูมินาเป็นองค์ประกอบหลัก โดยทั่วไปแล้ววัสดุปอซโซลานจะไม่มีคุณสมบัติในการยึดประสานแต่ถ้าวัสดุปอซโซลานมีความละเอียดมาก และมีน้ำหรือความชื้นที่เพียงพอจะสามารถทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อุณหภูมิปกติ ทำให้ได้สารประกอบที่มีคุณสมบัติในการยึดประสาน” (รศ.ดร.ชัย จาตุรพิทักษ์กุล และ วีรชาติ ตั้งจิรัชทร 2549, 2)

การนำวัสดุปอซโซลานมาใช้เป็นส่วนผสมคอนกรีตป้องกันน้ำเค็มในงานก่อสร้างสะพานโดยปกติจะมีอยู่ 2 ประเภทหลัก ได้แก่

- 1) คอนกรีตสำหรับโครงสร้างหล่อในที่ ที่ไม่ต้องการกำลังรับแรงอัดสูงในระยะเวลานั้น เช่น งานโครงสร้างตอม่อ พื้นทับหน้าบนคานพื้นสะพาน (Topping Slab on Girder) ทางเท้าและราวสะพาน เป็นต้น ซึ่งสามารถออกแบบส่วนผสมได้โดยไม่ต้องคำนึงถึงระยะเวลาในการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตมากนัก
- 2) คอนกรีตสำหรับโครงสร้างคอนกรีตอัดแรง ที่ต้องการกำลังรับแรงอัดสูงในระยะเวลานั้น (High Early Strength) เช่น เสาค้ำคานพื้นสะพาน (Plank Girder Box Girder I-Girder และ Box Segment Girder)



โดยทั่วไปการใช้วัสดุปอชโซลาน คือ เถ้าลอย (Fly Ash) เป็นวัสดุผสมเพิ่มทดแทนซีเมนต์ ทำให้สามารถลดปริมาณซีเมนต์ลงได้ส่วนหนึ่ง ทั้งนี้เนื่องจากเถ้าลอย (Fly Ash) มีลักษณะทางกายภาพเป็นรูปทรงกลมผิวเรียบเมื่อเทียบกับซีเมนต์ซึ่งมีผิวขรุขระ ดังนั้น ปริมาณน้ำที่จะต้องใช้ในการทำปฏิกิริยา Hydration เพื่อทำให้เกิดการแข็งตัวของคอนกรีตในตอนต้นก็จะน้อยลง ข้อดีของการลดปริมาณน้ำ คือ ทำให้คอนกรีตมีความพรุนน้อยลง การละลายจำพวกเกลือคลอไรด์และเกลือซัลเฟตซึ่งเป็นสาเหตุทำให้คอนกรีตแตกร้าวและการเกิดสนิมเหล็กจะซึมผ่านเข้าไปทำลายเนื้อคอนกรีตได้ยาก อย่างไรก็ตามการลดปริมาณน้ำมากเกินไปจะทำให้คอนกรีตพัฒนาความสามารถรับกำลังอัดตามที่กำหนดได้ช้ากว่าคอนกรีตที่มีเพียงปูนซีเมนต์เป็นตัวประสาน เพราะมีการเกิดปฏิกิริยา Hydration ในอัตราที่ช้ากว่าคอนกรีตธรรมดา จากเหตุผลดังกล่าวทำให้ในการดำเนินการก่อสร้างโครงสร้างคอนกรีตอัดแรงซึ่งต้องการกำลังรับแรงอัดสูงในระยะเวลายาว ต้องมีการออกแบบส่วนผสมของคอนกรีตผสมเถ้าลอยเป็นกรณีพิเศษเพื่อแก้ไขปัญหาความล่าช้าในการพัฒนาความสามารถในการรับแรงอัดของคอนกรีต

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

ตามมาตรฐาน ASTM-C1202 และ AASHTO T - 227 กำหนดเกณฑ์วัดคุณภาพคอนกรีตตามตารางดังนี้

ตารางที่ 6-1 กำหนดเกณฑ์วัดคุณภาพคอนกรีตจากการซึมผ่านของคลอไรด์ไอออน

ปริมาณประจุไฟฟ้าที่ไหลผ่าน (Coulombs)	เกณฑ์ความซึมผ่านได้ของคลอไรด์ไอออน
> 4,000	สูง
2,000 – 4,000	ปานกลาง
1,000 – 2,000	ต่ำ
100 – 1,000	ต่ำมาก
< 100	ไม่มีการซึมผ่าน

6.2.3 ทราย

ทรายที่ใช้เป็นส่วนผสมคอนกรีตต้องเป็นทรายน้ำจืดหรือทรายบกที่มีเม็ดหยาบ คม แข็งแกร่ง สะอาดปราศจากวัสดุอื่น เช่น เปลือกหอย ดิน เถ้าถ่าน และสารอินทรีย์ต่างๆ เจือปน มีค่าพิสัยความละเอียด (Fineness Modulus) ตั้งแต่ 2.3 ถึง 3.1 และต้องผ่านการทดสอบคุณสมบัติตามมาตรฐานการทดสอบวัสดุมวลผสมคอนกรีต

6.2.4 หินหรือกรวด

หินหรือกรวดที่ใช้ผสมคอนกรีตต้องแข็งแรง เหนียวไม่ผุและสะอาดปราศจากวัสดุอื่น เจือปน ขนาดใหญ่สุดต้องไม่ใหญ่กว่า 40.00 มิลลิเมตร และไม่ใหญ่กว่า 1/5 ของด้านในที่แบนที่สุดของ

แบบหล่อ และต้องไม่ใหญ่กว่า $3/4$ ของช่องห่างระหว่างเหล็กเสริมแต่ละเส้นหรือแต่ละมัด และต้องผ่านการทดสอบคุณสมบัติตามมาตรฐานการทดสอบวัสดุมวลผสมคอนกรีต

6.2.5 น้ำ

น้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตให้ใช้น้ำประปา ในกรณีที่หาน้ำประปาไม่ได้จะต้องเป็นน้ำจืดปราศจากสารที่เป็นอันตรายต่อคอนกรีตและเหล็กเสริม และต้องผ่านการทดสอบคุณสมบัติตามมาตรฐานการทดสอบน้ำที่ใช้ในงานคอนกรีต

6.2.6 กำลังอัดของคอนกรีต

1) คอนกรีตที่ใช้ในงานโครงสร้างทั่วไปของสะพานส่วนใหญ่จะมีจำนวนปูนซีเมนต์ที่ใช้ต่อคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร ต้องไม่น้อยกว่า 350 กิโลกรัม และมีแรงอัดประลัยต่ำสุดของแท่งคอนกรีตมาตรฐานขนาด $15 \times 15 \times 15$ เซนติเมตร ไม่น้อยกว่า 300 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร หรือแท่งคอนกรีตมาตรฐานรูปทรงกระบอกขนาด 15×30 เซนติเมตร ไม่น้อยกว่า 250 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

2) งานคอนกรีตอัดแรง (Prestress Concrete) ที่ใช้สำหรับงานก่อสร้างสะพานส่วนใหญ่ มักจะเหมาะกับโครงสร้างสะพานแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่หล่อมาจากโรงงานแล้วขนส่งนำมาติดตั้งในสถานที่ก่อสร้าง เช่น คานพื้นสะพาน (Plank Girder Box Girder I-Girder) เสาค้ำ และแผ่นพื้นสำเร็จรูป เป็นต้น งานคอนกรีตอัดแรงจะมีกำลังอัดคอนกรีต ไม่น้อยกว่า 420 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สำหรับตัวอย่างแท่งคอนกรีตมาตรฐานลูกบาศก์ หรือแท่งคอนกรีตมาตรฐานรูปทรงกระบอก ไม่น้อยกว่า 350 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

6.2.7 เหล็กเสริมคอนกรีต

เหล็กเสริมคอนกรีตที่ใช้สำหรับงานโครงสร้างสะพานแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ เหล็กเส้นกลมต้องมีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.20) : มาตรฐานเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต (เหล็กเส้นกลม) และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.24) : มาตรฐานเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต (เหล็กข้ออ้อย)

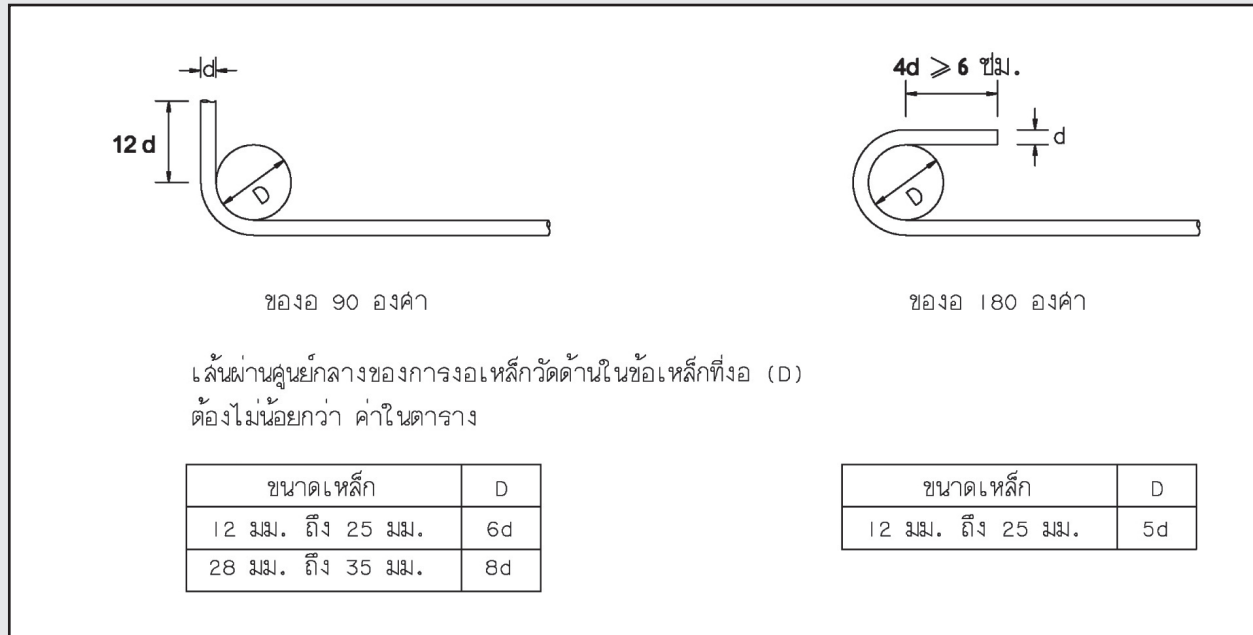
1) การดัดเหล็กเส้น ห้ามดัดเหล็กเส้นโดยวิธีเผาให้ร้อน และการดัดเหล็กเส้นจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานการดัดและต่อเหล็กเส้นที่กำหนด ดังรูปที่ 6-1 และ 6-2

2) การต่อเหล็กเสริม เหล็กเสริมของคาน พื้น นอกจากที่เป็นคานยื่นหรือพื้นยื่น หรือที่ระบุไว้ในแบบรายละเอียดจะต้องต่อเหล็กในตำแหน่งดังต่อไปนี้

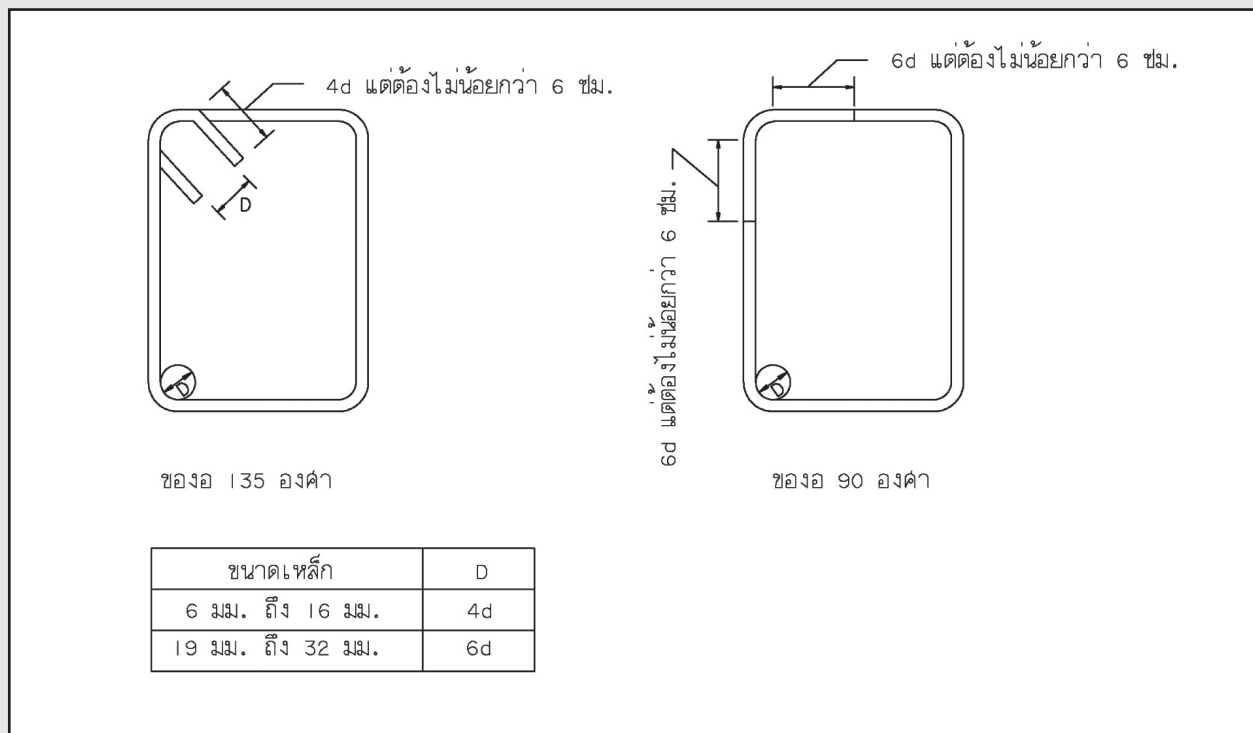
- เหล็กกลางของคาน - พื้น ให้ต่อตรงบริเวณหัวเสาหรือคาน
- เหล็กบนของคาน - พื้น ให้ต่อตรงบริเวณกึ่งกลางคานหรือพื้น

3) รอยต่อของเหล็กเสริมแต่ละเส้นที่อยู่ข้างเคียง ต้องไม่อยู่ในแนวเดียวกันและควรเหลื่อมกันประมาณ 1.00 เมตร หากไม่จำเป็นห้ามต่อเหล็ก

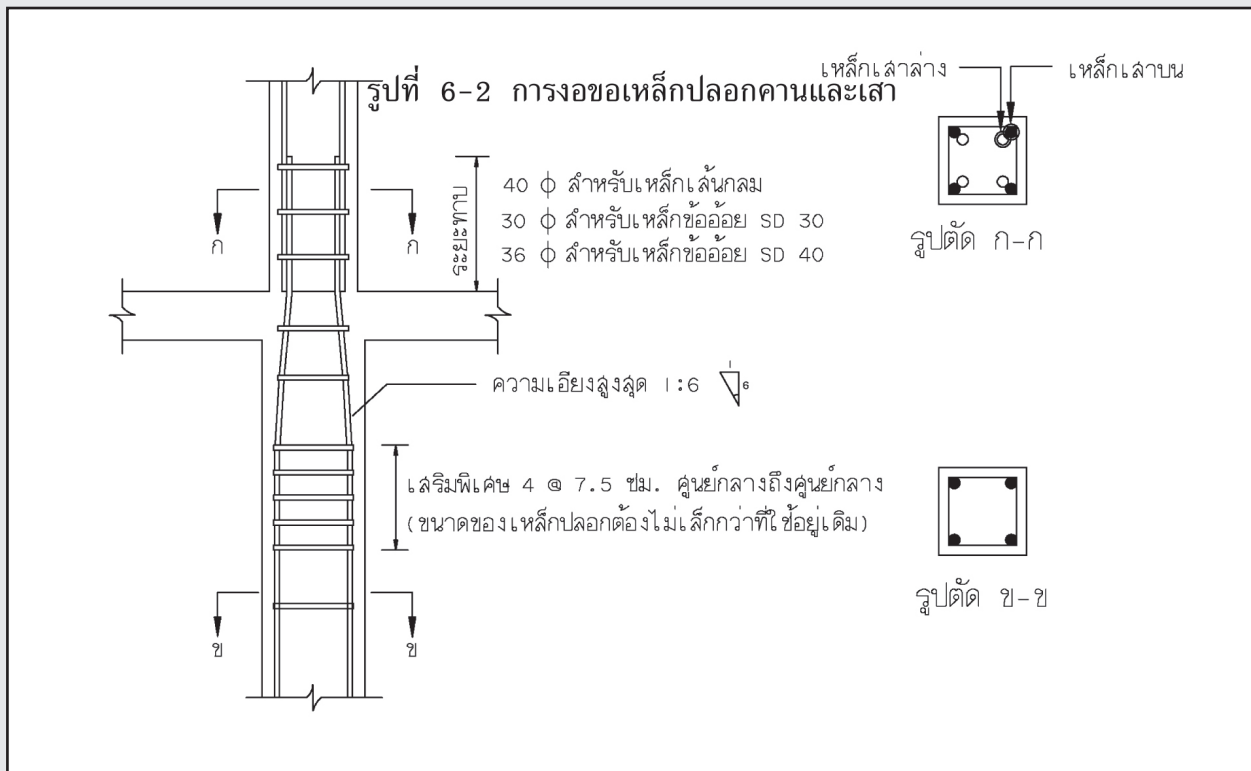
4) การต่อเหล็กอาจทำได้โดยวิธีการ ดังรูปที่ 6-3



รูปที่ 6-1 การงอขอลายเหล็กเสริมคอนกรีต



รูปที่ 6-2 การงอขอเหล็กปลอกคานและเสา



รูปที่ 6-3 เหล็กต่อเสา

- การต่อเหล็กแบบวางทับเหลื่อมกัน สำหรับเหล็กเส้นกลมให้วางทับโดยให้เหลื่อมกันมีระยะยาวไม่น้อยกว่า 40 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเส้นนั้นและปลายของเหล็กที่ต้องงอขอให้ได้ตามมาตรฐานการงอเหล็กเส้นกลม ส่วนเหล็กข้ออ้อยนั้นให้วางทับกันมีระยะยาวไม่น้อยกว่า 30 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กข้ออ้อยนั้นโดยไม่ต้องงอขอ

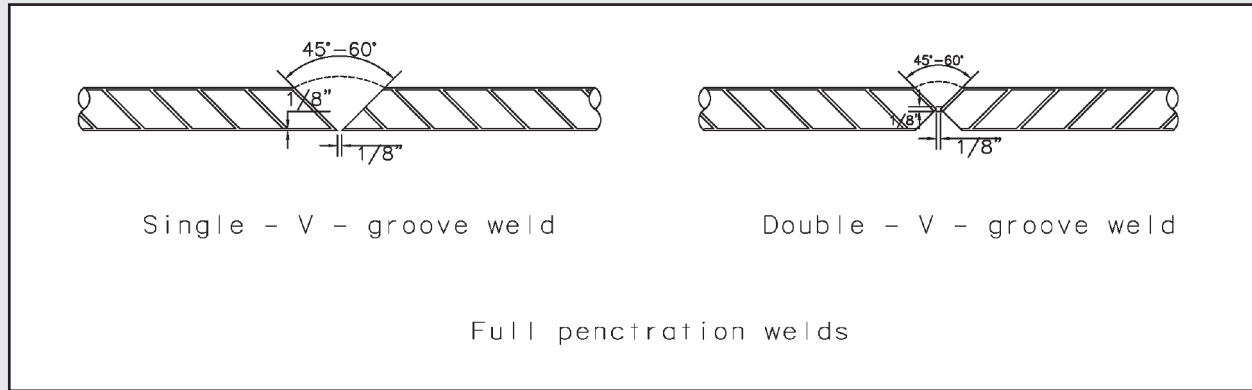
- การต่อโดยวิธีการเชื่อมด้วยไฟฟ้า ไฟฟ้าที่ใช้เชื่อมต้องมีกำลังเพียงพอ การต่อให้เชื่อมแบบต่อชน (Butt Weld) และต้องเป็นไปตามมาตรฐานของการเชื่อมต่อ รอยต่อต้องมีกำลังต้านแรงดึง (Tensile Strength) ได้ไม่น้อยกว่า 1.25 เท่าของกำลังต้านแรงดึงสูงสุดของเหล็กเส้นที่คำนวณได้จากกำลังต้านแรงดึงสูงสุด (ไม่น้อยกว่า 3,900 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สำหรับเหล็กเส้นกลม และไม่น้อยกว่า 5,700 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สำหรับเหล็กข้ออ้อย)

ข้อควรระวัง เกี่ยวกับการเสริมคอนกรีตมีดังนี้

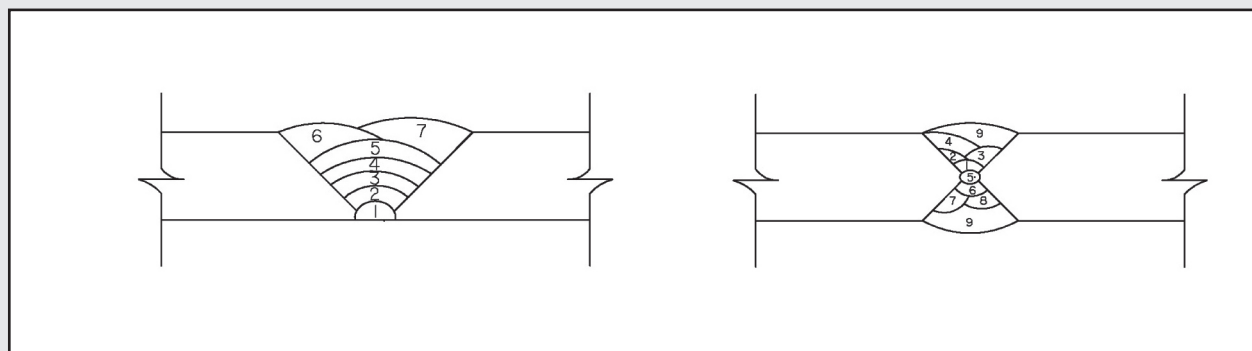
- เหล็กเส้นที่นำมาใช้ในงานก่อสร้างต้องเก็บไว้ในสถานที่ที่มีหลังคาคลุม หรือมีที่กำบังฝน และต้องเก็บไว้ในเนื้อพื้นดินไม่น้อยกว่า 20.00 เซนติเมตร

- การเชื่อมต่อเหล็กต้องตัดปลายเหล็กทั้งสองท่อนที่นำมาเชื่อมให้เอียงลาด (45 - 60 องศา) จากนั้นให้ทำความสะอาดปลายเหล็กที่ตัดแล้วนำมาวางให้ได้แนวหรือได้ศูนย์และมีระยะห่างได้ตามมาตรฐานการเชื่อมต่อเหล็กด้วยไฟฟ้า ดังรูปที่ 6-4

- ทำการเชื่อมเป็นชั้นหรือเป็นแนว หลังจากการเชื่อมแนวหนึ่งหรือชั้นหนึ่งแล้วจะต้องเคาะเอาขี้เหล็กหุ้มชั้นหรือหุ้มแนวนั้นออกทุกครั้งแล้วใช้แปรงลวดถูให้สะอาดก่อนจะทำการเชื่อมครั้งต่อไป ปฏิบัติเช่นนี้เรื่อยไปจนเชื่อมได้ความหนาเต็มตามที่กำหนด ดังรูปที่ 6-5



รูปที่ 6-4 รูปแบบการต่อเหล็กกลมและเหล็กข้ออ้อย



รูปที่ 6-5 แสดงการเชื่อมต่อเหล็กด้วยไฟฟ้า

5) ลวดเหล็ก (Prestress Wire)

ลวดเหล็กที่ใช้สำหรับงานคอนกรีตอัดแรงต้องมีคุณสมบัติทางกลตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 95) : มาตรฐานลวดเหล็กสำหรับงานคอนกรีตอัดแรง

- ลวดเหล็กตีเกลียวชนิด 7 เส้น (Uncoated Seven - Wire Stress - Relieved Strand) ลวดเหล็กตีเกลียวที่ใช้ต้องมีคุณสมบัติทางกลเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 420) : มาตรฐานลวดเหล็กตีเกลียวชนิด 7 เส้น สำหรับงานคอนกรีตอัดแรง

- การดึงลวดเหล็กและลวดเหล็กตีเกลียวชนิด 7 เส้น การตรวจสอบและควบคุมการดึงลวดเหล็กสำหรับงานคอนกรีตอัดแรงที่ใช้ในการก่อสร้างสะพานโดยปกติถ้าไม่ได้กำหนดไว้ในแบบรายละเอียดเป็นอย่างอื่น ลวดเหล็กและลวดเหล็กตีเกลียวจะทำการดึงหรือตัดได้ก็ต่อเมื่อมีค่าแรงอัดของแท่งรูปทรงกระบอกคอนกรีตมาตรฐานเส้นผ่านศูนย์กลาง 15x30 เซนติเมตร ของคอนกรีตโครงสร้างนั้นมีค่าไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด เช่น งานสะพานร้อยละ 85 ของแรงอัดประลัยที่กำหนดให้ หรืองานเสาเข็มร้อยละ 80 ของแรงอัดประลัยที่กำหนดให้

6.2.8 การเก็บตัวอย่างเหล็กเส้นเพื่อการทดสอบ

แนวทางปฏิบัติที่เกี่ยวกับการเก็บตัวอย่างเหล็กเส้นเพื่อส่งไปทดสอบในห้องทดสอบควรปฏิบัติดังนี้

1) ต้องตัดเหล็กเส้นทุกๆ ขนาด แต่ละขนาดยาวไม่น้อยกว่า 1.00 เมตร เพื่อทำการทดสอบคุณสมบัติทางกล

2) ให้เก็บตัวอย่างเหล็กเส้นทุก ๆ ขนาด โดยใน 1 ตัวอย่างยาว 1.00 เมตร จากเหล็กเส้นเส้นหนึ่ง รวมให้ครบไม่น้อยกว่า 5 ตัวอย่าง เป็น 1 ชุด ต่อจำนวนเหล็กเส้นที่ใช้ทุก ๆ 100 เส้น ต่อขนาดและเศษของ 100 เส้น อีก 1 ชุด

3) ต้องเก็บตัวอย่างจากกองเหล็กเส้นแต่ละชุดที่อยู่ในสถานที่ก่อสร้างและต้องเก็บตัวอย่างต่อหน้าผู้ควบคุมงานของผู้ว่าจ้าง

4) ผู้รับจ้างต้องนำส่งตัวอย่างวัสดุมายังผู้ควบคุมงานของผู้ว่าจ้างเพื่อทำการทดสอบที่หน่วยราชการที่ผู้ว่าจ้างเชื่อถือได้ โดยค่าใช้จ่ายในการทดสอบนี้ผู้รับจ้างต้องเป็นผู้ออกเองทั้งสิ้น

6.2.9 การพิจารณาผลการทดสอบ

ผลการทดสอบตัวอย่างเหล็กเส้นที่ส่งไปทดสอบจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ หากผลการทดสอบไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ให้ถือว่าเหล็กเส้นชุดนั้นไม่สามารถนำมาใช้งานได้

6.2.10 ข้อกำหนดในการก่อสร้าง (Construction Requirement) เกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพวัสดุ

การตรวจสอบและควบคุมงานคอนกรีตอัดแรงเพื่อให้มีคุณภาพตามเกณฑ์และข้อกำหนดที่ระบุไว้ในแบบรายละเอียด ผู้ควบคุมงานควรปฏิบัติตามข้อกำหนดในการก่อสร้างดังนี้

1) คอนกรีต

- ในกรณีที่ผู้รับจ้างต้องการจะใช้สารผสมเพิ่ม (Admixture) เช่น สารที่ช่วยให้คอนกรีตแข็งตัวช้าในระยะแรกเพื่อช่วยในการปฏิบัติงานจะต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ว่าจ้างก่อน

- กรรมวิธีในการผลิตคอนกรีต เช่น การเท การบำรุงรักษา การติดตั้งไม้แบบ การควบคุมคุณภาพ การยอมรับการวัดผลของกำลังคอนกรีตและอื่นๆ ให้ถือปฏิบัติเป็นไปตามมาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็กของกรมทางหลวงชนบทหรือระเบียบรายละเอียดตามที่แบบกำหนดไว้

2) ลวดเหล็กและลวดเหล็กตีเกลียว

- ลวดเหล็กและลวดเหล็กตีเกลียวที่ใช้ จะต้องมียางานการทดสอบเกี่ยวกับความล้า (Relaxation) จากโรงงานผลิตส่งมายังผู้ว่าจ้างด้วย

- ลวดเหล็กและลวดเหล็กตีเกลียวที่ส่งมา ต้องเป็นม้วนและเป็นของใหม่ไม่เคยใช้งานมาก่อน

- เหล็กเสริมอื่นๆ ที่ไม่ใช่ลวดเหล็กและลวดเหล็กตีเกลียว ซึ่งนำมาใช้ในงานคอนกรีตอัดแรงนี้ จะต้องเป็นไปตามมาตรฐานงานเหล็กเสริมคอนกรีตของกรมทางหลวงชนบทหรือมาตรฐานอื่นตามรูปแบบกำหนดไว้

- การเก็บตัวอย่างเพื่อส่งทดสอบ จะต้องเป็นลวดเหล็กและลวดเหล็กตีเกลียวที่เก็บต่อหน้าผู้ควบคุมงานของผู้ว่าจ้าง

- การเก็บลวดตัวอย่าง ให้เก็บทุกวันที่ใช้จากที่ต้นม้วนและปลายม้วนอย่างน้อยแห่งละ 2 ตัวอย่าง แต่ละตัวอย่างต้องยาวไม่น้อยกว่า 1.00 เมตร เพื่อทำการทดสอบคุณสมบัติทางกลตาม มอก. 95 : มาตรฐานลวดเหล็กสำหรับงานคอนกรีตอัดแรง และ มอก. 420 : มาตรฐานลวดเหล็กตีเกลียวชนิด 7 เส้นสำหรับงานคอนกรีตอัดแรง



บทที่ 7

ปัญหา ข้อควรระวัง และแนวทางแก้ไขปัญหา ในการก่อสร้างสะพาน

การควบคุมงานก่อสร้างสะพาน ผู้ควบคุมงานมีหน้าที่ในการควบคุมกำกับดูแลการก่อสร้างให้เป็นไปตามมาตรฐาน รูปแบบรายการข้อกำหนดตามแบบมาตรฐาน เริ่มตั้งแต่งานก่อสร้างฐานราก งานโครงสร้างส่วนล่าง งานโครงสร้างส่วนบน บางครั้งการก่อสร้างอาจจะเกิดปัญหาหรือข้อขัดข้องในการปฏิบัติงาน จนทำให้การก่อสร้างไม่เป็นไปตามแบบที่กำหนด สาเหตุอาจเกิดจากผู้ควบคุมงานขาดประสบการณ์ ขาดความละเอียดรอบคอบหรือข้อมูลในการตัดสินใจไม่ครบถ้วน จึงทำให้ต้องมีการแก้ไขปรับแบบก่อสร้างเพื่อให้โครงสร้างมีความมั่นคงแข็งแรงตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งในการควบคุมงานก่อสร้าง ผู้ควบคุมงานจะต้องเอาใจใส่งานอย่างใกล้ชิด มีความรอบรู้ในงานที่ทำ มีการวางแผนงานไว้ล่วงหน้าเพื่อป้องกันความผิดพลาดที่เกิดขึ้น

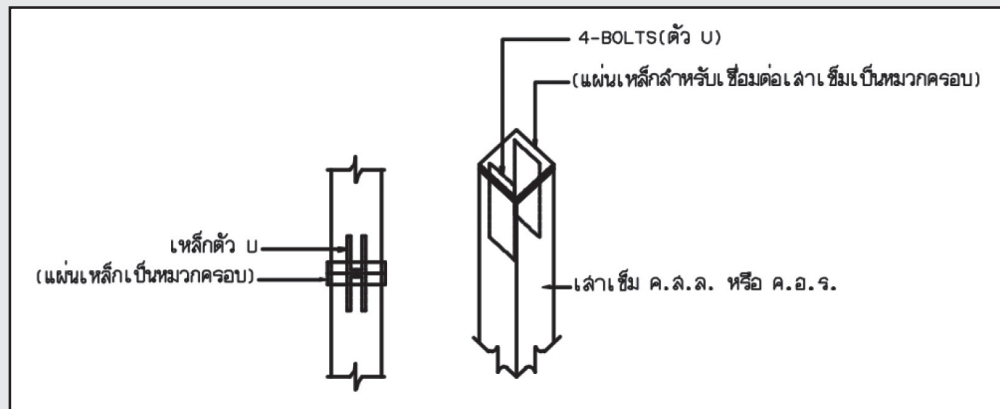
ในบทนี้ได้รวบรวมปัญหา ข้อควรระวัง และแนวทางการแก้ไขปัญหสำหรับงานก่อสร้างสะพานทั่วไปที่เกิดขึ้นบ่อยครั้ง เป็นการรวบรวมจากประสบการณ์และการแก้ไขปัญหจจริงจากการก่อสร้างซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อผู้ปฏิบัติงานในการศึกษาเพื่อนำไปใช้ประยุกต์เป็นแนวทางในการควบคุมงานก่อสร้างสะพาน

7.1 ข้อควรระวังในการตอกเสาเข็ม

7.1.1 เมื่อทำการตอกเสาเข็มจนกระทั่งถึงระดับชั้นดินที่กำหนด และตรวจสอบระยะจม 10 ครั้ง (Blow Count) สุดท้าย และคำนวณความสามารถในการรับน้ำหนักแล้ว ยังน้อยกว่าค่าที่ต้องการอยู่มาก จนคาดว่า แม้ว่าจะใช้เสาส่งลงไปอีกก็จะไม่สามารถรับน้ำหนักตามที่กำหนดได้ ในทางปฏิบัติจะต้องหยุดตอกแล้วหล่อต่อเพิ่มความยาวเสาเข็มเมื่อคอนกรีตส่วนที่ต่อได้กำลังตามที่กำหนดแล้ว ซึ่งจะต้องใช้เวลาอย่างน้อย 7 วัน จึงทำการตอกต่อไปใหม่

วิธีนี้ไม่ควรให้เกิดขึ้นเพราะจะได้รับความเสียหายมาก กล่าวคือ ในช่วงระยะเวลาต่อเสาเข็ม และรอจนกระทั่งคอนกรีตได้กำลังตามที่กำหนด ซึ่งจะต้องใช้เวลาอย่างน้อย 7 วัน จะทำให้เสาเข็มที่ตอกลงไปแล้วเกิดความฝืด (Friction) กับดินรอบๆ ฝืดเสาเข็ม เมื่อทำการตอกใหม่อาจตอกไม่จมลงไปอีก หรือตอกลงไปได้ แต่จะเกิดความกระทบกระเทือนกับรอยต่อเสาเข็มเป็นอย่างมาก

วิธีแก้ไข หากไม่แน่ใจเรื่องความยาวของเสาเข็มให้เตรียมต่อเสาเข็มไว้ล่วงหน้า โดยใส่แผ่นเหล็ก (Plate) ต่อเสาเข็มไว้ล่วงหน้าและให้ต่อโดยวิธีเชื่อม ซึ่งต้องออกแบบและตรวจสอบโดยวิศวกร



รูปที่ 7-1 แสดงการเตรียมต่อเสาเข็มโดยวิธีเชื่อม

7.1.2 เมื่อทำการตอกเสาเข็มไปได้ระดับหนึ่งและจากการบันทึกพบว่าเสาเข็มมีระยะจมนเท่ากันตลอดและยังตอกลงไปได้อีก ให้สันนิษฐานได้ว่าเสาเข็มหักแต่ไม่ขาดจากกัน ระยะจมนที่เกิดขึ้นเป็นการสึกหรือจากการกระทบกันของเสาเข็มในช่วงที่หัก

7.1.3 เมื่อทำการตอกเสาเข็มแล้ว ระยะจมนของเสาเข็มจะแปรผันตามลักษณะของชั้นดิน แต่หากระยะจมนของเสาเข็มมากขึ้น เช่น ครึ่งละ 1.00 5.00 10.00 20.00 30.00 เซนติเมตร แสดงว่าเข็มหักแน่นอนและเสาเข็มได้หลุดออกจากกันแล้ว

7.1.4 ขณะที่ทำการตอกเสาเข็มเกิดการสั่นสะบัด ลูกตุ้มที่ตอกระดอนขึ้น โดยที่เสาเข็มไม่จมลงไปหรือหัวเข็มแตกทั้ง ๆ ที่ทำการตอกปกติจะต้องหยุดทำการตอกทันที และทำการตรวจสอบว่าสาเหตุเนื่องจากอะไร

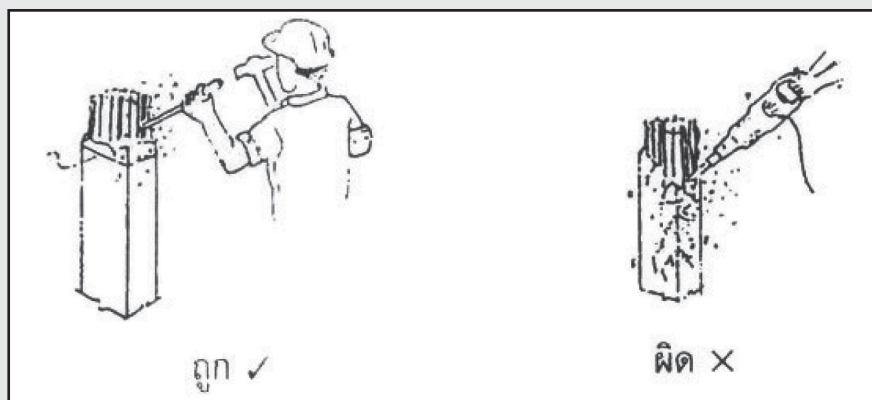
7.1.5 ต้องทำการหยุดตอกเสาเข็มเมื่อมีข้อบ่งชี้ว่าเสาเข็มตอกได้ถึงระดับที่สามารถรับน้ำหนักได้แล้ว

7.1.6 สิ่งที่ต้องระวังว่าเสาเข็มที่ทำการตอกชำรุดเสียหายก็คือ เสาเข็มจะมีการทรุดตัวเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในขณะที่ยึดตามปกติทั้ง ๆ ที่ลักษณะของชั้นดินไม่เปลี่ยนแปลง และหัวเสาเข็มมีการหนีศูนย์กลาง

7.1.7 การตอกเสาเข็มกลุ่ม ควรจะตอกจากต้นกลางของกลุ่มออกไปหาต้นริม

7.2 การสกัดหัวเสาเข็ม

เพื่อป้องกันความเสียหายอันเกิดจากการสกัดจะต้องทำการตัดเสาเข็ม โดยใช้ไฟเบอร์ตัดรอบหัวเสาเข็มก่อน แล้วจึงทำการสกัดหัวเสาเข็ม ห้ามทำการทุบหัวเสาเข็มโดยที่ไม่ได้ใช้ไฟเบอร์ตัดรอบเสาเข็มเสียก่อน ดังรูปที่ 7-2



รูปที่ 7-2 การสกัดหัวเสาเข็ม

7.3 การกำหนดตำแหน่งของเสาเข็ม

การกำหนดตำแหน่งของเสาเข็มต่อม่อัดบรีม ช่วงสะพานความยาว 5.00-10.00 เมตร ให้ระยะห่างระหว่างเสาเข็มต่อม่อัดบรีมทั้ง 2 ข้าง (ช่วงที่ติดกำแพงกันดิน) ให้ดูแบบก่อสร้างให้ชัดเจน หากกำหนดตำแหน่งผิดจะทำให้ความยาวของตัวสะพานผิดจากแบบก่อสร้าง หรือหากใช้พื้นคานสำเร็จรูป จะเกิดความผิดพลาดในการกำหนดความยาวของคานสะพานพื้นสำเร็จรูปได้

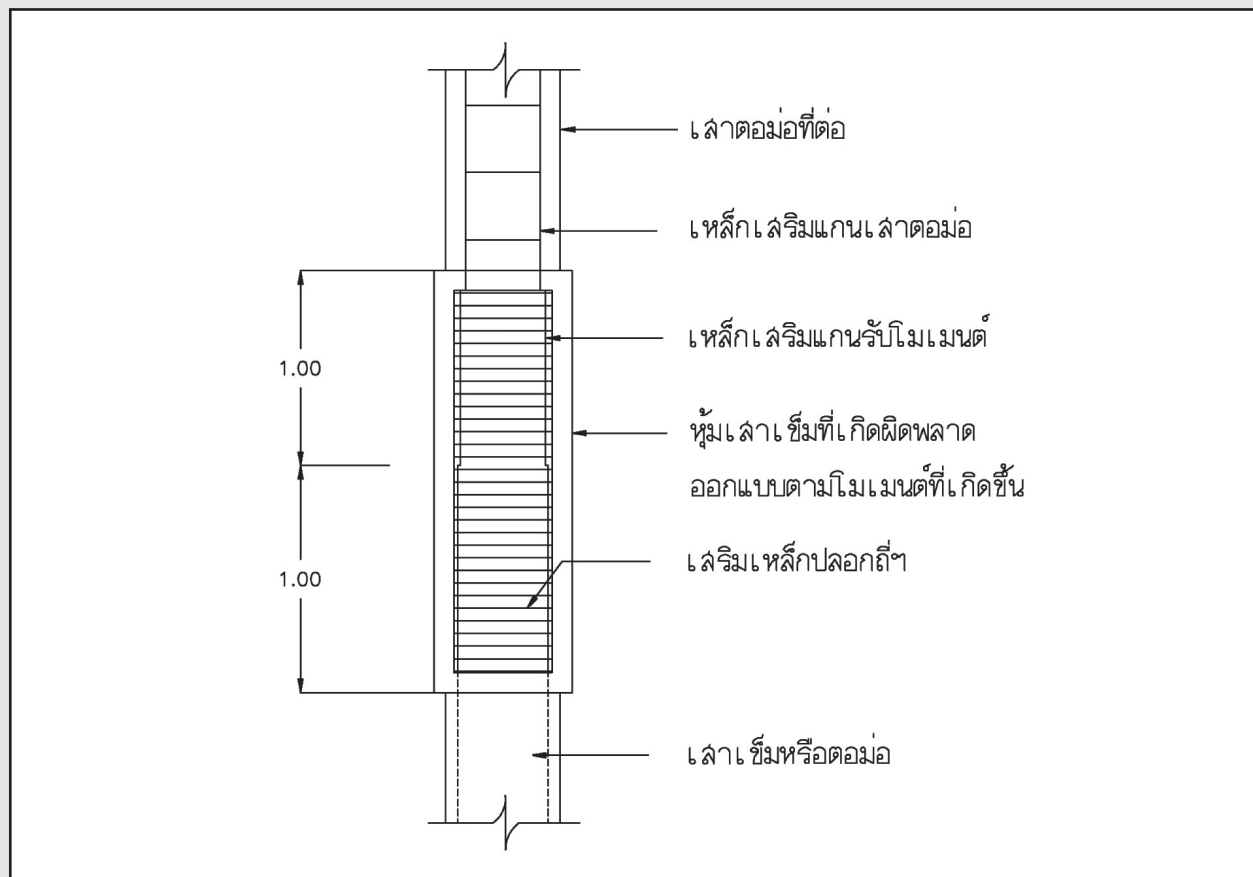
ตัวอย่าง สะพานยาว 46.00 เมตร แบ่งออกเป็น 5 ช่วง $8 + 10 + 10 + 10 + 8$

ช่วงระยะห่างของเสาเข็มจริง (ศูนย์กลางถึงศูนย์กลาง) อาจเป็น $7.95 + 10 + 10 + 10 + 7.95$

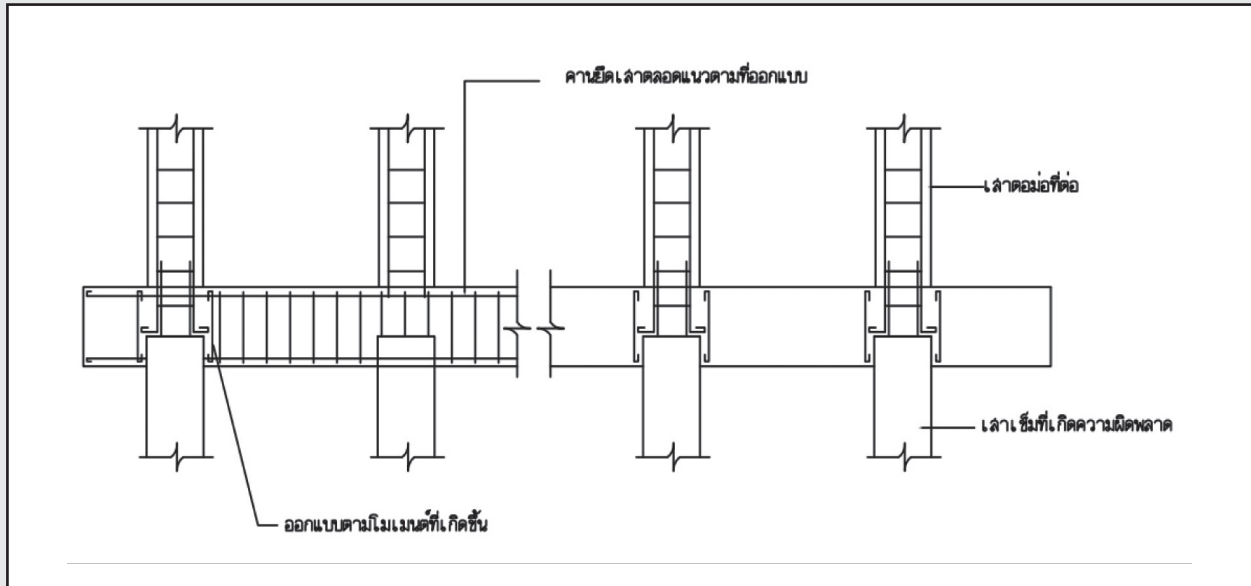
7.4 ข้อผิดพลาดจากการกำหนดความยาวของเสาเข็มอัดแรง

การใช้เสาเข็มอัดแรง มักจะมีจุดอ่อนที่ไม่เสริมเหล็กไว้ตลอดความยาวของเสา ส่วนใหญ่จะเสริม Dowel ที่หัวเสาเข็มไว้เพียง $1/3$ ของความยาวเสาเข็มหรือฝังไว้เพียง 2.50-3.00 เมตร เมื่อเกิดความผิดพลาดต่อการเลือกใช้ความยาว เช่น เลือกใช้เสาเข็มยาว 15.00 เมตร เสริมเหล็กยาว 3.00 เมตร แต่ตกลงไปได้เพียง 8.00 เมตร ต้องตัดเสาเข็ม 7.00 เมตร ทำให้ส่วนที่เสริมเหล็กไว้หายไปจึงเกิดปัญหาการต่อเหล็กโครงสร้างเพื่อยึดรั้งกับโครงสร้างส่วนบน ซึ่งมีวิธีแก้ไขดังนี้

7.4.1 ต้องออกแบบรอยต่อระหว่างเสาเข็ม โดยใช้ปลอกเสาเข็มเสาเข็มเดิมตามโมเมนต์ที่เกิดขึ้นในเสาเข็ม



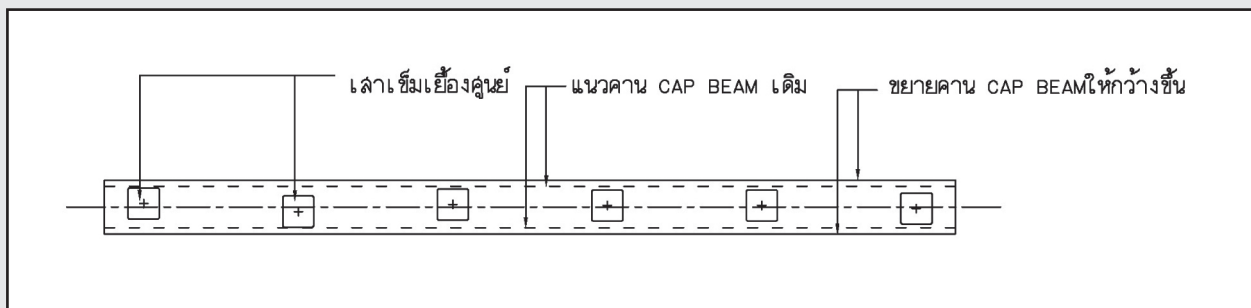
รูปที่ 7-3 (1) แสดงการต่อเสาต่อม่อัดบรีมโดยการหุ้มเสาเข็ม



รูปที่ 7-3 (2) แสดงการต่อเสาเชื่อมตอม่อโดยทำคานยัดทั้งดัด

การต่อเสาแบบใด ๆ หรือออกแบบคานรับตอม่อสะพานต้องได้รับความเห็นชอบจากวิศวกร หรือเจ้าของแบบ

7.5 การแก้ไขในกรณีที่ตอกเสาเข็มเยื้องศูนย์



รูปที่ 7-4 แสดงการแก้ไขกรณีตอกเสาเข็มเยื้องศูนย์

ภายหลังจากการตอกเสาเข็มแล้ว ปรากฏว่าเสาเข็มเยื้องศูนย์แต่ไม่เกิน 5.00 เซนติเมตร ให้ขยาย Cap Beam ให้กว้างขึ้น แต่หากเสาเข็มเยื้องศูนย์มากกว่านี้ต้องให้วิศวกรตรวจสอบ อาจต้องตอกเสาเข็มเพิ่ม หรือแก้ไขโดยวิธีอื่น

7.6 การก่อสร้างฐานรากแผ่

ในกรณีเมื่อขุดดินเพื่อทำฐานรากแผ่แล้วระดับฐานรากลึกไม่ได้ตามข้อกำหนด เช่น หากเป็นฐานแผ่วางบนดิน ระดับก่อสร้างหลังฐานรากจะต้องลึกจากดินท้องคลองอย่างน้อย 2.50 เมตร ทั้งนี้เพื่อป้องกันการกัดเซาะของกระแสน้ำหรือการก่อสร้างเมื่อขุดเจอชั้นลูกรังหรือชั้นหินพีตจะต้องพิจารณาออกแบบแก้ไขฐานรากเพิ่มเติม ซึ่งมีข้อควรปฏิบัติดังนี้

7.6.1 รับผิดชอบรายละเอียดให้ผู้ว่าจ้างทราบทันที เพื่อตรวจสอบวินิจฉัยว่าต้องปฏิบัติอย่างไร คำวินิจฉัยดังกล่าวถือเป็นเด็ดขาด ผู้รับจ้างต้องปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด

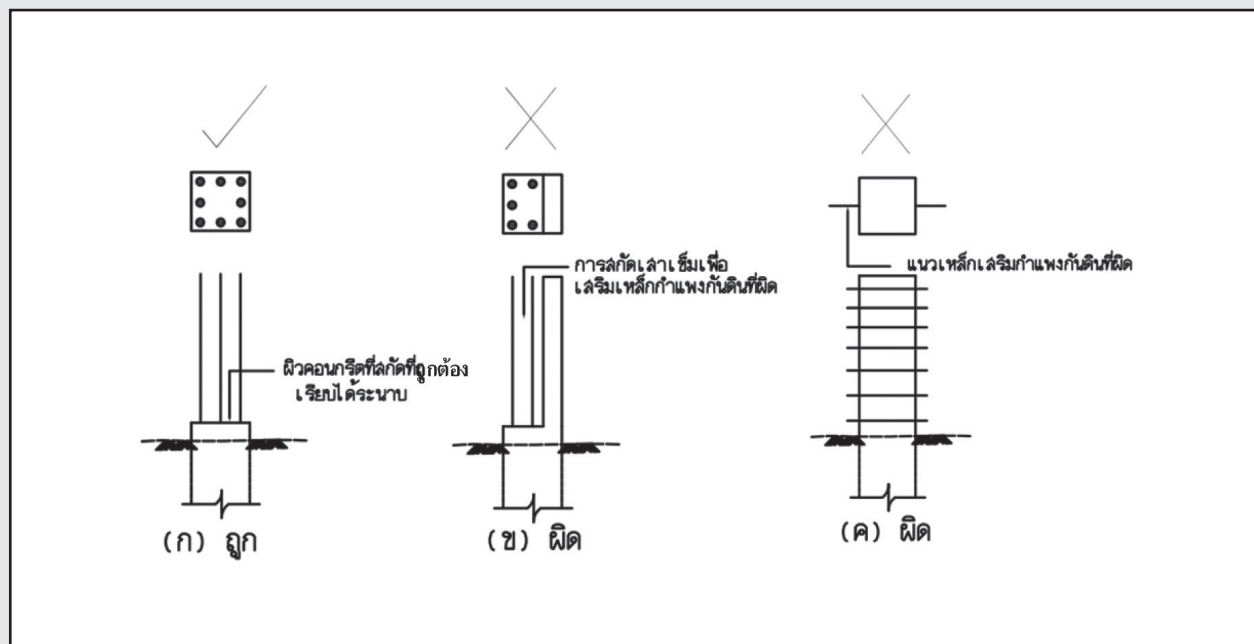
7.6.2 หากเป็นชั้นหินฟิต ฐานรากต้องฝังอยู่ในหินฟิตนั้นลึกไม่น้อยกว่า 0.50 เมตร (วัดตรงที่ตื้นสุด) และเพื่อให้ทราบแน่นอนว่าเป็นหินฟิตจริงหรือไม่ ผู้รับจ้างต้องเจาะรูมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 2.50 เซนติเมตร ลึกไม่น้อยกว่า 2.00 เมตร ฐานรากหนึ่งไม่น้อยกว่า 2 รู เพื่อประกอบการพิจารณา

7.6.3 การก่อสร้างฐานรากวางบนหินฟิตซึ่งไม่มีวัสดุถมเพื่อรังฐานรากจะต้องทำการฝังยึดด้วยเหล็กเตี้ยระหว่างชั้นหินฟิตกับฐานราก โดยผู้รับจ้างจะต้องส่งรายการคำนวณและแบบรายละเอียด เสนอผู้ว่าจ้างโดยมีวิศวกรรับรองก่อนดำเนินการก่อสร้าง

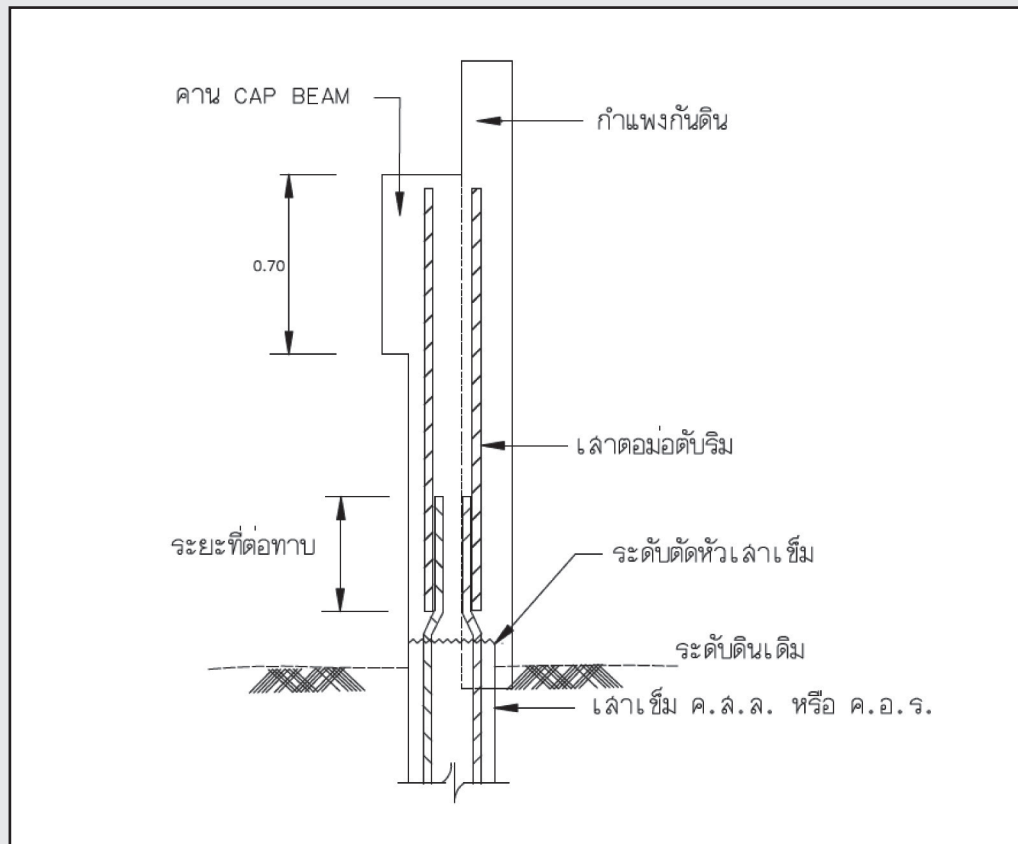
7.6.4 ในกรณีที่ทำการขุดดินจนถึงระดับท้องฐานรากตามแบบ หรือข้อกำหนดงานก่อสร้างแล้วปรากฏว่าดินใต้ฐานรากนั้นเป็นดินถมหรือมีคุณภาพไม่ดีพอ ผู้รับจ้างต้องขุดดินให้ลึกลงไปอีกจนถึงชั้นดินแข็ง และเพื่อเป็นการทราบแน่นอนว่าพื้นดินชั้นดังกล่าวจะมีความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกทุกได้ตามที่แบบหรือรายละเอียดกำหนดหรือไม่ ผู้รับจ้างต้องทำการทดสอบหาค่าความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกทุกของพื้นดินให้ครบถ้วนทุกประการ

7.7 การก่อสร้างตอม่อดัดบริม

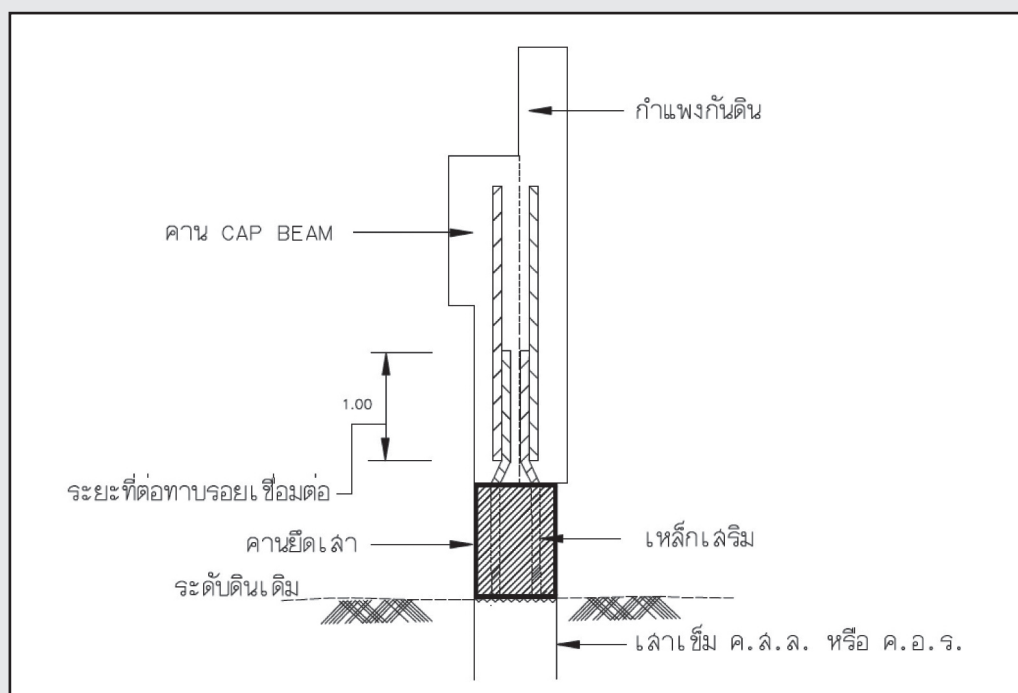
การก่อสร้างตอม่อสะพานดัดบริมร่วมกับกำแพงกันดิน ให้ระวางรอยต่อเสากับตอม่อทั้งการต่อเหล็กและการเทคอนกรีต และต้องสกัดคอนกรีตเสาเข็มทั้งต้นออกไปให้ถึงระดับต่ำสุดของกำแพงกันดินแล้วโผล่เหล็กแกนเสาไว้ ซึ่งการก่อสร้างที่จุดนี้จะเป็นอันตรายที่สุดของการก่อสร้างสะพาน



รูปที่ 7-5 (1) แสดงการสกัดหัวเสาเข็มดัดบริมที่ถูกต้องตามแบบ (ก)



รูปที่ 7-5 (2) แสดงการก่อสร้างตอม่อตบริม (กรณีกำแพงกันดินไม่สูงจากระดับดินเดิม)



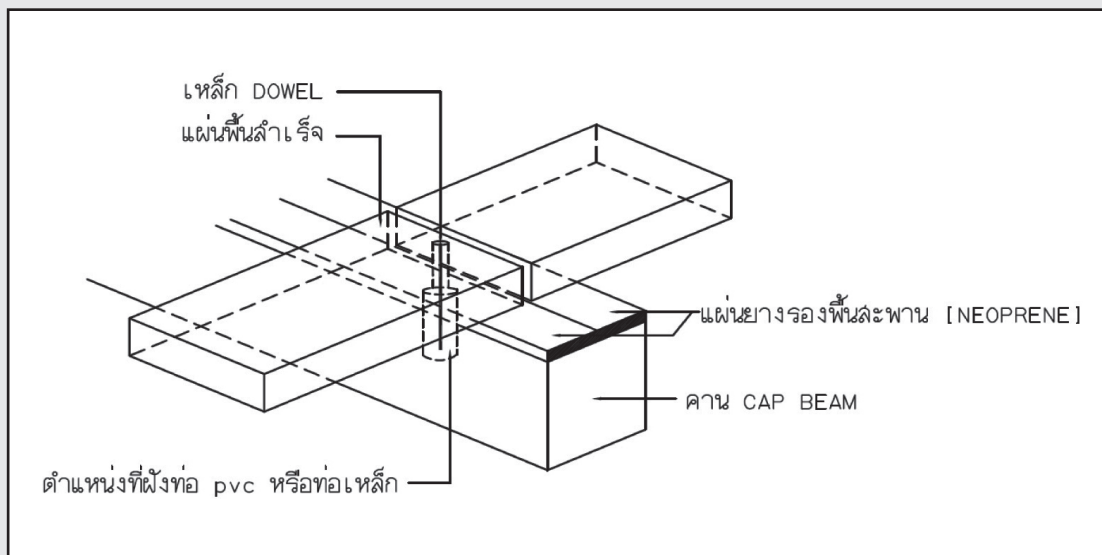
รูปที่ 7-5 (3) กรณีกำแพงกันดินสูงกว่าระดับดินเดิมให้ก่อสร้างคานยึดเสา (Bracing)

7.8 การกำหนดตำแหน่ง Dowel ยึดพื้นสะพาน

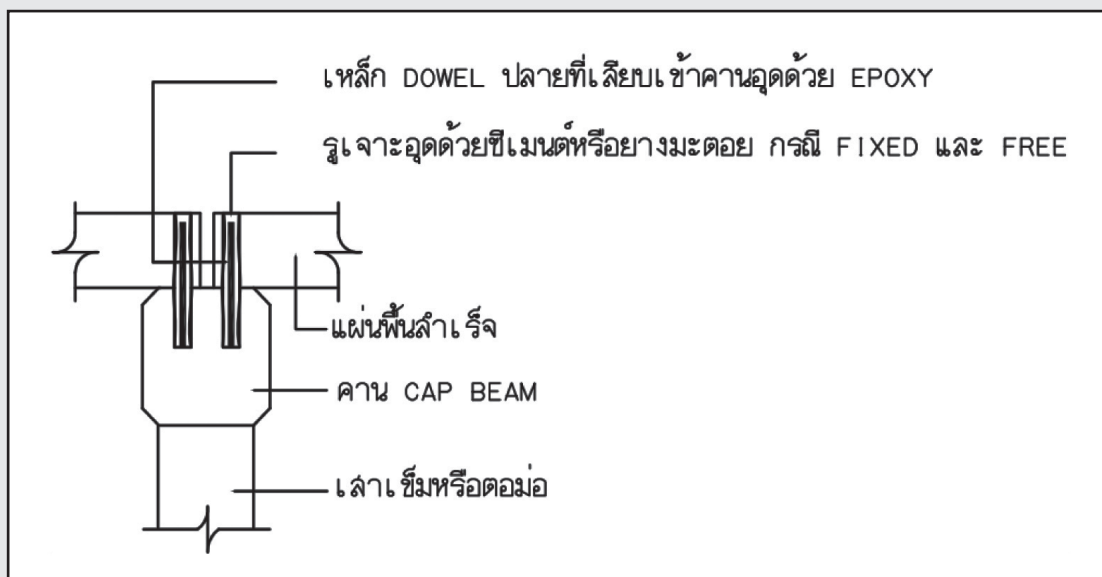
การกำหนดตำแหน่ง Dowel ยึดพื้นสะพาน มักจะเกิดปัญหา กรณีใช้พื้นคานสำเร็จรูป Dowel ที่เตรียมไว้มักจะไม่ตรงกับคานรับพื้นสะพาน มีวิธีแก้ไข 2 วิธี

7.8.1 ตำแหน่งที่จะวาง Dowel ให้ฝังท่อ PVC. หรือท่อเหล็กไว้ก่อน เมื่อวางคานแล้วจึงเสียบ Dowel ภายหลัง แล้วอุดด้วยวัสดุประสานรอยต่อกำลังสูง (Epoxy) วิธีนี้อาจเกิดความผิดพลาดขึ้นได้อีก เมื่อท่อที่ฝังไว้มีขนาดเล็กไป หรือกำหนดตำแหน่งรูสำหรับจุด Fixed end หรือ Free end ที่คานสะพานผิดพลาดตำแหน่ง

7.8.2 ฝังท่อเหล็กหรือท่อ PVC. ที่คานพื้นสะพานสำเร็จรูปแล้ววางคานพื้นสะพานบนคานรับพื้น เมื่อได้ตำแหน่งแล้วใช้สว่านเจาะคานรับพื้นแล้วเสียบเหล็ก Dowel Bar ให้ได้ตำแหน่ง



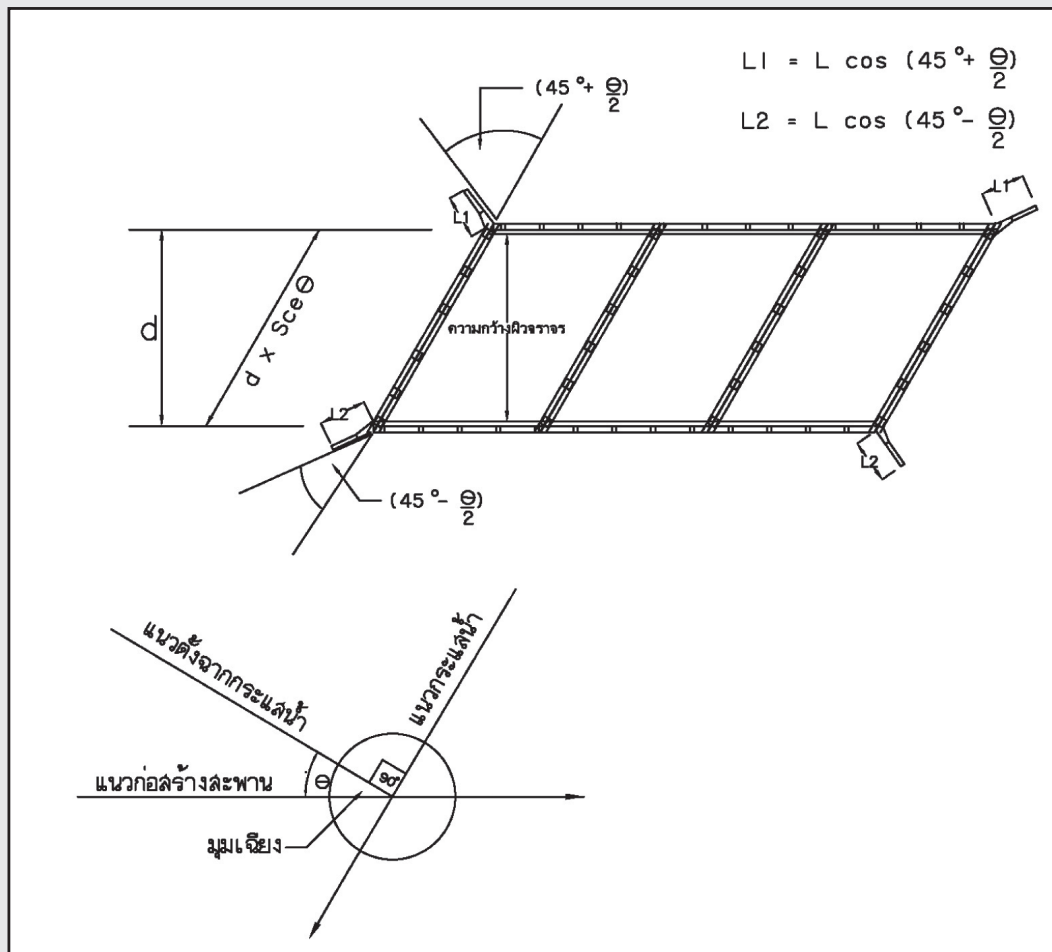
รูปที่ 7-6 (1) แสดงการเตรียมท่อฝังเหล็ก Dowel Bar



รูปที่ 7-6 (2) แสดงการเจาะคานรับพื้น เพื่อฝัง Dowel หลังจากการวางคาน

7.9 ข้อควรระวังในกรณีที่เป็นสะพานเฉียง

มุมเฉียง คือ มุมที่แนวสะพานทำมุมกับแนวตั้งฉากกับกระแสน้ำ มิติความกว้างสัดส่วนต่างๆ ของสะพานยังคงเดิม ส่วนความยาวตามแนวเฉียงหรือแนวกระแสน้ำจะยาวขึ้น ได้แสดงวิธีการหาค่าไว้ใน รูปที่ 7-7 และกรณีที่ใช้คานอัดแรงสำเร็จรูปให้ระมัดระวังการตัดมุมเฉียงที่ปลายคานด้วย



รูปที่ 7-7 แสดงมุมเฉียงกับกระแสน้ำ

7.10 การถมดินคอสะพาน

การถมดินคอสะพานให้ถมก่อนที่จะทำการก่อสร้างตัวสะพาน โดยเว้นระยะช่วงดินถมคอสะพานกับ ส่วนตอม่อตัวริมสะพานไว้เพียงพอที่จะทำงานได้สะดวก แล้วห้ามทำการถมดินใดๆ อันจะกระทบต่อ โครงสร้างของสะพานอีกจนกว่าจะก่อสร้างแล้วเสร็จ หรืออย่างน้อยจนกว่าจะทำพื้นสะพานเรียบร้อยแล้ว การถมคอสะพานให้ทำการบดอัดเป็นชั้น ชั้นละไม่เกิน 20.00 เซนติเมตร และไม่ควรนำเครื่องจักรหนักเข้า ไกลสะพานจนเกินไป ควรใช้เครื่องมือขนาดเล็ก เช่น กบกระโดด รถบดขนาดเล็ก และการถมดินคอสะพานนี้ ควรถมขึ้นมาพร้อมๆ กันทั้งสองด้าน คือ ด้านฝั่งที่เป็นถนนเชิงลาด และด้านฝั่งที่ก่อสร้างตาดคอนกรีต ป้องกันคอสะพาน (Concrete Slope Protection)



7.11 ปัญหาและแนวทางแก้ไขในการควบคุมงานคอนกรีต

ในการทำงานหรือควบคุมงานคอนกรีตสำหรับงานก่อสร้างสะพานมักมีปัญหาลุप्तรรคที่พบบ่อยในการปฏิบัติงาน ดังนี้

- 1) คอนกรีตเหลวเกินไป คือ มีค่ายุบตัว (Slump) เกินกว่าที่แบบกำหนด

แนวทางแก้ไข ให้เติมปูนซีเมนต์เพิ่มเติมลงไปนคอนกรีตที่เหลวเพื่อให้มีค่ายุบตัว (Slump) เป็นไปตามที่กำหนด หากค่ายุบตัวไม่เป็นไปตามที่กำหนดให้ยกเลิกการใช้งานคอนกรีตนั้น

- 2) คอนกรีตเริ่มแข็งตัวก่อนเท เนื่องจากระยะทางและระยะเวลาในการขนส่งคอนกรีตมากเกินไป (กรณีใช้คอนกรีตผสมเสร็จ)

แนวทางแก้ไข ห้ามนำคอนกรีตที่เริ่มแข็งตัวมาใช้ในการทำงานก่อสร้างสะพานและผู้ควบคุมงานต้องแจ้งให้ผู้รับจ้างนำคอนกรีตที่มีคุณภาพดีมาเปลี่ยนใหม่แทน

- 3) ไม่ได้ใช้คอนกรีตป้องกันผลกระทบจากน้ำเค็มหรือดินเค็มในพื้นที่ที่อยู่ชายฝั่งทะเล (น้ำเค็มหรือดินเค็ม) จึงทำให้โครงสร้างสะพานเสียหายก่อนกำหนด

แนวทางแก้ไข ต้องใช้คอนกรีตที่มีคุณสมบัติพิเศษในการป้องกันผลกระทบจากน้ำเค็ม หรือดินเค็ม โดยการเติมวัสดุปอซโซลานเป็นส่วนผสมเพิ่มในคอนกรีต (ตามเงื่อนไขที่ผู้ออกแบบกำหนด)

- 4) แบบนั่งร้านไม่มีความมั่นคงแข็งแรงเพียงพอ ทำให้นั่งร้านเกิดการทรุดตัวไม่ไ้ระดับหรือแนวตามแบบกำหนด เนื่องจากนั่งร้านต้องรับน้ำหนักมากหรือมีความสูงมากเกินไป

แนวทางแก้ไข ก่อนเทคอนกรีตจะต้องตรวจสอบความมั่นคงแข็งแรงของแบบหล่อและนั่งร้านเสียก่อน ว่ามีความมั่นคงแข็งแรงเพียงพอ หากแบบหล่อและนั่งร้านต้องรับน้ำหนักและมีความสูงมาก ๆ ต้องมีวิศวกรที่ได้รับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมรับรองความมั่นคงแข็งแรงด้วย

- 5) การเทคอนกรีตในที่สูงและมีระยะไกล หรือมีความลึกมาก ๆ ไม่สามารถใช้เครื่องมือหรือวิธีการเทตามปกติได้

แนวทางแก้ไข ควรใช้เครื่องมืออุปกรณ์ชนิดที่เป็นระบบท่อส่ง เพื่อใช้ในการลำเลียงและเทคอนกรีต

- 6) การใช้เครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์ คน หรือวิธีการทำงานที่ไม่มีความพร้อม หรือไม่ถูกต้อง

แนวทางแก้ไข ก่อนทำงานต้องตรวจสอบเครื่องมือ/วัสดุอุปกรณ์ คนที่ทำงานให้มีความพร้อม และมีวิธีการทำงานที่ถูกต้องตามลักษณะงานที่ทำแต่ละอย่าง เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการทำงานตลอดเวลา

- 7) การใช้เครื่องมือประเภทปั้นจั่น เครน และโครงเหล็ก (Launching Truss) โดยใช้ผู้ปฏิบัติที่ขาดความรู้ ความชำนาญและขาดประสบการณ์ในการทำงาน อาจทำให้เกิดอุบัติเหตุหรือความไม่ปลอดภัยในการทำงานได้

แนวทางแก้ไข ควรใช้ผู้ปฏิบัติหรือควบคุมเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นจากผู้ผ่านการอบรมมีความรู้ ความชำนาญ และมีประสบการณ์เฉพาะด้านนั้นๆ ในการทำงาน

- 8) การทำงานปั้นจั่นตอกเสาเข็มที่อยู่บริเวณใกล้กับแนวสายไฟฟ้า อาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดอุบัติเหตุหรือความไม่ปลอดภัยในการทำงานได้

แนวทางแก้ไข ควรใช้อุปกรณ์สำหรับครอบปิดสายไฟฟ้าไว้ เพื่อป้องกันมิให้กระแสไฟฟ้าไหลลัดวงจรลงสู่ปั้นจั่นในขณะทำงาน หรือหากมีพื้นที่เพียงพอควรแจ้งหน่วยงานที่รับผิดชอบ เช่น การไฟฟ้าส่วน

ภูมิภาค ทำการย้ายแนวเสาและสายไฟฟ้าดังกล่าวออกจากบริเวณที่ปั่นจั่นทำงาน เพื่อให้มีระยะห่างเพียงพอ และเกิดความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน

9) ผู้ปฏิบัติงาน (คนงาน) ส่วนใหญ่มักจะประมาท หรือไม่คำนึงถึงความปลอดภัยในการทำงาน จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุจากการปฏิบัติงาน

แนวทางแก้ไข ควรจัดการฝึกอบรมเพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจ และปลูกฝังจิตสำนึกเรื่องความปลอดภัยในการทำงานอย่างสม่ำเสมอให้แก่ผู้ปฏิบัติงาน (คนงาน) ทุกคนได้ถือปฏิบัติกันโดยเคร่งครัด เพื่อป้องกันอุบัติเหตุและเกิดความปลอดภัยในการทำงานตลอดเวลา เช่น การสวมหมวก และคาดเข็มขัดนิรภัย หรือสวมรองเท้านิรภัยในขณะปฏิบัติงานตลอดเวลา เป็นต้น

7.12 แนวทางการแก้ไขปัญหาคอนกรีตป้องกันผลกระทบจากน้ำเค็ม

งานก่อสร้างอาคารประเภทต่าง ๆ ที่มีโครงสร้างเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กในพื้นที่บางแห่งโดยเฉพาะพื้นที่ริมชายฝั่งทะเลหรืออยู่ใกล้ชายฝั่งทะเลที่มีลักษณะเป็นน้ำเค็มหรือดินเค็ม ในปัจจุบันการออกแบบก่อสร้างอาคารเหล่านั้น โดยเฉพาะงานก่อสร้างสะพานที่ต้องออกแบบให้สามารถรับน้ำหนักบรรทุกทุกปลอดภัย การป้องกันการแรงกระทำจากแผ่นดินไหวและกำลังอัดคอนกรีตสูงกว่าอาคารโดยทั่วไปแล้ว ยังต้องคำนึงถึงการป้องกันการซึมผ่านของสารละลายคลอไรด์และซัลเฟตที่เป็นกลไกการทำลายโครงสร้างสะพาน คอนกรีตเสริมเหล็กที่อันตราย ดังนั้นในการออกแบบสมัยใหม่จึงกำหนดให้คอนกรีตสามารถต้านทานการซึมผ่านของสารละลายคลอไรด์ได้ดี เนื่องจากปัญหาของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กที่ก่อสร้างในน้ำทะเลหรือน้ำเค็ม คือ คลอไรด์ที่ซึมผ่านเข้าไปทำปฏิกิริยากับเหล็กเสริมทำให้เกิดการผุกร่อนกลายเป็นสนิมและมีการขยายตัวดันให้คอนกรีตแตกร้าว และจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องพิจารณาแนวทางในการดำเนินการเพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีคุณสมบัติป้องกันผลกระทบจากน้ำทะเลหรือน้ำเค็มและมีคุณภาพที่ดีอย่างสม่ำเสมอรวมทั้งต้องคำนึงถึงระยะเวลาในการดำเนินการเพื่อให้งานก่อสร้างแล้วเสร็จภายในกำหนดเวลาตามสัญญาด้วย ซึ่งการวิเคราะห์สาเหตุความเสียหายและแนวทางแก้ไขปัญหาโครงสร้าง คสล. ที่อยู่ในบริเวณน้ำเค็ม มีดังนี้

1) สาเหตุ

การเคลื่อนตัวของคลอไรด์เข้าไปในเนื้อคอนกรีตนั้นขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่มีสภาพเปียกชื้นและแห้ง นอกจากนั้นยังขึ้นอยู่กับสถานที่และสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ การไหลของน้ำทะเล ทิศทางลม ทิศทางแสงอาทิตย์ และการใช้งานของโครงสร้าง ดังนั้นในแต่ละส่วนของโครงสร้างสะพานจึงอาจประสบปัญหาไม่เท่ากัน โดยทั่วไปคอนกรีตที่แห้งอยู่ในช่วงเวลานานเมื่อเจอกับสภาพเปียกชื้นก็จะเร่งให้คลอไรด์ซึมผ่านเข้าสู่เนื้อคอนกรีตได้เร็วขึ้น ดังนั้นจึงเป็นสาเหตุที่ทำให้มีโอกาสเกิดปัญหาการกัดกร่อนของเหล็กเสริมคอนกรีตที่อยู่ในบริเวณน้ำเค็มขึ้น

2) แนวทางแก้ไข

จากสาเหตุการซึมผ่านของคลอไรด์เข้าไปในเนื้อคอนกรีตของโครงสร้าง คสล. ที่อยู่ในบริเวณน้ำเค็มหรือดินเค็ม ดังนั้นก่อนเริ่มทำการก่อสร้างผู้ควบคุมงานต้องแจ้งให้ผู้รับจ้างจัดเก็บตัวอย่างน้ำทะเลหรือน้ำเค็มบริเวณสถานที่ก่อสร้างส่งให้กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหรือหน่วยงานอื่นที่เป็นที่ยอมรับ ทำการตรวจสอบส่วนผสมของซัลเฟตและคลอไรด์เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต (Mix Design Concrete) สำหรับโครงสร้างสะพานที่อยู่ในบริเวณน้ำเค็มหรือดินเค็มต่อไป กรณีที่มีผลการตรวจสอบพบว่ามีปริมาณคลอไรด์อยู่ในระดับที่สามารถก่อให้เกิดอันตรายต่อ



โครงสร้างสะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก จึงมีความจำเป็นต้องหาแนวทางป้องกันอันตรายจากสารละลายคลอไรต์ในน้ำทะเลดังกล่าว

3) แนวทางการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต (Mix Design Concrete)

ก่อนที่จะนำคอนกรีตซึ่งมีส่วนผสมของวัสดุปอซโซลานที่มีคุณสมบัติในการป้องกันผลกระทบจากน้ำทะเลหรือน้ำเค็มมาใช้ในการก่อสร้าง โดยปกติผู้ออกแบบมักจะกำหนดเงื่อนไขในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตเบื้องต้น ไว้ดังนี้

1) กำหนดอัตราส่วน W/C ไม่เกิน 0.40

2) ป้องกันผลกระทบจากสภาพน้ำกร่อยหรือน้ำทะเลโดยการเติมส่วนผสมปอซโซลาน (Pozzolan Materials) ที่มีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อกำหนด ASTM-C 618-99 ASTM-C 204-96a และ ASTM-C 311-98b ตามสัดส่วนที่เหมาะสมโดยผู้รับจ้างจะต้องเสนอสัดส่วนการเติมส่วนผสม Pozzolan Materials ในปูนซีเมนต์ให้ผู้ว่าจ้างพิจารณาอนุมัติก่อนการทำงาน

3) ปอซโซลาน (Pozzolan Materials) ที่ใช้เติมในส่วนผสมที่เป็นไปตามมาตรฐานดังกล่าว ในข้อ 2) จะต้องผ่านการทดสอบและมีใบรับรองคุณภาพจากหน่วยงานราชการหรือสถาบันที่ผู้ว่าจ้างยอมรับ ดังนั้น จากเงื่อนไขที่ผู้ออกแบบได้กำหนดไว้ข้างต้น จึงเป็นหน้าที่ของผู้รับจ้างจะต้องออกแบบส่วนผสมคอนกรีตที่มีวัสดุปอซโซลานผสมเพิ่มในคอนกรีต และมีคุณสมบัติพิเศษในการป้องกันผลกระทบจากน้ำทะเลหรือน้ำเค็มเป็นไปตามเงื่อนไขที่ผู้ออกแบบกำหนด โดยเสนอให้ผู้ควบคุมงานตรวจสอบในเบื้องต้นก่อนที่จะนำเสนอให้ผู้ว่าจ้างพิจารณาอนุมัติแล้วจึงนำผลการออกแบบส่วนผสมที่ได้รับอนุมัติจากผู้ว่าจ้างไปใช้ในการก่อสร้างต่อไป โดยมีตัวอย่างผลการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตที่มีส่วนผสมของเถ้าลอย (Pozzolan Materials) ในภาคผนวกหน้า 118-122 และตัวอย่างผลการทดสอบกำลังอัดของแท่งคอนกรีต ในภาคผนวกหน้า 123-124