



คู่มือปฏิบัติงานซ่อมบำรุงสะพาน

(สำหรับสะพานในสายทางโครงข่ายทางหลวงชนบท)

โครงการศึกษาวิธีการแก้ไขความเสียหายของสะพาน
จากการเสื่อมสภาพของวัสดุ และอายุการใช้งาน
ของสะพานในสายทางโครงข่ายทางหลวงชนบท



สำนักวิเคราะห์ วิจัยและพัฒนา
กรมทางหลวงชนบท

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สิงหาคม 2551

คณะกรรมการกำกับการดำเนินโครงการ

ประธานกรรมการ

นายสุพน เตชพลมาตย์ วิศวกรวิชาชีพ 8 วช.(วิศวกรรมโยธา) สว .

กรรมการ

นายสมศักดิ์ ชรรณจารุศิริ วิศวกรโยธา 8 วช. สปร .

นายสุรพงษ์ สายสูงเนิน วิศวกรโยธา 8 วช. สปร .

นายปฐม เฉลยวาเรศ วิศวกรวิชาชีพ 8 วช.(วิศวกรรมโยธา) สกส.

นายพิสิฐ ศรีวรรณท์ วิศวกรวิชาชีพ 8 วช.(วิศวกรรมโยธา) สสอ .

นายสมชัย อังกูรวิวัฒน์ วิศวกรโยธา 8 วช. สว.

นายสมชาย ชะนะภัย วิศวกรโยธา 7 วช. สกส.

นายชาครีย์ บำรุงวงศ์ วิศวกรวิชาชีพ 7 วช.(วิศวกรรมโยธา) สกส.

วิศวกรผู้ประสานงาน

นายประสิทธิ์ สิทธิคุณ วิศวกรโยธา 5 สว.

เลขานุการ

น.ส.อนุจี เขียวไสว เจ้าหน้าที่งานธุรการ สว.

รายชื่อคณะผู้วิจัย

บุคคลากรหลัก

นายอารีย์ หาญสีบสาย ผู้อำนวยการโครงการ
ผศ.ดร. ณรงค์ เหลืองบุตรนาท ที่ปรึกษาโครงการ
ดร. วสันต์ วีระเจตกุล ผู้จัดการโครงการ
นายชเนศ วีระศิริ ผู้เชี่ยวชาญด้านการซ่อมแซมโครงสร้าง
นายยรรยง ลัทธिवรรณ ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบสะพาน

บุคคลากรสนับสนุน

ผศ.ดร. วุฒิพงษ์ เมืองน้อย วิศวกร/นักวิจัย
ผศ.ว่าที่ ร.อ. อธิพร ศิริสวัสดิ์ วิศวกร/นักวิจัย
นายสุตนิรันดร์ เพชรรัตน์ วิศวกร/นักวิจัย
ดร. อัครวัชร เล่นวารีย์ วิศวกร/นักวิจัย
นายอัฐสิทธิ์ ศิริวิชรภรณ์ วิศวกร/นักวิจัย
ดร. ภูวดล ศิริรังศรี วิศวกร/นักวิจัย
ดร. ดุษฎี สติรเศรษฐทวี วิศวกร/นักวิจัย
นางสาวนิตยา ศรัณย์ธรรมกุล วิศวกร/นักวิจัย
นายชนินทร์ ตันติทรงธรรม วิศวกร /นักวิจัย
นางสาวสุดารัตน์ จรัสทรงกิติ วิศวกร/นักวิจัย
นายวิรัช ปร ะสาทแก้ว วิศวกร /ผู้ประสานงานโครงการ
นายรุ่งโรจน์ ฤกษ์หรั่ง เจ้าหน้าที่เทคนิค/ผู้ช่วยนักวิจัย
นายสุชาติ ทองรุ่งเรืองชัย เจ้าหน้าที่เทคนิค/ผู้ช่วยนักวิจัย
นางเสาวลักษณ์ คงกระเรียน เลขานุการ

คำนำ

กรมทางหลวงชนบท ต้องรับผิดชอบดูแลทรัพย์สินที่เป็นสะพานจำนวนมาก ทั้งสะพานขนาดเล็กที่อยู่ในสายทางโครงข่ายทางหลวงชนบท กว่า 5,700 แห่ง สะพานขนาดกลางข้ามแม่น้ำสายต่างๆ ในย่านชุมชน ประมาณกว่า 700 แห่ง และสะพานขนาดใหญ่ข้ามแม่น้ำสายหลัก เช่น แม่น้ำเจ้าพระยา อีก หลายแห่งในจำนวนนี้ มีสะพานบางแห่งผ่านการใช้งานมานานกว่า 20 ปี วัสดุมีการเสื่อมสภาพ เกิดความชำรุดเสียหายขึ้น ซึ่งหากไม่ได้รับการบำรุงรักษา ซ่อมแซมในเวลาอันควร ก็จะขยายลุกลามมากขึ้นจนใช้การไม่ได้ หรือต้องใช้งบประมาณในการซ่อมแซมเพิ่มขึ้น

ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2548 – 2549 สำนักวิเคราะห์ วิจัยและพัฒนา ได้ทำการสุ่มตรวจสอบสภาพของสะพานในสายทางโครงข่ายทางหลวงชนบท ในพื้นที่ปริมาตร 5 จังหวัด รวม 39 แห่ง เนื่องจากเห็นว่าสะพานในสายทางนั้น ส่วนใหญ่จะเป็นสะพานขนาดเล็กที่ก่อสร้างพร้อมงานถนน จึงมักได้รับการเอาใจใส่น้อยกว่างานถนนตั้งแต่ขั้นตอนการก่อสร้างและการบำรุงรักษา ผลปรากฏว่า มีสะพานหลายแห่งที่เกิดความเสียหายขึ้นในรูปแบบ ลักษณะ และระดับความรุนแรงที่แตกต่างกัน ทั้งที่มีสาเหตุมาจากการเสื่อมสภาพของวัสดุ จากการกระทำของหน่วยแรง และอื่นๆ ซึ่งการแก้ไข ป้องกันปัญหาเหล่านี้ สามารถทำได้โดยใช้เทคนิค วิธีการ วัสดุ อุปกรณ์ และค่าใช้จ่ายที่แตกต่างกันไป ผู้มีหน้าที่เกี่ยวข้องจะต้องรู้จักเลือกใช้ให้เหมาะสม ปลอดภัย และคุ้มค่า

ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2550 กรมทางหลวงชนบทจึงได้จัดทำโครงการศึกษาวิธีการแก้ไขปัญหาค่าใช้จ่ายและความเสียหายของสะพานในสายทาง มุ่งเน้นเฉพาะกรณีที่มีสาเหตุหลักมาจากการเสื่อมสภาพของวัสดุ จากอายุการใช้งาน โดยทำการศึกษาสะพานของกรมฯ จำนวน 88 แห่ง รวบรวมรูปแบบ ลักษณะ สาเหตุของความเสียหาย และนำเสนอเทคนิค วิธีการ วัสดุ อุปกรณ์ และค่าใช้จ่ายสำหรับการแก้ไขและป้องกัน แล้วจัดทำเป็นคู่มือปฏิบัติงานซ่อมบำรุงสะพานฉบับนี้ขึ้น เพื่อให้บุคลากรของกรมฯ ได้ใช้เป็นแนวทางในการตรวจสอบ ประเมินสภาพความเสียหาย เลือกวิธีการและวัสดุสำหรับการแก้ไข ป้องกันปัญหา ประมาณการค่าใช้จ่าย และนำไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนงานบำรุงรักษา ได้อย่างถูกต้อง เหมาะสมและประหยัด

อย่างไรก็ตาม ความสมบูรณ์ของเนื้อหาในคู่มือเล่มนี้ อาจขาดหายหรือคลาดเคลื่อนไปบ้าง สำนักวิเคราะห์ วิจัยและพัฒนา ก็ได้มีโครงการต่อเนื่องในปีงบประมาณ พ.ศ. 2552 เป็นระยะที่ 2 ซึ่งจะเป็นการทดลองนำแนวทาง วิธีการในคู่มือนี้ไปปฏิบัติงานจริง แล้วติดตาม รวบรวมข้อมูล ประมวลผล วิเคราะห์และสรุป เพื่อพัฒนาคู่มือนี้ให้ครบถ้วนสมบูรณ์ยิ่งขึ้น นำไปสู่การพัฒนาเป็นมาตรฐานการปฏิบัติงานซ่อมบำรุงสะพานในสายทางของกรมฯ และเผยแพร่เป็นมาตรฐานแนะนำสำหรับหน่วยงานของท้องถิ่นต่อไป

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
ปกใน ก	
รายชื่อคณะกรรมการกำกับโครงการ ข	
รายชื่อคณะผู้วิจัย ค	
คำนำ ง	
สารบัญ จ	
สารบัญรูป ช	
สารบัญตาราง ฎ	
สารบัญแบบฟอร์ม ฐ	
1. บทนำ 1-1	
1.1 กรอบ ขอบข่ายของคู่มือ 1-1	
1.2 องค์ประกอบของคู่มือ 1-2	
1.3 กลุ่มบุคคลผู้ใช้งานคู่มือ 1-	3
1.4 ฝั่งกระบวนการซ่อมบำรุงสะพาน 1-	3
1.5 ข้อมูลในแผ่น CD 1-6	
2. การตรวจสอบสะพานด้วยสายตา 2-1	
2.1 การตรวจสอบสะพานด้วยสายตา 2-1	
2.2 การตรวจสอบทางกายภาพโดยการใช้เครื่องมือพื้นฐาน 2-1	
2.3 การตรวจสอบทางกายภาพโดยการใช้เครื่องมืออย่างละเอียด 2-2	
2.4 รูปแบบ ขั้นตอนการตรวจสอบ 2-2	
2.5 พื้นที่เสี่ยงต่อความเสียหาย 2-3	
2.6 เครื่องมือพื้นฐานที่ใช้ในการตรวจสอบ 2-	4
2.7 การตรวจสอบสะพานในสนาม 2-	9
2.8 รูปแบบการรายงานและแบบฟอร์มการตรวจสอบ 2-1	7
3. ลักษณะและสาเหตุของความเสียหาย 3-1	
3.1 ลักษณะความเสียหาย 3-1	
3.2 การแบ่งกลุ่มของลักษณะความเสียหาย 3-6	
3.3 โอกาสของการเกิดความเสียหายในชิ้นส่วนต่างๆของสะพาน 3-6	
3.4 สาเหตุของความเสียหาย 3-7	

สารบัญ(ต่อ)

4. การประเมินสภาพและระดับความเสียหาย	4-1	
4.1 การประเมินสภาพความเสียหาย	4-1	
4.2 การประเมินสภาพความเสียหายของชิ้นส่วนสะพาน	4-	2
4.3 การประเมินระดับความเสียหาย	4-	4
4.4 การประเมินสภาพและระดับความเสียหายตามกลุ่มของความเสียหาย	4-	6
4.5 ลักษณะความเสียหายและแนวโน้มความรุนแรง ที่อาจเกิดกับแต่ละชิ้นส่วนสะพาน	4-	8
5. ทางเลือกวิธีแก้ไขและซ่อมแซมสะพาน	5-1	
5.1 วิธีการโดยทั่วไปที่ใช้แก้ไขซ่อมแซมความเสียหายจากการเสื่อมสภาพของวัสดุ	5-1	
5.2 แนวทางเลือกวิธีการซ่อมแซมสำหรับความเสียหายในชิ้นส่วนต่างๆ	5-1	
5.3 งบประมาณ ความจำเป็นเร่งด่วนและระยะเวลาในการซ่อมแซม	5-	6
6. การเลือกวัสดุในการซ่อมแซมสะพาน	6-1	
6.1 ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์มอร์ต้า	6-1	
6.2 ทรายแพคและอิพ็อกซีทรายแพค	6-3	
6.3 คอนกรีตวางมวลรวมก่อน	6-5	
6.4 ซีตกริต	6-6	
6.5 คอนกรีต	6-7	
6.6 ปูนอิพ็อกซี		6-9
6.7 Epoxy Bonded Replacement Concrete		6-11
6.8 โพลีเมอร์คอนกรีต	6-12	
6.9 Thin Polymer Concrete Overlay		6-13
6.10 น้ำยาเกรธาท์	6-14	
6.11 วัสดุที่ใช้ในการเคลือบป้องกัน	6-15	
6.12 วัสดุเพิ่มแรงยึดเหนี่ยว	6-17	
6.13 สรุปข้อแนะนำในการเลือกใช้วัสดุ	6-18	
7. ขั้นตอนการซ่อมแซมพื้นสะพาน	7-1	
7.1 ขั้นตอนการซ่อมแซมพื้นสะพานที่เป็น Slab Type ที่มีความเสียหายด้านบน	7-2	
7.2 ขั้นตอนการซ่อมแซมพื้นสะพานที่เป็น Slab Type ที่มีความเสียหายด้านล่าง	7-9	
7.3 ขั้นตอนการซ่อมแซมราวสะพาน	7-1	3
7.4 ขั้นตอนการซ่อมพื้นสะพานเป็นแบบ Slab Type ความเสียหายบนพื้นผิวสะพานเป็นรอยแตกร้าว	7-16	
7.5 อุปกรณ์เครื่องมือเครื่องจักร	7-1	9

สารบัญ(ต่อ)

7.6 ปัญหาและอุปสรรค	7-	20
7.7 ข้อควรระวังและความปลอดภัยในการทำงาน	7-20	
8. ขั้นตอนการซ่อมแซมคานคอนกรีต	8-1	
8.1 ขั้นตอนการซ่อมแซมคานคอนกรีตสะพาน	8-1	
8.2 อุปกรณ์เครื่องมือเครื่องจักร	8-6	
8.3 ปัญหาและอุปสรรค	8-7	
8.4 ข้อควรระวังและความปลอดภัยในการทำงาน		8-7
9. แบบการแก้ไขซ่อมแซมเสาตอม่อสะพาน	9-1	
9.1 ขั้นตอนการซ่อมแซมตอม่อเสาเข็มเดี่ยว	9-1	
9.2 การซ่อมโดยไม่ตัดเสาตอม่อ	9-2	
9.3 การซ่อมโดยการตัดเสาตอม่อ	9-8	
9.4 อุปกรณ์เครื่องมือเครื่องจักร	9-13	
9.5 ปัญหาและอุปสรรค		
9-14		
9.6 ข้อควรระวังและความปลอดภัยในการทำงาน	9-14	
10. การเตรียมแบบแปลนซ่อมแซม		10-1
10.1 รายการแบบแปลน		10-1
11. การประมาณราคาและการคำนวณราคากลางงานซ่อมสะพาน		11-1
11.1 แบบฟอร์มประมาณราคา		11-2
11.2 การถอดแบบคำนวณปริมาณงานซ่อมสะพาน	11-3	
11.3 การกำหนดแหล่ง และราคาวัสดุ	11-4	
11.4 การคำนวณราคาต่อหน่วย	11-5	
12.บรรณานุกรม	1	2-1
13.ภาคผนวก	1	3-1
13.1 รูปแบบการรายงานและฟอร์มการตรวจสอบ		13-1
13.2 แบบการประเมินการตรวจสอบระดับความเสียหาย		13-7

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 1.1 แผนผังกระบวนการงานซ่อมบำรุงสะพาน	1-4
รูปที่ 2.1 เครื่องมือทำความสะอาด	2-4
รูปที่ 2.2 เครื่องมือตรวจสอบ	2-5
รูปที่ 2.3 เครื่องมือช่วยสังเกต	2-5
รูปที่ 2.4 เครื่องมือช่วยการตรวจวัด	2-6
รูปที่ 2.5 เครื่องมือช่วยบันทึก	2-7
รูปที่ 2.6 เครื่องมือช่วยพิเศษ	2-7
รูปที่ 2.7 เครื่องมือช่วยทดสอบทางเคมี	2-7
รูปที่ 2.8 เครื่องช่วยความปลอดภัย	2-8
รูปที่ 2.9 เครื่องมือช่วยตรวจสอบ	2-8
รูปที่ 2.10 การตรวจสอบการหลุดลอกและโพรงของพื้นสะพานโดยการลากโซ่เหล็ก	2-10
รูปที่ 2.11 การใช้ค้อนเคาะเพื่อตรวจสอบการหลุดลอกเป็นแผ่นและโพรงของพื้นสะพาน	2-11
รูปที่ 2.12 ทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตโดยใช้เครื่องทดสอบ Rebound Hammer	2-11
รูปที่ 2.13 การตรวจสอบขนาดของรอยแตกร้าว ด้วย Crack Width Ruler	2-12
รูปที่ 2.14 ทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต ด้วย Rebound hammer	2-15
รูปที่ 2.15 แสดงตำแหน่งความเสียหายที่ ตอม่อตัมบริม (A)	2-2 5
รูปที่ 2.16 แสดงภาพความเสียหาย	2-2 5
รูปที่ 2.17 แสดงตำแหน่งความเสียหายที่ P1/1-P1/5	2- 26
รูปที่ 2.18 แสดงภาพความเสียหายของเสาตอม่อ P1/1-P1/5	2-26
รูปที่ 2.19 แสดงตำแหน่งความเสียหายของเสาตอม่อ P1/1-P1/5	2-27
รูปที่ 2.20 แสดงภาพความเสียหายของเสาตอม่อ P1/1-P1/2	2-27
รูปที่ 2.21 แสดงภาพความเสียหายของเสาตอม่อ P1/3	2-28
รูปที่ 2.22 แสดงภาพความเสียหายของเสาตอม่อ P1/4	2-28
รูปที่ 2.23 แสดงภาพความเสียหายของเสาตอม่อ P1/5	2-29
รูปที่ 3.1 แสดงผิวพื้นสะพาน และตอม่อที่แตกร้าวเสียหาย	3-2
รูปที่ 3.2 แสดงรอยชำรุดเนื่องจากเกิดการหลุดกะเทาะ	3-2
รูปที่ 3.3 แสดงการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้าและมวลรวมคอนกรีตเนื่องจากการหลุดลอก	3-3
รูปที่ 3.4 แสดงความเสียหายที่เกิดจากการหลุดออกเป็นแผ่น	3-4
รูปที่ 3.5 แสดงการเกิดรูพรุนและช่องว่างบนเนื้อคอนกรีต	3-4

สารบัญญรูป(ต่อ)

รูปที่ 3.6	แสดงการเกิดคราบเกลือบนเนื้อคอนกรีต	3-5	
รูปที่ 3.7	แสดงการเกิดการสึกกร่อนต่อผิวของชั้นส่วน	3-5	
รูปที่ 3.8	แสดงการเกิดสนิมในเหล็กเสริม	3-6	
รูปที่ 7.1	แสดงระดับความลึกและตำแหน่งของความเสียหายที่กำหนดซ่อมแซม	7-1	
รูปที่ 7.2	แสดงแผนผังการซ่อมแซมพื้นสะพานด้านบน	7-3	
รูปที่ 7.3	แสดงการกำหนดพื้นที่ที่จะทำการซ่อมแซม	7-4	
รูปที่ 7.4	การตัดคอนกรีตตามแนวพื้นที่ที่กำหนดจะทำการซ่อมแซม	7-	4
รูปที่ 7.5	สกัดหรือทุบรื้อคอนกรีตที่เสียหายออก	7-5	
รูปที่ 7.6	หลังจากสกัดคอนกรีตที่เสียหายออกจากตำแหน่งที่ทำการซ่อมแซม	7-5	
รูปที่ 7.7	วิธีปฏิบัติเมื่อพบเหล็กเสริมในการสกัดคอนกรีตเพื่อทำการซ่อมแซม	7-6	
รูปที่ 7.8	High pressure Water cleaning		7-7
รูปที่ 7.9	แสดงเครื่องมือ Needle Scar		7-8
รูปที่ 7.10	การตัดคอนกรีตตามแนวพื้นที่ที่กำหนดจะทำการซ่อมแซม	7-10	
รูปที่ 7.11	การสกัดคอนกรีตที่เสียหายลึกไปในคอนกรีตดีประมาณ 25 มม.		7-10
รูปที่ 7.12	เจาะรูสำหรับเทคอนกรีตหรือ Non-Shrink จากด้านบน	7-11	
รูปที่ 7.13	การเสริมเหล็กใหม่	7-11	
รูปที่ 7.14	การทำความสะอาดเหล็กเสริมและพื้นผิวคอนกรีต	7-12	
รูปที่ 7.15	เข้าแบบหล่อเทคอนกรีตหรือ Non-Shrink จากด้านบน	7-13	
รูปที่ 7.16	เข้าแบบหล่อเทคอนกรีตหรือ Non-Shrink จากด้านข้าง	7-13	
รูปที่ 7.17	แสดงผิวคอนกรีตสกัดคอนกรีตที่ชำรุด	7-14	
รูปที่ 7.18	แสดงการเสริมเหล็กในส่วนที่สกัดรื้อออก	7-1	4
รูปที่ 7.19	ประกอบไม้แบบ	7-16	
รูปที่ 7.20	เทคอนกรีตใหม่ทั้งหน้า	7-	16
รูปที่ 7.21	เป่าทำความสะอาดพื้นสะพาน	7-1	7
รูปที่ 7.22	เจาะร่องพื้นคอนกรีตเป็นรูปตัววี	7-17	
รูปที่ 7.23	กำหนดระยะที่ทำการซ่อมพร้อมเจาะรูสำหรับติดตั้งหัวฉีด	7-17	
รูปที่ 7.24	อุดรอยแตกกร้าวที่ทำการเจาะร่อง	7-1	8
รูปที่ 7.25	อัดฉีดอีพ็อกซีด้วยแรงอัด	7-18	
รูปที่ 7.26	พื้นสะพานที่ทำการซ่อมเสร็จสมบูรณ์	7-18	
รูปที่ 8.1	แสดงแผนผังการซ่อมโครงสร้างคานของสะพาน	8-2	
รูปที่ 8.2	แสดงการปิดจรรยาบนสะพานให้เหลือ 1 ช่องจราจร	8-3	
รูปที่ 8.3	แสดงคานคอนกรีตแตกกร้าวบางส่วน	8-3	

สารบัญญรูป(ต่อ)

รูปที่ 8.4	กำหนดพื้นที่ในการซ่อมแซม	8-4	
รูปที่ 8.5	แสดงการสกัดคอนกรีตที่ชำรุดออก	8-4	
รูปที่ 8.6	แสดงการตัดเหล็กเสริมที่เป็นสนิมออก	8-5	
รูปที่ 8.7	แสดงการต่อเหล็กด้วยวิธีการเชื่อมชนหรือทาบโดยคำแนะนำของวิศวกร		8-5
รูปที่ 8.8	แสดงการประกอบแบบหล่อคอนกรีต		8-6
รูปที่ 9.1	แผนผังการซ่อมเสาต่อม่อ	9-2	
รูปที่ 9.2	แสดงเสาต่อม่อชำรุดเนื่องจากคลอไรด์ในน้ำทะเลโดยคอนกรีตส่วนที่อยู่ภายในเหล็กเสริมยังมีสภาพดี		9-3
รูปที่ 9.3	แสดงการซ่อมเสาต่อม่อ ดับละ 1 ต้น		9-4
รูปที่ 9.4	แสดงการปิดกั้นการจราจร		9-4
รูปที่ 9.5	แสดงการติดตั้งเสาค้ำยัน		9-5
รูปที่ 9.6	แสดงการสกัดส่วนที่เสียหาย		9-5
รูปที่ 9.7	แสดงเครื่องมือ Needle Scarifier		9-6
รูปที่ 9.8 ก	แสดงการติดตั้งเสาค้ำยัน	9-6	
รูปที่ 9.8 ข	แสดงการต่อเชื่อมเพื่อเสริมเหล็กใหม่		9-7
รูปที่ 9.9	แสดงการเสริมเหล็กใหม่และใส่เหล็กปลอก		9-7
รูปที่ 9.10	แสดงการทาสีผิวเพิ่มแรงยึดเหนี่ยว		9-8
รูปที่ 9.11	แสดงแบบหล่อเสาต่อม่อ		9-9
รูปที่ 9.12	แสดงการเทคอนกรีตเสาต่อม่อ		9-9
รูปที่ 9.13 ก	แสดงการติดตั้งเสาค้ำยัน		9-10
รูปที่ 9.13 ข	แสดงการติดตั้งเสาค้ำยัน		9-10
รูปที่ 9.13 ค	แสดงการสกัดคอนกรีตที่เสียหาย		9-10
รูปที่ 9.13 ง	แสดงการตัดต่อม่อ		9-11
รูปที่ 9.14	แสดงทำค้ำยันและการตัดเสาต่อม่อที่ชำรุดออก		9-11
รูปที่ 9.15	แสดงการติดตั้งบ่อกันน้ำ		9-12
รูปที่ 9.16	แสดงการติดตั้งบ่อกันน้ำ		9-12
รูปที่ 9.17	แสดงรูปแปลนการกันน้ำบริเวณที่ซ่อมของตอม่อตัวบริม		9-13
รูปที่ 9.18	แสดงรูปตัดการกันน้ำบริเวณที่ซ่อมของตอม่อตัวบริม		9-13
รูปที่ 9.19	แสดงตัวอย่างอุปกรณ์เครื่องมือเครื่องจักร		9-14
รูปที่ 9.20 ก	สรุปและขั้นตอนการซ่อมแซมตอม่อ		9-16
รูปที่ 9.20 ข	สรุปและขั้นตอนการซ่อมแซมตอม่อ		9-17

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
ตารางที่ 3.1 แสดงการแบ่งกลุ่มลักษณะความเสียหายจากทั้ง 8 ลักษณะเป็น 3 กลุ่ม	3-6	
ตารางที่ 3.2 แสดงโอกาสในการเกิดความเสียหายที่ชั้นส่วนของสะพาน	3-7	
ตารางที่ 3.3 แสดงตำแหน่งที่มักเกิดความเสียหายในแต่ละส่วนของสะพาน	3-7	
ตารางที่ 3.4 ลักษณะความเสียหายส่วนใหญ่ที่พบและสาเหตุ	3-22	
ตารางที่ 4.1 แสดงการประเมินความเสียหายของสะพานโดยระบบคะแนน	4-2	
ตารางที่ 4.2 การประเมินสภาพความเสียหายของสะพาน	4-3	
ตารางที่ 4.3 แสดงการแบ่งระดับความเสียหาย	4-6	
ตารางที่ 4.4 แสดงการประเมินระดับความเสียหายสำหรับกลุ่มที่ 1 ความเสียหายจากการแตกร้าว (Crack)	4-7	
ตารางที่ 4.5 แสดงการประเมินระดับความเสียหายสำหรับกลุ่มที่ 2 ความเสียหายจากการกะเทาะ (Spalling)	4-7	
ตารางที่ 4.6 แสดงการประเมินสภาพและระดับความเสียหายสำหรับกลุ่มที่ 3 ความเสียหายจากการหลุดลอก (Scalling)	4-8	
ตารางที่ 4.7 รูปชั้นส่วนโครงสร้างพื้นสะพานด้านบน (แตกร้าว)	4-1	3
ตารางที่ 4.8 รูปชั้นส่วนโครงสร้างพื้นสะพานด้านบน (หลุดกะเทาะ)	4-1	4
ตารางที่ 4.9 รูปชั้นส่วนโครงสร้างพื้นสะพานด้านบน (หลุดลอก)	4-1	5
ตารางที่ 4.10 รูปชั้นส่วนโครงสร้างพื้นสะพานด้านล่าง (แตกร้าว)	4-1	6
ตารางที่ 4.11 รูปชั้นส่วนโครงสร้างพื้นสะพานด้านล่าง (หลุดกะเทาะ)	4-1	7
ตารางที่ 4.12 รูปชั้นส่วนโครงสร้างพื้นสะพานด้านล่าง (หลุดลอก)	4-1	8
ตารางที่ 4.13 รูปชั้นส่วนโครงสร้างคาน (แตกร้าว)	4-	19
ตารางที่ 4.14 รูปชั้นส่วนโครงสร้างคาน (หลุดกะเทาะ)	4-	20
ตารางที่ 4.15 รูปชั้นส่วนโครงสร้างคาน (หลุดลอก)	4-2	1
ตารางที่ 4.16 รูปชั้นส่วนโครงสร้างตอม่อ (แตกร้าว)	4-2	2
ตารางที่ 4.17 รูปชั้นส่วนโครงสร้างตอม่อ (หลุดกะเทาะ)	4-2	3
ตารางที่ 4.18 รูปชั้นส่วนโครงสร้างตอม่อ (หลุดลอก)	4-2	4
ตารางที่ 5.1 แสดงแนวทางเลือกวิธีการซ่อมแซม	5-6	
ตารางที่ 6.1 แสดงขนาดคละของทราย	6-11	
ตารางที่ 9.1 สรุปสาเหตุความเสียหายและการแก้ไข	9-1	7
ตารางที่ 10.1 แสดงรายการแบบแปลนสำหรับการซ่อมแซมสะพาน	10-3	
ตารางที่ 11.1 แบบฟอร์มการประเมินราคาสำหรับงานซ่อมแซมสะพาน	11-2	

- ตารางที่ 11.2 ตัวอย่างใบแบบประเมินราคางานซ่อมแซมสะพาน 11-15
- ตารางที่ 11.2 แบบประเมินราคางานซ่อมแซมการซ่อมพื้น ทางเท้าและราวสะพาน 11-16
- ตารางที่ 11.3 แบบประเมินราคางานซ่อมแซมต่อม่อสะพานคอนกรีตสะพาน 11-18
- ตารางที่ 11.4 แบบประเมินราคางานซ่อมแซมคานคอนกรีตสะพาน 11-20

สารบัญแบบฟอร์ม

แบบฟอร์มที่	หน้า
แบบฟอร์มที่ 1 ผังแสดงตำแหน่งสะพาน	2-18
แบบฟอร์มที่ 2 ผังแสดงรูปตัดสะพาน	2-20
แบบฟอร์มที่ 3 แบบฟอร์มบันทึกลักษณะโครงสร้างสะพาน	2-22
แบบฟอร์มที่ 4 แบบฟอร์มบันทึกความเสียหาย	2-23
แบบฟอร์มที่ 5 แบบแสดงตำแหน่งและรูปภาพความเสียหาย	2-24

1.1 กรอบ ขอบข่ายของกลุ่มมือ

สะพานในสายทางโครงข่ายทางหลวงชนบท ซึ่งเป็นสะพานขนาดเล็ก ที่กรมทางหลวงชนบท ต้องรับผิดชอบดูแลหลายแห่งมีการชำรุดเสียหายเกิดขึ้น อันเนื่องมาจากการเสื่อมสภาพของวัสดุตามอายุการใช้งาน ลักษณะความเสียหายที่พบมีอยู่หลายประการ เช่น เกิดรอยแตกร้าวตามแนวยาวของพื้นสะพานที่มีระบบพื้นเป็นแบบแผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรงวางชิดติดกัน (Multibeam) ผิวคอนกรีตของเสาตอม่อ คานและพื้น เกิดการแตกร้าว หลุดลอก ก และเหล็กเสริมเป็นสนิมขุม บางแห่งเกิดความเสียหายอันเนื่องมาจากการกระทำของหน่วยแรง เช่นเสาเข็มในตอม่อตัมบริมเกิดแตกหักเสียหาย เนื่องจากแรงดันของดินถมคอสะพานและน้ำหนักบรรทุก ความเสียหายของตอม่อและระบบพื้นจากการทรุดตัวของฐานราก เป็นต้น

การแก้ไข ป้องกัน บรรเทาปัญหาเหล่านี้ ไม่ว่าจะเป็นการซ่อมแซมชั่วคราวเพื่อไม่ให้ความเสียหายลุกลาม หรือการซ่อมแซมเพื่อแก้ไขปัญหายาวถาวรนั้น มีความยุ่งยากอยู่สามประการสำคัญๆคือ

ประการแรก คือ ต้องแก้ไขหรือป้องกันให้ถูกต้อง ตรงกับสาเหตุแห่งปัญหา โดยจะต้องมีการสำรวจ ตรวจสอบสภาพทั่วไปในบริเวณพื้นที่ สภาพความเสียหาย และข้อมูลอื่นๆ วิเคราะห์หาสาเหตุ รวมทั้งประเมินระดับความรุนแรงของความเสียหายว่ากระทบกับความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างสะพานหรือไม่เพียงใด ซึ่งต้องอาศัยความรู้ และประสบการณ์อยู่พอสมควร

ประการที่สอง คือ ต้องเลือกใช้เทคนิค วิธีการและวัสดุที่เหมาะสม เนื่องจากเทคนิควิธีการ และวัสดุสำหรับงานซ่อมแซมนั้น มีให้เลือกใช้ได้หลากหลาย และมีความสะดวก เหมาะสม และค่าใช้จ่ายที่แตกต่างกันไป

ประการที่สาม คือ งานด้านการแก้ไขปัญหาค่าความเสียหาย มักเป็นกรณีเฉพาะตัว เนื่องจาก การเกิดความเสียหายแต่ละกรณีนั้น มักจะมีสภาพความเสียหาย ลักษณะ รูปแบบ สาเหตุ ความรุนแรง และข้อจำกัดต่างๆของพื้นที่ แตกต่างกันไป ดังนั้น ในการออกแบบเพื่อแก้ไขป้องกัน จึงยากที่จะกำหนดเป็นแบบมาตรฐานไว้ให้ครอบคลุมในทุกกรณี ทำได้ก็แต่เพียงเป็นแบบแนะนำ หรือแนวทางเลือกที่แนะนำไว้สำหรับกรณีที่มีกพบได้บ่อยๆ การตัดสินใจเลือกใช้วิธีการหรือวัสดุใดๆต้องอยู่บนพื้นฐานของความครบถ้วนในด้านข้อมูล องค์ความรู้ ความเข้าใจและประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติงานเป็นสำคัญ โดยเฉพาะกรณีความเสียหายที่เกิดจากการกระทำของหน่วยแรง ที่หากจะต้องดำเนินการซ่อมแซมจริงแล้ว ควรจะมีการสำรวจ ตรวจสอบ ทดสอบ วิเคราะห์และออกแบบเป็นกรณีๆไป

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ในคู่มือเล่มนี้ จึงขอกล่าวถึงเฉพาะกรณีของความเสียหายที่เกิดจากการเสื่อมสภาพของวัสดุก่อสร้าง ซึ่งมักจะพบได้บ่อยๆ ในสะพานขนาดเล็ก ในสายทางโครงข่ายทางหลวงชนบท ที่มีอายุการใช้งานมานาน และได้รับการดูแลบำรุงรักษาไม่ทั่วถึงเพียงพอ เนื่องจากมีรูปแบบ ลักษณะ และสาเหตุของความเสียหายที่ไม่หลากหลายจนเกินไปนัก อยู่ในวิสัยที่จะสามารถรวบรวม จัดหมวดหมู่ วิเคราะห์ นำเสนอเทคนิค วิธีการ และวัสดุที่ใช้สำหรับการแก้ไขป้องกัน เพื่อเป็นแนวทาง ชี้แนะสำหรับผู้ปฏิบัติงานให้สามารถนำมาพิจารณาประกอบการตัดสินใจเลือกใช้ได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม อีกทั้งการสำรวจ ตรวจสอบ เก็บข้อมูล ก็สามารถกระทำได้ด้วยการตรวจสอบด้วยสายตา หรืออาจใช้เครื่องมือ อุปกรณ์แบบพื้นฐานที่ไม่มีเทคนิคยุ่งยากนักเข้ามาช่วยในการสำรวจ ตรวจสอบ

1.2 องค์ประกอบของคู่มือ

คู่มือปฏิบัติงานซ่อมบำรุงสะพานนี้ ประกอบด้วย 6 ส่วนหลักๆ คือ

ส่วนแรก : การสำรวจ ตรวจสอบความเสียหาย

จะอธิบายเกี่ยวกับแนวทาง วิธีการสำรวจ ตรวจสอบ เก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งจะเน้นไปที่การตรวจสอบด้วยสายตา และการตรวจสอบโดยใช้เครื่องมือพื้นฐาน รวมทั้งแบบฟอร์มและตัวอย่างการกรอกแบบฟอร์มที่ใช้ในการตรวจสอบ ปรากฏในเนื้อหาของ **บทที่ 2**

ส่วนที่สอง : ความรู้เกี่ยวกับความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการเสื่อมสภาพของวัสดุ

จะอธิบายถึงรูปแบบ ลักษณะ สาเหตุของความเสียหาย การจัดกลุ่มของความเสียหาย ซึ่งแบ่งออกได้ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มความเสียหายแบบแตกร้าว กลุ่มความเสียหายแบบหลุดกะเทาะ และกลุ่มความเสียหายแบบหลุดลอก พร้อมภาพประกอบ รวมถึงการประเมินสภาพหรือประเมินสุขภาพสะพาน และการระบุระดับความรุนแรงของความเสียหาย ที่ได้กำหนดไว้ใน 4 ระดับ (A, B, C, D) ตามความจำเป็นของการซ่อมแซม ปรากฏในเนื้อหาของ **บทที่ 3** และ **บทที่ 4**

ส่วนที่สาม : ความรู้เกี่ยวกับเทคนิควิธีการ และวัสดุที่ใช้ในการซ่อม

จะอธิบายถึงเทคนิควิธีการหลักๆที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในการซ่อม ซึ่งมีอยู่ 3 แบบ คือ 1) การปะ (Patching) หรือการแทนที่ด้วยวัสดุใหม่ (Replacement) 2) การเกรตหรืออัดฉีดด้วยวัสดุซีเมนต์ความหนืดต่ำ และ 3) การซ่อมแซมและป้องกันสนิม นอกจากนี้ยังอธิบายถึงชนิด และประเภทของวัสดุ ที่จะสามารถเลือกนำมาใช้ในการซ่อมแซมให้เหมาะสมสำหรับแต่ละวิธี หรือแต่ละกรณีความเสียหาย ซึ่งเป็นเนื้อหาของ **บทที่ 5** และ **บทที่ 6**

ส่วนที่สี่ : ขั้นตอนการซ่อมแซมความเสียหาย

เป็นข้อแนะนำเกี่ยวกับขั้นตอนการซ่อมแซมความเสียหายลักษณะต่างๆ ทั้งการแตกร้าว การหลุดกะเทาะ การหลุดลอก สำหรับชิ้นส่วนโครงสร้างต่างๆ ของสะพาน ทั้งพื้นส่วนบน พื้นส่วนล่าง คาน (Cap Beam) คานรัด ตอม่อ และตอม่อตบริม พร้อมทั้งเครื่องมือที่ใช้ และหลักความปลอดภัย ซึ่งปรากฏในเนื้อหาของ **บทที่ 7** **บทที่ 8** และ **บทที่ 9**

ส่วนที่ห้า : ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับแบบแปลน และรายละเอียดประกอบแบบ

จะอธิบายถึงการจัดทำแบบแปลน ข้อกำหนด และรายละเอียดประกอบแบบต่างๆ ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการจัดทำแบบแปลนสำหรับการแก้ไขความเสียหายได้ต่อไป ปรากฏในเนื้อหาของ บทที่ 10

ส่วนที่หก : ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการประมาณราคาค่าใช้จ่าย

จะอธิบายถึงการประมาณราคาค่าใช้จ่าย สำหรับวิธีการแก้ไขต่างๆ ที่อยู่ในแบบแปลนแนะนำพร้อมตัวอย่างและข้อเสนอแนะ ทั้งนี้ ควรมีการตรวจสอบราคาต่อหน่วยของวัสดุให้เป็นปัจจุบันทุกครั้งที่มีการนำไปใช้งานจริง เนื่องจากราคาวัสดุอาจมีการเปลี่ยนแปลงไปได้ เนื้อหาส่วนนี้ปรากฏในเนื้อหาของ บทที่ 11

1.3 กลุ่มบุคคลผู้ใช้งานคู่มือ

ในกระบวนการปฏิบัติงานซ่อมบำรุงสะพานนี้ มีขั้นตอนที่เกี่ยวข้องโดยเฉพาะในส่วนที่เป็นงานด้านวิศวกรรมหลายขั้นตอน คือ

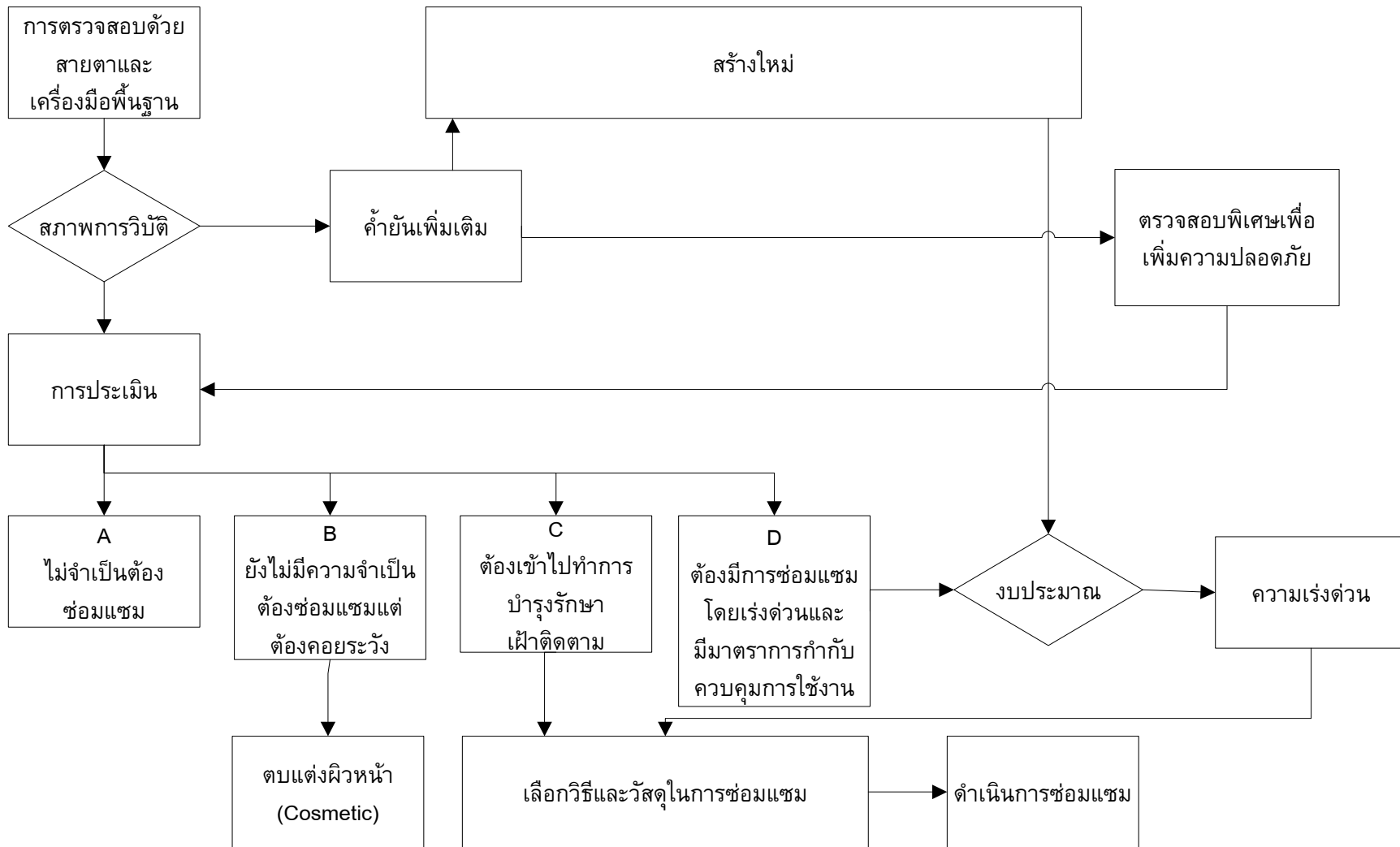
- 1) การสำรวจ ตรวจสอบ ทดสอบ เก็บรวบรวมข้อมูล
- 2) การวิเคราะห์สาเหตุความเสียหาย
- 3) การประเมินสภาพของสะพาน และการระบุระดับความรุนแรงของความเสียหาย
- 4) การเลือกวิธีการ วัสดุที่ใช้ในการซ่อมแซม การจัดทำแบบแปลน และประมาณราคา
- 5) การวางแผนงานซ่อม และควบคุมการดำเนินการซ่อม

การปฏิบัติงานนี้ ต้องใช้บุคลากรหลายคนประกอบกันเป็นทีมงาน ภายใต้การกำกับ ควบคุมของวิศวกร หรือช่างผู้ชำนาญงาน ซึ่งควรมีความรู้ความเข้าใจ และประสบการณ์ในด้านวิศวกรรมโครงสร้าง และการก่อสร้างพอสมควร โดยเฉพาะในขั้นตอนการตรวจสอบข้อมูล วิเคราะห์สาเหตุ ประเมินสภาพสะพาน วิเคราะห์ระดับความรุนแรง การตัดสินใจเลือกวิธีการ วัสดุที่ใช้ในการซ่อมแซม การออกแบบ คำนวณตรวจสอบความปลอดภัย การวางแผนงานซ่อม และควบคุมการดำเนินการซ่อมแซม ฯลฯ

ดังนั้น คู่มือปฏิบัติงานสะพานนี้ จึงเหมาะสำหรับวิศวกร หรือช่างผู้ชำนาญงาน หรือผู้ที่ได้รับการฝึกอบรมการใช้งานคู่มือเป็นอย่างดีแล้ว เพื่อให้สามารถนำคู่มือไปใช้งานได้ถูกต้องเหมาะสม

1.4 ผังกระบวนการงานซ่อมบำรุงสะพาน

เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานได้เข้าใจถึงภาพรวมของกระบวนการงานซ่อมบำรุงสะพาน จึงได้จัดทำ เป็นผังแสดงขั้นตอน กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการซ่อมบำรุงสะพาน ตั้งแต่การตรวจสอบ วิเคราะห์และประเมินระดับความเสียหายของสะพาน แนวทางการเลือกวิธีการและวัสดุ ไปจนถึงการดำเนินการซ่อมแซม ดังแสดงไว้ในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 ผังกระบวนการงานซ่อมบำรุงสะพาน

คำอธิบายผัง ก่อนนำมาสู่กระบวนการซ่อมแซมสะพานคอนกรีตเสริมเหล็กจากการเสื่อมสภาพของวัสดุ

1) การตรวจสอบสะพานด้วยสายตาและเครื่องมือพื้นฐาน

การสำรวจและตรวจสอบเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลความเสียหายของสะพาน มีความสำคัญอย่างยิ่ง ซึ่งจะช่วยให้การ ประเมินสภาพ ความเสียหาย ระดับความรุนแรง และสาเหตุได้ อย่างถูกต้อง นำไปสู่การตัดสินใจดำเนินการในขั้นตอนต่อไป เช่น ทำการแก้ไขหรือทำการป้องกันที่มีค วามถูกต้อง ปลอดภัย ประหยัด คุ่มค่า การตรวจสอบความเสียหายของสะพานทำได้หลายวิธี แต่ในที่นี้จะกล่าวถึง เฉพาะ 2 วิธีคือ การตรวจสอบสะพานด้วยสายตาและการตรวจสอบทางกายภาพโดยการใช้เครื่องมือ พื้นฐาน

ในการเข้าทำการตรวจสอบสะพานด้วยสายตาและเครื่องมือพื้นฐาน ถ้าในเบื้องต้นพบว่า สะพานมีสภาพการวิบัติ ความเสียหายรุนแรง ส่งผลต่อความสามารถในการรับน้ำหนักของโครงสร้าง สะพาน เช่น เสาดม่อขาด หรือพื้นสะพานหัก จะต้องทำการค้ำยันเพิ่มเติมให้มีความปลอดภัย และ ติดตั้งป้ายเตือน และ/หรือสิ่งกีดขวางเพื่อจำกัดน้ำหนักบรรทุก หรือทำการปิดการจราจรแล้วแต่กรณี ก่อนนำไปพิจารณาตรวจสอบและประเมิน ว่าจะสามารถทำการซ่อมแซมได้หรือไม่ หรือจะต้อง ตัดสินใจให้ดำเนินการก่อสร้างใหม่ บางครั้งอาจดำเนินการได้ทั้งสองกรณี ซึ่งจำเป็นที่จะต้องพิจารณา เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายและความคุ้มค่าก่อนทำการตัดสินใจ เมื่อตัดสินใจเลือกคำตอบแล้วจึงจะนำไป พิจารณาตั้งงบประมาณเพื่อดำเนินการต่อไปตามความเร่งด่วนของแต่ละกรณี

2) การประเมินความเสียหาย

เมื่อดำเนินการตรวจสอบสะพานแล้ว จะต้องทำการจำแนกลักษณะความเสียหายของแต่ละ ชั้นส่วนของโครงสร้างสะพาน ทำการวิเคราะห์สาเหตุความเสียหายที่เกิดขึ้นกับสะพาน แล้วจึงทำการ ประเมินสภาพสะพาน และระบุระดับความเสียหายของสะพานในแต่ละชั้นส่วนของโครงสร้าง ที่ได้ กำหนดไว้ใน 4 ระดับตามความจำเป็นของการซ่อมแซม คือ A B C และ D ในกรณีที่ต้องดำเนินการ ซ่อมแซม จะต้องดำเนินการเลือกวิธีการซ่อมแซมและวัสดุที่ใช้ในการซ่อมแซม ให้ตรงตามลักษณะ และสาเหตุของความเสียหายแล้ว ทำการประเมินราคาเบื้องต้นตามแนวทางที่กำหนดไว้ในคู่มือ ปฏิบัติงานซ่อมบำรุงสะพาน

3) การพิจารณาจัดงบประมาณและจัดลำดับความเร่งด่วน

จากราคาประมาณการในการซ่อมแซมที่ได้ในขั้นตอนข้างต้น บางกรณีอาจต้องพิจารณา เปรียบเทียบความคุ้มค่ากับการก่อสร้างสะพานใหม่ พิจารณาความเร่งด่วนในการดำเนินงาน เพื่อ เลือกผลที่ดีที่สุด ก่อนที่จะนำไปกำหนดในแผนงานจัดหางบประมาณในการซ่อมแซมต่อไป

4) การเลือกวิธีการและวัสดุที่ใช้ในการซ่อมแซม

ในกรณีที่ต้องดำเนินการซ่อมแซมและได้รับการจัดสรรงบประมาณแล้ว จะต้องนำมาทบทวน วิธีการซ่อมแซมและการเลือกใช้วัสดุในการซ่อมแซม จัดทำแบบและรายละเอียดในการซ่อมแซม โดย

สามารถดูแนวทางการซ่อมแซมได้จากคู่มือปฏิบัติการซ่อมบำรุงสะพาน ก่อนนำไปดำเนินการซ่อมแซม หรือการจัดจ้างตามระเบียบข้อต่อไป

5) ดำเนินการซ่อมแซม

เนื่องจากงานซ่อมแซมคอนกรีตจากการเสื่อมสภาพ เป็นงานที่มีความละเอียดสูงกว่างานก่อสร้างทั่วไป การจะทำงานให้มีประสิทธิภาพตามข้อกำหนด ในการดำเนินการซ่อมแซมจะต้อง ระมัดระวังในการทำงานทั้งเรื่องกระบวนการในการทำงาน ความปลอดภัยในการทำงาน การจัดการจราจรและการป้องกันอุบัติเหตุ

1.5 ข้อมูลในแผ่น CD

ในคู่มือนี้จะประกอบด้วยแผ่น CD ข้อมูลจำนวน 2 แผ่น

ข้อมูลที่บรรจุอยู่ในแผ่น CD แผ่นที่ 1 ประกอบด้วย

- 1) คู่มือปฏิบัติการซ่อมบำรุงสะพานทั้งหมด แสดงไว้ใน DOC. File และ PDF. File
- 2) แบบที่ใช้ในการประมาณราคาและซ่อมแซม แสดงไว้ใน CAD. File และ PDF. File

ข้อมูลที่บรรจุอยู่ใน CD แผ่นที่ 2 ประกอบด้วย เอกสารประกอบซึ่งเป็นข้อมูลทางเทคนิคของวัสดุที่ใช้ในการซ่อมแซม แสดงไว้เป็น PDF. File

10

การเตรียมแบบแปลนซ่อมแซม

ในบทนี้จะกล่าวถึง การจัดเตรียมแบบแปลนที่จะใช้ในการซ่อมแซมสะพาน พร้อมแสดงรายการประกอบแบบและขั้นตอนวิธีการซ่อมสะพาน

10.1 รายการแบบแปลน

การที่จะทำการประมาณราคาหรือทำการซ่อมแซมสะพาน หรือทำการก่อสร้างจะต้องมีแบบก่อสร้างและรายการประกอบแบบ เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถทำความเข้าใจกับแบบก่อสร้างได้ง่าย และสามารถนำไปใช้ในการประมาณราคาเพื่อการซ่อมแซมได้ต่อไป จึงทำการจัดแบ่งแบบแปลนออกเป็น 3 กลุ่มหลักคือ

- 1) รายการประกอบแบบ
- 2) แบบแสดงขั้นตอนการซ่อมแซม
- 3) แบบแสดงรายละเอียดสำหรับการซ่อมแซม

กลุ่มที่ 1 รายการประกอบแบบ ประกอบด้วย

- สารบัญแบบ
- สัญลักษณ์
- รายการทั่วไปคอนกรีต
- รายการประกอบแบบ
- รายการทั่วไปเหล็ก
- รายการปรับปรุงซ่อมแซมตอม่อสะพาน
- รายการค้ำยัน

กลุ่มที่ 2 แบบแสดงขั้นตอนการซ่อมแซม ประกอบด้วย

- ขั้นตอนการซ่อมแซมพื้นสะพาน
- ขั้นตอนการซ่อมแซมตอม่อสะพาน
- ขั้นตอนการซ่อมแซมรอยร้าว
- ขั้นตอนการซ่อมแซมคานสะพาน
- ขั้นตอนการซ่อมแซมตอม่อสะพานด้วยการอัดฉีดน้ำยาเกรธาท์
- ขั้นตอนการซ่อมแซมโดยการตัดเสาตอม่อ
- ขั้นตอนการซ่อมแซมโดยการตัดเสาตอม่อ
- ขั้นตอนการซ่อมแซมโดยการไม่ตัดเสาตอม่อ

- ขั้นตอนการซ่อมแซม ตอม่อสะพาน
- ขั้นตอนการซ่อมแซมโดยการไม่ตัด
- ด้วยการเทคอนกรีต
- เสาคอม่อ

กลุ่มที่ 3 แบบแสดงแบบก่อสร้าง ประกอบด้วย

- แปลนสะพาน
- รูปตัดตามขวาง
- รูปตัดตามยาว
- รายละเอียดการเตรียมผิวคอนกรีต
- การซ่อมตอม่อชนิดบ่อจมน
- การซ่อมตอม่อตบิริมที่เสียหายเล็กน้อย
- รายละเอียดการซ่อมตอม่อ
- รายละเอียดการซ่อมพื้นใต้ทางเท้า
- รายละเอียดการซ่อมพื้นด้านข้าง
- รายละเอียดการซ่อมตอม่อตบิริม
- รายละเอียดการซ่อมคานสะพานและราวสะพาน

โดยได้กำหนดรายชื่อและเลขที่แบบของกลุ่มต่างๆ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 10.1 และแบบมาตรฐานที่เตรียมไว้อาจไม่ครอบคลุมทุกกรณีของความเสียหาย ซึ่งวิศวกร ผู้รับผิดชอบอาจพิจารณาปรับปรุง หรือประยุกต์เพิ่มเติมได้ต่อไป

ตารางที่ 10.1 แสดงรายการแบบแปลนสำหรับการซ่อมแซมสะพาน

กลุ่มที่ 1 รายการประกอบแบบ		กลุ่มที่ 2 ขั้นตอนการซ่อมแซม		กลุ่มที่ 3 แบบก่อสร้าง	
ชื่อแบบ	แบบเลขที่ *	ชื่อแบบ	แบบเลขที่ *	ชื่อแบบ	แบบเลขที่ *
สารบัญแบบ	001	ขั้นตอนการซ่อมแซมพื้นสะพานด้านบน	008	แปลนสะพาน	018
รายการทั่วไปคอนกรีต	002	ขั้นตอนการซ่อมแซมท้องพื้นสะพาน	009	รูปตัดตามขวาง	019
รายการทั่วไปเหล็ก	003	ขั้นตอนการซ่อมแซมรอยร้าวด้วยการอัดฉีด น้ำยาเกรธาท์	010	รูปตัดตามยาว	020
รายการค้ำยัน	004	ขั้นตอนการซ่อมแซมคานสะพาน	011	รายละเอียดการเตรียมผิวคอนกรีต	021
สัญลักษณ์	005	ขั้นตอนการซ่อมแซมตอม่อสะพาน ด้วยการเทคอนกรีต	012	การซ่อมตอม่อชนิดบ่อจม	022
รายการประกอบแบบ	006	ขั้นตอนการซ่อมแซมตอม่อสะพาน ด้วยการอัดฉีดน้ำยาเกรธาท์	013	การซ่อมตอม่อตบิรมที่เสียหาย เล็กน้อย	023
รายการปรับปรุงซ่อมแซมตอม่อ สะพาน	007	ขั้นตอนการซ่อมแซมโดยการตัดเสาทอม่อ	014	รายละเอียดการซ่อมตอม่อ	024
		ขั้นตอนการซ่อมแซมโดยการตัดเสาทอม่อ	015	รายละเอียดการซ่อมพื้นใต้ทางเท้า	025
		ขั้นตอนการซ่อมแซม โดยการไม่ตัดเสา ตอม่อ	016	รายละเอียดการซ่อมพื้นด้านข้าง	026
		ขั้นตอนการซ่อมแซม โดยการไม่ตัดเสา ตอม่อ	017	รายละเอียดการซ่อมตอม่อตบิรม	027
				รายละเอียดการซ่อมคานสะพานและ ราวสะพาน	028

* เลขที่แบบให้อ้างอิงเฉพาะในคู่มือเล่มนี้

กลุ่มที่ 1 รายการประกอบแบบ

001 สารบัญแบบ

002 รายการทั่วไปคอนกรีต

003 รายการทั่วไปเหล็ก

004 รายการค้ำยัน

005 สัญลักษณ์

006 รายการประกอบแบบ

007 รายการปรับปรุงซ่อมแซมต่อม่อสะพาน

สารบัญแบบ	แผ่นที่
รายการทั่วไป คอนกรีต	1
รายการทั่วไป เหล็ก	2
รายการค่าอื่น	3
สัญลักษณ์	4
TOP SLAB SURFACE PREPARATION	5
BOTTOM SLAB SURFACE PREPARATION	6
EPOXY INJECTION	7
BEAM SURFACE PREPARATION	8
COLUMN SURFACE PREPARATION	9
JACKING METHOD OR PRE-PACKED AGGREGATE METHOD	10
รายการปรับปรุงช่องแฉกคอนกรีตสะพาน ค.ส.ล.	11
รายการประกอบแบบ	12
รูปตัดตามยาว สะพาน ค.ส.ล.	13
รูปตัดตามขวางแสดงการซ่อมสะพาน	14
การซ่อมโดยการตัดเสาตอม่อ Step 1-4	15
การซ่อมโดยการตัดเสาตอม่อ Step 5-8	16
การซ่อมโดยขุดเสาตอม่อ Step 1-4	17
การซ่อมโดยขุดเสาตอม่อ Step 5-8	18
REPAIR PROCEDURES FOR MINOR DETERIORATED CONCRETE ABUTMENT	19
การซ่อมตอม่อเหล็ก (CAISSON)	20
รายละเอียดการเสริมเหล็กคอนกรีต	21
รายละเอียดการซ่อมคอนกรีต	22
รายละเอียดการซ่อมที่ไม้ค้ำยัน	23

 ภาควิชาวิศวกรรมจราจร คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	สารบัญแบบ		
	จำนวน	-	
อนุมัติ วันที่ 15 August 25 2024	ราคา	-	
	ชนิดอื่น	-	
	ไฟล์ format: pdf	ขนาด file	หน้า o

รายการทั่วไปคอนกรีต

1. รายการทั่วไป

- 1.1 สลักรวมหรือคอนกรีตแบบสำเร็จรูปทั่วทั้งรูปทรง HS20-44 ตามมาตรฐาน AASHTO
- 1.2 มีลักษณะเป็นมวล นอกจากรูปเป็นอย่างอื่นในรูปแบบ และใช้คอนกรีตทำกับวิธีปฏิบัติการวัดระยะทาง
- 1.3 วัสดุต่าง ๆ สำหรับทำก่อสร้าง ก่อสร้างใหม่หรือซ่อมแซมการรื้อถอน และใช้ในความแข็งแรงของวัสดุคอนกรีตก่อน วัสดุเสริมกำลังการเสริมคอนกรีตใหม่มาตรฐานเสริมด้วยลวดลวดเสริม (REB.) การหล่อและพิจารณาคุณสมบัติ ให้ค่าวัสดุต่าง ๆ ไว้ในรายการก่อสร้าง วัสดุปฏิบัติการข้อกำหนด มอก. สำหรับวัสดุเสริม ทากายหลังการปลูก วัสดุใหม่ไว้ในรายการก่อสร้าง วัสดุซ่อมแซมคอนกรีตหรือปูนก่อผนัง มอก. ผู้รับจ้างต้องเก็บหลักฐาน ความเสียหาย หรือความเสียหายที่เกิดขึ้น
- 1.4 ผู้รับจ้างต้องทำการหล่อแบบ และรายการต่าง ๆ ให้เป็นที่ถูกต้อง หรือที่ว่างขึ้นก่อนการปฏิบัติงาน โดยเหมาะสม วัสดุซ่อมแซมงานก่อสร้างและรายการ โดยผู้รับจ้างต้องส่งขึ้นก่อนการปฏิบัติงานช่างของช่างเทคนิค โดยไม่เก็บค่าวัสดุเป็นการเฉพาะ หากมีความจำเป็นจะต้องส่งมอบแก่ช่างเทคนิค โดยไม่ต้องทำ วัสดุเสริมกำลังของวัสดุรับจ้าง ที่จะต้องทำขึ้น โดยความแข็งแรงตามคณะกรรมการก่อสร้าง
- 1.5 รายการที่ไม่มีค่าพิเศษในรูปแบบ หรือกำหนดไว้ชัดเจน หรือมีปัญหาในการก่อสร้าง หรือไม่มีใบปลิวผลิตภัณฑ์ ให้ดำเนินการตามข้อกำหนดของคณะกรรมการก่อสร้าง
- 1.6 สลักรวมต่าง ๆ เช่น โฟมโฟม, โกลด์, ปะปาย, ทรายทรายดำ เป็นต้น ที่อยู่ในบริเวณก่อสร้างและเป็นอุปกรณ์ก่อสร้างหรือวัสดุรับจ้างต้องดำเนินการติดต่อก่อนการรับใช้ของวัสดุรับจ้าง, วัสดุไม่มีใบปลิวผลิตภัณฑ์ก่อสร้าง โดยค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ให้เป็นของผู้รับจ้างทั้งสิ้น

2. REB. ชนิด

- 2.1 วัสดุเสริมกำลังที่ใช้ในรายการก่อสร้างทั้งหมด ไม่ใช่รูปเสริมกำลังแบบเสริม คอนกรีตเสริมด้วยลวดลวดเสริม มอก.15
- 2.2 มวลรวมที่ใช้เสริมคอนกรีต โกลด์, หิน, แลกราย, คอนกรีต, ทรายทราย, และหินทรายดำในปริมาณ ซึ่งต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐานเสริมด้วยลวดลวดเสริม มอก.566
- 2.3 วัสดุเสริมคอนกรีต ต้องเป็นวัสดุที่สะอาด ไม่มีสิ่งที่เป็นอันตรายต่อคุณสมบัติของคอนกรีต และต้องเก็บ
- 2.4 สารผสม (ADMIXTURES) ที่ใช้กับคอนกรีต ต้องส่งมอบเอกสารข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุ หากมีการใช้ ต้องได้รับการอนุมัติจากผู้รับจ้างก่อน
- 2.5 ชนิดและค่าของคอนกรีตที่ใช้ในกรณีก่อสร้าง มีดังนี้ คือ R1, R2, R3 และ R4 ดังนี้ตารางต่อไปนี้ และหากไม่มีกำหนดเป็นอย่างอื่น คอนกรีตที่ใช้ในกรณีก่อสร้างทั่วไปใช้ ชนิด R1

ชนิดของคอนกรีต	จำนวนรูเสริมคอนกรีตที่ใช้ (เป็นไม้กลม) ต่อหนึ่งเมตรยาว	แรงอัดประลัยค่าของคอนกรีตเสริมคอนกรีต ที่อายุ 28 วัน (เป็นไม้กลม/ตารางหนึ่งเมตร)	
		ศูนย์กลาง	ขอบนอก
		15x15x15 ซม.	φ 15x130 ซม.
R1	290	180	145
R2	320	240	200
R3	350	300	250
R4	400	420	350

- 2.6 วัสดุเสริมขนาด 2 ซม. ตามคุณสมบัติของช่างคอนกรีตที่ออกแบบไว้ก่อนหน้า


- 2.7 ค่าการยุบตัวของคอนกรีต (SLUMP) สำหรับงานก่อสร้างชนิดต่าง ๆ เมื่อใช้วิธีของสี่เหลี่ยม คือต้องไม่ต่ำกว่าค่าเหล่านี้ตาราง

ชนิดของงานก่อสร้าง	ค่าการยุบตัว (ซ.ม.หนึ่งเมตร)	
	สูงสุด	ต่ำสุด
ฐานราก	7.5	5
ผนังรับ, ฝา, ผนัง ผนัง	10	5
เสา	12.5	5
คาน ผนัง, และผนัง	15	5

- 2.8 วัสดุเสริมคอนกรีตค่าของคอนกรีตเสริมคอนกรีต ที่ใช้กับงานก่อสร้างชนิดต่าง ๆ โดยผู้รับจ้างพิจารณาคุณสมบัติก่อนนำไปก่อสร้าง
- 2.9 วัสดุเสริมคอนกรีตที่รับเรียบ ไม่ทราบรูปแบบคอนกรีตเสริมได้ คือผู้รับจ้างต้องมีแบบหรือผู้รับจ้างต้องมีแบบสำหรับคอนกรีตเสริมคอนกรีตเสริมได้ จะต้องแจ้งให้ทราบ และส่งชื่อผู้รับจ้างก่อนเป็นที่ยอมรับ
- 2.10 วัสดุเสริมคอนกรีต หรืออุปกรณ์เสริมที่ใช้ในการก่อสร้างแบบคอนกรีตเสริม จะต้องได้รับการอนุมัติ โดยช่างเทคนิค ซึ่งช่างเทคนิคที่ใช้ชื่อแบบดังกล่าวออกจากบริษัทคอนกรีตเสริมได้เป็นของอีกบริษัทอื่นกว่า 1 ซม. จากบริษัทคอนกรีตเสริมได้ที่ไม่มีความเสียหายซึ่งมีกับบริษัทคอนกรีตเสริมได้เอง หรือช่างเทคนิค ที่บริษัทช่างเทคนิคหรือผู้รับจ้างอื่นแบบ จะต้องได้รับการอนุมัติจากผู้รับจ้างก่อน และต้องมีใบปลิวผลิตภัณฑ์ โดยบริษัทคอนกรีตเสริมได้ของบริษัทอื่น
- 2.11 การหล่อคอนกรีตต้องส่งมอบทั้งหมด ถ้าจำเป็นจะต้องมีของคอนกรีตเสริมได้ จะต้องจัดส่งใบปลิวของของของผู้รับจ้างและเป็นแบบ
- 2.12 เมื่อพ้นระยะเวลา 24 ชั่วโมงหลังคอนกรีต ผู้รับจ้างต้องทำการเสริมคอนกรีตเสริมได้ไม่น้อยกว่า 7 วัน
- 2.13 ในกรณีที่ใช้คอนกรีตเสริมได้ ทำไม้เสริมคอนกรีตเสริมได้ ชนิดที่เสริมคอนกรีตเสริมได้ ผู้รับจ้างต้องส่งเอกสารข้อมูลและส่วนเสริม เพื่อให้เข้าใจถึงวัตถุประสงค์ของการเสริมคอนกรีตเสริมได้ ให้กับผู้รับจ้างพิจารณาคุณสมบัติก่อนดำเนินการ

3. วัสดุก่อสร้างทั่วไป

- 3.1 วัสดุ PVC คอนกรีตเสริมคอนกรีตเสริมด้วยลวดลวดเสริม มอก.17 ที่อุณหภูมิ 8.5
- 3.2 วัสดุการเชื่อมคอนกรีต (JOINT SEALER) เป็นแบบยึดหยุ่นชนิดอ่อน ใช้กับคอนกรีตเสริมด้วยลวดลวดเสริม มอก. 479
- 3.3 วัสดุของคอนกรีต (JOINT FILLER) เป็นวัสดุที่รับน้ำหนักของคอนกรีตเสริมได้ คือต้องเป็นแบบยึดหยุ่นชนิดอ่อนหรือรับน้ำหนักได้ มีขนาดยาว ความสูง รูปแบบ ถ้าหากใช้ของคอนกรีตเสริมได้มีมากกว่า 1 เมตร จะต้องเป็นสายที่ต่อเนื่องกัน

บริษัท		รายการใบเสนอราคา	
 บริษัท ไทยปูน จำกัด 151 หมู่ 10 ตำบล บางพลี อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ	เลขที่ใบเสนอราคา		
	วันที่		
	วันที่		
	วันที่		
	วันที่	รวม	รวม

รายการทั่วไปเหล็ก

4. เหล็ก

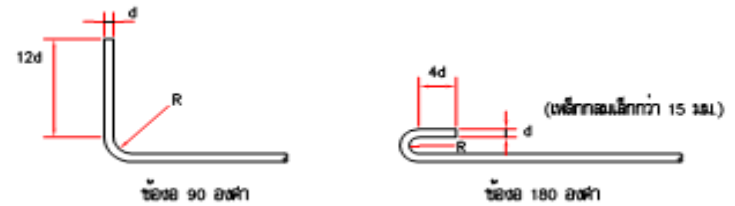
- 4.1 เหล็กกลมเรียบ (ROUND BAR) สัญลักษณ์ RB ใช้ชื่อคุณภาพ SR-24 ตาม มอก. 20
- เหล็กข้ออ้อย (DEFORMED BAR) สัญลักษณ์ DB ใช้ชื่อคุณภาพ SR-30 ตาม มอก. 24
- 4.2 ช่องว่างระหว่างเหล็กเสริม ในแนวราบโดยทั่วไปจะต้องไม่น้อยกว่า 1.5 เท่า ของเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กเสริม หรือ 1.5 เท่าของขนาดที่ใหญ่ที่สุดของมวลรวมคอนกรีต แต่ทั้งสองค่าต้องไม่น้อยกว่า 3 ซม. นอกจากนั้นเป็นอย่างไรมีในแบบ
- 4.3 ช่องว่างของเหล็กเสริมในแนวตั้งซึ่งซ้อนกัน ไม่น้อยกว่า 2.5 ซม. สำหรับเหล็กเส้นเดี่ยว หรือไม่น้อยกว่า 4.0 ซม. สำหรับเหล็กเส้นกลุ่ม
- 4.4 นอกจากระบุเป็นอย่างอื่นในแบบ ให้ใช้คอนกรีตชนิดที่ 1 สำหรับเหล็กเสริมที่อยู่ใกล้ผิวคอนกรีตที่อยู่ผิวระนาบภายในและชนิดที่ 2 สำหรับเหล็กเสริมที่อยู่ผิวระนาบภายนอก
- 4.4.1 สำหรับเสาเข็มคอนกรีต ทน 5 ซม.
- 4.4.2 สำหรับคอนกรีตอัดแรงที่มีเหล็กเสริมทน 5 ซม. สำหรับเสาเข็ม ทน 5 ซม.
- 4.4.3 สำหรับคานคอนกรีตอัดแรง ทน 2.5 ซม.
- 4.4.4 สำหรับคานและพาดคอนกรีตเสริมเหล็ก ผิวล่างเสาพื้น ทน 2.5 ซม. และผิวบนเสาพื้น ทน 3.5 ซม.
- 4.4.5 สำหรับคานค้ำหลังคาเสาพื้น ทน 2.5 ซม.
- 4.4.6 สำหรับคานค้ำช่อเสาพื้น ทน 2.5 ซม.
- 4.4.7 สำหรับ APPROACH SLAB สำหรับมีดัดคอนกรีต 5 ซม.
- 4.4.8 สำหรับกำแพงกันดินและโครงสร้างรับการขุดเจาะ ส่วนที่มีดัดคอนกรีต 5 ซม.
- 4.4.9 สำหรับคานคอนกรีตเสริมเหล็กชั้น 1 ที่มีมีดัดคอนกรีตความชื้น ทน 2.5 ซม.
- 4.5 สลวดเหล็กอ่อนแรงชนิดเส้นเล็ก (PC WIRE) ใช้ชื่อสัญลักษณ์ ที่ระดับหรือความถี่ มอก.95
- 4.6 สลวดเหล็กชนิดใยกลัด 7 เส้น ที่ระบุในแบบก่อสร้าง สามารถใช้กับชนิดชนิดอื่นที่รับแรงดึง มอก.420
- 4.7 เหล็กโครงสร้างรูปพรรณ โฉมดีคุณภาพมาตรฐานเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ มอก.116 ที่คุณภาพ Fe24
- 4.8 การดัดเหล็กเสริม ให้ใช้วิธีดัดยก ค่าแรงดัดการดัดเหล็กเสริมแต่ละเส้นต้องอยู่ข้างเดียวกัน ต้องอยู่ในแนวเดียวกัน รายการดัดเหล็กเสริมให้ใช้ตามมาตรฐาน ACI 318 M-95 ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ขนาดของเหล็กเสริม	รายการสำหรับคอนกรีต ประเภท R2 และ R3			รายการสำหรับคอนกรีต ประเภท R4		
	เหล็กเสริมรับแรงอัด (ซม.)	เหล็กเสริมรับแรงดึง		เหล็กเสริมรับแรงอัด (ซม.)	เหล็กเสริมรับแรงดึง	
		เหล็กบน ^x (ซม.)	เหล็กล่าง _n (ซม.)		เหล็กบน ^x (ซม.)	เหล็กล่าง _n (ซม.)
RB6	30	40	40	30	40	40
RB9	30	40	40	30	40	40
DB10	30	65	50	30	55	45
DB12	33	80	60	35	65	50
DB16	45	100	80	45	85	65
DB20	55	125	100	55	100	85
DB25	70	200	150	70	170	130
DB28	80	225	175	80	190	145
DB32	90	260	200	90	215	170

^x เหล็กบนของชายฝั่งเหล็กเสริมที่มีคอนกรีตอยู่ใต้เหล็กเสริมนั้นไม่น้อยกว่า 30 ซม.

4.9 การดัดเหล็ก

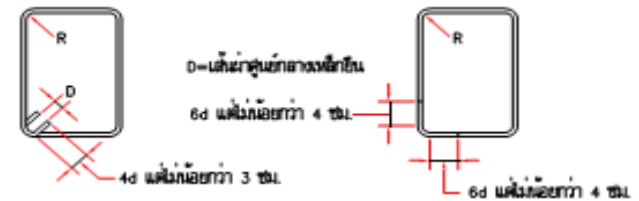
4.9.1 การดัดเหล็กใช้วิธีดัดเป็น โค้งรูป



สำหรับ 90 องศา
 R ไม่น้อยกว่า $2.0 d$ สำหรับเหล็กเส้นกลุ่ม
 R ไม่น้อยกว่า $2.5 d$ สำหรับเหล็กข้ออ้อย

4.9.2 การดัด 90 องศา ให้ได้กับเหล็กข้ออ้อยทุกขนาด และเหล็กเส้นกลุ่มขนาดตั้งแต่ 15 มม. ขึ้นไป

4.9.3 การดัดเหล็กปลายคาน แล่นเสา ใช้เหล็กขนาด 6 มม. หรือ 9 มม. ให้ปฏิบัติตามดังนี้



$D = 2R$
 $R = 2.0$ ซม. สำหรับเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 มม.
 $R = 1.5$ ซม. สำหรับเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 19 มม.-25 มม.
 $R = 1.0$ ซม. สำหรับเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มม.-16 มม.

 กระทรวงศึกษาธิการ สำนักงาน สำนักช่างเทคนิค 101 หมู่ 10 ต.บางพลีใหญ่ อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ	รายการรับเงิน		
	จำนวน	-	
	บาท	-	
	สตางค์	-	
รับเงิน	รวม	บาท	สตางค์

รายการคำย่อ

คำย่อ	รายละเอียด
A	AREA, พื้น
AASHTO	THE AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTION OFFICIALS
ASTM	AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS
AH.	AHEAD
AZ.	AZIMUTH
BK.	BACK
B.T.	BACK TRAVERSE
B.M., ไม้	BENCH MARK, หนองน้ำถาวร
CL	CENTRE LINE, แนวศูนย์กลาง
C	CUT
CM., ซม.	CENTIMETER, เซนติเมตร
C.B.R.	CALIFORNIA BEARING RATIO
Δ	DEFLECTION ANGLE OR CENTRAL ANGLE
rd	DRY DENSITY
φ	DIAMETER
D	DEGREE OF CURVE
E	EXTERNAL DISTANCE OF SIMPLE CURVE OR EAST
ELEV.	ELEVATION, ๑๑๑
F	FILL
F.S.	FULL SUPERELEVATION
F.T.	FORWARD TRAVERSE
HOWLS.	HEADWALLS
H.C.	HALF CROWN
IN. OR "	INCH.
I.D.	INSIDE DIAMETER
INV.	INVERT
K.P.H.	KILOMETER PER HOUR
KM., กม.	KILOMETER, กิโลเมตร

คำย่อ	รายละเอียด
KG., กก.	KILOGRAM, กิโลกรัม
L	LENGTH OF HORIZONTAL CURVE
LT.	LEFT, ซ้ายมือ
M., ม.	METERS, เมตร
M. ² , ม. ²	SQUARE METER, ตารางเมตร
M. ³ , ม. ³	CUBIC METER, ลูกบาศก์เมตร
MM. ² , มม. ²	SQUARE MILLIMETER, ตารางมิลลิเมตร
MAX.	MAXIMUM
M.O.	MIDDLE ORDINATE
MIN.	MINIMUM
N.	NAL OR NORTH
N.C.	NORMAL CROWN
NO.	NUMBER
OPT.M.C.	OPTIMAUM MOISTRUE CONTENT
%	PERCENT
P.C.	POINT OF CURVATURE
P.I.	POINT OF INTERSECTION
P.O.T.	POINT ON TANGENT
P.O.S.T.	POINT OF SUB TANGENT
P.T.	POINT OF TANGENT
P.R.C.	POINT OF REVERSE CURVE
P.C.C.	POINT OF COMPOUND CURVE
P.V.C.	POINT OF VERTICAL CURVE
P.V.I.	POINT OF VERTICAL INTERSECTION
P.V.T.	POINT OF VERTICAL TANGENT
P.V.R.C.	POINT OF VERTICAL REVERSE CURVE
R	RADIUS OF CURVATURE
R.C.	REMOVER ADVERSE CROWN
R.P.	REFERENCE POINT

คำย่อ	รายละเอียด
R.T.	RIGTH, ซ้ายมือ
S	SOUTH
STA.	STATION
SE.	SUPERELEVATION
SL	SPUR LINE
T.	TANGENT LENGTH
Ts.	TRANSITION LENGTH
V.	VOLUME, SPEED
V.C.	LENGTH OF VERTICAL CURVE
W.	WDENING OR WEST
พช. ร.๑๒.	พจนานุกรมพจนานุกรมวิศวกรรม

 กรมการช่าง กรมการช่าง กรมการช่าง	กรมการช่าง		
	กรมการช่าง	-	
	กรมการช่าง	-	
	กรมการช่าง	-	
กรมการช่าง	กรมการช่าง	กรมการช่าง	กรมการช่าง

สัญลักษณ์

สัญลักษณ์	รายละเอียด
	หยุดชั่วคราว
	หยุดหลักฐานการระดับ
	แนวรั้วลวด สปัน , ลูกรัง
	ท่อกลม ค.ส.ล. (ท่อวางรังไหม , ท่อเบี่ยง)
	ท่อเหลี่ยม ค.ส.ล. (ท่อก่อสร้างรังไหม , ท่อเบี่ยง)
	สะพาน (สะพานก่อสร้างรังไหม , สะพานเบี่ยง)
	บ้านซึ่งทำด้วยวัสดุไม้ถาวร
	อาคารไม้ชั้นเดียว
	อาคารคอนกรีตชั้นเดียว
	ห้องแถวไม้ชั้นเดียว (10 ห้อง)
	ห้องแถวคอนกรีตชั้นเดียว (5 ห้อง)
	ขอบถนนเบี่ยง
	ขอบผิวจราจรและขอบไหล่ทางก่อสร้างรังไหม
	แนวก่อสร้าง
	แนวสำรวจ
	เขตทาง
	หลักกิโลเมตร
	GUARDRAIL
	หลักเขตทาง (เบี่ยง, ก่อสร้างรังไหม)
	หลักกิโลเมตร (เบี่ยง, ก่อสร้างรังไหม)
	HOLE OF SOIL BORING
	ระดับน้ำ
	PC., PT., POT., PRC. & PVC., PVE., PVRC.

สัญลักษณ์	รายละเอียด
	PL, PV.
	แนวรั้ว, คลอง
	ถนน
	SLOPE
	หนอง, บึง, สระ, บ่อ, คูน้ำ
	เสาไฟฟ้า ค.ส.ล.
	เสาโทรเลข, เสาโทรคมนาคม
	ต้นไม้
	CONTOUR
	แนวรั้วไม้
	แนวรั้วลวดหนาม
	แนวรั้วสังกะสี
	ค่าระดับเดิมเดิม, หลังถนนเบี่ยง
	ค่าระดับก่อสร้าง
	หมู่บ้าน
	โรงเรียน
	วัด
	โบลิ่งทางหรือลำน้ำขนาดเล็ก, คูน้ำ
	ทิศทางการไหลของน้ำ
	ท่อประปาและประปาภูเขา
	บ่อพักท่อระบายน้ำ
	ท่อและบ่อพักเบี่ยง
	ท่อและบ่อพักสร้างรังไหม

สัญลักษณ์	รายละเอียด
	อำนาจ
	กิ่งอำนาจ
	จังหวัด
	แนวที่ก่อก่อสร้าง
	ทางรถไฟ
	ถนนลาดทางหลวง (PAVED)
	ถนนลาดทางหลวง (UNPAVED)
	คันดิน
	หินเรียงตามแนว

	สัญลักษณ์	
	เลขที่	-
๒๕๖๓ ๒๕๖๓	วันที่	-
	เลขที่	-
	ชื่อ	-
	ชื่อ	-

รายการประกอบแบบ

1. ผู้รับจ้างจะต้องทำการตรวจสอบแบบและรายการต่างๆ ให้เป็นที่ถูกต้อง พร้อมทั้งวางแผนการปฏิบัติงานให้เหมาะสมถูกต้องตามขั้นตอนและตามมาตรฐานงานก่อสร้างที่ดีของงานก่อสร้างแต่ละรายการ โดยผู้รับจ้างจะต้องส่งแผนการปฏิบัติงานให้ผู้ว่าจ้างพิจารณาให้ความเห็นชอบก่อนดำเนินการ
2. วัสดุต่างๆ ที่นำมาใช้ในทางก่อสร้าง ก่อนนำมาใช้จะต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานเสียก่อนวัสดุใดหากมีการกำหนดมาตรฐานไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) การทดสอบและพิจารณาคุณสมบัติให้วัสดุดังกล่าวมาใช้ในทางก่อสร้าง ให้ถือปฏิบัติตามข้อกำหนดของ มอก. สำหรับวัสดุนั้นๆ หากภายหลังปรากฏว่าวัสดุที่นำมาใช้ในทางก่อสร้างไม่ถูกต้องตามมาตรฐานกำหนด หรือไม่ถูกต้องตาม มอก. ผู้รับจ้าง ยังคงต้องรับผิดชอบความเสียหายหรือความผิดพลาดที่เกิดขึ้นทั้งสิ้น
3. ผู้รับจ้างจะต้องทำการก่อสร้างด้วยความระมัดระวังโดยไม่ให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของทางราชการและเอกชน
5. มาตรฐานการก่อสร้างให้ใช้รายการมาตรฐานงานก่อสร้าง กรมทางหลวงชนบท (มทข.และรฐ.บร.) ฉบับปัจจุบัน
6. สาธารณูปโภค และสาธารณูปการต่างๆ เช่น ไฟฟ้า, ประปา, ท่อระบายน้ำ เป็นต้น ที่อยู่บริเวณที่ก่อสร้างและเป็นอุปสรรคต่อการก่อสร้างให้ผู้รับจ้างตรวจสอบรายละเอียดตำแหน่งแก้ไขปัญหาลงอุปสรรค หากจำเป็นต้องย้าย ผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการติดต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อย้ายสิ่งต่างๆ เหล่านี้มิใช่บังคับ
7. รายการใดที่ไม่ได้กำหนดไว้ในแบบคือกำหนดไว้ไม่ชัดเจนหรือแสดงไว้ขัดแย้งกัน หรือมีปัญหาในการก่อสร้างหรือไม่เป็นไปตามหลักวิชาช่างที่ดีในรายงานและดำเนินการตามดุลยพินิจของคณะกรรมการตรวจการจ้าง
8. ผู้รับจ้างจะต้องแจ้งมาตรการในการป้องกันอุบัติเหตุต่างๆ อันอาจเกิดขึ้นจากการทำงานก่อสร้างไม่ว่าอันตรายนั้นๆ จะมีสาเหตุมาจากสภาพแวดล้อมแห่งงานที่กระทำหรือมีสาเหตุจากการจัดการงานก่อสร้างที่ไม่ดีเหมาะสม ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยของชีวิตและทรัพย์สินทั้งหมดที่เกี่ยวข้อง มาตรการเกี่ยวกับการป้องกันอุบัติเหตุนี้ ผู้รับจ้างจะต้องปฏิบัติตามมาตรฐานความปลอดภัยในการก่อสร้างที่กฎหมายกำหนด
9. ผู้รับจ้างต้องติดตั้งป้ายเตือน เครื่องหมายจราจรหรือสัญญาณไฟ ในระหว่างก่อสร้างตามมาตรฐานของกรมทางหลวงชนบท

หมายเหตุ

1. ความสามารถรับน้ำหนักบรรทุกของพื้นสะพาน คสล. ต้องรับน้ำหนักจร HS20-24 ได้ตามมาตรฐาน AASHTO 1996
2. มีดีค่าง มีค้ด่วยเป็นเมตร นอกจากระบุไว้เป็นอย่างอื่น
3. วัสดุต่างๆ สำหรับงานก่อสร้าง ก่อนนำมาใช้จะต้องผ่านการตรวจสอบตามมาตรฐานงานก่อสร้าง (มทข.101-2545-มทข.106-2545) กรมทางหลวงชนบท หากวัสดุได้มีการกำหนดมาตรฐานไว้ในมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.) การตรวจสอบจะพิจารณาอนุมัติให้วัสดุดังกล่าวมาใช้ในการก่อสร้าง ให้ถือปฏิบัติตามข้อกำหนด มอก. สำหรับวัสดุนั้นๆ
4. ข้อกำหนดในการก่อสร้างต่างๆ ให้ใช้ตามมาตรฐานงานก่อสร้าง กรมทางหลวงชนบท (มทข.) โดยยึดถือฉบับปัจจุบันเป็นเกณฑ์กำหนด
5. รายการใดที่ไม่ได้กำหนดไว้ในแบบ และหรือกำหนดไว้ไม่ชัดเจน หรือแสดงไว้ขัดแย้งกัน ซึ่งทำให้เกิดปัญหาในการก่อสร้าง ให้อยู่ในดุลยพินิจของคณะกรรมการตรวจการจ้าง เป็นผู้พิจารณาเห็นชอบและอนุมัติ

 กรมทางหลวงชนบท	รายการประกอบแบบ		
	ชนิด	-	
	ราคา	-	
	หน่วย	-	
101 102 103	101 102 103	101 102 103	

รายการปรับปรุงซ่อมแซมตอม่อสะพาน ค.ส.ล.

1. ลักษณะงานทั่วไป

สะพานไม้คอนกรีต ๖ ช่องจราจร ๓ ช่องจราจรด้านปรับปรุง โดยกำหนดรูปแบบการก่อสร้างไว้ ซึ่งฉัณนิการจะต้องดำเนินการดังต่อไปนี้

- 1.1 เบื้องต้นขุดลอกสะพาน
- 1.2 ซ่อมแซมการสะพาน
- 1.3 ซ่อมแซมผิวพื้นสำหรับรถบรรทุก
- 1.4 ซ่อมแซมขยวมักัดของรถบรรทุก

2. การปรับปรุงบริเวณตอม่อสะพาน

- 2.1 ผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการตาม Slope protection
- 2.2 ผู้รับจ้างจะต้องขุดลอกสะพาน

-ใช้วัสดุถมแบบกรวดหินหรือหิน/ไม่มีหินชนิดทนทานชนิดอื่น
 -ดินชนิดที่ถมก่อนหรือถมใหม่ น้ำหนักแห้ง น้ำหนักอ่อนแน่น การรื้อถอน ค้าง น้ำหนัก น้ำหนัก เป็นต้น
 -การเสริมชั้นผิว พื้นผิวต้องสะอาดปราศจากสิ่งสกปรกต่าง ๆ น้ำหนักเฉลี่ย รวม ไปยังชั้นบนเป็น
 ชั้นผิวผิวต้องทำให้อยู่ในชั้นผิวที่มีรอยต่อที่หนาแน่นทำการซ่อมแซมก่อน
 -การเสริมชั้นผิวต้องเสริมความกว้างตามค่า (ประมาณ 500-800 เซนติเมตร) โดยการเสริมชั้นผิว A
 ไปข้างหน้า จากชั้นผิวชั้นแรกเสริม 8 ชั้นไป แล้วเสริมต่ออีกอย่างน้อย 3 ชั้น ใช้วัสดุถมแบบไม่มีหินชนิดอื่น
 -ผิวจราจรเสริมแล้ว ใช้วัสดุก่อสร้างถมลงไปโดยต้องให้ผิวชั้นผิวหรือผิวที่ถมแล้วผิวที่ทำการถมลงไปโดยต่อเนื่อง

3. การดำเนินการซ่อมแซมบริเวณตอม่อสะพาน

- 3.1 ทำการสกัดคอนกรีตที่ชำรุด แยกตัวและขุดลอกออกทั้งหมด
- 3.2 ทำการสกัดคอนกรีตบริเวณสภาพของทั้งหมด
- 3.3 ถัดหินเสริมเป็นหินกลมไม่เกิน 50% ของหน้าตัด ให้ทำการขุดลอกออกทั้งหมด หากเป็นหินกลมเกิน 50% ให้ทำการ
 เปลี่ยนชนิดหินโดยทำการคั่นแบบเชื่อม
- 3.4 ทำความสะอาดผิวที่ชำรุดเสียหายเป็น 50% ของหน้าตัด ให้ทำการหล่อซีเมนต์ใหม่
- 3.5 ทำความสะอาดผิวที่ชำรุดทั้งหมด โดยใช้โซดา กำจัดคราบเค็ม และเชื้อรา ซิเมนต์ใหม่เป็นส่วนประกอบ
- 3.6 ทำการเชื่อมผิวเพื่อการประสานคอนกรีตเก่ากับคอนกรีตใหม่โดยเชื่อมผิวดังต่อไปนี้
 -ใช้สารยึดเกาะสำหรับงานเชื่อมประสานคอนกรีตเก่ากับคอนกรีตใหม่
 -การเสริมชั้นผิว พื้นผิวจราจร จะต้องสะอาด ปราศจากสิ่งสกปรกต่าง ๆ น้ำหนักเฉลี่ยรวม
 ไปยังชั้นบนเป็นชั้นผิวผิวต้องทำให้อยู่ในชั้นผิวที่มีรอยต่อที่หนาแน่นทำการซ่อมแซมก่อน
 เป็นต้น
- 3.7 ทำการซ่อมผนังโดยใช้ Non shrink mortar โดยการชำรุดเล็กน้อย หรือคอนกรีตผิวชั้นผิวทั้งหมดตัด
 กรณีที่ชำรุดเสียหายมากกว่า 50%


4. การดำเนินการซ่อมแซมบริเวณคาน้ำหน้าและเสาตอม่อค้ำบริม

ผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 4.1 ทำการสกัดคอนกรีตที่ชำรุดประมาณ 1 ซม.
- 4.2 ทำความสะอาดคอนกรีตที่ปราศจากสิ่งสกปรก
- 4.3 เสริมผิวของคอนกรีตบริเวณรอยขีด เพื่อเสริมยึด Epoxy ของไม่เกิน 10 ซม. หากแนวรอยคอนกรีต
- 4.4 ใช้ Epoxy ชนิดความหนืดต่ำด้วยแรงดันสูง เพื่อให้ Epoxy แทรกซึมเข้าไปในรอยขีดให้เต็ม
 สามารถใช้สีผสมสีของปูนซีเมนต์ โดยใช้ Epoxy สีฟ้ากับสีน้ำตาล ชนิด 2 ส่วนผสมและปล่อยทิ้ง Epoxy
 นานกว่าระยะเวลาที่ผู้ผลิตกำหนด
- 4.6 ทำการฉีดพ่นและทาเคลือบบริเวณรอยขีดให้เรียบ

5. การดำเนินการซ่อมแซมเสาตอม่อ

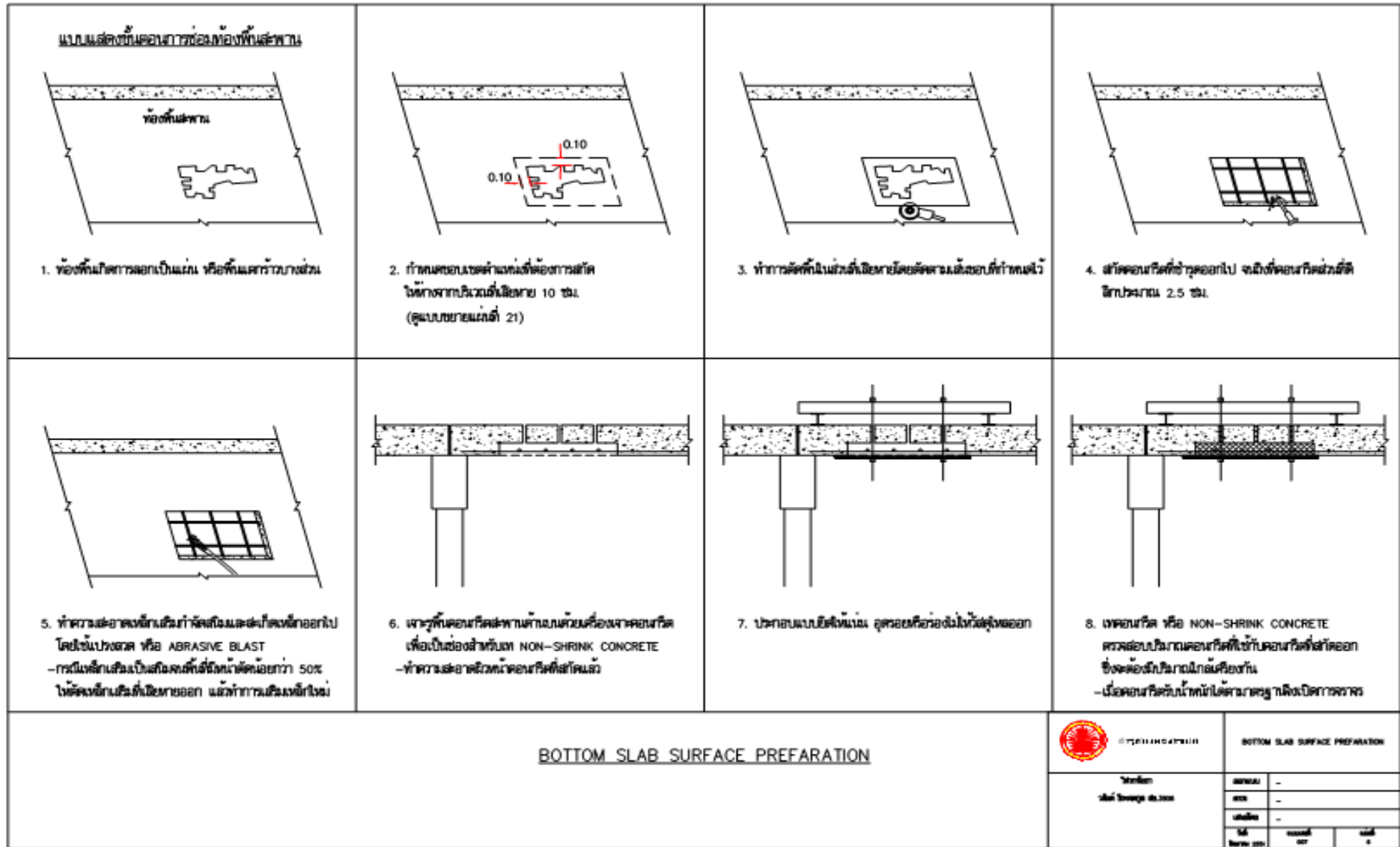
- 5.1 ทำการสกัดคอนกรีตที่ชำรุด แยกตัวและขุดลอกออกทั้งหมด
- 5.2 ทำการสกัดคอนกรีตบริเวณสภาพบริเวณที่ทำการขยายหน้าตัดคอนกรีตทั้งหมด
- 5.3 ถัดหินเสริมเป็นหินกลมไม่เกิน 50% ของหน้าตัด ให้ทำการขุดลอกออกทั้งหมด หากเป็นหินกลมเกิน 50%
 ให้ทำการเปลี่ยนชนิดหินโดยทำการคั่นแบบเชื่อม
- 5.4 หากผิวชั้นผิวคอนกรีตชำรุดเสียหายเป็น 50% หน้าตัดให้ทำการหล่อซีเมนต์ใหม่ และใช้วิธีการการเสริม
 ค้ำบริมโครงหน้าตัด
- 5.5 ทำความสะอาดผิว
 -ใช้โซดา กำจัดคราบเค็ม และเชื้อรา ซิเมนต์ใหม่เป็นส่วนประกอบ
 -ใช้สารยึดเกาะสำหรับงานเชื่อมประสานคอนกรีตเก่ากับคอนกรีตใหม่ เพื่อทำหน้าที่ป้องกันการ
 การเกิดรอยร้าวที่รอยเชื่อมคอนกรีต
- 5.6 ทำการเชื่อมผิวเพื่อการประสานคอนกรีตเก่ากับคอนกรีตใหม่
 -ใช้สารยึดเกาะสำหรับงานเชื่อมประสานคอนกรีตเก่ากับคอนกรีตใหม่
 -การเสริมชั้นผิว พื้นผิวจราจร จะต้องสะอาด ปราศจากสิ่งสกปรกต่าง ๆ น้ำหนักเฉลี่ยรวม
 ไปยังชั้นบนเป็นชั้นผิวผิวต้องทำให้อยู่ในชั้นผิวที่มีรอยต่อที่หนาแน่นทำการซ่อมแซมก่อน
 เป็นต้น
- 5.7 ทำการเพิ่มหน้าตัด หรือขยายชั้นผิว (ผิวจราจร) ให้มีความสัมพันธ์กับผิวจราจรชั้นผิว
- 5.8 ในขั้นตอนทำการคอนกรีตและคอนกรีต ทำการบ่มรักษาผิวหน้า หากว่าคอนกรีตมีความอายุไม่น้อยกว่า 28 วัน
- 5.9 คอนกรีตในการซ่อมแซม ต้องใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 5 ซึ่งค่าการกักน้ำของคอนกรีต

	กรมการขนส่งทางบก	รายการปรับปรุงซ่อมแซมสะพาน ค.ส.ล.	
หน่วย บาท (รวม ๑๖,๐๐๐)	จำนวน	-	-
	ชิ้น	-	-
	เมตร	-	-
	กิโลเมตร	-	-
	ตารางเมตร	-	-
	ลูกบาศก์เมตร	-	-

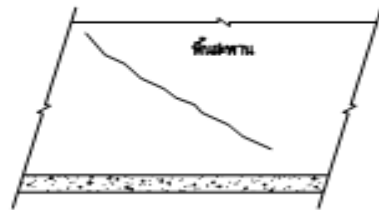
กลุ่มที่

2 แบบแสดงขั้นตอนการซ่อมแซม

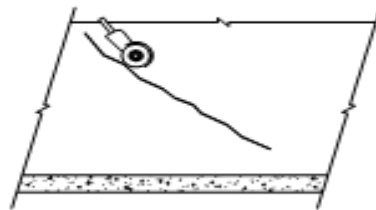
- 008 ขั้นตอนการซ่อมแซมพื้นสะพานด้านบน
- 009 ขั้นตอนการซ่อมแซมท้องพื้นสะพาน
- 010 ขั้นตอนการซ่อมแซมรอยร้าวด้วยการอัดฉีดน้ำยาเกราท์
- 011 ขั้นตอนการซ่อมแซมคานสะพาน
- 012 ขั้นตอนการซ่อมแซมตอม่อสะพานด้วยการเทคอนกรีต
- 013 ขั้นตอนการซ่อมแซมตอม่อสะพานด้วยการอัดฉีดน้ำยาเกราท์
- 014 ขั้นตอนการซ่อมแซมโดยการตัดเสาทอม่อ
- 015 ขั้นตอนการซ่อมแซมโดยการตัดเสาทอม่อ (ต่อ)
- 016 ขั้นตอนการซ่อมแซมโดยการไม่ตัดเสาทอม่อ
- 017 ขั้นตอนการซ่อมแซมโดยการไม่ตัดเสาทอม่อ (ตอม่อ)



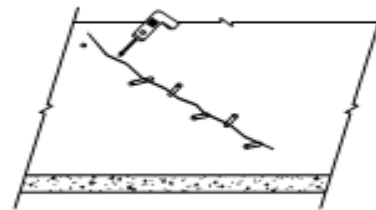
แบบแสดงขั้นตอนการซ่อมพื้นคอนกรีต



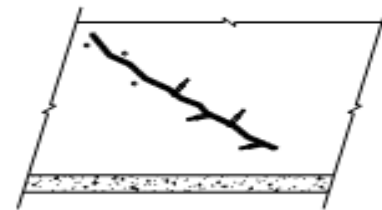
การซ่อมแซมรอยร้าวของคอนกรีต โดยการอัดฉีดแนวร้าว
ใช้ Epoxy โพลีเอเธนเรซินและตัวเชื่อมประสาน



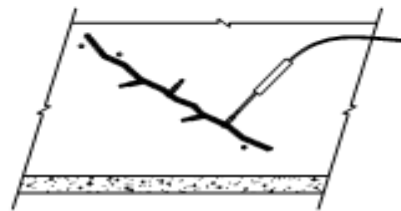
1. ทำความสะอาดพื้นผิว คอนกรีตบริเวณรอยร้าว
- ใช้สายฉีดน้ำแรงดันสูง ทำความสะอาด
- อุดก้นรอยร้าวด้วยวัสดุอุด



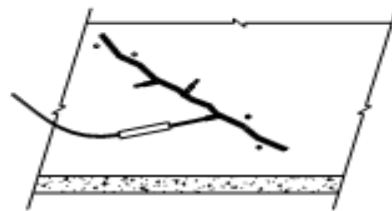
2. ทำรูเจาะตามแนวรอยร้าวเพื่อฉีดอัดคอนกรีต
- เพื่อฉีดโพลีเอเธนเรซินและตัวเชื่อมประสาน



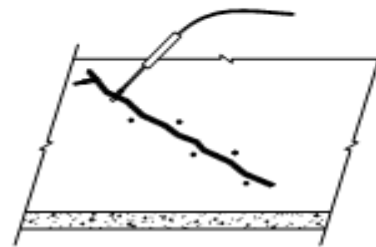
3. อุดรอยร้าวที่หัวท่อโพลีเอเธนเรซิน
- เพื่อป้องกันโพลีเอเธนเรซินและตัวเชื่อมประสาน



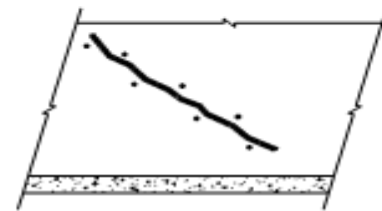
4. อัด Epoxy โพลีเอเธนเรซิน
- ใช้ Epoxy โพลีเอเธนเรซินและตัวเชื่อมประสาน



5. ทำการอัด Epoxy โพลีเอเธนเรซินให้เต็ม



6. ทำการอัดโพลีเอเธนเรซิน Epoxy ให้เต็มรอยร้าว



7. รอจนกว่า Epoxy จะแข็งตัว จึงเปิดการจราจรได้

EPOXY INJECTION การซ่อมรอยร้าวด้วยการอัดฉีดโพลีเอเธนเรซิน



กรมการขนส่งทางบก

EPOXY INJECTION

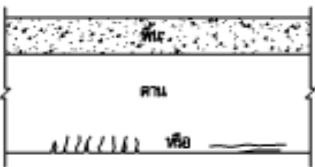

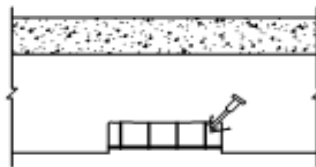
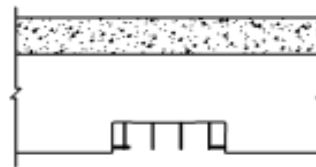
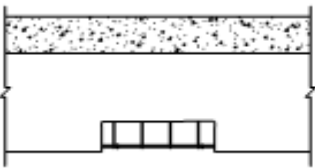
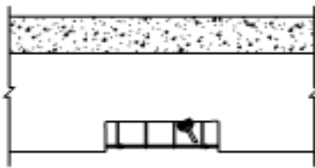
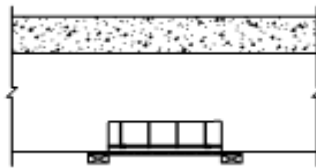
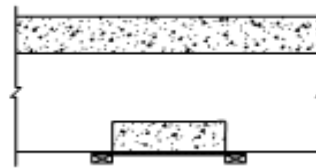

วันที่: _____
ชื่อ: _____

ชื่อ: _____

ชื่อ: _____

ชื่อ: _____

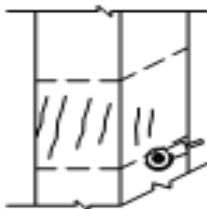
ชื่อ: _____

แบบแสดงขั้นตอนการซ่อมแซมคอนกรีต			
 <p>1. ตัดแนวครacksบางส่วน</p>	 <p>2. กำหนดตำแหน่งที่ติดตั้งการซ่อมแซม</p>	 <p>3. ทำการสกัดคอนกรีตที่ชำรุด แคลกราว หลุดร่อนออก สกัดผิวคอนกรีตที่เดิมสภาพออกทั้งหมด</p>	 <p>4. ทาผิวทาเสริมเป็นเส้นรูปวงเป็น 50% ของพื้นที่หน้าตัด โดยทำการเปลี่ยนพื้นที่วง</p>
 <p>5. ต่อเติมด้วยวิธีการเชื่อมประสาน และทำความสะอาดผิวหน้าเสริม โดยใช้น้ำประปา หรือ ABRASIVE BLAST</p>	 <p>6. ทาผิว EPOXY สำหรับงานเชื่อมประสานระหว่างคอนกรีตเก่ากับคอนกรีตใหม่</p>	 <p>7. เข้ามแบบคอนกรีต อลูมิเนียมหรือวงไม้ที่หล่อออก</p>	 <p>8. เติมน้ำคอนกรีต หรือ NON-SHRINK MORTAR</p>
BEAM SURFACE PREPARATION			
		BEAM SURFACE PREPARATION	
ภาควิชา วิศวกรรมโยธา		วัสดุ -	-
วัสดุ -		วัสดุ -	-
วัสดุ -		วัสดุ -	-
วัสดุ -		วัสดุ -	-

แบบแปลนการเตรียมผิวเสาเข็มก่อนการเทปูน



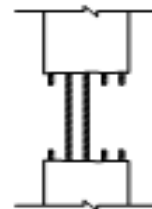
1. เสาเข็มเก่า >50% ของหน้าตัด



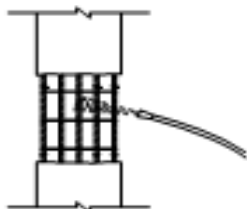
2. ถ้าเสาเข็มเก่าที่มีต้องการเสริมโครงสร้างเสริม (ดูแบบขยายหน้าตัดที่ 22)



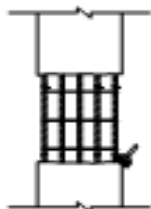
3. ทำการเสริมคอนกรีตที่ชำรุด แยกตัว หรือหลุดออก เสริมด้วยคอนกรีตที่มีส่วนผสมของไฟเบอร์กลาส



4. ถ้าเสาเข็มเดิมเป็นเสาเข็มแบบ 50% ของที่เสียหายแล้ว ไม่ทำการเปลี่ยนเสาเข็ม



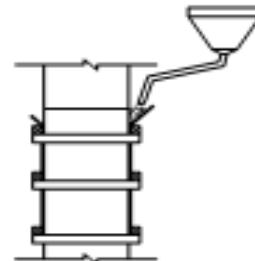
5. คอนกรีตที่มีวิธีการซ่อมแซม และทำการทำความสะอาดผิวหน้าให้เรียบร้อยก่อน หรือ ABRASIVE BLAST



6. วัสดุ Epoxy สำหรับการเชื่อมประสานหน้าตัดคอนกรีตเก่ากับคอนกรีตใหม่



7. ใช้แบบหล่อคอนกรีต คุมระยะหรือรองรับไม้ตีผูกมัด



8. ทรายคอนกรีต หรือ NON-SHRINK CONCRETE ทรายผสมเป็นภาคคอนกรีตที่ใช้กับคอนกรีตที่ชำรุดออก ซึ่งจะต้องมีการกลั่นกรองให้เรียบร้อย

COLUMN SURFACE PREPARATION



กรมโยธาธิการและผังเมือง

COLUMN SURFACE PREPARATION



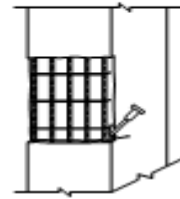
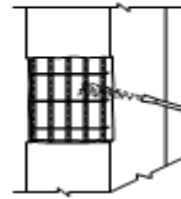
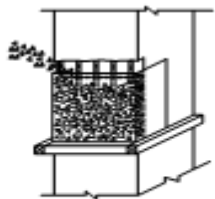
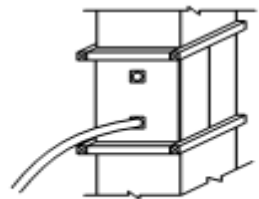
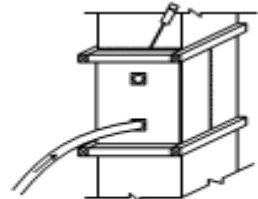
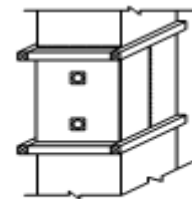

วันที่
วันที่ 10/09/2563

ชื่อ
-

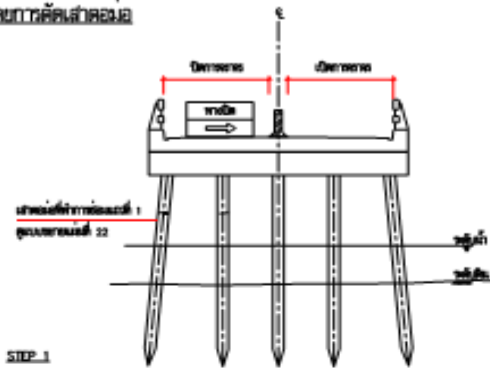
ตำแหน่ง
-

ชื่อ
-

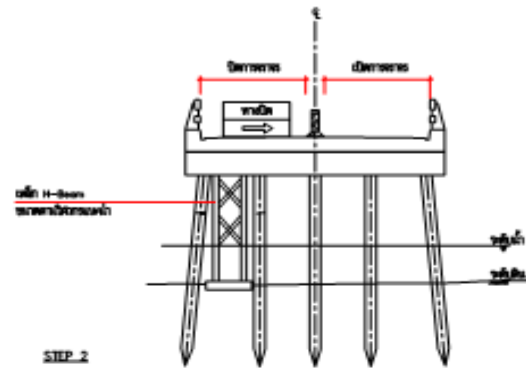
ชื่อ
-

แบบแสดงขั้นตอนการใส่คอนกรีต JACKING METHOD OR PRE-PACKED AGGREGATE METHOD -เหมาะสำหรับงานที่เทคอนกรีตได้ยาก เช่น คอนกรีตเสา, เสา แลคาน้ำฟ้า													
 1. เสาแตรกว้างส่วน <math>< 50\%</math> ของหน้าตัด	 2. กำหนดตำแหน่งของเหล็กที่ต้องการใส่คอนกรีต (ดูแบบขยายแผ่นที่ 22)	 3. สลักคอนกรีตที่ข้างออกไป จนถึงคอนกรีตส่วนที่ใส่ มีขนาด 2.5 ซม.	 4. ทำความสะอาดผิวคอนกรีตที่ติดและส่วนที่ขูดออกไป โดยใช้แปรงลวด หรือ ABRASIVE BLAST -กรณีเหล็กเสริมเป็นเหล็กชนิดที่มีร่องหน้าตัดน้อยกว่า 50% ไม่ต้องเพิ่มเสริมที่ผิวรอยแตก แต่ทำการเสริมเพิ่มใหม่										
 5. นำหินและวัสดุประเภทอื่นที่ผสม นำมาป้อนให้แบบในแบบหล่อ	 6. ทำการฉีดพ่นและวางผิวสำหรับยึดติด Epoxy	 7. ดูรอยรั่วหากไม่เรียบร้อย แล้วฉีดติด Epoxy หรือ Non-Shrink	 8. ทำการเคลือบรอยฉีกที่พาด แล้วฉีดแบบหล่อออก										
JACKING METHOD OR PRE-PACKED AGGREGATE METHOD -เหมาะสำหรับงานที่เทคอนกรีตได้ยาก เช่น คอนกรีตเสา, เสา แลคาน้ำฟ้า													
			กรมทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม JACKING METHOD OR PRE-PACKED AGGREGATE METHOD										
		Version: 1st Revise 16.000	<table border="1"> <tr> <td>วันที่:</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>ชื่อ:</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>ตำแหน่ง:</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>ชื่อ (ชื่อจริง):</td> <td>ชื่อจริง</td> </tr> <tr> <td>ชื่อ (นามสกุล):</td> <td>นามสกุล</td> </tr> </table>	วันที่:	-	ชื่อ:	-	ตำแหน่ง:	-	ชื่อ (ชื่อจริง):	ชื่อจริง	ชื่อ (นามสกุล):	นามสกุล
วันที่:	-												
ชื่อ:	-												
ตำแหน่ง:	-												
ชื่อ (ชื่อจริง):	ชื่อจริง												
ชื่อ (นามสกุล):	นามสกุล												

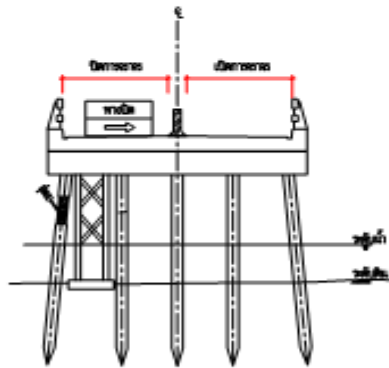
แบบการเชื่อมยึดการค้ำเสาเข็ม



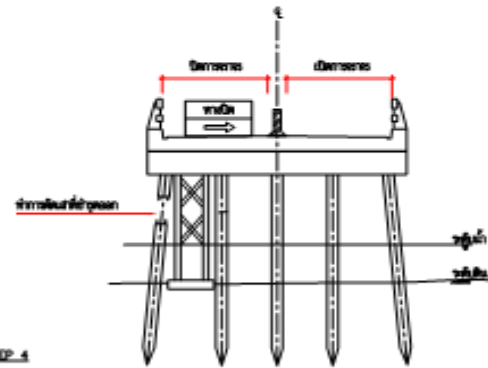
STEP 1
- ติดการค้ำในลักษณะที่ค้ำการเชื่อมของเสาเข็ม
- ใช้เสาเชื่อมขนาด 1 ซม. โดยเชื่อมให้ยึดแน่น เป็นลักษณะดังรูปในขั้นตอนนี้



STEP 2
- ใช้เหล็กรูปทรง H-Beam ที่เชื่อมต่อกันตลอด โดยใช้รูปทรงที่ขัดไม่คม



STEP 3
- ทำการใส่คอนกรีตตัวค้ำและทำการยึดกับเสาเข็ม



STEP 4
- ในกรณีที่ยังไม่เสร็จให้เชื่อมยึดกับเสาเข็มด้วย

การเชื่อมยึดการค้ำเสาเข็ม คอนกรีตตัวค้ำที่อยู่ในแนวตั้งและเชื่อมเสาเข็ม



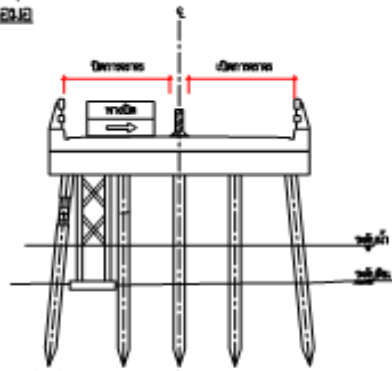
กรมทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

แบบการเชื่อมยึดการค้ำเสาเข็ม STEP 1-4

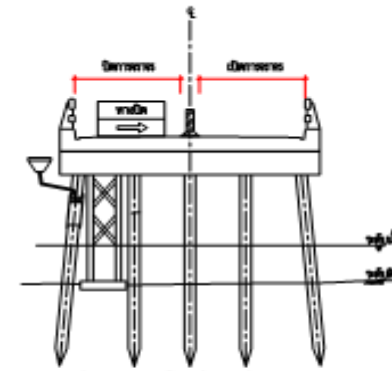
วันที่
ฉบับที่

เลขที่	-
ชื่อ	-
ตำแหน่ง	-
ชื่อ	-
ชื่อ	-

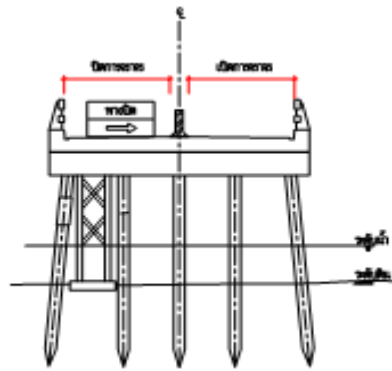
แผนการขุดโดยการใช้เครื่องขุด



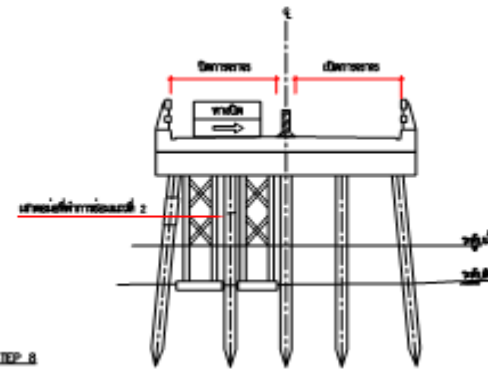
STEP 5
-เริ่มขุดใช้เครื่องขุดเพื่อขุดหลุมขุดฐาน แล้วใส่ไม้ทาบ



STEP 6
-เข้าแบบแล้วขุดต่อขุดใช้ โดยเพิ่ม Covering ไม้ทาบทำเป็น ช่องสูง 2.5 ซม. เป็น 5.0 ซม.



STEP 7
-ถอดแบบแล้วขุดต่อขุดไม้ค้ำ



STEP 8
-เมื่อขุดครั้งที่ 1 เสร็จก็ขุดถึงแนวระดับที่ 2 คือเปิดขุดใช้วิธีขุดกับทำการขุดครั้งที่ 2
-เมื่อขุดเสร็จขุดแล้วระดับที่ 2 ก็เปิดขุดขุดแล้วระดับที่ 2 แล้วทำการขุดครั้งที่ 2 โดยใช้วิธีขุดกับ

การขุดโดยการใช้เครื่องขุด คอนกรีตส่วนที่อยู่ภายในเหล็กเสริมเมื่อเริ่มสภาพ



กรมทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

แผนการขุดโดยการใช้เครื่องขุด STEP 5-8

วันที่
ฉบับที่

เลขที่

ชื่อ

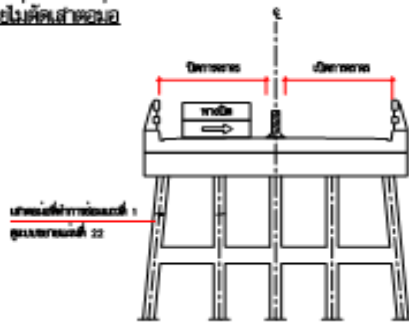
ตำแหน่ง

ได้
วันที่

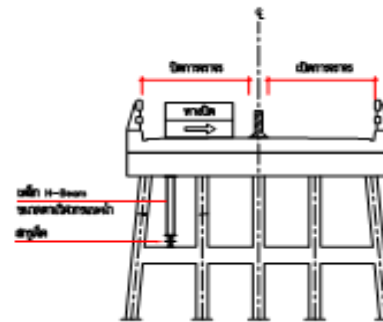
ออก
วันที่

ที่

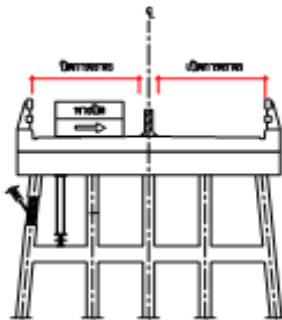
แบบการต่อโครงไม้ค้ำเสาเข็ม



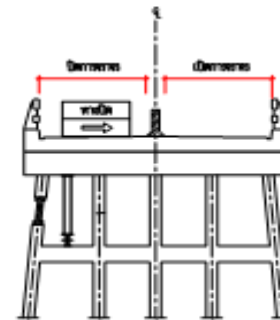
STEP 1
 -ทำการขุดดินส่วนที่ทำการต่อและขุดเสาเข็ม
 -ต่อและต่อเสาเข็ม 1 ต้น โดยขุดดินที่ต่อเนื่องกันเป็นแนวจากตำแหน่งเดิม



STEP 2
 -ใช้ยึดกับโครง H-Beam ที่ขุดหน้า Cap Beam และใช้ Bracing โดยยึดกับโครงค้ำเดิม



STEP 3
 -ทำการใส่ค้ำเสริมที่เสาเข็มและค้ำโครงค้ำเดิม และทำการขุดดินจากตำแหน่งเดิม



STEP 4
 -ทำการใส่ค้ำเสริมเป็นแนวที่ต่อเนื่องกันเป็นแนว

การต่อโครงไม้ค้ำเสาเข็ม คู่มือที่จัดทำขึ้นโดยกองช่างโยธาธิการและผังเมือง



กรมโยธาธิการและผังเมือง

แบบการต่อโครงไม้ค้ำเสาเข็ม STEP 1-4

วันที่
 ๒๕๖๓

หน้า	-
หน้า	-
หน้า	-
หน้า	-
หน้า	-

กลุ่มที่

3 ขั้นตอนการซ่อมแซม

018 แปลนสะพาน

019 รูปตัดตามขวาง

020 รูปตัดตามยาว

021 รายละเอียดการเตรียมผิวคอนกรีต

022 การซ่อมต่อม่อชนิดบ่อจมน

023 การซ่อมต่อม่อตบิริมที่เสียหายเล็กน้อย

024 รายละเอียดการซ่อมต่อม่อ

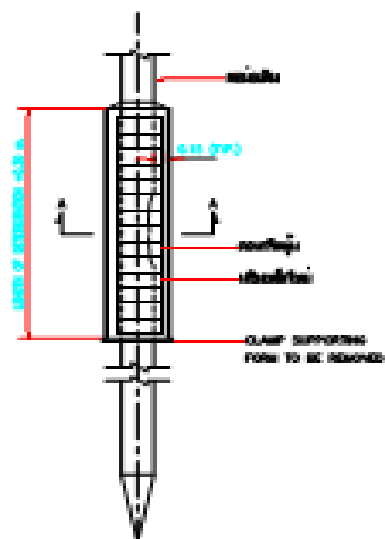
025 รายละเอียดการซ่อมพื้นใต้ทางเท้า

026 รายละเอียดการซ่อมพื้นด้านข้าง

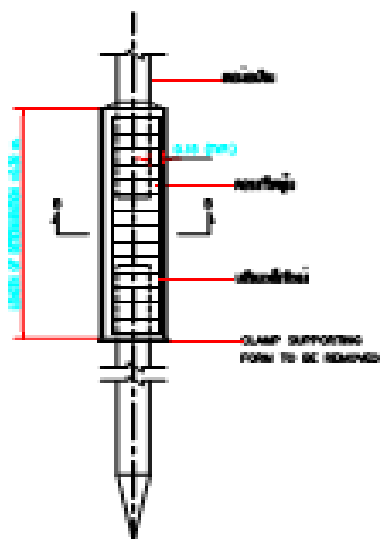
027 รายละเอียดการซ่อมต่อม่อตบิริม

028 รายละเอียดการซ่อมคานสะพานและราวสะพาน

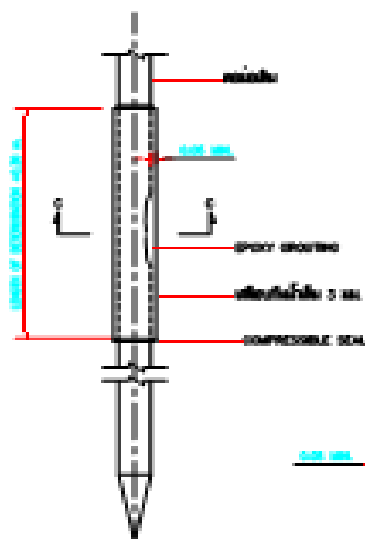
ဘုရားငြိမ်းစက်အတွက်



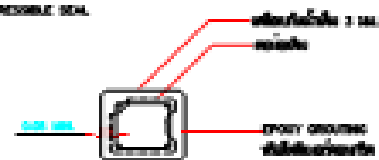
ပုံစံအရေစိမ့်စွတ်ရေစိမ့်စွတ်



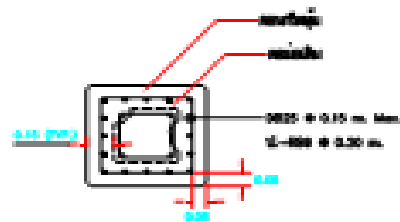
ပုံစံအရေစိမ့်စွတ်ရေစိမ့်စွတ်



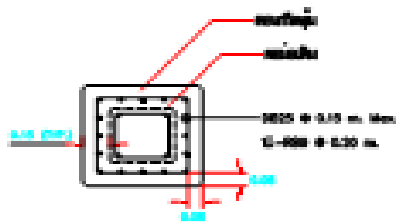
ပုံစံအရေစိမ့်စွတ်ရေစိမ့်စွတ် EPOXY



SECTION C-C



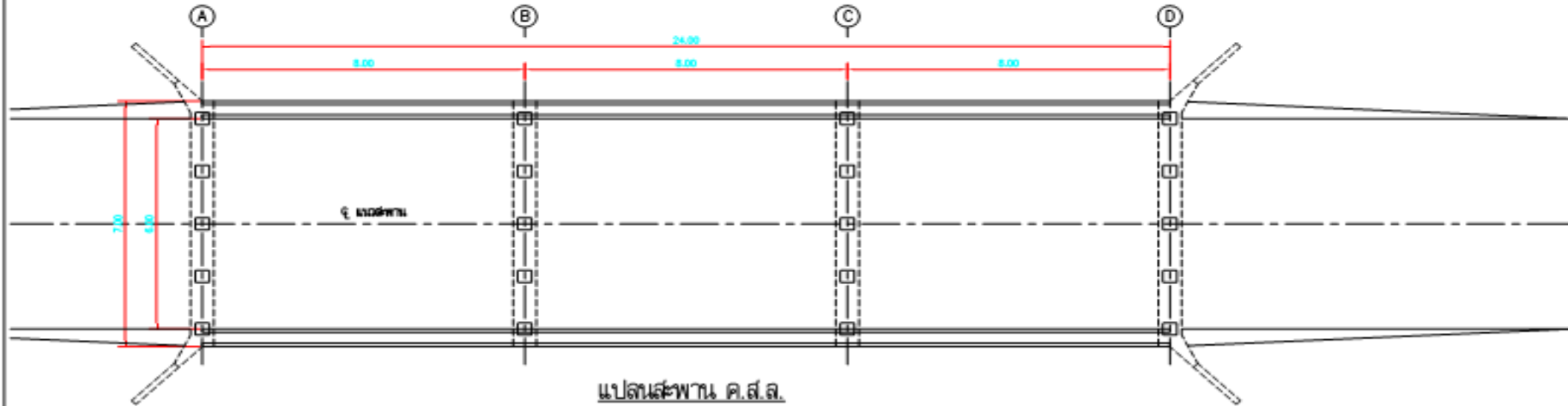
SECTION A-A



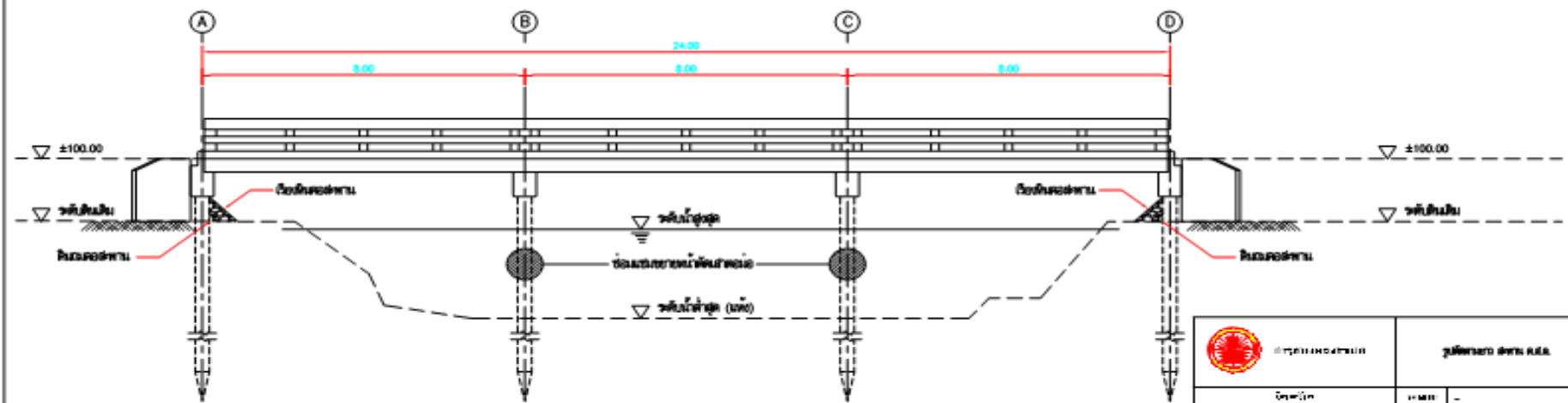
SECTION B-B

 MYANMAR ARMY ဗမာ့တပ်မတော်	အရာရှိအဖွဲ့ (Officer's Name)		
	အရာရှိ		
	ရက်စွဲ		
	အရာရှိ		
ရက်စွဲ	အရာရှိ	ရက်စွဲ	ရက်စွဲ


แบบรับผังซ่อมแซมตอม่อสะพาน ค.ส.ล.



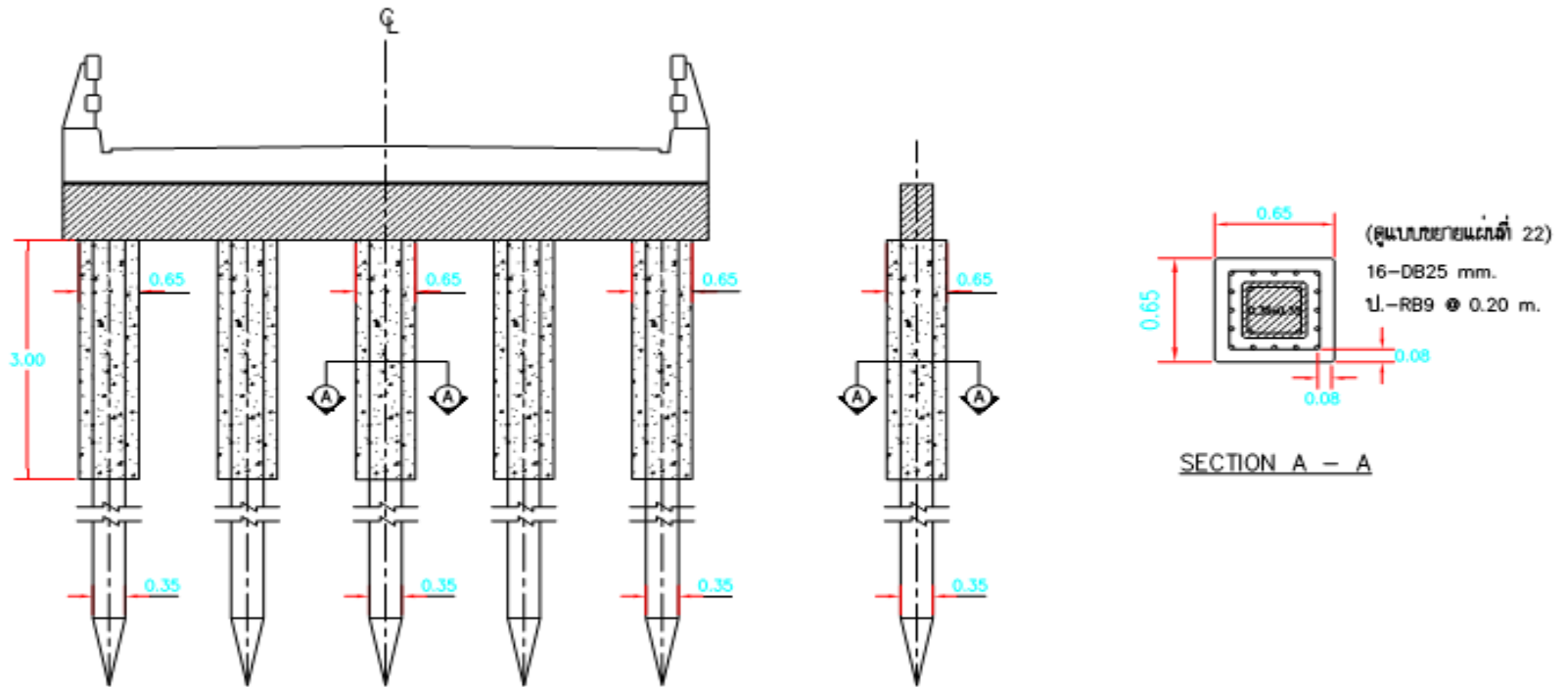
แปลนสะพาน ค.ส.ล.



รูปตัดตามยาว สะพาน ค.ส.ล.

 กรมการขนส่งทางบก บริษัท วิศวกรรมจราจร จำกัด	บริษัท วิศวกรรมจราจร จำกัด		
	วิศวกร วิศวกรจราจร	วิศวกร วิศวกรจราจร	วิศวกร วิศวกรจราจร
วันที่ ๒๕๖๓-๐๙-๒๕	หน้า ๐๐๑	๒๕๖๓-๐๙-๒๕	

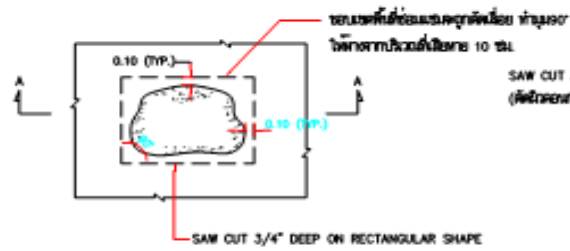
แบบรับพร้อมเข็มตอม่อสะพาน ค.ส.ล.



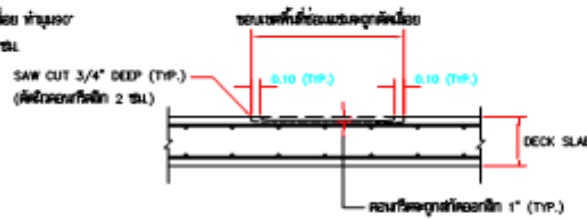
รูปตัดตามขวางแสดงการขอม่อสะพาน

 กรมการขนส่งทางบก สำนักงานวิศวกรรมจราจร 161 หมู่ 10 ถนนสุขุมวิท เขตคลองเตย กรุงเทพฯ 10110	วิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี วิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี		
	วิชา วิชาช่างเทคนิค	วิชา วิชาช่างเทคนิค	วิชา วิชาช่างเทคนิค

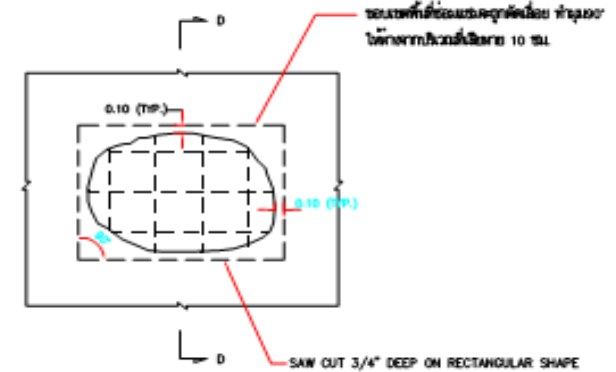
รายละเอียดการเตรียมผิวคอนกรีต



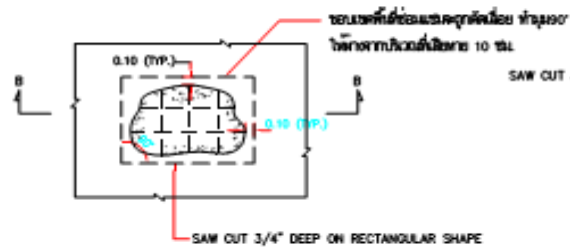
SLAB SURFACE PREPARATION 1 (การเตรียมผิวคอนกรีต)



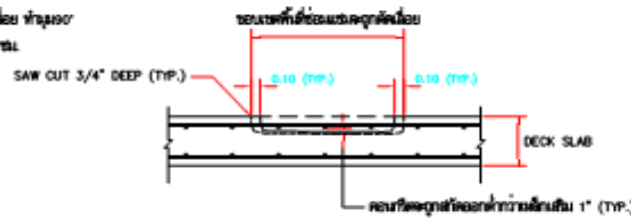
SECTION A-A



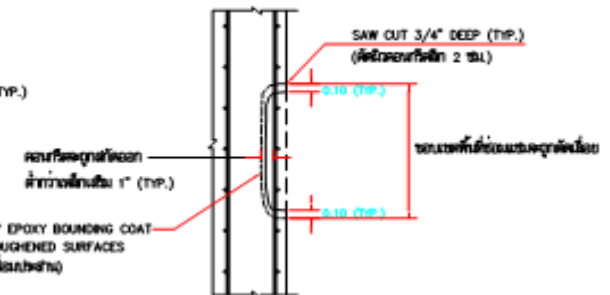
ABUTMENT SURFACE PREPARATION



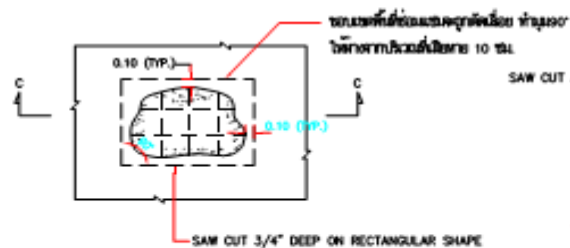
SLAB SURFACE PREPARATION 2



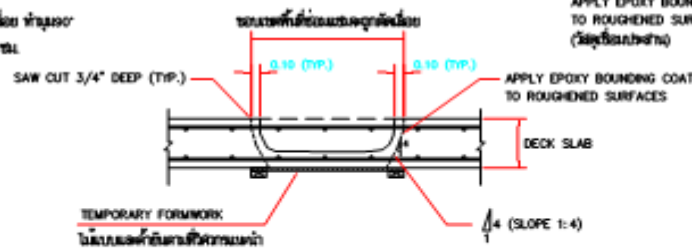
SECTION B-B




SECTION D-D



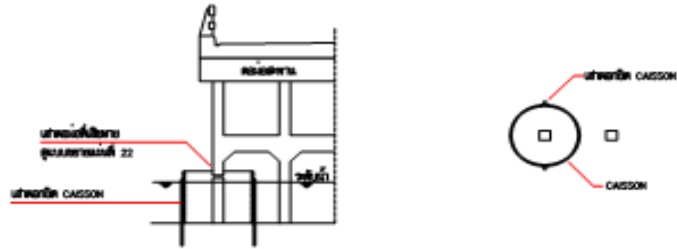
SLAB SURFACE PREPARATION 3



SECTION C-C

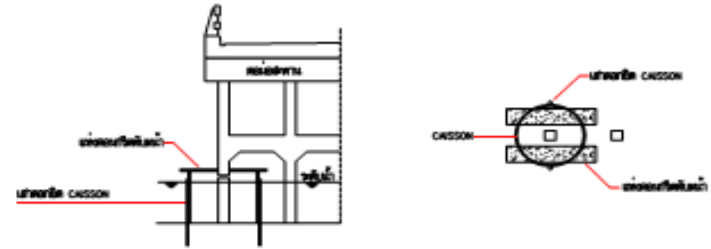
 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา	รายละเอียดการเตรียมผิวคอนกรีต		
	วันที่	-	-
	วันที่ Revison No. 001	-	-
	ชื่อ	-	-
ชื่อ	ชื่อ	ชื่อ	ชื่อ

แบบการขุดและติดตั้งค้ำยัน (CAISSON)



STEP 1

- จัดตั้งแบบหล่อเสาเข็มกึ่ง ซึ่งมีความหนาของคอนกรีตตาม 2 ชั้น เมื่อประกอบแล้วมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.00 เมตร
- พัดลมระบายอากาศ เพื่อเป็นสภาวะที่อบอุ่นไม่เย็นเกินไปตาม 2 ชั้น



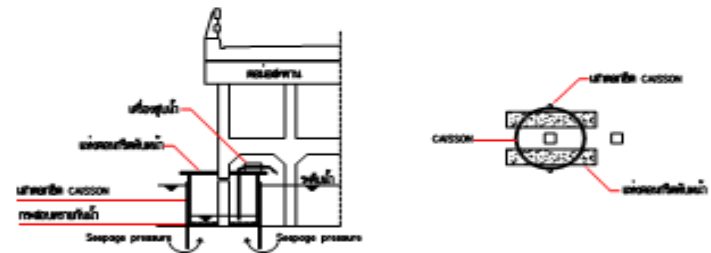
STEP 2

- ไล่ดินตามบริเวณพื้นดินรอบๆแบบ (เมื่อการควบคุมระดับน้ำในบ่อแล้วเรียบร้อย)



STEP 3

- ระวังการขุดลงไปของแบบที่บ่อที่มาจากแรงดัน (Seepage Pressure) คือขุดที่บ่อที่บ่อ



STEP 4

- ขุดดินในบ่อออก จนถึงระดับที่ระดับการขุดแบบเสาเข็มได้
- ขุดดินส่วนที่ขุดเป็นบ่อออก เป็นดินที่บ่อขึ้น คือแบบเสาเข็มที่ขุดแบบเสาเข็มได้

แบบการขุดและติดตั้งค้ำยัน (CAISSON)



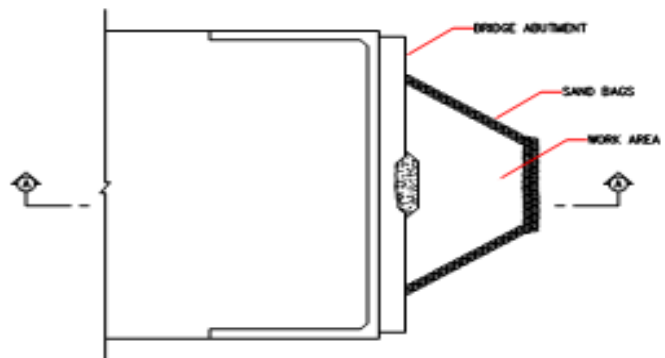
กรมทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

แบบการขุดและติดตั้งค้ำยัน (CAISSON)

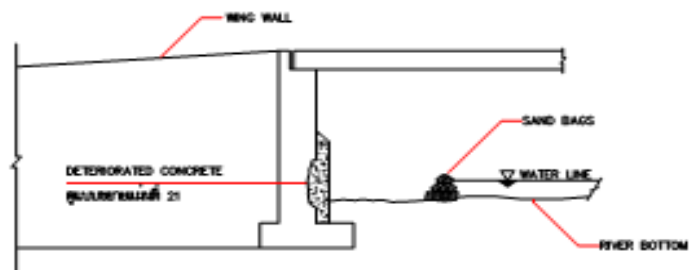
วันที่รับ
ฉบับที่ 1/2561

จำนวน	-	
วันที่	-	
สถานที่	-	
ที่	หน้า	หน้า
หน้า	หน้า	หน้า


REPAIR PROCEDURES FOR MINOR DETERIORATED CONCRETE ABUTMENT



PLAN VIEW



SECTION A-A

 T.C. Ulaştırma ve Denizcilik Bakanlığı Ministry of Transport and Infrastructure	REPAIR PROCEDURES FOR MINOR DETERIORATED CONCRETE ABUTMENT		
	No. / Date	No. / Date	No. / Date

11 การประมาณราคาและการคำนวณราคากลางงานซ่อมแซมสะพาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงการประมาณราคาและการคำนวณราคากลางงานซ่อมแซมสะพาน โดยใช้แบบขั้นตอนและวิธีการซ่อมแซมสะพานมาประกอบเพื่อประมาณราคา และการคำนวณราคากลางงานซ่อมแซมสะพาน องค์ประกอบที่สำคัญในการประมาณราคามีดังนี้

1. การหาปริมาณวัสดุ พร้อมเผื่อความสูญเสีย
2. ราคาวัสดุ
3. แหล่งวัสดุ
4. ค่าแรงงาน
5. Factor ต่างๆ

สำหรับการจัดทำหลักเกณฑ์การประมาณราคามีส่วนรายละเอียดประกอบด้วย ดังนี้

1. แบบฟอร์มการประมาณราคา
2. การถอดแบบคำนวณปริมาณงาน
3. การกำหนดแหล่งและราคาวัสดุ
4. การคำนวณราคาต่อหน่วย

11.1 แบบฟอร์มการประมาณราคา

เพื่อเป็นการอำนวยความสะดวก และให้ผู้มีหน้าที่คำนวณราคากลางได้มีแบบฟอร์มเพื่อสรุป การประเมินราคาหรือการคำนวณราคากลางสำหรับงานซ่อมแซมสะพาน ประกอบด้วย

- ช่อง ลำดับ หมายถึง ลำดับที่ของกลุ่มงานและรายการก่อสร้าง
- ช่อง รายการ ใช้แสดงกลุ่มงานและรายการก่อสร้างต่าง ๆ
- ช่อง หน่วย ใช้แสดงหน่วยวัดสำหรับรายการก่อสร้างแต่ละรายการ
- ช่อง จำนวน ใช้แสดงจำนวนหน่วย (ปริมาณงาน) ของแต่ละรายการก่อสร้าง
- ช่อง ราคาต่อหน่วย หมายถึง ค่างานต้นทุนต่อหน่วยหรือราคาต่อหน่วยของแต่ละรายการก่อสร้าง

ช่อง ราคาทุน หมายถึง ค่างานต้นทุนของแต่ละรายการก่อสร้าง ซึ่งมีค่า = ช่องจำนวน × ราคาต่อหน่วย

ช่อง F_N หมายถึง ค่า Factor F สำหรับรายการก่อสร้างแต่ละรายการ ตามระเบียบกรมบัญชีกลาง

ทั้งนี้ แบบฟอร์มประเมินราคางานซ่อมแซม สะพาน มีรายละเอียดตามแบบฟอร์ม สำหรับรูปแบบและรายการต่างๆที่ปรากฏในแบบฟอร์มดังกล่าว ผู้มีหน้าที่ประมาณราคาสามารถเปลี่ยนแปลงและปรับปรุงได้ตามความเหมาะสมและสอดคล้องตามข้อเท็จจริงสำหรับงานซ่อมแซม สะพานจริง ดังแสดงในตารางที่ 11.1

ตารางที่ 11.1 แบบฟอร์มสำหรับการประเมินราคาสำหรับงานซ่อมแซมสะพาน

ลำดับ	รายการ	หน่วย (A)	จำนวน (B)	ราคาต่อหน่วย (C)	ราคาทุน (D)=(B)*(C)
	รวมค่างานต้นทุนงานซ่อมแซมสะพาน				
	FACTOR F (เปิดตาราง)				
	เป็นเงิน				
	รวมเป็นเงินค่าก่อสร้างทั้งสิ้น				

11.2 การถอดแบบคำนวณปริมาณงานซ่อมแซมสะพาน

1. ลักษณะงานซ่อมแซมสะพาน

1.1 งานตัดคอนกรีต ลึก 3 มม. (กำหนดพื้นที่ซ่อม)

$$L = \Sigma 2(g+y) \quad (\text{ม.})$$

g = ความกว้าง (ม.)

y = ความยาว (ม.)

1.2 งานสกัดคอนกรีตที่เสื่อมสภาพส่วนพื้นบน

$$\text{พ.ท.} = \Sigma A \quad (\text{ตร.ม.})$$

A = (ความกว้าง+ระยะเผื่อ 10 ซม. x ความยาว+ระยะเผื่อ 10 ซม.)

1.3 งานตบแต่งผิวคอนกรีต

$$\text{พ.ท.} = \Sigma A \quad (\text{ตร.ม.})$$

A = (ความกว้าง x ความยาว)

1.4 งานเจาะทะลุพื้นคอนกรีต

$$\text{ปริมาณรูเจาะ} = \Sigma (p) \quad (\text{รู})$$

P = จำนวนรูเจาะ

1.5 งานขัดสนิมเหล็กเสริม

$$L = \Sigma l \quad (\text{เมตร})$$

l = ความยาวเหล็กเสริมแต่ละเส้นที่ต้องขัดสนิม

1.6 งานเชื่อมและตัดเหล็กเสริม

$$P = \Sigma p \quad (\text{จุด})$$

p = จุดที่ตัดเหล็กเสริม

1.6 งานเกรทท์

$$L = \Sigma l \quad (\text{ม.})$$

l = ความยาวเกรทท์

1.7 งานไม้แบบ

$$W = \Sigma V \quad (\text{ม.}^2)$$

V = (ความกว้าง x ความยาว)

1.8 ไม้คร่ายึดแบบ

$$W_1 = \Sigma V \quad (\text{ม.}^2)$$

V = (ความกว้าง x ความยาว)

1.9 ไม้ค้ำยันโครงสร้าง

$$W_2 = \Sigma V \quad (\text{ม.}^2)$$

$$V = (\text{ความกว้าง} \times \text{ความยาว})$$

1.10 งานนั่งร้าน (Formwork)

$$F = \sum A \quad (\text{ม.}^2)$$

$$A = (\text{ความกว้าง} \times \text{ความยาว})$$

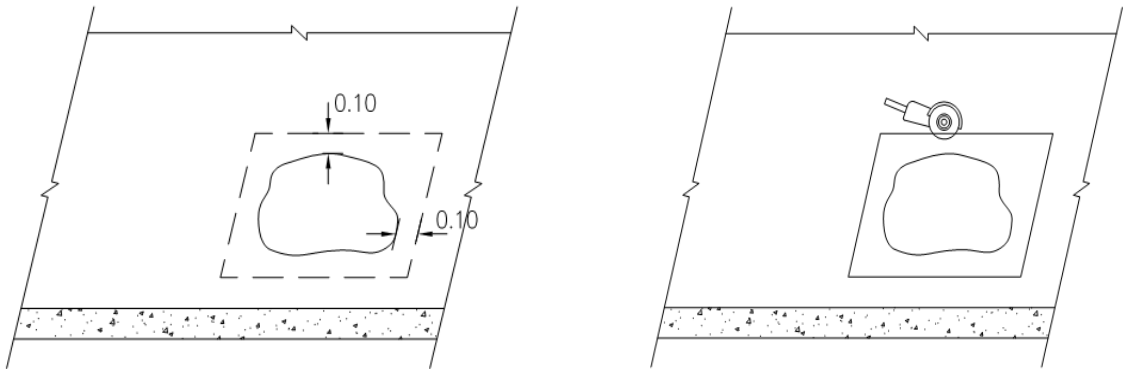
11.3 การกำหนดแหล่ง และราคาวัสดุ

การประมาณราคาในคู่มือเล่มนี้ได้กำหนดแหล่งและราคาวัสดุที่ใช้เป็นตัวอย่างสำหรับการคำนวณราคาจากราคาวัสดุและค่าแรงในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล สรุปราคาเมื่อสิ้นเดือน มิถุนายน 2551 โดยมีค่าแรงขั้นต่ำที่ 203 บาท

ในการนำราคาที่แสดงตัวอย่างไว้ในคู่มือนี้ไปใช้ วิศวกรหรือผู้ประมาณราคาควรต้องปรับราคาให้เข้ากับสภาพแวดล้อม และต้องพิจารณาถึงปัจจัย และเงื่อนไขอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย

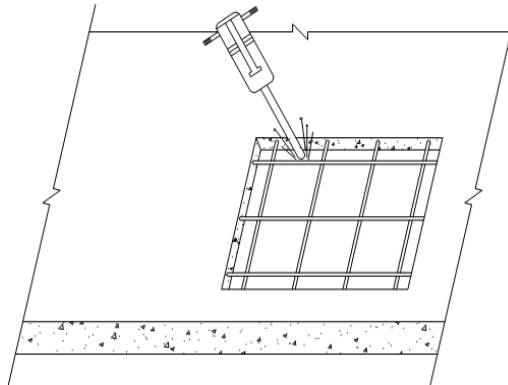
11.4 การคำนวณราคาต่อหน่วย

1.งานซ่อมพื้นสะพาน ด้านบน ขนาด 4.00 x 5.00 ม.



1.1 งานตัดคอนกรีต ลึก 3 มม. ราคาเมตรละ 40 บาท (กำหนดพื้นที่ซ่อม)

$$\begin{aligned}
 L &= \Sigma 2(4+5) && \text{(ม.)} \\
 &= 18 && \text{(ม.)} \\
 \text{ราคารวม} &= 18 \times 40 && = \underline{720} \text{ บาท}
 \end{aligned}$$



1.2 งานสกัดคอนกรีตที่เสื่อมสภาพส่วนพื้นบน ลึก 25 มม.ราคาตารางเมตรละ 25 บาท

$$\begin{aligned}
 \text{พ.ท.} &= 4 \times 5 && \text{(ตร.ม.)} \\
 \text{ราคารวม} &= 20 \times 25 && = \underline{500} \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

1.3 งานขัดสนิมเหล็ก ราคาเมตรละ 10 บาท

$$\begin{aligned}
 L &= (4 \text{ ม.} \times 20 \text{ เส้น}) + (5 \times 16 \text{ เส้น}) && \text{(เมตร)} \\
 &= 160 && \text{(เมตร)} \\
 \text{ราคารวม} &= 160 \times 10 && = \underline{1,600} \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

* กรณีที่มีปริมาณมากจะต้องใช้เครื่องมือช่วยสามารถตั้งราคาแบบเหมาจ่าย

1.4 งานเชื่อมและตัดเหล็กเสริม ราคาจุดละ 10 บาท

$$P = 10 \quad (\text{จุด})$$

$$\text{ราคารวม} = 10 \times 10 = \underline{100} \quad \text{บาท}$$

1.4 งานทาวัวสดูเพิ่มแรงยึดเหนี่ยว ราคาตารางเมตรละ 25 บาท

$$\text{พ.ท.} = 4 \times 5 \quad (\text{จุด})$$

$$\text{ราคารวม} = 20 \times 25 = \underline{2,500} \quad \text{บาท}$$

1.5 งานไม้แบบ ราคาตารางเมตรละ 425 บาท

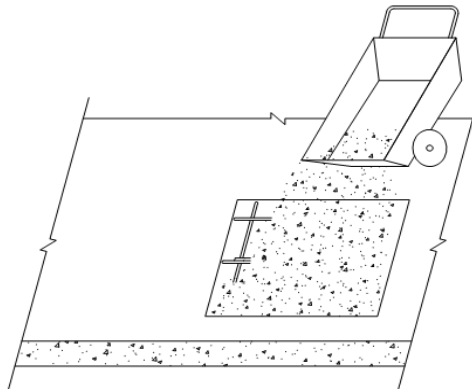
$$W = 0.53 \quad \text{ม.}^2$$

$$\underline{\text{ราคารวม}} = 0.53 \times 425 = \underline{212} \quad \text{บาท}$$

1.6 ไม้เคร่ายึดแบบ ราคาตารางเมตรละ 400 บาท

$$W_1 = 1.00 \quad \text{ม.}^2$$

$$\underline{\text{ราคารวม}} = 1.00 \times 400 = \underline{400} \quad \text{บาท}$$



1.7 งานคอนกรีตกำลังอัด 240 กก./ชม.² ราคาลูกบาศก์เมตรละ 2,510 บาท

$$W_1 = 4.00 \times 5.00 \times 0.025 = 0.50 \quad \text{ม.}^3$$

$$\underline{\text{ราคารวม}} = 0.50 \times 2,510 = \underline{1,255} \quad \text{บาท}$$

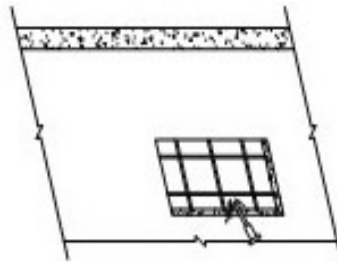
$$\text{รวมราคาทั้งสิ้น} = 4,787 \quad \text{บาท}$$

2.งานซ่อมพื้นสะพาน ส่วนล่าง ขนาด 4.00 x 5.00 ม.



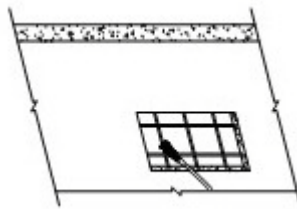
2.1 งานตัดคอนกรีต ลึก 3 มม. ราคาเมตรละ 40 บาท (กำหนดพื้นที่ซ่อม)

$$\begin{aligned}
 L &= 2(4+5) && \text{(ม.)} \\
 &= 18 && \text{(ม.)} \\
 \text{ราคารวม} &= 18 \times 40 = \underline{720} && \text{บาท}
 \end{aligned}$$



2.2 งานสกัดคอนกรีตที่เสื่อมสภาพส่วนพื้นบน ลึกไม่เกิน 25 มม.ราคาตารางเมตร ละ 100 บาท

$$\begin{aligned}
 \text{พ.ท.} &= 4 \times 5 \quad \text{(ตร.ม.)} \\
 \text{ราคารวม} &= 20 \times 100 = \underline{2,000} && \text{บาท}
 \end{aligned}$$



2.3 งานขัดสนิมเหล็ก ราคาเมตรละ 10 บาท

$$\begin{aligned}
 L &= (4 \text{ ม.} \times 20 \text{ เส้น}) + (5 \times 16 \text{ เส้น}) && \text{(เมตร)} \\
 &= 160 && \text{(เมตร)} \\
 \text{ราคารวม} &= 160 \times 10 = \underline{1,600} && \text{บาท}
 \end{aligned}$$

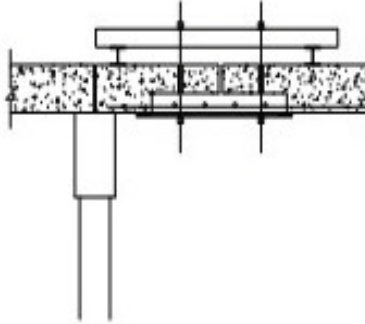
2.4 งานเชื่อมและตัดเหล็กเสริม ราคาจุดละ 10 บาท

$$\begin{aligned}
 P &= 10 && \text{(จุด)} \\
 \text{ราคารวม} &= 10 \times 10 = 100 && \text{บาท}
 \end{aligned}$$

2.5 งานเจาะทะลุพื้นคอนกรีต ราคาถูละ 50 บาท

$$\text{ปริมาณรูเจาะ} = 20 \text{ (รู)}$$

$$\text{ราคารวม} = 20 \times 50 = 1,000 \text{ บาท}$$



2.6 งานไม้แบบ ราคาตารางเมตรละ 425 บาท

$$W = 3.35 \text{ ม.}^2$$

$$\text{ราคารวม} = 0.35 \times 425 = \underline{1,414} \text{ บาท}$$

2.7 ไม้เคร้ายึดแบบ ราคาตารางเมตรละ 400 บาท

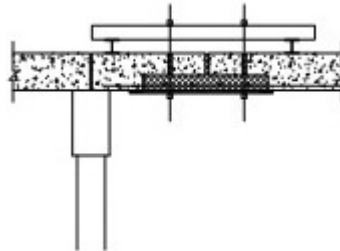
$$W_1 = 1.00 \text{ ม.}^3$$

$$\text{ราคารวม} = 1.00 \times 425 = \underline{400} \text{ บาท}$$

2.8 งานนั่งร้าน (Formwork)

$$F = 4.00 \times 5.00 = 20 \text{ (ม.}^2\text{)}$$

$$\text{ราคารวม} = 20 \times 1,000 = \underline{20,000} \text{ บาท}$$



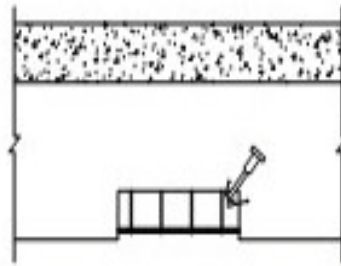
2.9 Thin Polymer Concrete Overlay ราคา 60 บาท /มม./ม.²

$$W_1 = 4.00 \times 5.00 \times 3 = 60 \text{ ม.}^2$$

$$\text{ราคารวม} = 60 \times 60 = \underline{3,600} \text{ บาท}$$

$$\text{รวมราคาทั้งสิ้น} = 30,834 \text{ บาท}$$

3.งานซ่อมคานสะพาน ขนาด 0.30 x 1.00 ม.



3.1 งานตัดคอนกรีต ลึก 3 มม. ราคาเมตรละ 40 บาท (กำหนดพื้นที่ซ่อม)

$$L = \Sigma 2(0.5) + 2(1+1) + 4(0.3) \quad (\text{ม.})$$

$$= 6.2 \quad (\text{ม.})$$

$$\text{ราคารวม} = 6.2 \times 40 = \underline{248} \quad \text{บาท}$$

3.2 งานสกัดคอนกรีตที่เสื่อมสภาพส่วนพื้นบน ลึกไม่เกิน 100 มม. ราคาตารางเมตร ละ 125 บาท

$$\text{พ.ท.} = 0.30 \times 1 \quad (\text{ตร.ม.})$$

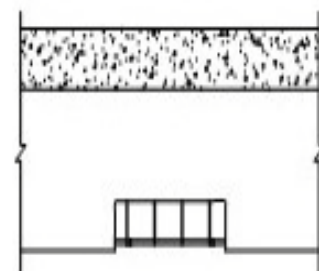
$$\text{ราคารวม} = 0.3 \times 125 = \underline{2,000} \quad \text{บาท}$$

3.3 งานขัดสนิมเหล็ก ราคาเมตรละ 10 บาท

$$L = (0.5 \text{ ม.} \times 4 \text{ เส้น}) + (1 \times 4 \text{ เส้น}) \quad (\text{เมตร})$$

$$= 6 \quad (\text{เมตร})$$

$$\text{ราคารวม} = 6 \times 10 = \underline{60} \quad \text{บาท}$$



3.4 งานเชื่อมและตัดเหล็กเสริม ราคาจุดละ 10 บาท

$$P = 8 \quad (\text{จุด})$$

$$\text{ราคารวม} = 8 \times 10 = 80 \quad \text{บาท}$$

3.6 งานไม้แบบ ราคาตารางเมตรละ 425 บาท

$$W = 0.885 \quad \text{ม.}^2$$

$$\text{ราคารวม} = 0.885 \times 425 = \underline{354} \quad \text{บาท}$$

3.6 ไม้โครงยึดแบบ ราคาตารางเมตรละ 400 บาท

$$W_1 = 1.00 \quad \text{ม.}^2$$

$$\text{ราคารวม} = 1.00 \times 400 = \underline{400} \quad \text{บาท}$$

3.7 งานนั่งร้าน (Formwork)

$$F = 2.00 \times 2.00 = 4 \quad (\text{ม.}^2)$$

$$\text{ราคารวม} = 4 \times 1,000 = \underline{4,000} \quad \text{บาท}$$

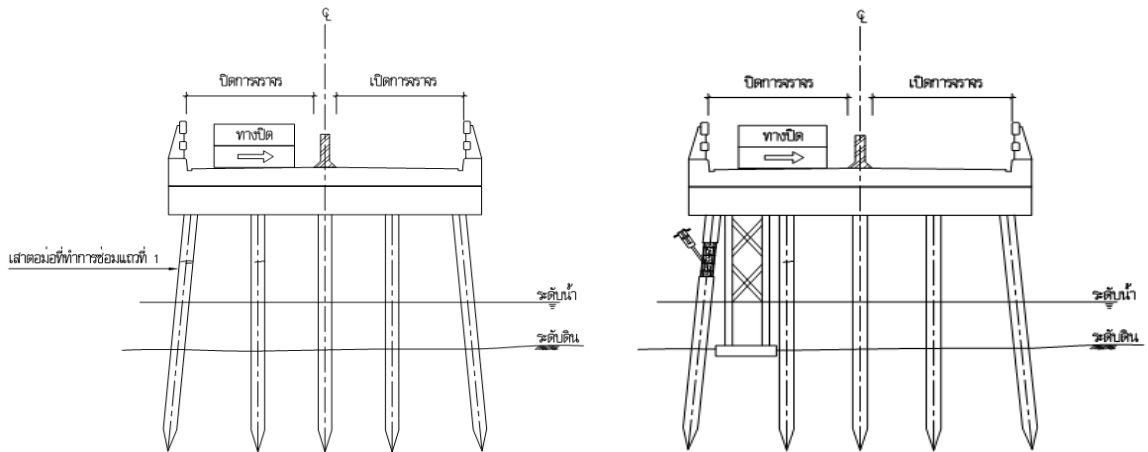
3.7 คอนกรีต 240 ksc ราคาลูกบาศก์เมตรละ 2,510 บาท

$$W_1 = 0.50 \times 1.00 \times 0.10 = 0.05 \quad \text{ม.}^3$$

$$\text{ราคารวม} = 0.05 \times 2,510 = \underline{125} \quad \text{บาท}$$

$$\text{รวมราคาทั้งสิ้น} = 7,267 \quad \text{บาท}$$

4.งานซ่อมเสาดอม่อสะพาน แบบไม้ตัดต่อม่อ ขนาด 0.40 x 0.40 ม.



4.1 งานตัดคอนกรีต ลึก 3 มม. ราคาเมตรละ 40 บาท (กำหนดพื้นที่ซ่อม)

$$L = \sum 4(0.4) \times 2 \quad (\text{ม.})$$

$$= 3.2 \quad (\text{ม.})$$

ราคารวม = 3.2 X 40 = 248 บาท

4.2 งานสกัดคอนกรีตที่เสื่อมสภาพส่วนพื้นบน ลึกไม่เกิน 100 มม.ราคาตารางเมตร ละ 125 บาท

พ.ท. = 4 X 0.4 x 1 (ตร.ม.)

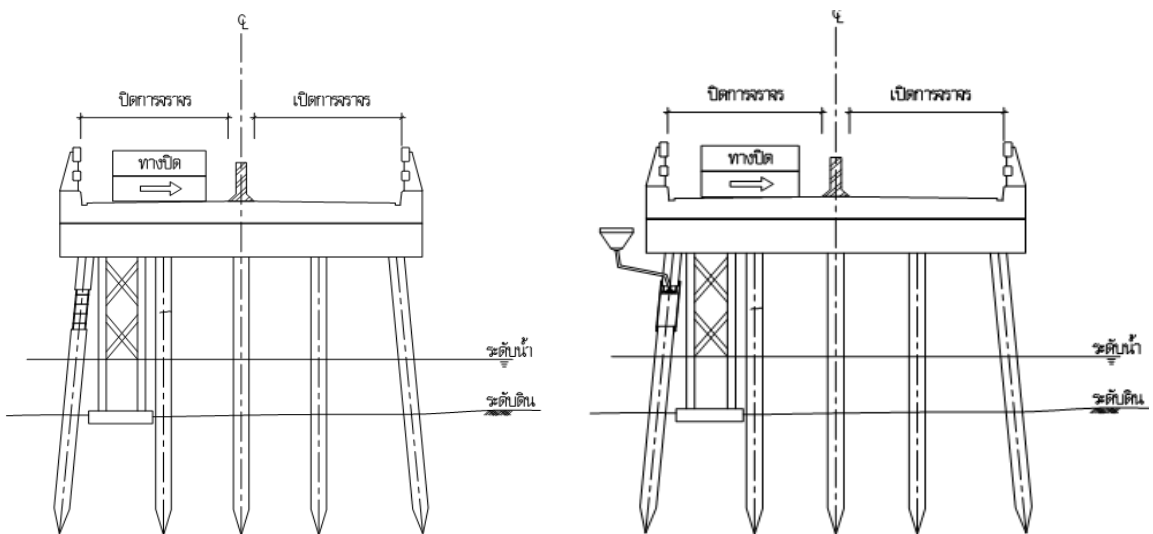
ราคารวม = 1.6 X 125 = 200 บาท

4.3 งานขัดสนิมเหล็ก ราคาเมตรละ 10 บาท

L = (1 ม. x 4 เส้น) + (1.6 X 4 เส้น) (เมตร)

= 6.4 (เมตร)

ราคารวม = 6.4 X 10 = 64 บาท



4.5 งานไม้แบบ ราคาตารางเมตรละ 400 บาท

$$W = 3.53 \quad \text{ม.}^2$$

$$\text{ราคารวม} = 3.53 \times 400 = \underline{1,414} \quad \text{บาท}$$

4.6 ไม้โครงยึดแบบ ราคาตารางเมตรละ 400 บาท

$$W_1 = 1.00 \quad \text{ม.}^3$$

$$\text{ราคารวม} = 1.00 \times 400 = \underline{400} \quad \text{บาท}$$

4.7 งานนั่งร้าน (Formwork)

$$F = 2.50 \times 2.50 = 6.255 \quad (\text{ม.}^2)$$

$$\text{ราคารวม} = 6.25 \times 1,000 = \underline{6,250} \quad \text{บาท}$$

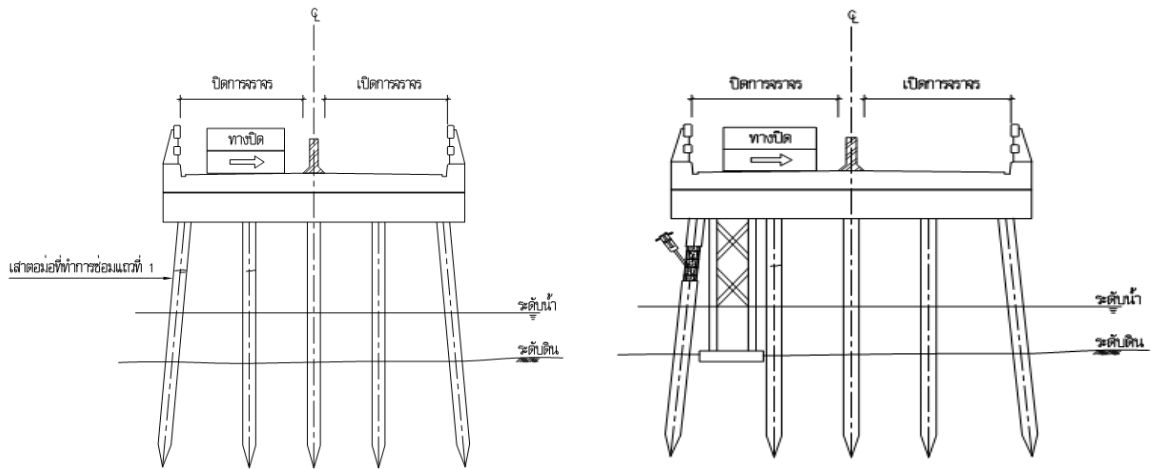
4.7 คอนกรีต 240 ksc ราคาลูกบาศก์เมตรละ 2,510 บาท

$$W_1 = 0.50 \times 0.50 \times 1.00 = 0.25 \quad \text{ม.}^3$$

$$\text{ราคารวม} = 0.25 \times 2,510 = \underline{627.5} \quad \text{บาท}$$

$$\text{รวมราคาทั้งสิ้น} = 9,203.5 \quad \text{บาท}$$

5.งานซ่อมเสาตอม่อสะพาน แบบตัดต่อม่อ ขนาด 0.40 x 0.40 ม.



5.1 งานตัดคอนกรีต ลึก 3 มม. ราคาเมตรละ 40 บาท (กำหนดพื้นที่ซ่อม)

$$L = \sum 4(0.4) \times 2 \quad (\text{ม.})$$

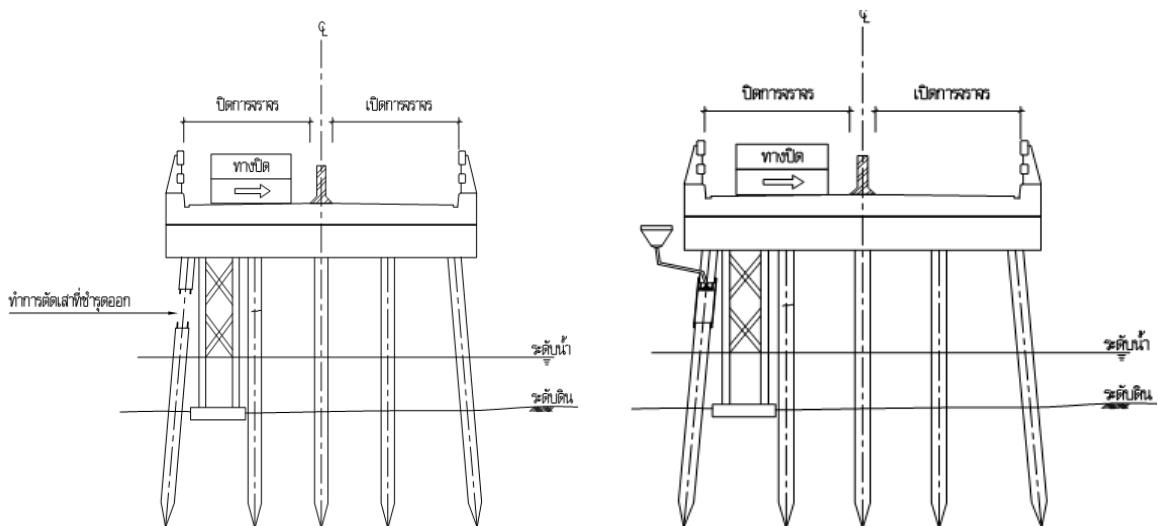
$$= 3.2 \quad (\text{ม.})$$

ราคารวม = 3.2 X 40 = 248 บาท

5.2 งานสกัดคอนกรีตที่เสื่อมสภาพส่วนพื้นบน ลึกไม่เกิน 100 มม.ราคาตารางเมตร ละ 125 บาท

พ.ท. = 4 X 0.4 x 1 (ตร.ม.)

ราคารวม = 1.6 X 125 = 200 บาท



5.3 งานตัดเสาตอม่อ ราคาต้นละ 175 บาท

เสาตอม่อ = 1 ต้น

ราคารวม = 1 X 175 = 175 บาท

5.4 งานเชื่อมและตัดเหล็กเสริม ราคาจุดละ 10 บาท

$$P = 8 \quad (\text{จุด})$$

$$\text{ราคารวม} = 8 \times 10 = 80 \quad \text{บาท}$$

5.5 งานไม้แบบ ราคาตารางเมตรละ 400 บาท

$$W = 3.53 \quad \text{ม.}^2$$

$$\text{ราคารวม} = 3.53 \times 400 = \underline{1,414} \quad \text{บาท}$$

4.6 ไม้โครงยึดแบบ ราคาตารางเมตรละ 4,000 บาท

$$W_1 = 1.00 \quad \text{ม.}^2$$

$$\text{ราคารวม} = 1.00 \times 400 = \underline{400} \quad \text{บาท}$$

4.7 งานนั่งร้าน (Formwork)

$$F = 2.50 \times 2.50 = 6.255 \quad (\text{ม.}^2)$$

$$\text{ราคารวม} = 6.25 \times 1,000 = \underline{6,250} \quad \text{บาท}$$

4.7 คอนกรีต 240 ksc ราคาลูกบาศก์เมตรละ 2,510 บาท

$$W_1 = 0.50 \times 0.50 \times 1.00 = 0.25 \quad \text{ม.}^3$$

$$\text{ราคารวม} = 0.25 \times 2,510 = \underline{627.5} \quad \text{บาท}$$

$$\text{รวมราคาทั้งสิ้น} = 9,394.5 \quad \text{บาท}$$

ตารางที่ 11.2 ตัวอย่างรายการประเมินราคางานซ่อมแซมสะพาน

ลำดับ	รายการ	หน่วย	จำนวน	ราคาต่อหน่วย	ราคาทุน
		(A)	(B)	(C)	(D)=(B)*(C)
1	งานตัดคอนกรีต ลึก 3 มม.	ม.	18.00	40.00	720.00
2	งานสกัดคอนกรีตที่เสื่อมสภาพส่วนพื้นบน ลึก 25 มม.	ม. ²	20.00	25.00	500.00
3	งานขัดสนิมเหล็ก	ม.	160.00	10.00	1,600.00
4	งานเชื่อมและตัดเหล็กเสริม	จุด	10.00	10.00	100.00
5	เหล็กเสริม DB 20 SD-30	เส้น	1.00	1,200.00	1,200.00
6	ลวดผูกเหล็ก	กก.	1.00	46.09	46.09
7	งานทาวาสตูปเสริมแรงยึดเหนี่ยว	ม. ²	20.00	25.00	500.00
8	งานไม้แบบ	ม. ²	0.53	400.00	214.25
9	ไม้เคร้ายัดแบบ	ม. ²	0.10	400.00	40.00
10	งานคอนกรีตกำลังอัดประลัยที่อายุ 28 วัน (กก./ตร.ชม)	ม. ³	0.50	2510	1255.00
	รวมค่างานต้นทุนงานซ่อมสะพาน				6,175.34
	FACTOR F (เปิดตาราง)				1.23
	เป็นเงิน				7,604.93
	รวมเป็นเงินค่าก่อสร้างทั้งสิ้น				7,604.93
	รวมค่างานต้นทุนงานซ่อมสะพาน				6,175.34

ตารางที่ 11.3 ราคาต่อหน่วยงานซ่อมแซมการซ่อมพื้น ทางเท้าและราวสะพาน

ลำดับ	รายการ	หน่วย (A)	จำนวน (B)	ราคาต่อหน่วย (C)	ราคาทุน (D)=(B)*(C)
1	งานคอนกรีต				
	1.1กำลังคอนกรีต 180 ksc (ลบ.)	ม. ³	1.00	2,430.00	2,430.00
	1.2กำลังคอนกรีต 240 ksc (ลบ.)	ม. ³	1.00	2,510.00	2,510.00
	1.3กำลังคอนกรีต 300 ksc (ลบ.)	ม. ³	1.00	2,630.00	2,630.00
	1.4กำลังคอนกรีต 420 ksc (ลบ.)	ม. ³	1.00	2,810.00	2,810.00
	1.5ปูนถุง ประเภท 1 ตราช้าง	ถุง	1.00	145.00	145.00
2	ทราย				
	2.1ทรายหยาบ	ม. ³	1.00	357.50	357.50
	2.2ทรายละเอียด	ม. ³	1.00	367.50	367.50
3	หินย่อย				
	3.1หินย่อย เบอร์ 1	ตัน	1.00	482.00	482.00
	3.2หินย่อย เบอร์ 2	ตัน	1.00	482.00	482.00
	3.3หินสเปก	ตัน	1.00	392.00	392.00
4	งานเหล็กเสริม				
	4.1RB 6 SR-24	ตัน	1.00	39,970.00	39,970.00
	4.2RB 9 SR-24	ตัน	1.00	39,230.00	39,230.00
	4.3DB 10 SD-30	ตัน	1.00	38,290.00	38,290.00
	4.4DB 12 SD-30	ตัน	1.00	38,290.00	38,290.00
	4.5DB 16 SD-30	ตัน	1.00	38,290.00	38,290.00
	4.6DB 20 SD-30	ตัน	1.00	38,290.00	38,290.00
	4.7DB 28 SD-30	ตัน	1.00	38,290.00	38,290.00
	4.8DB 32 SD-30	ตัน	1.00	38,290.00	38,290.00
5	ลวดผูกเหล็ก	กก.	1.00	46.09	46.09
6	ไม้แบบ	ม. ³	1.00	4,285.00	4,285.00
7	ไม้คร่ำยึดแบบ	ม. ³	1.00	4,000.00	4,000.00
8	ไม้ค้ำยันโครงสร้าง	ม. ³	1.00	4,000.00	4,000.00

* ราคาจากกลางของกระทรวงพาณิชย์ ประจำเดือนกรกฎาคม 2551 (www.price.moc.go.th)

ตารางที่ 11.3 ราคาต่อหน่วยงานซ่อมแซมการซ่อมพื้น ทางเท้าและราวสะพาน (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	หน่วย (A)	จำนวน (B)	ราคาต่อหน่วย (C)	ราคาทุน (D)=(B)*(C)
9	งานนั่งร้าน	ม. ²	1.00	1,000.00	1,000.00
10	งานสกัดคอนกรีตที่เสื่อมสภาพ (พื้นบน)				
	10.1 ความลึกไม่เกิน 25 มม.	ม. ²	1.00	25.00	25.00
	10.2 ความลึกไม่เกิน 50 มม.	ม. ²	1.00	35.00	35.00
	10.3 ความลึกไม่เกิน 100 มม.	ม. ²	1.00	60.00	60.00
11	งานสกัดคอนกรีตที่เสื่อมสภาพ (พื้นล่าง)				
	11.1 ความลึกไม่เกิน 25 มม.	ม. ²	1.00	100.00	100.00
	11.2 ความลึกไม่เกิน 50 มม.	ม. ²	1.00	150.00	150.00
	11.3 ความลึกไม่เกิน 100 มม.	ม. ²	1.00	200.00	200.00
12	งานตัดคอนกรีต	ม.	1.00	40.00	40.00
13	งานเชื่อมคอนกรีตเท่ากับคอนกรีตใหม่	ม. ³	1.00	50.00	50.00
14	งานขัดสนิมเหล็ก	ม.	1.00	20.00	20.00
15	งานตัดเหล็กเสริม	จุด	1.00	10.00	10.00
16	Non-Shrink Concrete	ถุง	1.00	1,000.00	1,000.00
17	สารผสมเพิ่ม Type F	ถัง	1.00	2,500.00	2,500.00
18	Epoxy Rasin	มม./ม. ²	1.00	200.00	200.00
19	Epoxy Bonded Replacement Concrete	มม./ม. ²	1.00	100.00	100.00
20	โพลีเมอร์คอนกรีต	มม./ม. ²	1.00	80.00	80.00
21	Thin Polymer Concrete Overlay	มม./ม. ²	1.00	120.00	120.00
22	น้ำยาเกราหรือเรซินเกราท์	ม.	1.00	1,440.00	1,440.00

* ราคาจากกลางของกระทรวงพาณิชย์ ประจำเดือนกรกฎาคม 2551 (www.price.moc.go.th)

ตารางที่ 11.4 ราคาต่อหน่วยงานซ่อมแซมต่อม่อสะพานคอนกรีตสะพาน

ลำดับ	รายการ	หน่วย (A)	จำนวน (B)	ราคาต่อหน่วย (C)	ราคาทุน (D)=(B)*(C)
1	งานคอนกรีต				
	1.1กำลังคอนกรีต 180 ksc (ลบ.)	ม. ³	1.00	2,430.00	2,430.00
	1.2กำลังคอนกรีต 240 ksc (ลบ.)	ม. ³	1.00	2,510.00	2,510.00
	1.3กำลังคอนกรีต 300 ksc (ลบ.)	ม. ³	1.00	2,630.00	2,630.00
	1.4กำลังคอนกรีต 420 ksc (ลบ.)	ม. ³	1.00	2,810.00	2,810.00
	1.5ปูนถุง ประเภท 1 ตราช้าง	ถุง	1.00	145.00	145.00
2	ทราย				
	2.1ทรายหยาบ	ม. ³	1.00	357.50	357.50
	2.2ทรายละเอียด	ม. ³	1.00	367.50	367.50
3	หินย่อย				
	3.1หินย่อย เบอร์ 1	ตัน	1.00	482.00	482.00
	3.2หินย่อย เบอร์ 2	ตัน	1.00	482.00	482.00
	3.3หินสเปก	ตัน	1.00	392.00	392.00
4	งานเหล็กเสริม				
	4.1RB 6 SR-24	ตัน	1.00	39,970.00	39,970.00
	4.2RB 9 SR-24	ตัน	1.00	39,230.00	39,230.00
	4.3DB 10 SD-30	ตัน	1.00	38,290.00	38,290.00
	4.4DB 12 SD-30	ตัน	1.00	38,290.00	38,290.00
	4.5DB 16 SD-30	ตัน	1.00	38,290.00	38,290.00
	4.6DB 20 SD-30	ตัน	1.00	38,290.00	38,290.00
	4.7DB 28 SD-30	ตัน	1.00	38,290.00	38,290.00
	4.8DB 32 SD-30	ตัน	1.00	38,290.00	38,290.00
5	ลวดผูกเหล็ก	กก.	1.00	46.09	46.09
6	ไม้แบบ	ม. ³	1.00	4,285.00	4,285.00
7	ไม้คร่ายึดแบบ	ม. ³	1.00	4,000.00	4,000.00

* ราคาจากกลางของกระทรวงพาณิชย์ ประจำเดือนกรกฎาคม 2551 (www.price.moc.go.th)

ตารางที่ 11.4 ราคาต่อหน่วยงานซ่อมแซมตอม่อสะพานคอนกรีตสะพาน (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	หน่วย (A)	จำนวน (B)	ราคาต่อหน่วย (C)	ราคาทุน (D)=(B)*(C)
8	ไม้ค้ำยันโครงสร้าง	ม. ³	1.00	4,000.00	4,000.00
9	งาน Sheet Pile	ตัน	1	367.50	367.50
10	งานนั่งร้าน	ม. ²	1.00	1,000.00	1,000.00
11	งานตัดเสาตอม่อ	ตัน	1.00	175.00	175.00
12	งานสกัดคอนกรีตที่เสื่อมสภาพ				
	12.1ความลึกไม่เกิน 25 มม.	ม. ²	1.00	75.00	75.00
	12.2ความลึกไม่เกิน 50 มม.	ม. ²	1.00	100.00	100.00
	12.3ความลึกไม่เกิน 100 มม.	ม. ²	1.00	125.00	125.00
13	งานตัดคอนกรีต	ม.	1.00	40.00	40.00
14	งานเชื่อมคอนกรีตเท่ากับคอนกรีตใหม่	ม. ³	1.00	50.00	50.00
15	Non-Shrink Concrete	ถุง	1.00	1,000.00	1,000.00
16	งานขัดสนิมเหล็ก	ม.	1.00	20.00	20.00
17	งานตัดเหล็กเสริม	จุด	1.00	10.00	10.00
18	สารผสมเพิ่ม Type F	ถัง	1.00	2,500.00	2,500.00
19	Epoxy Rasin	มม./ม. ²	1.00	200.00	200.00
20	Epoxy Bonded Replacement Concrete	มม./ม. ²	1.00	100.00	100.00
21	โพลีเมอร์คอนกรีต	มม./ม. ²	1.00	80.00	80.00
22	Thin Polymer Concrete Overlay	มม./ม. ²	1.00	120.00	120.00
23	น้ำยาเกราหรือเรซินเกราท์	ม.	1.00	1,440.00	1,440.00

* ราคาากลางของกระทรวงพาณิชย์ ประจำเดือนกรกฎาคม 2551 (www.price.moc.go.th)

ตารางที่ 11.5 ราคาต่อหน่วยงานซ่อมแซมคานคอนกรีตสะพาน

ลำดับ	รายการ	หน่วย (A)	จำนวน (B)	ราคาต่อหน่วย (C)	ราคาทุน (D)=(B)*(C)
1	งานคอนกรีต				
	1.1กำลังคอนกรีต 180 ksc (ลบ.)	ม. ³	1.00	2,430.00	2,430.00
	1.2กำลังคอนกรีต 240 ksc (ลบ.)	ม. ³	1.00	2,510.00	2,510.00
	1.3กำลังคอนกรีต 300 ksc (ลบ.)	ม. ³	1.00	2,630.00	2,630.00
	1.4กำลังคอนกรีต 420 ksc (ลบ.)	ม. ³	1.00	2,810.00	2,810.00
	1.5ปูนถุง ประเภท 1 ตราช้าง	ถุง	1.00	145.00	145.00
2	ทราย				
	2.1ทรายหยาบ	ม. ³	1.00	357.50	357.50
	2.2ทรายละเอียด	ม. ³	1.00	367.50	367.50
3	หินย่อย				
	3.1หินย่อย เบอร์ 1	ตัน	1.00	482.00	482.00
	3.2หินย่อย เบอร์ 2	ตัน	1.00	482.00	482.00
	3.3หินสเปก	ตัน	1.00	392.00	392.00
4	งานเหล็กเสริม				
	4.1RB 6 SR-24	ตัน	1.00	39,970.00	39,970.00
	4.2RB 9 SR-24	ตัน	1.00	39,230.00	39,230.00
	4.3DB 10 SD-30	ตัน	1.00	38,290.00	38,290.00
	4.4DB 12 SD-30	ตัน	1.00	38,290.00	38,290.00
	4.5DB 16 SD-30	ตัน	1.00	38,290.00	38,290.00
	4.6DB 20 SD-30	ตัน	1.00	38,290.00	38,290.00
	4.7DB 28 SD-30	ตัน	1.00	38,290.00	38,290.00
	4.8DB 32 SD-30	ตัน	1.00	38,290.00	38,290.00
5	ลวดผูกเหล็ก	กก.	1.00	46.09	46.09
6	งานนั่งร้าน	ม. ²	1.00	1,000.00	1,000.00
7	ไม้แบบ	ม. ³	1.00	4,285.00	4,285.00
8	ไม้คร่ำยึดแบบ	ม. ³	1	4,000.00	4,000.00

* ราคาจากกลางของกระทรวงพาณิชย์ ประจำเดือนกรกฎาคม 2551 (www.price.moc.go.th)

ตารางที่ 11.5 ราคาต่อหน่วยงานซ่อมแซมคานคอนกรีตสะพาน (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	หน่วย (A)	จำนวน (B)	ราคาต่อหน่วย (C)	ราคาทุน (D)=(B)*(C)
9	ไม้ค้ำยันโครงสร้าง	ม. ³	1.00	4,000.00	4,000.00
10	งานสกัดคอนกรีตที่เสื่อมสภาพ คาน				
	11.1 ความลึกไม่เกิน 25 มม.	ม. ²	1.00	75.00	75.00
	11.2 ความลึกไม่เกิน 50 มม.	ม. ²	1.00	100.00	100.00
	11.3 ความลึกไม่เกิน 100 มม.	ม. ²	1.00	125.00	125.00
12	งานตัดคอนกรีต	ม.	1.00	40.00	40.00
13	งานเชื่อมคอนกรีตเท่ากับคอนกรีตใหม่	ม. ³	1.00	50.00	50.00
14	Non-Shrink Concrete	ถุง	1.00	1,000.00	1,000.00
15	งานขัดสนิมเหล็ก	ม.	1.00	20.00	20.00
16	งานตัดเหล็กเสริม	จุด	1.00	10.00	10.00
17	สารผสมเพิ่ม Type F	ถัง	1.00	2,500.00	2,500.00
18	Epoxy Resin	มม./ม. ²	1.00	200.00	200.00
19	Epoxy Bonded Replacement Concrete	มม./ม. ²	1.00	100.00	100.00
20	โพลีเมอร์คอนกรีต	มม./ม. ²	1.00	80.00	80.00
21	Thin Polymer Concrete Overlay	มม./ม. ²	1.00	120.00	120.00
22	น้ำยาเกราหรือเรซินเกราท์	ม.	1.00	1,440.00	1,440.00

* ราคากลางของกระทรวงพาณิชย์ ประจำเดือนกรกฎาคม 2551 (www.price.moc.go.th)

1 3

บรรณานุกรม

- กรมทางหลวง คู่มือการตรวจสอบ วิเคราะห์ และประเมินกำลังรับน้ำหนักของสะพาน 2549
- กรมทางหลวง คู่มือการซ่อมแซมและบำรุงสะพาน
- สถาบันขนส่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โครงการพัฒนาระบบโครงข่ายสายทางของกรมทางชนบท (ระยะที่ 1) รายงานฉบับสมบูรณ์
- IMMS การศึกษาและพัฒนาสะพานให้สามารถรับน้ำหนักได้เพิ่มขึ้นโดยวิธีการเสริมกำลังพื้นสะพาน คอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่ ช่วง 5-10 เมตร, 2550
- กรมทางหลวง คู่มือวิธีการปฏิบัติงานบูรณะและการปรับปรุงสะพานและท่อเหลี่ยม 2547
- กรมทางหลวง คู่มือวิธีการปฏิบัติงานก่อสร้างและการปรับปรุงสะพานและท่อเหลี่ยม
- กรมทางหลวง คู่มือการเสริมกำลังสะพาน
- AASHTO. (1976). *Manual for Bridge Maintenance*. AASHTO. Washington DC .
- AASHTO. (1998). *Movable Bridge Inspection. Evaluation and Maintenance Manual*. AASHTO. Washington DC.
- AASHTO. (2006). *Standard Specifications for Highway Bridges*. AASHTO. Washington DC.
- American Concrete Institute (2005) *ACI Manual of Concrete Practice*
- ASCE (2006). *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*. ASCE.
- ASTM (2001). *Annual Book of ASTM Standards: Construction, Concrete and Aggregate*, ASTM, Baltimore
- Ball, J.C., Schweickhard A.J., and Thaxton, C.R. (2007). Corrosion mitigation and Column Strengthening at the Atalaya Tower Condominium. *Concrete repair bulletin*. March/april. PP. 13-17
- Chen, W., Duan, L. (2003). *Bridge Engineering Construction and Maintenance*. CRC, America
- Cope, R. J. (1987). *Concrete Bridge Engineering*, Elsevier Applied Science. London.
- Earley, B. (2008) Repair of Concrete Structure under Construction. *Concrete Repair bulletin* January/February. PP. 12-15
- Emmons, P. (1993). *Concrete Repair and Maintenance Illustrated*. R.S. Means, USA.
- Emmons, P. (2007). Repair Application Procedures. *Concrete repair Bulletin*. July/August. PP. 26-31

- Emmons, P. (2007). Surface Repair Using Form and Pour Techniques. *Concrete repair Bulletin*. March/April. PP. 12-18
- Neville, A.M. Brooks, J.J. (1994), *Concrete Technology*. John Wiley. New York
- O-Dea, V. (2008). Thin-repair of Concrete in Waste Water Environment using Commercially Available Cementitious Resurfacers. *Concrete repair bulletin* January/February. PP. 16-20
- Page, K.M. (2005). Infrastructure Case Study: Concrete Column Rehabilitation. *Concrete repair bulletin*. May/June. PP. 10-11
- Raina, V. K. (1994) *Concrete Bridges*, Tata McGraw-Hill, New delhi.
- Silano, L.G. (1993). *Bridge Inspection and Rehabilitation: A practice Guide*. John Wiley & Sons. New York.
- United State Department of the Institute Bureau of Reclamation Technical Service Center, (1996). *Guide to Concrete Repair*.
- Vaysburd A., Carino N., & Bissonette B. (2000) Predicting the Performance of Concrete Repairing. United State Department Of Commerce Administration
- Watson, P. (2005). Repair Application Procedures, *Concrete repair Bulletin*. May/June. PP. 16-21
- Woods, H. (1968). *Durability Concrete Construction*, American Concrete Institute, Iowa
- Xanthakos, P. (1996). *Bridge Strengthening and Rehabilitation*, Prentice Halls, New Jersey.

13.1 รูปแบบการรายงานและฟอร์มการตรวจสอบ

แบบฟอร์มที่ใช้ในการตรวจสอบสะพาน แบ่งออกเป็น 5 แบบฟอร์มคือ

1. แบบแสดงตำแหน่งสะพาน
2. แบบแสดงรูปตัดสะพานเพื่อกำหนดรหัสอ้างอิง
3. แบบบันทึกลักษณะโครงสร้างสะพาน
4. แบบบันทึกความเสียหาย
5. แบบแสดงรูปภาพประกอบความเสียหายของสะพาน

แบบแสดงตำแหน่งสะพาน

แบบแสดงรูปตัดสะพานเพื่อกำหนดรหัสอ้างอิง

แบบฟอร์มที่ 3 แบบฟอร์มบันทึกลักษณะโครงสร้างสะพาน

แบบบันทึกลักษณะโครงสร้างสะพาน

ชื่อสะพาน..... วันที่ทำการสำรวจ.....
 เวลาสำรวจ เริ่ม..... เสรีจ.....
 สภาพอากาศ..... วิธีการสำรวจ.....
 หน่วยงานรับผิดชอบ..... ผู้สำรวจ.....

ข้อมูลทั่วไปของสะพาน				ข้อมูลโครงสร้างสะพาน			
1	จังหวัด		รหัสจังหวัด	10	โครงสร้างหลัก		
2	รหัสสายทาง				วัสดุประเภท		
3	หลักกิโลเมตร			11	โครงสร้างช่วง Approach		
4	ชื่อสะพาน				วัสดุประเภท		
5	ชื่อลำน้ำ			12	จำนวนช่วงสะพาน		
6	หมู่บ้าน			13	จำนวนช่วงสะพาน Approach		
7	ตำบล			14	โครงสร้างพื้นสะพาน		
8	อำเภอ			15.	ผิวจราจร		
9	ตำแหน่ง GPS	E	N				

ข้อมูลการใช้งานสะพาน				ข้อมูลทางเรขาคณิต			
16	ปีที่สร้าง			20	ความยาวช่วงสะพานสูง (m.)		
17	ปีที่ทำการซ่อมแซมล่าสุด			21	ความยาวสะพานทั้งหมด(m.)		
18	ประเภทการใช้งาน			22	ความกว้างทางเท้า (m.)		
19	ทิศทางการจราจร		จำนวนเลน		ซ้าย		ขวา
				23	ความกว้างถนน (m.)		
				24	ความกว้างโครงสร้างสะพาน (m.)		
				25	ความกว้างช่วงApproach (m.)		
				26	แนวเอียงของสะพาน (องศา)		
				27	ระยะน้อยที่สุดเหนือสะพาน (m.)		
				28	ระยะน้อยที่สุดใต้สะพาน (m.)		

ข้อมูลทางน้ำ	
29	ลักษณะทางน้ำ
30	การป้องกันตอม่อ
31	ความสูงคมนาคมใต้สะพาน (m.)
32	ความกว้างคมนาคมใต้สะพาน (m.)

หมายเหตุ

.....

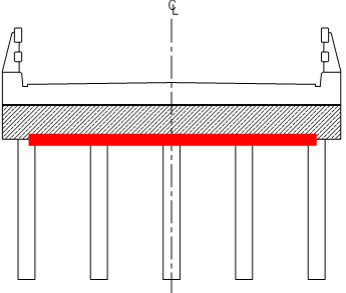
แบบบันทึกความเสียหาย

ชื่อสะพาน.....คลอง.....กม.....ตำบล.....อำเภอ.....จังหวัด.....													
A	สะพาน	ตำแหน่ง	แตกร้า	กระเทาะ	หลุดลอก	หลุดออกเป็นแผ่น	รูพรุน	คราบเกลือ , สุกสีน้ำ	สีการ่อน	เป็นสนิม	รายละเอียดความเสียหาย	ระดับ/ (สภาพ)	หมายเลขรูปอ้างอิง
A1	พื้นสะพานคอนกรีต												
A2	ระบบระบายน้ำ												
A3	ทางเท้า												
A4	ราวสะพาน												
A5	คานคอนกรีตตามยาว												
A6	Abutment												
A7	คานคอนกรีตขวางกลาง												
A8	แผ่นรองคาน												
A9	เสาตอม่อคอนกรีต												
A10	คานยึด												
A11	Slope protection												
A12	อื่นๆ (ระบุ)												

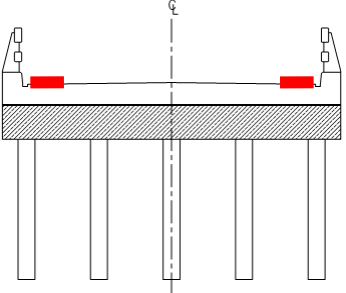
แบบแสดงรูปภาพประกอบความเสียหายของสะพาน

13.2 รายการประเมินระดับและสภาพความเสียหายของสะพาน

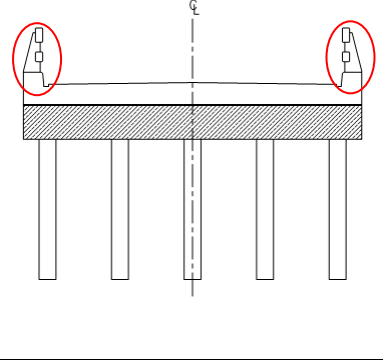
รายการประเมินระดับความเสียหาย	รายการประเมินสภาพความเสียหาย
1. พื้นสะพานคอนกรีต	1. พื้นสะพานคอนกรีต
2. ทางเท้า	2. ทางเท้า
3. ราวสะพาน	3. ราวสะพาน
4. คานคอนกรีตตามยาว	4. คานคอนกรีตตามยาว
5. ตอม่อตัมบริม	5. ตอม่อตัมบริม
6. คานคอนกรีต (Cap Beam)	6. คานคอนกรีต (Cap Beam)
7. เสาคอม่อคอนกรีต	7. เสาคอม่อคอนกรีต
8. คานยึด	8. คานยึด

แบบการประเมินการตรวจสอบระดับความเสียหายของพื้นสะพานคอนกรีต		
ความเสียหายที่ต้องทำการตรวจสอบ	<input type="checkbox"/> 1. คอนกรีตแตกร้าว <input type="checkbox"/> 2. คอนกรีตหลุดกะเทาะ <input type="checkbox"/> 3. คอนกรีตหลุดลอก* <input type="checkbox"/> 4. คราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือ <input type="checkbox"/> 5. โพรงภายในคอนกรีต รังผึ้ง	
ระดับความเสียหาย		
A	ไม่จำเป็นต้องซ่อมแซม	B
C	ต้องเข้าไปทำการซ่อมบำรุงหรือเฝ้าติดตาม	C
A	<input type="checkbox"/> 1. ไม่มีการแตกร้าวของคอนกรีต หรือ หากมีรอยแตกร้าวต้องมีขนาดกว้างไม่เกิน 0.5 มม. หรือเป็นรอยแตกร้าวขนาดเส้นผม (Hairline Crack) <input type="checkbox"/> 2. ไม่มีการกะเทาะ <input type="checkbox"/> 3. เกิดความเสียหายหรือเสื่อมสภาพเพียงเล็กน้อย หรือมีการสูญเสียปูนที่ผิวหน้าไม่เกิน 6 มม. อาจสามารถมองเห็นมวลรวมได้ <input type="checkbox"/> 4. ไม่มีคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. เนื้อคอนกรีตแน่น ไม่มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต	<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดเล็ก กว้างประมาณ 0.5 - 1.0 มม. <input type="checkbox"/> 2. กะเทาะเล็กน้อยลึกไม่เกิน 12 มม. <input type="checkbox"/> 3. มีการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า ตั้งแต่ความลึก 6 มม. จนถึง 12 มม. และมีการสูญเสียเนื้อปูนระหว่างมวลรวม <input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคอนกรีตไม่เกิน 10% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต เป็นบริเวณไม่เกิน 2% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว
C	<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดกลาง กว้างประมาณ 1.0 - 2.0 มม. <input type="checkbox"/> 2. มีการกะเทาะลึกไม่เกิน 25 มม หรือขนาดกะเทาะกว้างไม่เกิน 150 มม. <input type="checkbox"/> 3. มีการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า ตั้งแต่ ความลึก 12 มม. จนถึง 25 มม. และสามารถมองเห็นมวลรวมหยาบได้ชัดเจนมาก <input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคอนกรีต ประมาณ 10 - 30% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต เป็นบริเวณประมาณ 2 - 5% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว	<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดใหญ่ กว้างมากกว่า 2.0 มม. <input type="checkbox"/> 2. มีการกะเทาะลึกเกินกว่า 25 มม. หรือขนาดกะเทาะกว้างมากกว่า 150 มม. <input type="checkbox"/> 3. มีการสูญเสียส่วนของมวลรวมหยาบ พร้อมกับการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า รวมถึงเนื้อปูนที่อยู่รอบๆ มวลรวมหยาบ มีความลึกมากกว่า 25 มม. ขึ้นไป และเหล็กเสริมในคอนกรีตโผล่ออกมาให้เห็น <input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคอนกรีตมากกว่า 30% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต เป็นบริเวณมากกว่า 5% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว

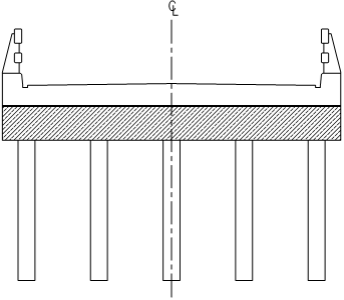
* ประเมินร่วมกับการหลุดออกเป็นแผ่น และการกัดเซาะ

แบบการประเมินการตรวจสอบระดับความเสียหายของทางเท้า				
ความเสียหายที่ต้องทำการตรวจสอบ	<input type="checkbox"/> 1. คอนกรีตแตกร้าว	<input type="checkbox"/> 2. คอนกรีตหลุดกะเทาะ		
	<input type="checkbox"/> 3. คอนกรีตหลุดลอก*	<input type="checkbox"/> 4. คราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือ		
	<input type="checkbox"/> 5. โพรงภายในคอนกรีต รังผึ้ง			
ระดับความเสียหาย				
A	ไม่จำเป็นต้องซ่อมแซม		B	ไม่จำเป็นต้องซ่อมแซม แต่ต้องคอยระวัง
<input type="checkbox"/> 1. ไม่มีการแตกร้าวของคอนกรีต หรือหากมีรอยแตกร้าวต้องมีขนาดกว้างไม่เกิน 0.5 มม. หรือเป็นรอยแตกร้าวขนาดเส้นผ (Hairline Crack)	<input type="checkbox"/> 2. ไม่มีการกะเทาะ		<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดเล็ก กว้างประมาณ 0.5 - 1.0 มม.	<input type="checkbox"/> 2. กะเทาะเล็กน้อยลึกไม่เกิน 12 มม.
<input type="checkbox"/> 3. เกิดความเสียหายหรือเสื่อมสภาพเพียงเล็กน้อย หรือมีการสูญเสียปูนที่ผิวหน้าไม่เกิน 6 มม. อาจสามารถมองเห็นมวลรวมได้	<input type="checkbox"/> 3. เกิดความเสียหายหรือเสื่อมสภาพเพียงเล็กน้อย หรือมีการสูญเสียปูนที่ผิวหน้าไม่เกิน 6 มม. อาจสามารถมองเห็นมวลรวมได้		<input type="checkbox"/> 3. มีการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า ตั้งแต่ความลึก 6 มม. จนถึง 12 มม. และมีการสูญเสียเนื้อปูนระหว่างมวลรวม	<input type="checkbox"/> 3. มีการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า ตั้งแต่ความลึก 6 มม. จนถึง 12 มม. และมีการสูญเสียเนื้อปูนระหว่างมวลรวม
<input type="checkbox"/> 4. ไม่มีคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคานตามยาว	<input type="checkbox"/> 4. ไม่มีคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคานตามยาว		<input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคอนกรีตไม่เกิน 10% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว	<input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคอนกรีตไม่เกิน 10% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว
<input type="checkbox"/> 5. เนื้อคอนกรีตแน่น ไม่มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต	<input type="checkbox"/> 5. เนื้อคอนกรีตแน่น ไม่มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต		<input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต เป็นบริเวณไม่เกิน 2% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว	<input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต เป็นบริเวณไม่เกิน 2% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว
C	ต้องเข้าไปทำการซ่อมบำรุงหรือเฝ้าติดตาม		C	ต้องเข้าไปทำการซ่อมบำรุงหรือเฝ้าติดตาม
<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดกลาง กว้างประมาณ 1.0 - 2.0 มม.	<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดกลาง กว้างประมาณ 1.0 - 2.0 มม.		<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดใหญ่ กว้างมากกว่า 2.0 มม.	<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดใหญ่ กว้างมากกว่า 2.0 มม.
<input type="checkbox"/> 2. มีการกะเทาะลึกไม่เกิน 25 มม หรือขนาดกะเทาะกว้างไม่เกิน 150 มม.	<input type="checkbox"/> 2. มีการกะเทาะลึกไม่เกิน 25 มม หรือขนาดกะเทาะกว้างไม่เกิน 150 มม.		<input type="checkbox"/> 2. มีการกะเทาะลึกเกินกว่า 25 มม. หรือขนาดกะเทาะกว้างมากกว่า 150 มม.	<input type="checkbox"/> 2. มีการกะเทาะลึกเกินกว่า 25 มม. หรือขนาดกะเทาะกว้างมากกว่า 150 มม.
<input type="checkbox"/> 3. มีการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า ตั้งแต่ ความลึก 12 มม. จนถึง 25 มม. และสามารถมองเห็นมวลรวมหยาบได้ชัดเจนมาก	<input type="checkbox"/> 3. มีการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า ตั้งแต่ ความลึก 12 มม. จนถึง 25 มม. และสามารถมองเห็นมวลรวมหยาบได้ชัดเจนมาก		<input type="checkbox"/> 3. มีการสูญเสียส่วนของมวลรวมหยาบ พร้อมกับการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า รวมถึงเนื้อปูนที่อยู่รอบๆ มวลรวมหยาบ มีความลึกมากกว่า 25 มม. ขึ้นไป และเหล็กเสริมในคอนกรีตโผล่ออกมาให้เห็น	<input type="checkbox"/> 3. มีการสูญเสียส่วนของมวลรวมหยาบ พร้อมกับการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า รวมถึงเนื้อปูนที่อยู่รอบๆ มวลรวมหยาบ มีความลึกมากกว่า 25 มม. ขึ้นไป และเหล็กเสริมในคอนกรีตโผล่ออกมาให้เห็น
<input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคอนกรีต ประมาณ 10- 30% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว	<input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคอนกรีต ประมาณ 10- 30% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว		<input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคอนกรีตมากกว่า 30% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว	<input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคอนกรีตมากกว่า 30% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว
<input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต เป็นบริเวณ ประมาณ 2 – 5% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว	<input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต เป็นบริเวณ ประมาณ 2 – 5% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว		<input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต เป็นบริเวณมากกว่า 5% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว	<input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต เป็นบริเวณมากกว่า 5% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว

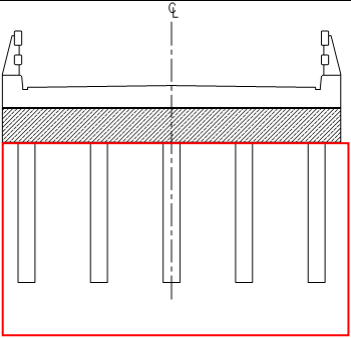
* ประเมินร่วมกันการหลุดออกเป็นแผ่น และการกัดเซาะ

แบบการประเมินการตรวจสอบระดับความเสียหายของราวสะพาน			
ความเสียหายที่ต้องทำการตรวจสอบ	<input type="checkbox"/> 1. คอนกรีตแตกร้าว	<input type="checkbox"/> 2. คอนกรีตหลุดกะเทาะ	
	<input type="checkbox"/> 3. คอนกรีตหลุดลอก*	<input type="checkbox"/> 4. คราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือ	
	<input type="checkbox"/> 5. โปรงภายในคอนกรีต รังผึ้ง		
ระดับความเสียหาย			
A	ไม่จำเป็นต้องซ่อมแซม	B	ไม่จำเป็นต้องซ่อมแซม แต่ต้องคอยระวัง
<input type="checkbox"/> 1. ไม่มีการแตกร้าวของคอนกรีต หรือหากมีรอยแตกร้าวต้องมีขนาดกว้างไม่เกิน 0.5 มม. หรือเป็นรอยแตกร้าวขนาดเส้นผม (Hairline Crack)		<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดเล็ก กว้างประมาณ 0.5 -1.0 มม.	
<input type="checkbox"/> 2. ไม่มีการกะเทาะ		<input type="checkbox"/> 2. กะเทาะเล็กน้อยลึกไม่เกิน 12 มม.	
<input type="checkbox"/> 3. เกิดความเสียหายหรือเสื่อมสภาพเพียงเล็กน้อย หรือมีการสูญเสียปูนที่ผิวหน้าไม่เกิน 6 มม. อาจสามารถมองเห็นมวลรวมได้		<input type="checkbox"/> 3. มีการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า ตั้งแต่ความลึก 6 มม. จนถึง 12 มม. และมีการสูญเสียเนื้อปูนระหว่างมวลรวม	
<input type="checkbox"/> 4. ไม่มีคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคานตามยาว		<input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคอนกรีตไม่เกิน 10% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว	
<input type="checkbox"/> 5. เนื้อคอนกรีตแน่น ไม่มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต		<input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต เป็นบริเวณไม่เกิน 2% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว	
C	ต้องเข้าไปทำการซ่อมบำรุงหรือเฝ้าติดตาม	C	ต้องเข้าไปทำการซ่อมบำรุงหรือเฝ้าติดตาม
<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดกลาง กว้างประมาณ 1.0 - 2.0 มม.		<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดใหญ่ กว้างมากกว่า 2.0 มม.	
<input type="checkbox"/> 2. มีการกะเทาะลึกไม่เกิน 25 มม หรือขนาดกะเทาะกว้างไม่เกิน 150 มม.		<input type="checkbox"/> 2. มีการกะเทาะลึกเกินกว่า 25 มม. หรือขนาดกะเทาะกว้างมากกว่า 150 มม.	
<input type="checkbox"/> 3. มีการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า ตั้งแต่ ความลึก 12 มม. จนถึง 25 มม. และสามารถมองเห็นมวลรวมหยาบได้ชัดเจนมาก		<input type="checkbox"/> 3. มีการสูญเสียส่วนของมวลรวมหยาบ พร้อมกับการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า รวมถึงเนื้อปูนที่อยู่รอบๆ มวลรวมหยาบ มีความลึกมากกว่า 25 มม. ขึ้นไป และเหล็กเสริมในคอนกรีตโผล่ออกมาให้เห็น	
<input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคอนกรีต ประมาณ 10 - 30% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว		<input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคอนกรีตมากกว่า 30% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว	
<input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต เป็นบริเวณ ประมาณ 2 - 5% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว		<input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต เป็นบริเวณมากกว่า 5% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว	

* ประเมินร่วมกันการหลุดออกเป็นแผ่น และการกัดเซาะ

แบบการประเมินการตรวจสอบระดับความเสียหาย ของคานคองกรีต ตามยาว			
ความเสียหายที่ต้องทำการตรวจสอบ	<input type="checkbox"/> 1. คอนกรีตแตกร้าว		<input type="checkbox"/> 2. คอนกรีตหลุดกะเทาะ
	<input type="checkbox"/> 3. คอนกรีตหลุดลอก*		<input type="checkbox"/> 4. คราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือ
	<input type="checkbox"/> 5. โพรงภายในคอนกรีต รังผึ้ง		
ระดับความเสียหาย			
A	ไม่จำเป็นต้องซ่อมแซม	B	ไม่จำเป็นต้องซ่อมแซม แต่ต้องคอยระวัง
	<input type="checkbox"/> 1. ไม่มีการแตกร้าวของคอนกรีต หรือหากมีรอยแตกร้าวต้องมีขนาดกว้างไม่เกิน 0.5 มม. หรือเป็นรอยแตกร้าวขนาดเส้นผม (Hairline Crack) <input type="checkbox"/> 2. ไม่มีการกะเทาะ <input type="checkbox"/> 3. เกิดความเสียหายหรือเสื่อมสภาพเพียงเล็กน้อย หรือมีการสูญเสียปูนที่ผิวหน้าไม่เกิน 6 มม. อาจสามารถมองเห็นมวลรวมได้ <input type="checkbox"/> 4. ไม่มีคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. เนื้อคอนกรีตแน่น ไม่มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต		<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดเล็ก กว้างประมาณ 0.5 - 1.0 มม. <input type="checkbox"/> 2. กะเทาะเล็กน้อยลึกไม่เกิน 12 มม. <input type="checkbox"/> 3. มีการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า ตั้งแต่ความลึก 6 มม. จนถึง 12 มม. และมีการสูญเสียเนื้อปูนระหว่างมวลรวม <input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคอนกรีตไม่เกิน 10% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต เป็นบริเวณไม่เกิน 2% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว
C	ต้องเข้าไปทำการซ่อมบำรุงหรือเฝ้าติดตาม	C	ต้องเข้าไปทำการซ่อมบำรุงหรือเฝ้าติดตาม
	<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดกลาง กว้างประมาณ 1.0 - 2.0 มม. <input type="checkbox"/> 2. มีการกะเทาะลึกไม่เกิน 25 มม หรือขนาดกะเทาะกว้างไม่เกิน 150 มม. <input type="checkbox"/> 3. มีการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า ตั้งแต่ ความลึก 12 มม. จนถึง 25 มม. และสามารถมองเห็นมวลรวมหยาบได้ชัดเจนมาก <input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคอนกรีต ประมาณ 10 - 30% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต เป็นบริเวณ ประมาณ 2 - 5% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว		<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดใหญ่ กว้างมากกว่า 2.0 มม. <input type="checkbox"/> 2. มีการกะเทาะลึกเกินกว่า 25 มม. หรือขนาดกะเทาะกว้างมากกว่า 150 มม. <input type="checkbox"/> 3. มีการสูญเสียส่วนของมวลรวมหยาบ พร้อมกับการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า รวมถึงเนื้อปูนที่อยู่รอบๆ มวลรวมหยาบ มีความลึกมากกว่า 25 มม. ขึ้นไป และเหล็กเสริมในคอนกรีตโผล่ออกมาให้เห็น <input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคอนกรีตมากกว่า 30% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต เป็นบริเวณมากกว่า 5% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว

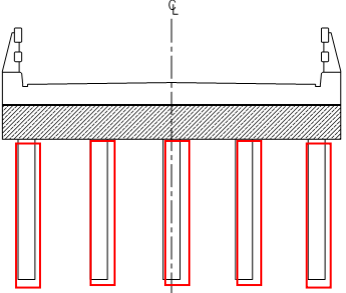
* ประเมินร่วมกันการหลุดออกเป็นแผ่น และการกัดเซาะ

แบบการประเมินการตรวจสอบระดับความเสียหายของตอม่อตบริม			
ความเสียหายที่ต้องทำการตรวจสอบ	<input type="checkbox"/> 1. คอนกรีตแตกร้าว	<input type="checkbox"/> 2. คอนกรีตหลุดกะเทาะ	
	<input type="checkbox"/> 3. คอนกรีตหลุดลอก*	<input type="checkbox"/> 4. คราบน้ำ คราบขี้เกลือ	
	<input type="checkbox"/> 5. โพรงภายในคอนกรีต รังผึ้ง		
ระดับความเสียหาย			
A	ไม่จำเป็นต้องซ่อมแซม	B	ไม่จำเป็นต้องซ่อมแซม แต่ต้องคอยระวัง
<input type="checkbox"/> 1. ไม่มีการแตกร้าวของคอนกรีต หรือหากมีรอยแตกร้าวต้องมีขนาดกว้างไม่เกิน 0.5 มม. หรือเป็นรอยแตกร้าวขนาดเส้นผม (Hairline Crack) <input type="checkbox"/> 2. ไม่มีการกะเทาะ <input type="checkbox"/> 3. เกิดความเสียหายหรือเสื่อมสภาพเพียงเล็กน้อย หรือมีการสูญเสียปูนที่ผิวหน้าไม่เกิน 6 มม. อาจสามารถมองเห็นมวลรวมได้ <input type="checkbox"/> 4. ไม่มีคราบน้ำ คราบขี้เกลือบนผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. เนื้อคอนกรีตแน่น ไม่มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต		<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดเล็ก กว้างประมาณ 0.5 - 1.0 มม. <input type="checkbox"/> 2. กะเทาะเล็กน้อยลึกไม่เกิน 12 มม. <input type="checkbox"/> 3. มีการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า ตั้งแต่ความลึก 6 มม. จนถึง 12 มม. และมีการสูญเสียเนื้อปูนระหว่างมวลรวม <input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบขี้เกลือบนผิวคอนกรีตไม่เกิน 10% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต เป็นบริเวณไม่เกิน 2% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว	
C	ต้องเข้าไปทำการซ่อมบำรุงหรือเฝ้าติดตาม	C	ต้องเข้าไปทำการซ่อมบำรุงหรือเฝ้าติดตาม
<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดกลาง กว้างประมาณ 1.0 - 2.0 มม. <input type="checkbox"/> 2. มีการกะเทาะลึกไม่เกิน 25 มม หรือขนาดกะเทาะกว้างไม่เกิน 150 มม. <input type="checkbox"/> 3. มีการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า ตั้งแต่ ความลึก 12 มม. จนถึง 25 มม. และสามารถมองเห็นมวลรวมหยาบได้ชัดเจนมาก <input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบขี้เกลือบนผิวคอนกรีต ประมาณ 10 - 30% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต เป็นบริเวณ ประมาณ 2 - 5% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว		<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดใหญ่ กว้างมากกว่า 2.0 มม. <input type="checkbox"/> 2. มีการกะเทาะลึกเกินกว่า 25 มม. หรือขนาดกะเทาะกว้างมากกว่า 150 มม. <input type="checkbox"/> 3. มีการสูญเสียส่วนของมวลรวมหยาบ พร้อมกับการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า รวมถึงเนื้อปูนที่อยู่รอบๆ มวลรวมหยาบ มีความลึกมากกว่า 25 มม. ขึ้นไป และเหล็กเสริมในคอนกรีตโผล่ออกมาให้เห็น <input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบขี้เกลือบนผิวคอนกรีตมากกว่า 30% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต เป็นบริเวณมากกว่า 5% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว	

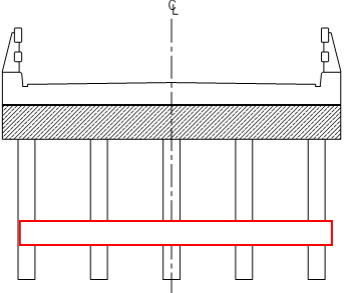
* ประเมินร่วมกับการหลุดออกเป็นแผ่น และการกัดเซาะ

แบบการประเมินการตรวจสอบระดับความเสียหายของคานคองกรีต (Cap Beam)			
ความเสียหายที่ต้อง ทำการตรวจสอบ	<input type="checkbox"/> 1. คองกรีตแตกร้าว		<input type="checkbox"/> 2. คองกรีตหลุดกะเทาะ
	<input type="checkbox"/> 3. คองกรีตหลุดลอก*		<input type="checkbox"/> 4. คราบน้ำ คราบขี้เกลือ
	<input type="checkbox"/> 5. โพรงภายในคองกรีต รังผึ้ง		
ระดับความเสียหาย			
A	ไม่จำเป็นต้องซ่อมแซม	B	ไม่จำเป็นต้องซ่อมแซม แต่ต้องคอยระวัง
	<input type="checkbox"/> 1. ไม่มีการแตกร้าวของคองกรีต หรือหากมีรอยแตกร้าวต้องมีขนาดกว้างไม่เกิน 0.5 มม. หรือเป็นรอยแตกร้าวขนาดเส้นผม (Hairline Crack) <input type="checkbox"/> 2. ไม่มีการกะเทาะ <input type="checkbox"/> 3. เกิดความเสียหายหรือเสื่อมสภาพเพียงเล็กน้อย หรือมีการสูญเสียปูนที่ผิวหน้าไม่เกิน 6 มม. อาจสามารถมองเห็นมวลรวมได้ <input type="checkbox"/> 4. ไม่มีคราบน้ำ คราบขี้เกลือบนผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. เนื้อคองกรีตแน่น ไม่มีโพรงภายในเนื้อคองกรีต		<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดเล็ก กว้างประมาณ 0.5 - 1.0 มม. <input type="checkbox"/> 2. กะเทาะเล็กน้อยลึกไม่เกิน 12 มม. <input type="checkbox"/> 3. มีการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า ตั้งแต่ความลึก 6 มม. จนถึง 12 มม. และมีการสูญเสียเนื้อปูนระหว่างมวลรวม <input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบขี้เกลือบนผิวคองกรีตไม่เกิน 10% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคองกรีต เป็นบริเวณไม่เกิน 2% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว
C	ต้องเข้าไปทำการซ่อมบำรุงหรือเฝ้าติดตาม	C	ต้องเข้าไปทำการซ่อมบำรุงหรือเฝ้าติดตาม
	<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดกลาง กว้างประมาณ 1.0 - 2.0 มม. <input type="checkbox"/> 2. มีการกะเทาะลึกไม่เกิน 25 มม หรือขนาดกะเทาะกว้างไม่เกิน 150 มม. <input type="checkbox"/> 3. มีการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า ตั้งแต่ ความลึก 12 มม. จนถึง 25 มม. และสามารถมองเห็นมวลรวมหยาบได้ชัดเจนมาก <input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบขี้เกลือบนผิวคองกรีต ประมาณ 10 - 30% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคองกรีต เป็นบริเวณ ประมาณ 2 - 5% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว		<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดใหญ่ กว้างมากกว่า 2.0 มม. <input type="checkbox"/> 2. มีการกะเทาะลึกเกินกว่า 25 มม. หรือขนาดกะเทาะกว้างมากกว่า 150 มม. <input type="checkbox"/> 3. มีการสูญเสียส่วนของมวลรวมหยาบ พร้อมกับการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า รวมถึงเนื้อปูนที่อยู่รอบๆ มวลรวมหยาบ มีความลึกมากกว่า 25 มม.ขึ้นไป และเหล็กเสริมในคองกรีตโผล่ออกมาให้เห็น <input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบขี้เกลือบนผิวคองกรีตมากกว่า 30% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคองกรีต เป็นบริเวณมากกว่า 5% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว

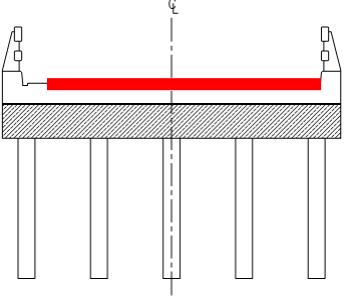
* ประเมินร่วมกับการหลุดออกเป็นแผ่น และการกัดเซาะ

แบบการประเมินการตรวจสอบระดับความเสียหายของเสาตอม่อคอนกรีต			
ความเสียหายที่ต้องทำการตรวจสอบ	<input type="checkbox"/> 1. คอนกรีตแตกร้าว <input type="checkbox"/> 3. คอนกรีตหลุดลอก* <input type="checkbox"/> 5. โพรงภายในคอนกรีต รังผึ้ง	<input type="checkbox"/> 2. คอนกรีตหลุดกะเทาะ <input type="checkbox"/> 4. คราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือ	
ระดับความเสียหาย			
A	ไม่จำเป็นต้องซ่อมแซม	B	ไม่จำเป็นต้องซ่อมแซม แต่ต้องคอยระวัง
<input type="checkbox"/> 1. ไม่มีการแตกร้าวของคอนกรีต หรือหากมีรอยแตกร้าวต้องมีขนาดกว้างไม่เกิน 0.5 มม. หรือเป็นรอยแตกร้าวขนาดเส้นผม (Hairline Crack) <input type="checkbox"/> 2. ไม่มีการกะเทาะ <input type="checkbox"/> 3. เกิดความเสียหายหรือเสื่อมสภาพเพียงเล็กน้อย หรือมีการสูญเสียปูนที่ผิวหน้าไม่เกิน 6 มม. อาจสามารถมองเห็นมวลรวมได้ <input type="checkbox"/> 4. ไม่มีคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคอนกรีตตามยาว <input type="checkbox"/> 5. เนื้อคอนกรีตแน่น ไม่มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต		<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดเล็ก กว้างประมาณ 0.5 - 1.0 มม. <input type="checkbox"/> 2. กะเทาะเล็กน้อยลึกไม่เกิน 12 มม. <input type="checkbox"/> 3. มีการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า ตั้งแต่ความลึก 6 มม. จนถึง 12 มม. และมีการสูญเสียเนื้อปูนระหว่างมวลรวม <input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคอนกรีตไม่เกิน 10% ของพื้นที่ผิวคอนกรีตตามยาว <input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต เป็นบริเวณไม่เกิน 2% ของพื้นที่ผิวคอนกรีตตามยาว	
C	ต้องเข้าไปทำการซ่อมบำรุงหรือเฝ้าติดตาม	C	ต้องเข้าไปทำการซ่อมบำรุงหรือเฝ้าติดตาม
<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดกลาง กว้างประมาณ 1.0 - 2.0 มม. <input type="checkbox"/> 2. มีการกะเทาะลึกไม่เกิน 25 มม หรือขนาดกะเทาะกว้างไม่เกิน 150 มม. <input type="checkbox"/> 3. มีการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า ตั้งแต่ ความลึก 12 มม. จนถึง 25 มม. และสามารถมองเห็นมวลรวมหยาบได้ชัดเจนมาก <input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคอนกรีต ประมาณ 10 - 30% ของพื้นที่ผิวคอนกรีตตามยาว <input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต เป็นบริเวณ ประมาณ 2 - 5% ของพื้นที่ผิวคอนกรีตตามยาว		<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดใหญ่ กว้างมากกว่า 2.0 มม. <input type="checkbox"/> 2. มีการกะเทาะลึกเกินกว่า 25 มม. หรือขนาดกะเทาะกว้างมากกว่า 150 มม. <input type="checkbox"/> 3. มีการสูญเสียส่วนของมวลรวมหยาบ พร้อมกับการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า รวมถึงเนื้อปูนที่อยู่รอบๆ มวลรวมหยาบ มีความลึกมากกว่า 25 มม. ขึ้นไป และเหล็กเสริมในคอนกรีตโผล่ออกมาให้เห็น <input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคอนกรีตมากกว่า 30% ของพื้นที่ผิวคอนกรีตตามยาว <input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต เป็นบริเวณมากกว่า 5% ของพื้นที่ผิวคอนกรีตตามยาว	

* ประเมินร่วมกับการหลุดออกเป็นแผ่น และการกัดเซาะ

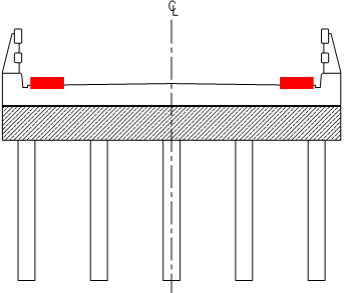
แบบการประเมินการตรวจสอบระดับความเสียหายของคานยัด				
ความเสียหายที่ต้องทำการตรวจสอบ	<input type="checkbox"/> 1. คอนกรีตแตกร้าว	<input type="checkbox"/> 2. คอนกรีตหลุดกะเทาะ		
	<input type="checkbox"/> 3. คอนกรีตหลุดลอก*	<input type="checkbox"/> 4. คราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือ		
	<input type="checkbox"/> 5. โพรงภายในคอนกรีต รังผึ้ง			
ระดับความเสียหาย				
A	ไม่จำเป็นต้องซ่อมแซม		B	ไม่จำเป็นต้องซ่อมแซม แต่ต้องคอยระวัง
<input type="checkbox"/> 1. ไม่มีการแตกร้าวของคอนกรีต หรือหากมีรอยแตกร้าวต้องมีขนาดกว้างไม่เกิน 0.5 มม. หรือเป็นรอยแตกร้าวขนาดเส้นผม (Hairline Crack) <input type="checkbox"/> 2. ไม่มีการกะเทาะ <input type="checkbox"/> 3. เกิดความเสียหายหรือเสื่อมสภาพเพียงเล็กน้อย หรือมีการสูญเสียปูนที่ผิวหน้าไม่เกิน 6 มม. อาจสามารถมองเห็นมวลรวมได้ <input type="checkbox"/> 4. ไม่มีคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. เนื้อคอนกรีตแน่น ไม่มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต			<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดเล็ก กว้างประมาณ 0.5 – 1.0 มม. <input type="checkbox"/> 2. กะเทาะเล็กน้อยลึกไม่เกิน 12 มม. <input type="checkbox"/> 3. มีการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า ตั้งแต่ความลึก 6 มม. จนถึง 12 มม. และมีการสูญเสียเนื้อปูนระหว่างมวลรวม <input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคอนกรีตไม่เกิน 10% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต เป็นบริเวณไม่เกิน 2% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว	
C	ต้องเข้าไปทำการซ่อมบำรุงหรือเฝ้าติดตาม		D	ต้องมีการซ่อมแซมโดยเร่งด่วน
<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดกลาง กว้างประมาณ 1.0 - 2.0 มม. <input type="checkbox"/> 2. มีการกะเทาะลึกไม่เกิน 25 มม หรือขนาดกะเทาะกว้างไม่เกิน 150 มม. <input type="checkbox"/> 3. มีการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า ตั้งแต่ ความลึก 12 มม. จนถึง 25 มม. และสามารถมองเห็นมวลรวมหยาบได้ชัดเจนมาก <input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคอนกรีต ประมาณ 10 - 30% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต เป็นบริเวณ ประมาณ 2 – 5% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว			<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดใหญ่ กว้างมากกว่า 2.0 มม. <input type="checkbox"/> 2. มีการกะเทาะลึกเกินกว่า 25 มม. หรือขนาดกะเทาะกว้างมากกว่า 150 มม. <input type="checkbox"/> 3. มีการสูญเสียส่วนของมวลรวมหยาบ พร้อมกับการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า รวมถึงเนื้อปูนที่อยู่รอบๆ มวลรวมหยาบ มีความลึกมากกว่า 25 มม.ขึ้นไป และเหล็กเสริมในคอนกรีตโผล่ออกมาให้เห็น <input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคอนกรีตมากกว่า 30% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต เป็นบริเวณมากกว่า 5% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว	

* ประเมินร่วมกับการหลุดออกเป็นแผ่น และการกัดเซาะ

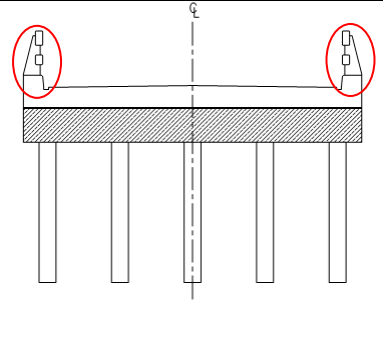
แบบการประเมินการตรวจสอบสภาพความเสียหายของพื้นสะพานคอนกรีต			
ความเสียหายที่ต้องทำการตรวจสอบ	<input type="checkbox"/> 1. คอนกรีตแตกร้าว		<input type="checkbox"/> 2. คอนกรีตหลุดกะเทาะ
	<input type="checkbox"/> 3. คอนกรีตหลุดลอก*		<input type="checkbox"/> 4. คราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือ
	<input type="checkbox"/> 5. โพรงภายในคอนกรีต รังผึ้ง		
ระดับความเสียหาย			
สภาพดีมาก (Very Good Condition)		สภาพดี (Good Condition)	
<input type="checkbox"/> 1. ไม่มีการแตกร้าวของคอนกรีต หรือหากมีรอยแตกร้าวต้องมีขนาดกว้างไม่เกิน 0.5 มม. หรือเป็นรอยแตกร้าวขนาดเส้นผม (Hairline Crack) <input type="checkbox"/> 2. ไม่มีการกะเทาะหรือเกิดการกัดกร่อนขนาดเบา <input type="checkbox"/> 3. ไม่มีการหลุดลอกหรือเกิดการหลุดลอกเล็กน้อย <input type="checkbox"/> 4. ไม่มีคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคอนกรีตตามยาว <input type="checkbox"/> 5. เนื้อคอนกรีตแน่น ไม่มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต		<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดเล็ก กว้างประมาณ 0.5 - 1.0 มม. <input type="checkbox"/> 2. กะเทาะเล็กน้อยลึกเป็นบริเวณไม่เกิน 2 % ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 3. มีการทดลองเป็นบริเวณไม่เกิน 2% ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคอนกรีตไม่เกิน 10% ของพื้นที่ผิวคอนกรีตตามยาว <input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต เป็นบริเวณไม่เกิน 2% ของพื้นที่ผิวคอนกรีตตามยาว	
สภาพปกติ (Fair Condition)		สภาพแย่มาก (Poor Condition)	
<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดกลาง กว้างประมาณ 1.0 - 2.0 มม. <input type="checkbox"/> 2. สภาพเสียหายเล็กน้อยมีการกะเทาะเป็นบริเวณไม่เกิน 2-5% ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 3. สภาพเสียหายเล็กน้อยมีการหลุดลอกไม่เกิน 2-5% ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคอนกรีตประมาณ 10 - 30% ของพื้นที่ผิวคอนกรีตตามยาว <input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต เป็นบริเวณประมาณ 2 - 5% ของพื้นที่ผิวคอนกรีตตามยาว		<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดใหญ่ กว้างมากกว่า 2.0 มม. <input type="checkbox"/> 2. สภาพรุนแรงมีการกะเทาะเป็นบริเวณกว้างกว่า 5% ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 3. สภาพความเสียหายรุนแรงมีการหลุดลอกเป็นบริเวณมากกว่า 5% ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคอนกรีตมากกว่า 30% ของพื้นที่ผิวคอนกรีตตามยาว <input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต เป็นบริเวณมากกว่า 5% ของพื้นที่ผิวคอนกรีตตามยาว	

❖ รวมการกัดกร่อนและการหลุดลอกออกเป็นแผ่น

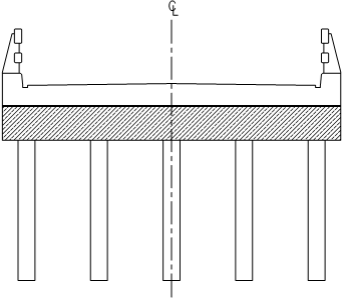
❖ 1,4,5 ในคู่มือนี้ใช้เกณฑ์เดียวกับการวัดระดับความเสียหาย

แบบการประเมินการตรวจสอบสภาพความเสียหายของทางเท้า		
ความเสียหายที่ต้องทำการตรวจสอบ	<input type="checkbox"/> 1. คอนกรีตแตกร้าว	<input type="checkbox"/> 2. คอนกรีตหลุดกะเทาะ
	<input type="checkbox"/> 3. คอนกรีตหลุดลอก*	<input type="checkbox"/> 4. คราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือ
	<input type="checkbox"/> 5. โพรงภายในคอนกรีต รังผึ้ง	
		
ระดับความเสียหาย		
สภาพดีมาก (Very Good Condition)	สภาพดี (Good Condition)	
<input type="checkbox"/> 1. ไม่มีการแตกร้าวของคอนกรีต หรือหากมีรอยแตกร้าวต้องมีขนาดกว้างไม่เกิน 0.5 มม. หรือเป็นรอยแตกร้าวขนาดเส้นผม (Hairline Crack) <input type="checkbox"/> 2. ไม่มีการกะเทาะหรือเกิดการกัดกร่อนขนาดเบา <input type="checkbox"/> 3. ไม่มีการหลุดลอกหรือเกิดการหลุดลอกเล็กน้อย <input type="checkbox"/> 4. ไม่มีคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคอนกรีตตามยาว <input type="checkbox"/> 5. เนื้อคอนกรีตแน่น ไม่มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต	<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดเล็ก กว้างประมาณ 0.5 - 1.0 มม. <input type="checkbox"/> 2. กะเทาะเล็กน้อยลึกเป็นบริเวณไม่เกิน 2 % ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 3. มีการหลุดลอกเป็นบริเวณไม่เกิน 2% ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคอนกรีตไม่เกิน 10% ของพื้นที่ผิวคอนกรีตตามยาว <input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต เป็นบริเวณไม่เกิน 2% ของพื้นที่ผิวคอนกรีตตามยาว	
สภาพพอใช้ (Fair Condition)	สภาพแย่มาก (Poor Condition)	
<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดกลาง กว้างประมาณ 1.0 - 2.0 มม. <input type="checkbox"/> 2. สภาพเสียหายเล็กน้อยมีการกะเทาะเป็นบริเวณไม่เกิน 2-5% ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 3. สภาพเสียหายเล็กน้อยมีการหลุดลอกไม่เกิน 2-5% ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคอนกรีตประมาณ 10 - 30% ของพื้นที่ผิวคอนกรีตตามยาว <input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต เป็นบริเวณประมาณ 2 - 5% ของพื้นที่ผิวคอนกรีตตามยาว	<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดใหญ่ กว้างมากกว่า 2.0 มม. <input type="checkbox"/> 2. สภาพรุนแรงมีการกะเทาะเป็นบริเวณกว้างกว่า 5% ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 3. สภาพความเสียหายรุนแรงมีการหลุดลอกเป็นบริเวณมากกว่า 5% ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคอนกรีตมากกว่า 30% ของพื้นที่ผิวคอนกรีตตามยาว <input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต เป็นบริเวณมากกว่า 5% ของพื้นที่ผิวคอนกรีตตามยาว	

- ❖ รวมการกัดกร่อนและการหลุดลอกออกเป็นแผ่น
- ❖ 1,4,5 ในคู่มือนี้ใช้เกณฑ์เดียวกับการวัดระดับความเสียหาย

แบบการประเมินการตรวจสอบสภาพความเสียหายของราวสะพาน			
ความเสียหายที่ต้องทำการตรวจสอบ	<input type="checkbox"/> 1. คอนกรีตแตกร้าว	<input type="checkbox"/> 2. คอนกรีตหลุดกะเทาะ	
	<input type="checkbox"/> 3. คอนกรีตหลุดลอก*	<input type="checkbox"/> 4. คราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือ	
	<input type="checkbox"/> 5. โพรงภายในคอนกรีต รังผึ้ง		
ระดับความเสียหาย			
สภาพดีมาก (Very Good Condition)		สภาพดี (Good Condition)	
<input type="checkbox"/> 1. ไม่มีการแตกร้าวของคอนกรีต หรือหากมีรอยแตกร้าวต้องมีขนาดกว้างไม่เกิน 0.5 มม. หรือเป็นรอยแตกร้าวขนาดเส้นผม (Hairline Crack) <input type="checkbox"/> 2. ไม่มีการกะเทาะหรือเกิดการกัดกร่อนขนาดเบา <input type="checkbox"/> 3. ไม่มีการหลุดลอกหรือเกิดการหลุดลอกเล็กน้อย <input type="checkbox"/> 4. ไม่มีคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. เนื้อคอนกรีตแน่น ไม่มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต		<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดเล็ก กว้างประมาณ 0.5 - 1.0 มม. <input type="checkbox"/> 2. กะเทาะเล็กน้อยลึกเป็นบริเวณไม่เกิน 2 % ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 3. มีการทดลองเป็นบริเวณไม่เกิน 2% ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคอนกรีตไม่เกิน 10% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต เป็นบริเวณไม่เกิน 2% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว	
สภาพพอใช้ (Fair Condition)		สภาพแย่มาก (Poor Condition)	
<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดกลาง กว้างประมาณ 1.0 - 2.0 มม. <input type="checkbox"/> 2. สภาพเสียหายเล็กน้อยมีการกะเทาะเป็นบริเวณไม่เกิน 2-5% ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 3. สภาพเสียหายเล็กน้อยมีการหลุดลอกไม่เกิน 2-5% ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคอนกรีต ประมาณ 10 - 30% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต เป็นบริเวณประมาณ 2 - 5% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว		<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดใหญ่ กว้างมากกว่า 2.0 มม. <input type="checkbox"/> 2. สภาพรุนแรงมีการกะเทาะเป็นบริเวณกว้างกว่า 5% ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 3. สภาพความเสียหายรุนแรงมีการหลุดลอกเป็นบริเวณมากกว่า 5% ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคอนกรีตมากกว่า 30% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต เป็นบริเวณมากกว่า 5% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว	

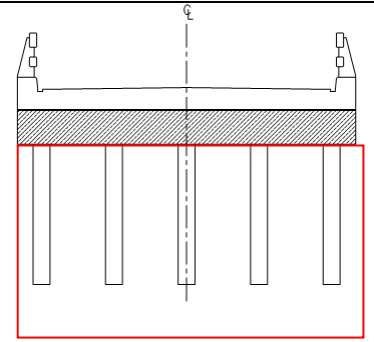
- ❖ รวมการกัดกร่อนและการหลุดลอกออกเป็นแผ่น
- ❖ 1,4,5 ในคู่มือนี้ใช้เกณฑ์เดียวกับการวัดระดับความเสียหาย

แบบการประเมินการตรวจสอบสภาพความเสียหาย ของคานคองกรีต ตามยาว			
ความเสียหายที่ต้องทำการตรวจสอบ	<input type="checkbox"/> 1. คอนกรีตแตกร้าว	<input type="checkbox"/> 2. คอนกรีตหลุดกะเทาะ	
	<input type="checkbox"/> 3. คอนกรีตหลุดลอก*	<input type="checkbox"/> 4. คราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือ	
	<input type="checkbox"/> 5. โพรงภายในคานคองกรีต รังผึ้ง		
ระดับความเสียหาย			
สภาพดีมาก (Very Good Condition)		สภาพดี (Good Condition)	
<input type="checkbox"/> 1. ไม่มีการแตกร้าวของคานคองกรีต หรือหากมีรอยแตกร้าวต้องมีขนาดกว้างไม่เกิน 0.5 มม. หรือเป็นรอยแตกร้าวขนาดเส้นผม (Hairline Crack) <input type="checkbox"/> 2. ไม่มีการกะเทาะหรือเกิดการกัดกร่อนขนาดเบา <input type="checkbox"/> 3. ไม่มีการหลุดลอกหรือเกิดการหลุดลอกเล็กน้อย <input type="checkbox"/> 4. ไม่มีคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. เนื้อคานคองกรีตแน่น ไม่มีโพรงภายในเนื้อคานคองกรีต		<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดเล็ก กว้างประมาณ 0.5 - 1.0 มม. <input type="checkbox"/> 2. กะเทาะเล็กน้อยลึกเป็นบริเวณไม่เกิน 2 % ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 3. มีการทดลองเป็นบริเวณไม่เกิน 2% ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคานคองกรีตไม่เกิน 10% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคานคองกรีต เป็นบริเวณไม่เกิน 2% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว	
สภาพพอใช้ (Fair Condition)		สภาพแย่มาก (Poor Condition)	
<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดกลาง กว้างประมาณ 1.0 - 2.0 มม. <input type="checkbox"/> 2. สภาพเสียหายเล็กน้อยมีการกะเทาะเป็นบริเวณไม่เกิน 2-5% ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 3. สภาพเสียหายเล็กน้อยมีการหลุดลอกไม่เกิน 2-5% ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคานคองกรีต ประมาณ 10 - 30% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคานคองกรีต เป็นบริเวณประมาณ 2 - 5% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว		<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดใหญ่ กว้างมากกว่า 2.0 มม. <input type="checkbox"/> 2. สภาพรุนแรงมีการกะเทาะเป็นบริเวณกว้างกว่า 5% ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 3. สภาพความเสียหายรุนแรงมีการหลุดลอกเป็นบริเวณมากกว่า 5% ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคานคองกรีตมากกว่า 30% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคานคองกรีต เป็นบริเวณมากกว่า 5% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว	

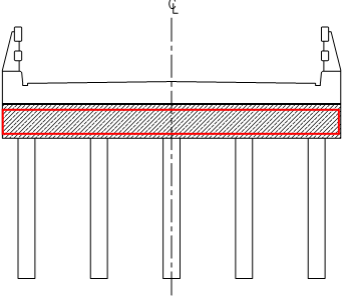
❖ รวมการกัดกร่อนและการหลุดลอกออกเป็นแผ่น

❖ 1,4,5 ในคู่มือนี้ใช้เกณฑ์เดียวกับการวัดระดับความเสียหาย

แบบการประเมินการตรวจสอบสภาพความเสียหายของตอม่อตบริม		
ความเสียหายที่ต้องทำการตรวจสอบ	<input type="checkbox"/> 1. คอนกรีตแตกร้าว	<input type="checkbox"/> 2. คอนกรีตหลุดกะเทาะ
	<input type="checkbox"/> 3. คอนกรีตหลุดลอก*	<input type="checkbox"/> 4. คราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือ
	<input type="checkbox"/> 5. โพรงภายในคอนกรีต รังผึ้ง	
ระดับความเสียหาย		
สภาพดีมาก (Very Good Condition)		สภาพดี (Good Condition)
<input type="checkbox"/> 1. ไม่มีการแตกร้าวของคอนกรีต หรือหากมีรอยแตกร้าวต้องมีขนาดกว้างไม่เกิน 0.5 มม. หรือเป็นรอยแตกร้าวขนาดเส้นผม (Hairline Crack) <input type="checkbox"/> 2. ไม่มีการกะเทาะหรือเกิดการกัดกร่อนขนาดเบา <input type="checkbox"/> 3. ไม่มีการหลุดลอกหรือเกิดการหลุดลอกเล็กน้อย <input type="checkbox"/> 4. ไม่มีคราบน้ำ คราบซีเมนต์บนผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. เนื้อคอนกรีตแน่น ไม่มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต		<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดเล็ก กว้างประมาณ 0.5 - 1.0 มม. <input type="checkbox"/> 2. กะเทาะเล็กน้อยลึกเป็นบริเวณไม่เกิน 2 % ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 3. มีการทดลองเป็นบริเวณไม่เกิน 2% ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์บนผิวคอนกรีตไม่เกิน 10% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต เป็นบริเวณไม่เกิน 2% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว
สภาพพอใช้ (Fair Condition)		สภาพแย่มาก (Poor Condition)
<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดกลาง กว้างประมาณ 1.0 - 2.0 มม. <input type="checkbox"/> 2. สภาพเสียหายเล็กน้อยมีการกะเทาะเป็นบริเวณไม่เกิน 2-5% ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 3. สภาพเสียหายเล็กน้อยมีการหลุดลอกไม่เกิน 2-5% ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์บนผิวคอนกรีต ประมาณ 10 - 30% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต เป็นบริเวณประมาณ 2 - 5% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว		<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดใหญ่ กว้างมากกว่า 2.0 มม. <input type="checkbox"/> 2. สภาพรุนแรงมีการกะเทาะเป็นบริเวณกว้างกว่า 5% ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 3. สภาพความเสียหายรุนแรงมีการหลุดลอกเป็นบริเวณมากกว่า 5% ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์บนผิวคอนกรีตมากกว่า 30% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต เป็นบริเวณมากกว่า 5% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว

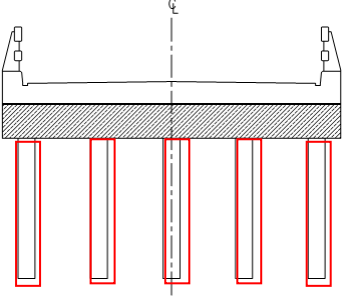


- ❖ รวมการกัดกร่อนและการหลุดลอกออกเป็นแผ่น
- ❖ 1,4,5 ในคู่มือนี้ใช้เกณฑ์เดียวกับการวัดระดับความเสียหาย

แบบการประเมินการตรวจสอบสภาพความเสียหายของคานคองกรีต (Cap Beam)			
ความเสียหายที่ต้อง ทำการตรวจสอบ	<input type="checkbox"/> 1. คองกรีตแตกร้าว		<input type="checkbox"/> 2. คองกรีตหลุดกะเทาะ
	<input type="checkbox"/> 3. คองกรีตหลุดลอก*		<input type="checkbox"/> 4. คราบน้ำ คราบซีเมนต์
	<input type="checkbox"/> 5. โพรงภายในคองกรีต รังผึ้ง		
ระดับความเสียหาย			
สภาพดีมาก (Very Good Condition)		สภาพดี (Good Condition)	
<input type="checkbox"/> 1. ไม่มีการแตกร้าวของคองกรีต หรือหากมีรอยแตกร้าวต้องมีขนาดกว้างไม่เกิน 0.5 มม. หรือเป็นรอยแตกร้าวขนาดเส้นผม (Hairline Crack) <input type="checkbox"/> 2. ไม่มีการกะเทาะหรือเกิดการกัดกร่อนขนาดเบา <input type="checkbox"/> 3. ไม่มีการหลุดลอกหรือเกิดการหลุดลอกเล็กน้อย <input type="checkbox"/> 4. ไม่มีคราบน้ำ คราบซีเมนต์บนผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. เนื้อคองกรีตแน่น ไม่มีโพรงภายในเนื้อคองกรีต		<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดเล็ก กว้างประมาณ 0.5 - 1.0 มม. <input type="checkbox"/> 2. กะเทาะเล็กน้อยลึกเป็นบริเวณไม่เกิน 2 % ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 3. มีการทดลองเป็นบริเวณไม่เกิน 2% ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์บนผิวคองกรีตไม่เกิน 10% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคองกรีต เป็นบริเวณไม่เกิน 2% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว	
สภาพพอใช้ (Fair Condition)		สภาพแย่มาก (Poor Condition)	
<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดกลาง กว้างประมาณ 1.0 - 2.0 มม. <input type="checkbox"/> 2. สภาพเสียหายเล็กน้อยมีการกะเทาะเป็นบริเวณไม่เกิน 2-5% ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 3. สภาพเสียหายเล็กน้อยมีการหลุดลอกไม่เกิน 2-5% ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์บนผิวคองกรีต ประมาณ 10 - 30% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคองกรีต เป็นบริเวณประมาณ 2 - 5% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว		<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดใหญ่ กว้างมากกว่า 2.0 มม. <input type="checkbox"/> 2. สภาพรุนแรงมีการกะเทาะเป็นบริเวณกว้างกว่า 5% ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 3. สภาพความเสียหายรุนแรงมีการหลุดลอกเป็นบริเวณมากกว่า 5% ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์บนผิวคองกรีตมากกว่า 30% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคองกรีต เป็นบริเวณมากกว่า 5% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว	

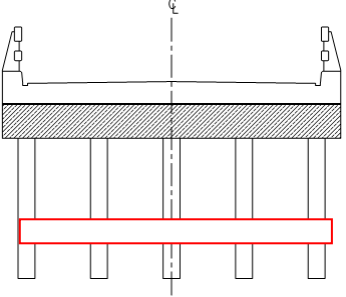
❖ รวมการกัดกร่อนและการหลุดลอกออกเป็นแผ่น

❖ 1,4,5 ในคู่มือนี้ใช้เกณฑ์เดียวกับการวัดระดับความเสียหาย

แบบการประเมินการตรวจสอบสภาพความเสียหายของเสาตอม่อคอนกรีต		
ความเสียหายที่ต้องทำการตรวจสอบ	<input type="checkbox"/> 1. คอนกรีตแตกร้าว	<input type="checkbox"/> 2. คอนกรีตหลุดกะเทาะ
	<input type="checkbox"/> 3. คอนกรีตหลุดลอก*	<input type="checkbox"/> 4. คราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือ
	<input type="checkbox"/> 5. โพรงภายในคอนกรีต รังผึ้ง	
		
ระดับความเสียหาย		
สภาพดีมาก (Very Good Condition)		สภาพดี (Good Condition)
<input type="checkbox"/> 1. ไม่มีการแตกร้าวของคอนกรีต หรือหากมีรอยแตกร้าวต้องมีขนาดกว้างไม่เกิน 0.5 มม. หรือเป็นรอยแตกร้าวขนาดเส้นผม (Hairline Crack) <input type="checkbox"/> 2. ไม่มีการกะเทาะหรือเกิดการกัดกร่อนขนาดเบา <input type="checkbox"/> 3. ไม่มีการหลุดลอกหรือเกิดการหลุดลอกเล็กน้อย <input type="checkbox"/> 4. ไม่มีคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคอนกรีตตามยาว <input type="checkbox"/> 5. เนื้อคอนกรีตแน่น ไม่มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต		<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดเล็ก กว้างประมาณ 0.5 - 1.0 มม. <input type="checkbox"/> 2. กะเทาะเล็กน้อยลึกเป็นบริเวณไม่เกิน 2 % ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 3. มีการทดลองเป็นบริเวณไม่เกิน 2% ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคอนกรีตไม่เกิน 10% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต เป็นบริเวณไม่เกิน 2% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว
สภาพพอใช้ (Fair Condition)		สภาพแย่มาก (Poor Condition)
<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดกลาง กว้างประมาณ 1.0 - 2.0 มม. <input type="checkbox"/> 2. สภาพเสียหายเล็กน้อยมีการกะเทาะเป็นบริเวณไม่เกิน 2-5% ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 3. สภาพเสียหายเล็กน้อยมีการหลุดลอกไม่เกิน 2-5% ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคอนกรีตประมาณ 10 - 30% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต เป็นบริเวณประมาณ 2 - 5% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว		<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดใหญ่ กว้างมากกว่า 2.0 มม. <input type="checkbox"/> 2. สภาพรุนแรงมีการกะเทาะเป็นบริเวณกว้างกว่า 5% ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 3. สภาพความเสียหายรุนแรงมีการหลุดลอกเป็นบริเวณมากกว่า 5% ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคอนกรีตมากกว่า 30% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต เป็นบริเวณมากกว่า 5% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว

❖ รวมการกัดกร่อนและการหลุดลอกออกเป็นแผ่น

❖ 1,4,5 ในคู่มือนี้ใช้เกณฑ์เดียวกับการวัดระดับความเสียหาย

แบบการประเมินการตรวจสอบสภาพความเสียหายของคานยัด		
ความเสียหายที่ต้องทำการตรวจสอบ	<input type="checkbox"/> 1. คอนกรีตแตกร้าว	<input type="checkbox"/> 2. คอนกรีตหลุดกะเทาะ
	<input type="checkbox"/> 3. คอนกรีตหลุดลอก*	<input type="checkbox"/> 4. คราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือ
	<input type="checkbox"/> 5. โพรงภายในคอนกรีต รังผึ้ง	
		
ระดับความเสียหาย		
สภาพดีมาก (Very Good Condition)		สภาพดี (Good Condition)
<input type="checkbox"/> 1. ไม่มีการแตกร้าวของคอนกรีต หรือหากมีรอยแตกร้าวต้องมีขนาดกว้างไม่เกิน 0.5 มม. หรือเป็นรอยแตกร้าวขนาดเส้นผม (Hairline Crack) <input type="checkbox"/> 2. ไม่มีการกะเทาะหรือเกิดการกัดกร่อนขนาดเบา <input type="checkbox"/> 3. ไม่มีการหลุดลอกหรือเกิดการหลุดลอกเล็กน้อย <input type="checkbox"/> 4. ไม่มีคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. เนื้อคอนกรีตแน่น ไม่มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต		<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดเล็ก กว้างประมาณ 0.5 - 1.0 มม. <input type="checkbox"/> 2. กะเทาะเล็กน้อยลึกเป็นบริเวณไม่เกิน 2 % ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 3. มีการทดลองเป็นบริเวณไม่เกิน 2% ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคอนกรีตไม่เกิน 10% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต เป็นบริเวณไม่เกิน 2% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว
สภาพพอใช้ (Fair Condition)		สภาพแย่มาก (Poor Condition)
<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดกลาง กว้างประมาณ 1.0 - 2.0 มม. <input type="checkbox"/> 2. สภาพเสียหายเล็กน้อยมีการกะเทาะเป็นบริเวณไม่เกิน 2-5% ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 3. สภาพเสียหายเล็กน้อยมีการหลุดลอกไม่เกิน 2-5% ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคอนกรีต ประมาณ 10 - 30% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต เป็นบริเวณประมาณ 2 - 5% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว		<input type="checkbox"/> 1. เกิดรอยแตกร้าวขนาดใหญ่ กว้างมากกว่า 2.0 มม. <input type="checkbox"/> 2. สภาพรุนแรงมีการกะเทาะเป็นบริเวณกว้างกว่า 5% ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 3. สภาพความเสียหายรุนแรงมีการหลุดลอกเป็นบริเวณมากกว่า 5% ของพื้นที่ <input type="checkbox"/> 4. เกิดคราบน้ำ คราบซีเมนต์เกลือบนผิวคอนกรีตมากกว่า 30% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว <input type="checkbox"/> 5. มีโพรงภายในเนื้อคอนกรีต เป็นบริเวณมากกว่า 5% ของพื้นที่ผิวคานตามยาว

❖ รวมการกัดกร่อนและการหลุดลอกออกเป็นแผ่น

❖ 1,4,5 ในคู่มือนี้ใช้เกณฑ์เดียวกับการวัดระดับความเสียหาย

2

การตรวจสอบสะพานด้วยสายตา

การตรวจสอบสะพานเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล มีความสำคัญอย่างยิ่ง ที่จะช่วยให้การ ประเมิน สภาพความเสียหาย ระดับความรุนแรง และสาเหตุได้อย่างถูกต้อง นำไปสู่การแก้ไข ป้องกันที่มีความ ถูกต้อง ปลอดภัย ประหยัด คุ่มค่า โดยทั่วไปการตรวจสอบความเสียหาย กระทำได้ 3 วิธีคือ

1. การตรวจสอบสะพานด้วยสายตา
2. การตรวจสอบทางกายภาพโดยการใช้เครื่องมือพื้นฐาน
3. การตรวจสอบทางกายภาพโดยการใช้เครื่องมืออย่างละเอียด

2.1 การตรวจสอบสะพานด้วยสายตา

การตรวจสอบ สะพานด้วยสายตา มีวัตถุประสงค์ เพื่อตรวจหารอยแตก ร้าว และการชำรุดเสียหายอื่นๆที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจน โดยจะให้ความสำคัญต่อ ความเสียหายที่เกิดกับชิ้นส่วนที่สำคัญๆ ของโครงสร้างสะพาน มีผลต่อความมั่นคงแข็งแรงของสะพาน มีความเสี่ยงที่จะเกิดการวิบัติ เช่น การแตกร้าวบริเวณฐานรองรับ หรือกึ่งกลางความยาวช่วง ของชิ้นส่วนโครงสร้าง คานและพื้นคอนกรีต ซึ่งมีโมเมนต์ดัดสูงสุด การแตกร้าวของคอนกรีต การกะเทาะของผิวคอนกรีต โดยผู้ตรวจสอบสมควรต้องมีความรู้พื้นฐานทางวิศวกรรมโยธา ในการทำการตรวจสอบจึงควร มีวิศวกรหรือช่างเทคนิคที่ผ่านการฝึกอบรม เข้าร่วมทำการตรวจสอบด้วย โดยจะต้องตรวจสอบเพื่อค้นหาการ ผิดปกติหรือความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น เช่น

1. รอยแตกร้าว
2. พื้นผิวที่มีการกะเทาะของคอนกรีต
3. การรั่วซึมของน้ำที่บริเวณรอยต่อ
4. การเคลื่อนตัวหรือแอ่นตัวของโครงสร้าง
5. การกัดกร่อนเป็นสนิม
6. การพองตัวของคอนกรีตและอื่นๆ

2.2 การตรวจสอบทางกายภาพโดยการใช้เครื่องมือพื้นฐาน

การใช้เครื่องมือ พื้นฐานช่วยในการตรวจสอบสะพานอย่างเหมาะสม ทำให้การตรวจสอบมีความถูกต้องและครอบคลุมรายละเอียดได้ครบถ้วน มากขึ้น เช่นการใช้ค้อน เคาะหรือโซ่ลาก เพื่อฟัง ความแตกต่างของเสียงสะท้อน จะทำให้ทราบถึงตำแหน่งของโพรงหรือรูกลวงในเนื้อคอนกรีตนั้นได้

2.3 การตรวจสอบทางกายภาพโดยการใช้เครื่องมืออย่างละเอียด

การตรวจทางกายภาพโดยการใช้เครื่องมืออย่างละเอียดหรือเครื่องมือพิเศษ เป็นการตรวจสอบเพิ่มเติมหลังจากทำการตรวจสอบด้วยสายตาและการตรวจสอบด้วยเครื่องมือพื้นฐานแล้ว ซึ่งกระทำโดยการใช้เครื่องมือที่ค่อนข้างซับซ้อน เช่น การใช้เครื่องอัลตราโซนิก (Ultrasonic Pulse Velocity) การใช้วิธีการ Impact-Echo เป็นต้น วัตถุประสงค์ในการตรวจสอบด้วยเครื่องมือพิเศษนี้ เพื่อ

1. ให้ทราบถึงพฤติกรรมอย่างละเอียดของโครงสร้างสะพาน
2. ตรวจสอบตำแหน่งและขอบเขตของความเสียหายที่มองไม่เห็น รวมทั้งตรวจสอบตำแหน่งส่วนประกอบและวัสดุในโครงสร้าง
3. ตรวจสอบการขยายตัวหรือขอบเขตความเสียหายที่เกิดขึ้นในโครงสร้าง
4. หาวิธีป้องกันและควบคุมความเสียหายไม่ให้เกินค่าที่กำหนด
5. ประเมินสาเหตุของความเสียหายที่เกิดขึ้นในโครงสร้างเพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นในโครงสร้างอีก
6. ทดสอบความแข็งแรงวัสดุในโครงสร้างสะพาน เพื่อประเมินความแข็งแรงและเสถียรภาพของโครงสร้าง

หมายเหตุ: ในคู่มือปฏิบัติงานซ่อมบำรุงสะพานเล่มนี้ จะไม่ได้กล่าวถึงวิธีการทดสอบด้วยเครื่องมืออย่างละเอียดหรือเครื่องมือพิเศษเหล่านี้ ซึ่งในที่นี้จะเน้นเฉพาะ การตรวจสอบสะพานด้วยสายตาและการตรวจสอบทางกายภาพ โดยการใช้เครื่องมือพื้นฐาน บางชนิดมาช่วยในการตรวจสอบด้วยเท่านั้น เนื่องจากทางท้องถิ่นสามารถดำเนินการได้ทันที

2.4 รูปแบบ ขั้นตอนการตรวจสอบ

วิธีการ ขั้นตอนและแบบฟอร์มที่ใช้เป็นหลักในการดำเนินการตรวจสอบสะพานและรายงานผล ได้กำหนดลำดับการตรวจสอบองค์ประกอบต่างๆ ของโครงสร้างสะพานไว้ดังนี้

1. พื้นสะพาน
2. ระบบระบายน้ำ
3. ทางเท้า
4. ราวสะพาน
5. คานคอนกรีตตามยาว
6. ตอม่อตัมบริม
7. คานคอนกรีต
8. แผ่นรองคาน
9. เสาดอม่อคอนกรีต
10. คานยึด
11. Slope Protection

12. อื่นๆ เช่น รอยต่อ ป้ายจราจร เป็นต้น

2.5 พื้นที่เสี่ยงต่อความเสียหาย

ในการตรวจสอบโครงสร้างสะพาน อย่างน้อยผู้เข้าทำการตรวจสอบต้องพิจารณาความเสียหายใน 3 พื้นที่หลัก คือ พื้นที่เสี่ยงต่อรอยร้าว พื้นที่เสี่ยงต่อการสึกกร่อนและพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดการระยาะโคงที่ตัวมากเกินไป

1 พื้นที่เสี่ยงต่อรอยร้าว (Cracked Areas)

ทุกชิ้นส่วนคอนกรีตสมควรต้องตรวจสอบว่ามีรอยร้าวเกิดขึ้นหรือไม่ โดยพื้นที่เหล่านี้เป็นพื้นที่สำคัญที่ต้องตรวจสอบอย่างใกล้ชิด ได้แก่

- พื้นที่รับแรงเฉือน (Shear Zones) พื้นที่ที่รับแรงเฉือนสูงจะอยู่ในตำแหน่งของฐานรอง (Support) ของแผ่นพื้น คาน โดยรอยร้าวดังกล่าวจะวางตัวในแนวเอียง
- พื้นที่รับแรงดึง (Tension Zones) พื้นที่รับแรงดึงเป็นพื้นที่ที่น่าวิตกของ โครงสร้างคอนกรีต รอยร้าวเนื่องจากแรงดึงซึ่งโดยทั่วไปจะเกิดในแนวตั้งและมักเกิดขึ้นที่กึ่งกลางคาน และพื้น (Slab Type) สำหรับคานช่วงเดี่ยว (Simple Beam) ส่วนคานต่อเนื่อง (Continuous Beam) รอยร้าวมักเกิดที่กึ่งกลางคานและที่ฐานรองรับ
- พื้นที่รับแรงแบกทาน (Bearing Regions) พื้นที่รับแรงแบกทานมีโอกาสเสี่ยงที่จะเกิดการแตกกะเทาะ (Spalling) เนื่องจากคอนกรีตขยายตัวและหดตัว รวมทั้งเกิดการกระแทกกันของ ชิ้นส่วนโครงสร้าง การแตกหักนั้นจะร้ายแรงมากขึ้นหากมีน้ำและเกลือแทรกอยู่ในคอนกรีต

2 พื้นที่เสี่ยงต่อการสึกกร่อน (Corrosion Prone Areas)

พื้นที่ที่ถูกปกปิดอย่างมิดชิด บริเวณฐานรอง (Support) และจุดเชื่อมต่อ (Connection) เป็นพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการกัดกร่อน พื้นที่รับน้ำที่กระเซ็นจากผิวจราจร (Areas Exposed to Spray from the Roadway) เป็นพื้นที่เสี่ยงต่อการแทรกซึมคลอไรด์ พื้นที่ทางผ่านน้ำที่ระบายจากผิวจราจร (Areas Exposed to Roadway Runoff) ควรตรวจสอบความเสียหายเนื่องจากการทะลุผ่านของคลอไรด์ พื้นที่ที่เกิดคราบสนิมและรอยร้าวร่วมกับคราบขี้เกลือ (Efflorescence) บ่งชี้ถึงการกัดกร่อนของเหล็กเสริมคอนกรีต

3 พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดระยาะโคงที่ตัวที่มากเกินไป (Excessive Deflection)

ความเสียหายทางกายภาพและน้ำหนักบรรทุกที่มากเกินไปเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดระยาะโคงที่ตัวที่มากเกินไปของชิ้นส่วนคอนกรีต นอกจากนั้นผลของความเสียหายทางกายภาพและน้ำหนักบรรทุกที่มากเกินไปจะส่งผลให้ พื้นสะพานและ คอนกรีตอัดแรงมีระยาะโคงที่ตัวมากเกินไป ซึ่งแสดงถึงการสูญเสียแรงยึดเหนี่ยวและการยึดตัวของ เหล็กเสริมและ ลวดอัดแรง การกัดกร่อนของลวดอัดแรง และบริเวณสมอยึด (Anchorage) หรือการสูญเสียแรงยึดเหนี่ยวบริเวณสมอยึด

2.6 เครื่องมือพื้นฐานที่ใช้ในการตรวจสอบ

ในการตรวจสอบโครงสร้างสะพานนั้น วิศวกรและทีมงานผู้ทำการตรวจสอบจะต้องจัดเตรียมเครื่องมือและ อุปกรณ์ในการ ตรวจสอบให้ครอบคลุมและเพียงพอต่อการใช้งาน ซึ่ง เครื่องมือ และ อุปกรณ์พื้นฐานนั้นควรจะประกอบด้วย

1. เครื่องมือทำความสะอาด เช่น ไม้กวาด แปรงลวด
2. เครื่องมือตรวจสอบ เช่น ค้อน โซ่เหล็ก Rebound Hammer
3. เครื่องมือช่วยสังเกต เช่น ไฟฉาย กล้องส่องทางไกล กล้องขยาย
4. เครื่องมือสำหรับวัด เช่น เทปวัดระยะ Crack Width Ruler
5. เครื่องมือสำหรับบันทึก เช่น กล้องถ่ายรูปดิจิทัล กล้องวิดีโอ
6. เครื่องมือพิเศษ เช่น Ultrasonic Pulse Velocity, Data Logger
7. เครื่องมือทดสอบทางเคมี เช่น สารละลายที่ทำปฏิกิริยากับกรด ที่นิยมใช้คือสารละลาย ฟีนอล์ฟทาลีน (Phenolphthalein) ในแอลกอฮอล์ เข้มข้น 1%
8. เครื่องมือช่วยความปลอดภัย เช่น หมวกนิรภัย เข็มขัดนิรภัย กรวยยาง
9. เครื่องมือช่วยตรวจสอบ เช่น เรือยาง บันได รถกระเช้า

เครื่องมือทำความสะอาด

ใช้เพื่อทำความสะอาดโครงสร้างในส่วนที่มีความสกปรก เช่น การทำความสะอาด คราบฝุ่น ละอองและสิ่งสกปรกตามผิวคอนกรีต เพื่อให้มองเห็นได้ชัดเจนจนสามารถ ตรวจสอบว่าเกิดการ แตกร้าวในเนื้อคอนกรีต หรือไม่ อุปกรณ์ทำความสะอาดที่จำเป็นได้แก่ ไม้กวาด ผ้า น้ำยาทำความสะอาด และแปรงทำความสะอาดชนิดต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 เครื่องมือทำความสะอาด

เครื่องมือตรวจสอบ

เพื่อใช้ในการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของเนื้อคอนกรีตว่ามีความสมบูรณ์ หรือมีโพรงหรือไม่ เครื่องมือดังกล่าวได้แก่ ค้อน โซ่ลากและ Rebound Hammer ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 เครื่องมือตรวจสอบ (Rebound Hammer)

เครื่องมือช่วยสังเกต

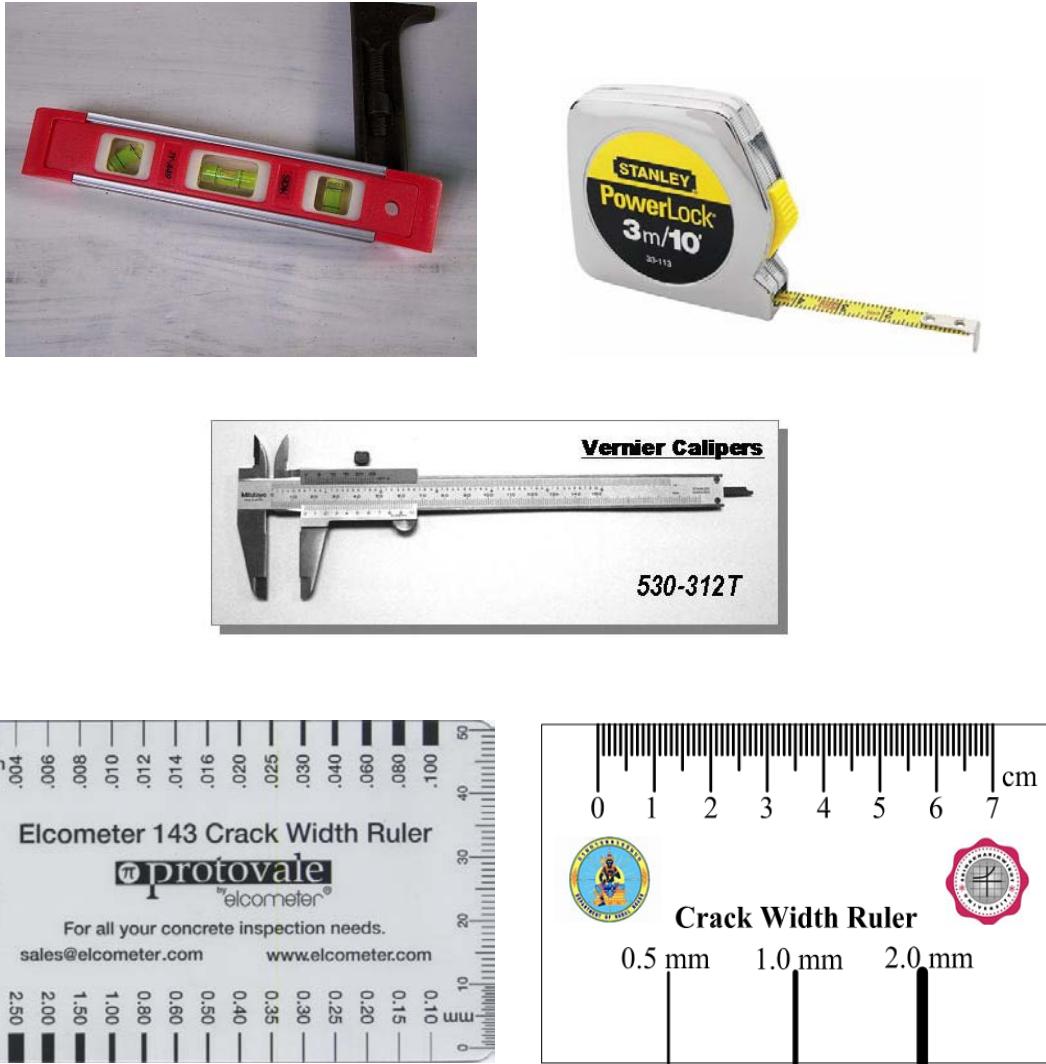
ใช้เพื่อทำให้การตรวจสอบมีประสิทธิภาพ สามารถเห็นรายละเอียดของการบกพร่องใน
โครงสร้างได้ดียิ่งขึ้น ได้แก่ อุปกรณ์ให้แสงสว่าง แว่นขยาย กล้องส่องทางไกล ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 เครื่องมือช่วยสังเกต

เครื่องมือช่วยการตรวจวัด

ใช้เพื่อบันทึกรายละเอียดของข้อบกพร่องในโครงสร้างที่เกิดขึ้น เพื่อที่จะได้ทำการวางแผนการเฝ้าระวังหรือซ่อมบำรุง อุปกรณ์เหล่านี้ได้แก่ ระดับน้ำ เทปวัดความยาว เวอร์เนีย และ Crack Width Ruler ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 เครื่องมือช่วยการตรวจวัด

เครื่องมือช่วยบันทึก

ใช้เพื่อบันทึกยืนยันรายละเอียด และเป็นอุปกรณ์ในการช่วยจำจากการเก็บข้อมูลในสนาม เช่น กล้องถ่ายรูป กล้องวิดีโอ ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 เครื่องมือช่วยบันทึก

เครื่องมือพิเศษ

เป็นเครื่องมือที่ใช้ตรวจวัดคุณสมบัติทางกายภาพของคอนกรีตในส่วนที่ไม่สามารถมองเห็นได้ หรือใช้ยืนยันคุณสมบัติทางวิศวกรรมของวัสดุ เช่น Ultrasonic Pulse Velocity และ Data Logger ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 เครื่องมือช่วยพิเศษ

เครื่องมือช่วยทดสอบทางเคมี

เป็นเครื่องมือเพื่อแสดงผลจากการเสื่อมสภาพของวัสดุ หรือหาสาเหตุของการเสื่อมสภาพนั้น เช่น ฟีนอล์ฟทาลีน ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 เครื่องมือช่วยทดสอบทางเคมี

เครื่องมือช่วยความปลอดภัย

อุปกรณ์ที่ช่วยอำนวยความสะดวกและเพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้ตรวจสอบ เช่น เข็มขัดนิรภัย แวน และถุงมือ ดังแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 เครื่องมือช่วยความปลอดภัย

เครื่องมือช่วยตรวจสอบ

เป็นอุปกรณ์ที่เพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจสอบ การเข้าถึง ตรวจสอบ ได้แก่ เรือ รถกระเช้า บันได ดังแสดงในรูปที่ 2.9

ส่วนโครงสร้างที่ต้องทำการ



รูปที่ 2.9 เครื่องมือช่วยตรวจสอบ

2.7 การตรวจสอบสะพานในสนาม

ขั้นตอนการตรวจสอบสะพานในสนามด้วยสายตาและการตรวจสอบด้วยเครื่องมือพื้นฐานสามารถดำเนินการตามขั้นตอนได้ดังนี้

1) ตรวจสอบสภาพเบื้องต้น

เป็นการตรวจสอบตำแหน่งและที่ตั้งของสะพานตามลักษณะภูมิประเทศ และสภาพการใช้งานทั่วไป เพื่อนำไปกำหนดรหัสของสะพาน ก่อนทำการตรวจสอบในรายละเอียดของโครงสร้างต่อไป โดยดำเนินการดังนี้

1. เขียนแบบร่างแสดงตำแหน่งที่ตั้ง พร้อมความกว้าง ความยาวของสะพาน ชื่อลำน้ำ/ลำคลอง ความกว้างโดยประมาณของลำน้ำ ทิศเหนือ และข้อมูลสำคัญอื่นๆที่จำเป็น โดยใช้แบบฟอร์มที่ 1
2. จัดทำ KEY PLAN เพื่อแสดงตำแหน่งของชิ้นส่วนโครงสร้างสะพาน และกำหนดรหัสหรือสัญลักษณ์ ให้กับชิ้นส่วนโครงสร้างสะพาน เพื่อความชัดเจน และความสะดวกในการอ้างอิง เช่น

พื้นสะพาน (Span of Deck)	=	S
คาน (Cap Beam)	=	C
ตอม่อตัมบริม (Abutment)	=	A
เสตอม่อ (Peir)	=	P
ด้านซ้ายมือ (Left-hand Side)	=	L
ด้านขวามือ (Right-hand Side)	=	R

ทั้งนี้ ควรเรียงลำดับเลขที่ของชิ้นส่วน และกำหนดด้านซ้าย – ขวาของสะพาน โดยยึดถือจากจุดเริ่มต้น ไปหาจุดสิ้นสุดของสะพาน ตามตัวอย่างในแบบฟอร์มที่ 2

2) การตรวจสอบพื้นสะพาน

หลังจากการกำหนดรหัสเพื่อการตรวจสอบแล้ว จึงเริ่ม ทำการตรวจสอบ สะพานด้วยสายตาและเครื่องมือพื้นฐานที่ใช้ในการตรวจสอบ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดพิกัดและสัญลักษณ์ ของชิ้นส่วนพื้นโดยเรียงลำดับตามที่กำหนดจุดเริ่มต้นไว้ในข้อที่ 1 โดยการใช้แบบฟอร์มที่ 1 และแบบฟอร์มที่ 2 บันทึกตำแหน่งพิกัดสะพาน ณ จุดด้านซ้ายมือของสะพาน

พื้นสะพานช่วงที่ 1	=	S1
พื้นสะพานช่วงที่ 2	=	S2
พื้นสะพานช่วงที่ 3	=	S3

2. เก็บข้อมูลลักษณะทางกายภาพของพื้นสะพาน เช่น ความหนาของพื้นสะพาน ความยาวของช่วงสะพาน ความกว้างของถนน พร้อมบันทึกข้อมูลลงในแบบฟอร์มที่ 3
3. ทำการตรวจสอบด้วยสายตาและใช้เครื่องมือ พื้นฐานที่ใช้ในการตรวจสอบ พร้อมทั้งบันทึกข้อมูลลงในแบบฟอร์มที่ 4 ดังนี้

- ใช้การลาก โซ่เหล็ก เพื่อตรวจสอบ ตำแหน่ง การหลุดลอกออกเป็นแผ่น และหาโพรงในคอนกรีต การลากโซ่เป็นวิธีการวิเคราะห์เชิงคุณภาพซึ่งทำได้ง่ายและราคาถูก ซึ่งทดสอบโดยฟังจากเสียงโซ่ที่ลากผ่านบริเวณที่มีการกะเทาะหรือหลุดลอกเป็นแผ่น (Spalling and Delamination) จะได้ยินเสียงที่ไม่แน่น (Hollow Sound) ซึ่งแตกต่างจากเสียงที่แน่น (Solid Sound) เมื่อทำการลากโซ่ผ่านคอนกรีตคุณภาพดี โดยมีมาตรฐานการทดสอบ ASTM D4580-86 ดังแสดงในรูปที่ 2.10 (เมื่อพบบริเวณที่เสียหาย ถ้ามีเครื่องมือการตรวจสอบพิเศษ ควรจะทำการทดสอบเพิ่มเติมเพื่อตรวจสอบขอบเขตการกัดกร่อนของเหล็กเสริมและตำแหน่งที่แท้จริงของการหลุดลอกเป็นแผ่น (Delamination) วิธีการทดสอบเพิ่มเติมที่นิยมคือ วิธี Impact Echo-Technique)



รูปที่ 2.10 การตรวจสอบการหลุดลอกและโพรงของพื้นสะพานโดยการลากโซ่เหล็ก

- ทำการหาขอบเขตพื้นที่เสียหายโดยละเอียดด้วยการใช้ค้อนเคาะเพื่อเปรียบเทียบเสียงสะท้อน พร้อมทำเครื่องหมายกำหนดขอบเขต วิธีการเคาะด้วยค้อนเป็นเทคนิคที่ง่าย สามารถให้ข้อมูลพื้นที่บริเวณที่มีการหลุดลอกเป็นแผ่น (Delamination) ได้ดี ซึ่งพื้นที่บริเวณนี้เมื่อเคาะด้วยค้อนจะได้ยินเสียงที่ไม่แน่น (Hollow Sound) เมื่อเปรียบเทียบกับเสียงแน่น (Solid Sound) เมื่อเคาะคอนกรีตคุณภาพด้วยค้อน ดังแสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 การใช้ค้อนเคาะเพื่อตรวจสอบการหลุดลอกเป็นแผ่นและโพรงของพื้นสะพาน

- ตรวจสอบความสมบูรณ์ของคอนกรีตด้านการรับกำลังด้วย Rebound Hammer โดยใช้ค่าเฉลี่ยจากการทดสอบ 10 ครั้งจากแต่ละชั้นส่วนโครงสร้าง ดังแสดงในรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 ทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต โดยใช้เครื่องทดสอบ Rebound Hammer

- ตรวจสอบขนาดของรอยแตกกร้าว และวัดความกว้างของรอยแตกด้วย Crack Width Ruler ดังแสดงในรูป 2.13



รูป
ที่



2.13 การตรวจสอบขนาดของรอยแตกร้าวด้วย Crack Width Ruler

4. ดำเนินการประเมินพื้นที่ความเสียหายจากการหลุดลอกและความเสียหายอื่นๆ
 - ตีกริดเพื่อกำหนดขนาดพื้นที่โดยให้มีขนาดประมาณ 2×2 เมตร สำหรับประเมินพื้นที่การหลุดลอกของพื้นผิวคอนกรีต
 - ประเมินพื้นที่ความเสียหายจากการหลุดลอกและจากความเสียหายลักษณะอื่นๆ
5. กรณีที่เหล็กเสริมเกิดสนิม ต้องทำความสะอาดเหล็กเสริม และบริเวณที่เกิดสนิมก่อนดำเนินการเก็บรายละเอียด โดยการวัด ขนาดเหล็กเสริมจริง ณ ปัจจุบันโดยใช้เวอร์เนีย
6. ในการตรวจสอบความเสียหาย ผู้ทำการตรวจสอบจะต้องทำการเก็บข้อมูลและบันทึกลักษณะความเสียหาย ลงในแบบฟอร์มที่ 4 เช่น ขนาดความกว้าง ความลึก และความยาวของรอยแตกร้าว ลักษณะการแตกร้าวเป็นแนวตามยาว ตามขวาง หรือแผ่กระจาย (ไม่มีทิศทาง) เพื่อนำไปใช้ประเมินระดับความเสียหาย
7. ทุกขั้นตอนทำการบันทึกภาพด้วยกล้องถ่ายภาพดิจิทัลหรือกล้องวีดีโอ

3) การตรวจสอบทางเท้า

ทำการตรวจสอบทางเท้าสะพานตามรหัสที่กำหนดไว้ ในการตรวจสอบมีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดพิกัดและสัญลักษณ์ของทางเท้าตามลำดับ ตามข้อ 1. ของการตรวจสอบพื้นสะพานโดยใช้แบบฟอร์มที่ 1 และ แบบฟอร์มที่ 2
2. เก็บข้อมูลลักษณะทางกายภาพของทางเท้า เช่น ความยาว และความกว้าง ทางเท้าพร้อมบันทึกข้อมูลลงในแบบฟอร์มที่ 3
3. ทำการตรวจสอบทางเท้าด้วยสายตาและใช้เครื่องมือในการตรวจสอบ พร้อมบันทึกข้อมูลลงในแบบฟอร์มที่ 4 ดังนี้
 - ใช้ไซ้เหล็กลาก เพื่อตรวจสอบการหลุดลอกเป็นแผ่น หรือโพรงในเนื้อคอนกรีต โดยการเปรียบเทียบเสียง

- ทำการหาขอบเขตพื้นที่เสียหายโดยละเอียดด้วยการใช้ค้อนเคาะเปรียบเทียบเสียงพร้อมทำเครื่องหมายกำหนดขอบเขต
 - ใช้ Rebound Hammer ตรวจสอบความสมบูรณ์ของคอนกรีตด้านการรับกำลัง
 - ตรวจสอบขนาดของรอยแตกร้าว และวัดความกว้างรอยแตกร้าวด้วย Crack Width Ruler
4. ดำเนินการประเมินพื้นที่ความเสียหายจากการหลุดลอกและความเสียหายอื่นๆ
 5. กรณีที่เหล็กเสริมเกิดสนิม ต้องทำความสะอาดเหล็กเสริมและบริเวณที่เกิดสนิม ก่อนดำเนินการ เก็บรายละเอียด เช่น วัดขนาดเหล็กเสริมจริง ณ ปัจจุบัน โดยใช้เวอร์เนีย
 6. ในการตรวจสอบความเสียหาย ผู้ทำการตรวจสอบจะต้องทำการเก็บข้อมูลและลักษณะความเสียหายทุกลักษณะ เช่น ขนาดความกว้าง ความลึก และความยาวของรอยแตกร้าว ลักษณะการแตกร้าวเป็นแนวตามยาว ตามขวาง หรือแผ่กระจาย (ไม่มีทิศทาง) เพื่อนำไปประเมินระดับความเสียหาย
 7. ทุกขั้นตอนทำการบันทึกภาพด้วยกล้องถ่ายภาพดิจิทัลหรือกล้องวิดีโอ

4) การตรวจสอบราวสะพาน

ทำการตรวจสอบราวสะพานด้วยสายตา และเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบโดยมีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดลำดับของพิกัดและสัญลักษณ์ของราวสะพานตามข้อ 1. ของการตรวจสอบพื้นสะพานโดยการใช้แบบฟอร์มที่ 1 และแบบฟอร์มที่ 2
2. เก็บข้อมูลลักษณะทางกายภาพของราวสะพาน เช่น ความยาวของช่วงสะพาน ความกว้างและความลึกของคานราวสะพาน พร้อมบันทึกข้อมูลลงในแบบฟอร์มที่ 3
3. ทำการตรวจสอบด้วยสายตาและใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบ ลงในแบบฟอร์มที่ 4 ดังนี้
 - ใช้ค้อนเคาะเพื่อตรวจโพรง หรือการหลุดลอกเป็นแผ่น โดยการเปรียบเทียบเสียง
 - ใช้ Crack Width Ruler วัดขนาดของรอยแตกร้าว และวัดความยาวของรอยแตก
 - ใช้ Rebound Hammer ตรวจสอบความสมบูรณ์ของคอนกรีตด้านการรับกำลัง
4. ประเมินพื้นที่ความเสียหายในลักษณะอื่นๆ
5. กรณีที่เหล็กเสริมเกิดสนิม ต้องทำความสะอาดเหล็กเสริมและบริเวณที่เกิดสนิม ก่อนดำเนินการ เก็บรายละเอียด เช่น ขนาดเหล็กเสริมจริง ณ ปัจจุบันโดยใช้เวอร์เนีย
6. ในการตรวจสอบความเสียหาย ผู้ทำการตรวจสอบจะต้องทำการเก็บข้อมูลและลักษณะความเสียหายทุกลักษณะ เช่น ขนาดความกว้าง ความลึก และความยาวของรอยแตกร้าว ลักษณะการแตกร้าวเป็นแนวตามยาว ตามขวาง หรือแผ่กระจาย (ไม่มีทิศทาง) เพื่อนำไปประเมินระดับความเสียหาย
7. ทุกขั้นตอนทำการบันทึกภาพด้วยกล้องถ่ายภาพดิจิทัลหรือกล้องวิดีโอ

5) การตรวจสอบตอม่อตัมบริม – คานตัวกลาง

ทำการตรวจสอบ สะพานด้วยสายตา และ เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบ มีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดพิกัดและสัญลักษณ์ตามข้อ 1. ของการตรวจสอบพื้นโดยใช้แบบฟอร์มที่ 1 และแบบฟอร์มที่ 2
2. เก็บข้อมูลลักษณะทางกาย ภาพของสะพาน เช่น ความยาวของช่วงสะพาน ความกว้างของถนน ลงในแบบฟอร์มที่ 3
3. ทำการตรวจสอบด้วยสายตาและใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบ ลงในแบบฟอร์มที่ 4 ดังนี้
 - ใช้ค้อนเคาะเพื่อตรวจโพรง หรือการหลุดลอกเป็นแผ่น โดยการเปรียบเทียบเสียง
 - ใช้ Crack Width Ruler วัดขนาดของรอยแตกกว้าง และวัดความกว้างของรอยแตก
 - ใช้ Rebound Hammer ตรวจสอบความสมบูรณ์ของคอนกรีตด้านการรับกำลังในแต่ละชั้นส่วนโครงสร้าง
4. ประเมินพื้นที่ความเสียหายในลักษณะอื่นๆ
5. กรณีที่เหล็กเสริมเกิดสนิม ต้องทำความสะอาดเหล็กเสริมและบริเวณที่เกิดสนิม ก่อนดำเนินการ เก็บรายละเอียด เช่น ขนาดเหล็กเสริมจริง ณ ปัจจุบัน โดยใช้เวอร์เนีย
6. ในการตรวจสอบความเสียหาย ผู้ทำการตรวจสอบจะต้องทำการเก็บข้อมูลและลักษณะความเสียหาย เช่น ขนาดความกว้าง ความลึก และความยาวของรอยแตกกว้าง ลักษณะการแตกกว้างเป็นแนวตามยาว ตามขวางหรือแผ่กระจาย (ไม่มีทิศทาง) เพื่อประเมินระดับความเสียหาย
7. ทดสอบการเกิดปฏิกิริยาคาร์บอนเนชั่น โดยใช้สารละลายฟีนอล์ฟทาไลน์ เข้มข้น 1 % ฉีดพ่นไปบนคอนกรีตที่ทำความสะอาดแล้ว ถ้าพบว่าผิวคอนกรีตเป็นสีชมพูแสดงว่าเนื้อคอนกรีตเกิดปฏิกิริยาคาร์บอนเนชั่นแล้ว
8. ทุกขั้นตอนทำการบันทึกด้วยกล้องถ่ายรูปดิจิทัลหรือกล้องวิดีโอ

6) การตรวจสอบเสาตอม่อ

ทำการตรวจสอบเสาตอม่อ สะพานด้วยสายตาและ เครื่องมือ พื้นฐานที่ใช้ในการตรวจสอบ มีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดลำดับ พิกัดและสัญลักษณ์ ของเสาตอม่อ ตามข้อ 1. ตามการตรวจสอบพื้น สะพานโดยใช้แบบฟอร์มที่ 1 และแบบฟอร์มที่ 2
2. เก็บข้อมูลลักษณะทางกาย ภาพของเสาตอม่อ สะพาน เช่น ความ สูงของตอม่อ สะพาน ขนาดความกว้างของตอม่อ พร้อมบันทึกข้อมูลลงในแบบฟอร์มที่ 3

3. ทำการตรวจสอบ ตอม่อด้วยสายตาและใช้เครื่องมือในการตรวจสอบ พร้อมบันทึกข้อมูลลงในแบบฟอร์มที่ 4 ดังนี้
 - ใช้ค้อนเคาะเพื่อตรวจโพรง หรือการหลุดลอกเป็นแผ่น โดยการเปรียบเทียบเสียง
 - ใช้ Crack Width Ruler ตรวจสอบขนาดของรอยแตกร้าว และวัดความกว้าง ของรอยแตก
 - ใช้ Rebound Hammer ตรวจสอบความสมบูรณ์ของคอนกรีตด้านการรับกำลังดึง แสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 ทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตด้วย Rebound hammer

4. ประเมินพื้นที่ความเสียหายในลักษณะอื่นๆ
5. กรณีที่เหล็กเสริมเกิดสนิม ต้องทำความสะอาดเหล็กเสริมและบริเวณที่เกิดสนิม ก่อนดำเนินการ เก็บรายละเอียด เช่น วัดขนาดเหล็กเสริมจริง ที่เหลือ ณ ปัจจุบัน โดยใช้เวอร์เนีย
6. ในการตรวจสอบความเสียหาย ผู้ทำการตรวจสอบจะต้องทำการเก็บข้อมูลและลักษณะความเสียหายในทุกลักษณะ เช่น ขนาดความกว้าง ความลึก และความยาวของรอยแตกร้าว ลักษณะการแตกร้าวเป็นแนวตามยาว ตามขวาง หรือแผ่กระจาย (ไม่มีทิศทาง) เพื่อประเมินระดับความเสียหาย
7. ทดสอบการเกิดปฏิกิริยาคาร์บอนเนชั่น โดยใช้สารละลายฟีนอล์ฟทาไลน์ เข้มข้น 1% (ถ้าทำได้)
8. ทดสอบการแทรกซึมของปริมาณคลอไรด์ (ถ้าทำได้)
9. ทุกขั้นตอนทำการบันทึกภาพด้วยกล้องถ่ายภาพดิจิทัลหรือกล้องวิดีโอ

ข้อแนะนำ กรณีที่หน่วยงานของกรมทางหลวงชนบทมีเครื่องมือตรวจสอบพิเศษ ควรใช้การตรวจสอบหาความลึกของรอยแตกและสภาพการเกิดสนิมของเหล็กและควรทำการตรวจสอบความเสียหายที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีดังนี้

การทดสอบหาปริมาณคลอไรด์และซัลเฟต

การทดสอบนี้เหมาะสำหรับประเมินสภาพโครงสร้างสะพานคอนกรีตของกรมทางหลวงชนบทในส่วนของตอม่อและพื้นด้านล่าง โดยเฉพาะพื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและจังหวัดที่ติดชายทะเล ที่คาดว่าจะเกิดการแทรกซึม จากสารเคมีรุนแรงและเกิดการกัดกร่อนของเหล็กเสริมคอนกรีต หากคลอไรด์แทรกซึมเข้าไปในแผ่นพื้นคอนกรีต จะนำไปสู่การกัดกร่อนของเหล็กเสริมและรอยร้าวในคอนกรีต ในการทดสอบเพื่อตรวจสอบปริมาณคลอไรด์ในคอนกรีตจะต้องทำลายเนื้อคอนกรีตบางส่วน เพราะต้องเก็บตัวอย่างโดยการเจาะคอนกรีต (Core Sampling) แล้วนำตัวอย่างคอนกรีตไปทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อได้ข้อมูลที่ต้องการ

คลอไรด์ในรูปของคลอไรด์ไอออนเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ความเป็นด่างของคอนกรีตลดลง เมื่อคอนกรีตมีปริมาณน้ำและออกซิเจนเพียงพอจะทำให้เหล็กเสริมในคอนกรีตเกิดสนิม และถูกกัดกร่อนตามปฏิกิริยา Anodic and Cathodic โดยมากแล้วคลอไรด์ที่มีผลต่อการกัดกร่อนจะมาจากสภาพแวดล้อม เช่น น้ำเกลือ น้ำกร่อย หรือดิน นอกจากนี้ ในส่วนของ คอนกรีตอาจมีส่วนประกอบของคลอไรด์ได้ เช่น คลอไรด์ในน้ำที่ผสมคอนกรีต หรือ คลอไรด์ในทรายหรือหิน (โดยเฉพาะอย่างยิ่งแหล่งใกล้ทะเล)

การวิเคราะห์ผลการทดสอบตามหลักเกณฑ์ของสถาบันคอนกรีตอเมริกา (ACI) กำหนดปริมาณคลอไรด์เพื่อมิให้มีปริมาณเพียงพอที่จะก่อให้เกิดกระบวนการกัดกร่อนของเหล็กเสริมในโครงสร้าง ดังนี้

- สำหรับโครงสร้างคอนกรีตอัดแรง (Prestress Concrete) ไม่เกินร้อยละ 0.08 ของน้ำหนักซีเมนต์
- สำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ไม่เกินร้อยละ 0.08 ของน้ำหนักซีเมนต์

วิธี Chloride 90-day Ponding Test

วิธีการนี้ต้องขังสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3% บนแผ่นคอนกรีตเป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 4 เดือน หลังจากนั้นจะต้องเก็บตัวอย่างโดยการเจาะคอนกรีต (Core Sampling) แล้วนำตัวอย่างคอนกรีตไปทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อหาปริมาณคลอไรด์ไอออน

การนำไปใช้: สามารถทดสอบได้ทุกพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการแทรกซึมของคลอไรด์ไอออน

ข้อดี: สามารถตรวจสอบความเสี่ยงในการแทรกซึมของคลอไรด์ไอออน

ข้อเสีย: ต้องใช้เวลานานในการทดสอบและวิเคราะห์ และต้องเก็บตัวอย่างคอนกรีตเพื่อนำไปทดสอบในห้องปฏิบัติการ

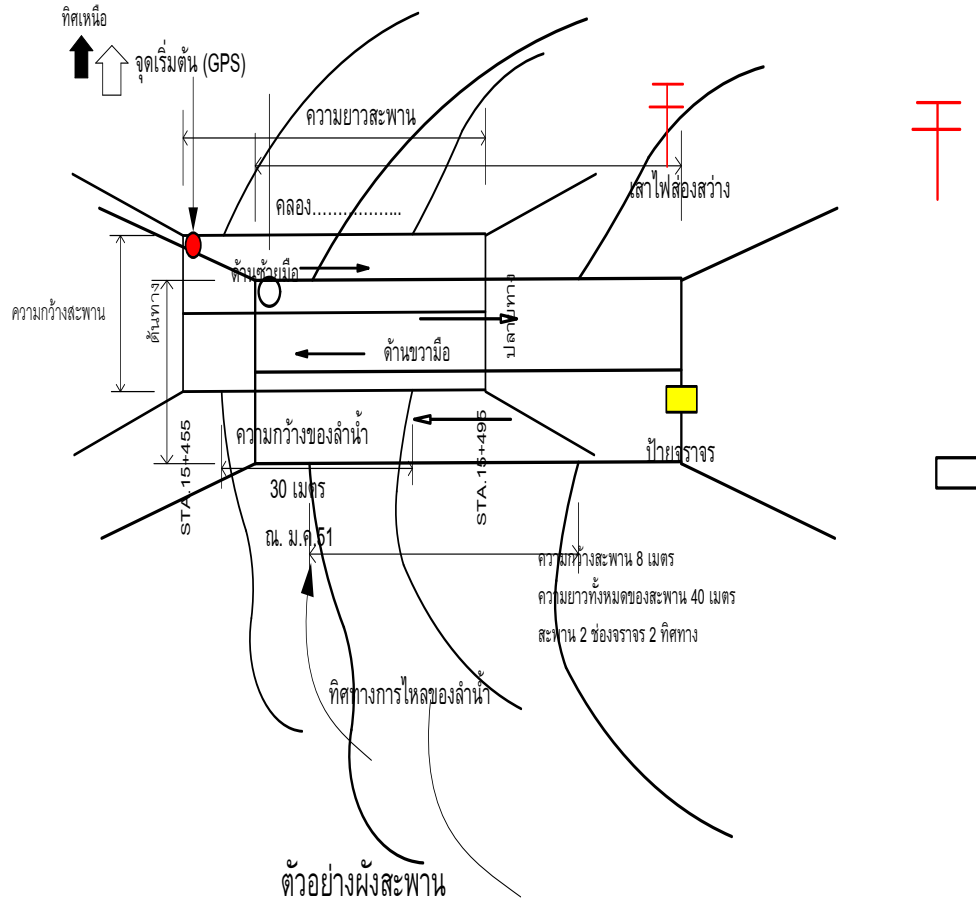
2.8 รูปแบบการรายงานและฟอร์มการตรวจสอบ

แบบฟอร์มที่ใช้ในการตรวจสอบสะพาน แบ่งออกเป็น 5 แบบฟอร์มคือ

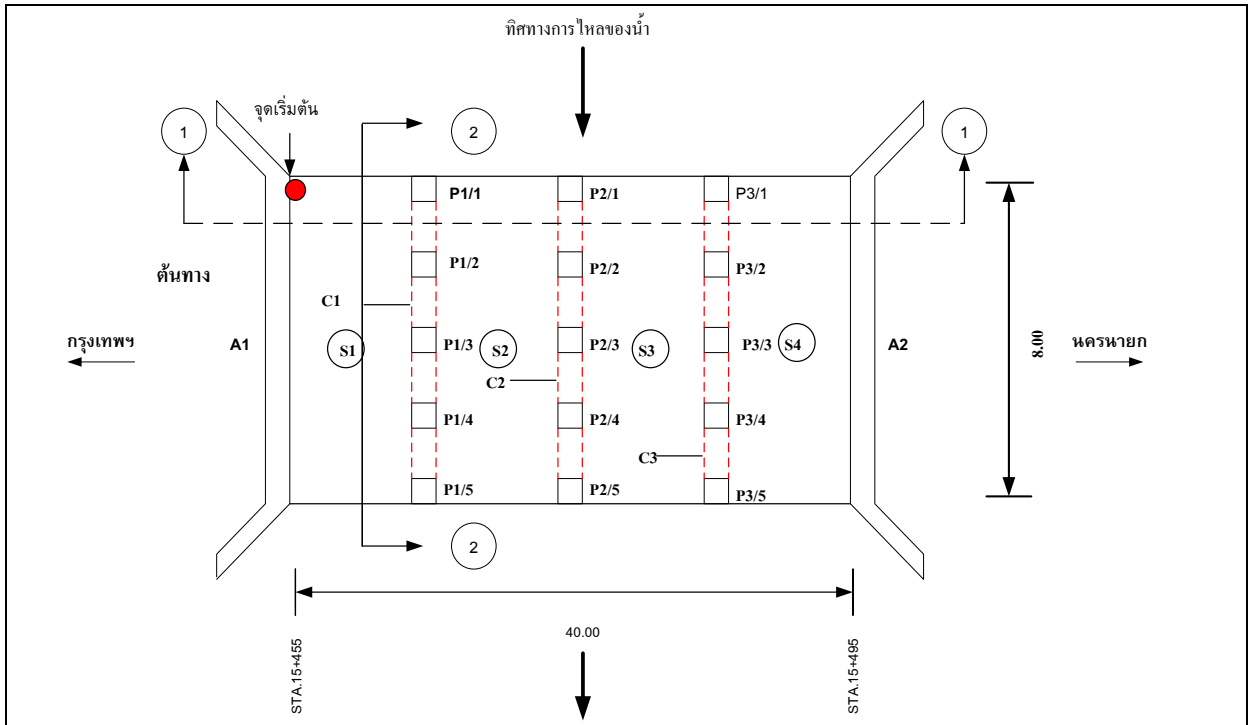
1. แบบฟอร์มที่ 1 ผังแสดงตำแหน่งสะพาน
2. แบบฟอร์มที่ 2 ผังแสดงรูปตัดสะพาน
3. แบบฟอร์มที่ 3 แบบฟอร์มบันทึกลักษณะโครงสร้างสะพาน
4. แบบฟอร์มที่ 4 แบบฟอร์มบันทึกความเสียหาย
5. แบบฟอร์มที่ 5 แสดงตำแหน่งและรูปภาพความเสียหาย

แบบฟอร์มที่ 1 ผังแสดงตำแหน่งสะพาน

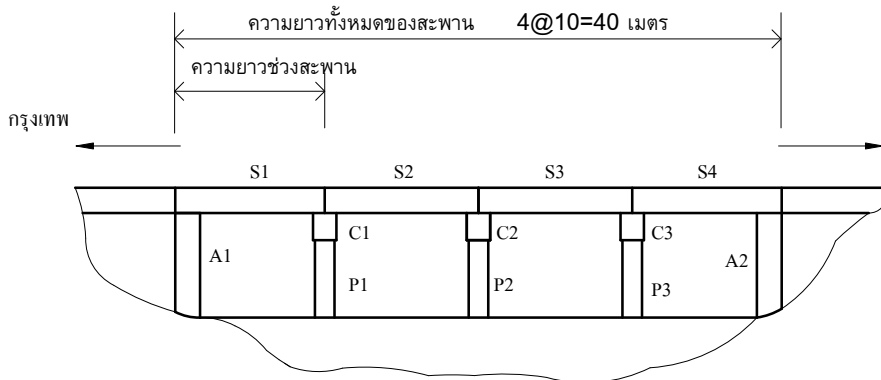
แบบฟอร์มที่ 1 ผังแสดงตำแหน่งสะพาน



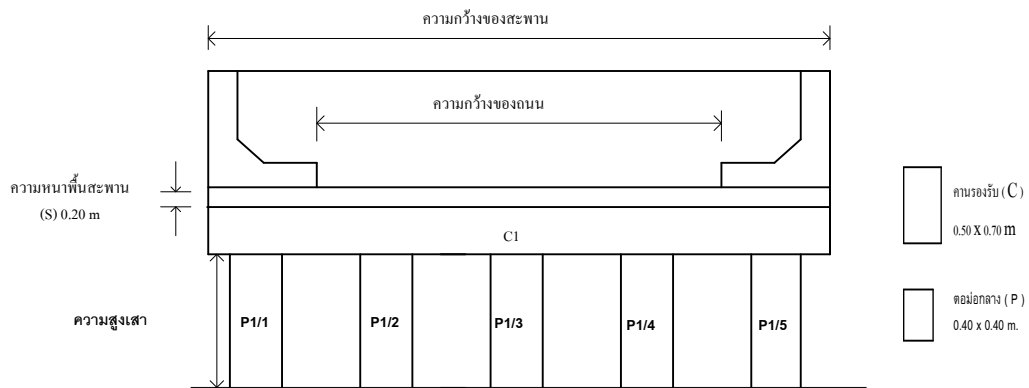
แบบฟอร์มที่ 2 ผังแสดงรูปตัดสะพาน



แบบร่างแปลนสะพาน



รูปตัดตามยาว 1-1



รูปตัดตามขวาง 2-2

ตัวอย่างผังแสดงรูปตัดสะพาน

แบบฟอร์มที่ 3 แบบฟอร์มบันทึกลักษณะโครงสร้างสะพาน

ชื่อสะพาน..... วันที่ทำการสำรวจ.....
 เวลาสำรวจ เริ่ม..... เสร็จ.....
 สภาพอากาศ..... วิธีการสำรวจ.....
 หน่วยงานรับผิดชอบ.....

ข้อมูลทั่วไปของสะพาน				ข้อมูลโครงสร้างสะพาน			
1	จังหวัด		รหัสจังหวัด	10	โครงสร้างหลัก		
2	รหัสสายทาง				วัสดุประเภท		
3	หลักกิโลเมตร			11	โครงสร้างช่วง Approach		
4	ชื่อสะพาน				วัสดุประเภท		
5	ชื่อลำน้ำ			12	จำนวนช่วงสะพาน		
6	หมู่บ้าน			13	จำนวนช่วงสะพาน Approach		
7	ตำบล			14	โครงสร้างพื้นสะพาน		
8	อำเภอ			15.	ผิวจราจร		
9	ตำแหน่ง GPS	E	N				

ข้อมูลการใช้งานสะพาน				ข้อมูลทางเรขาคณิต			
16	ปีที่สร้าง			20	ความยาวช่วงสะพานสูง (m.)		
17	ปีที่ทำการซ่อมแซมล่าสุด			21	ความยาวสะพานทั้งหมด(m.)		
18	ประเภทการใช้งาน			22	ความกว้างทางเท้า (m.)		
19	ทิศทางการจราจร		จำนวนเลน		ซ้าย		ขวา
				23	ความกว้างถนน (m.)		
				24	ความกว้างโครงสร้างสะพาน (m.)		
				25	ความกว้างช่วงApproach (m.)		
				26	แนวเอียงของสะพาน (องศา)		
				27	ระยะน้อยที่สุดเหนือสะพาน (m.)		
				28	ระยะน้อยที่สุดใต้สะพาน (m.)		

ข้อมูลทางน้ำ	
29	ลักษณะทางน้ำ
30	การป้องกันตอม่อ
31	ความสูงคมนาคมใต้สะพาน (m.)
32	ความกว้างคมนาคมใต้สะพาน (m.)

หมายเหตุ

.....

แบบฟอร์มที่ 4 แบบฟอร์มบันทึกความเสียหาย

ชื่อสะพาน.....คลอง.....กม.....ตำบล.....อำเภอ.....จังหวัด.....													
ลำดับ	สะพาน	ตำแหน่ง	แตกร้า	กระเทาะ	หลุดลอก	หลุดออกเป็นแผ่น	รื้อปูน	คราบเกลือ , สุกงูเสียหน้า	สีกร่อน	เป็นสนิม	รายละเอียดความเสียหาย	สภาพ	หมายเลขรูปอ้างอิง
1	พื้นสะพานคอนกรีต												
2	ระบบระบายน้ำ												
3	ทางเท้า												
4	ราวสะพาน												
5	คานคอนกรีตตามยาว												
6	ตอม่อตัมบริม												
7	คาน												
8	แผ่นรองคาน												
9	เสาตอม่อคอนกรีต												
10	คานยึด												
11	Slope protection												
12	อื่นๆ (ระบุ)												

ตัวอย่าง แบบฟอร์มที่ 4 แบบฟอร์มบันทึกความเสียหาย

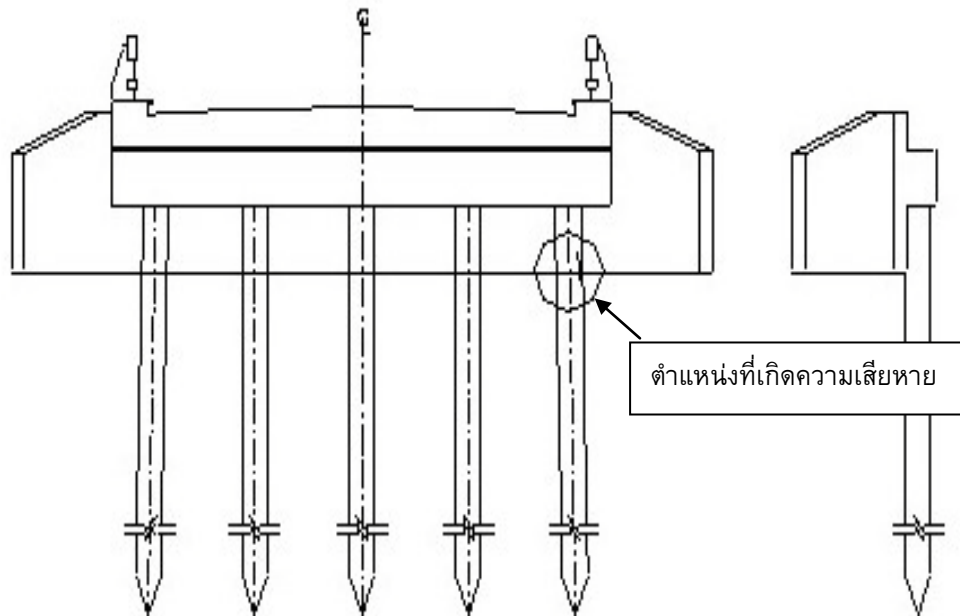
ชื่อสะพาน.....คลองใหญ่.....คลอง.....คลองใหญ่.....กม.....1+100.....ตำบล.....ทรายมูล.....อำเภอ.....องค์กรักษ์..... จังหวัด.....นครนายก.....													
ลำดับ	สะพาน	ตำแหน่ง	แตกร้าว	กระเทาะ	หลุดลอก	หลุดออกเป็นแผ่น	รพูน	คราบเกลือ , สุกเสียหาย	สึกกร่อน	เป็นสนิม	รายละเอียดความเสียหาย	สภาพ	หมายเลขรูปอ้างอิง
1	พื้นสะพานคอนกรีต	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	ระบบระบายน้ำ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	ทางเท้า	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	ราวสะพาน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	คานคอนกรีตตามยาว	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	ตอม่อตัมบริม (A1	1	-	-	-	-	-	-	-	เกิดรอยแตกร้าวขนาดใหญ่ กว้างมากกว่า 2.0 มม.	แย้	2.17
7	คาน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	แผ่นรองคาน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	เสาทอม่อคอนกรีต	P1/1	1	1	-	-	-	-	-	1	เกิดรอยแตกร้าวขนาดใหญ่ กว้างมากกว่า 2.0 มม. มีการกระเทาะลึกเกินกว่า 25 มม. และขนาดกระเทาะกว้างมากกว่า 150มม. เป็นสนิมเหล็กยื่น ขนาด DB 20(18) มม.ยาวประมาณ 30 ซม. และเหล็กปลอก ขนาด RB 9(6) มม.ยาวประมาณ 20 ซม.	แย้	2.18 2.19 2.20

ตัวอย่าง แบบฟอร์มที่ 4 แบบฟอร์มบันทึกความเสียหาย (ต่อ)

ชื่อสะพาน.....คลองใหญ่.....คลอง.....คลองใหญ่.....กม.....1+100.....ตำบล.....ทรายมูล.....อำเภอ.....องค์กรฯ..... จังหวัด.....นครนายก.....													
ลำดับ	สะพาน	ตำแหน่ง	แตกร้า	กระเทาะ	หลุดลอก	หลุดออกเป็นแผ่น	รูปทรง	คราบเกลือ , สุกุญเสียหาย	สีกร่อน	เป็นสนิม	รายละเอียดความเสียหาย	สภาพ	หมายเลขรูปอ้างอิง
		P1/2	1	1	-	-	-	-	-	1	เกิดรอยแตกร้าขนาดใหญ่ กว้างมากกว่า 2.0 มม. มีการกระเทาะลึกเกินกว่า 25 มม. และขนาดกระเทาะกว้างมากกว่า 150 มม. เป็นสนิมเหล็กยื่น ขนาด DB 20(17) มม.ยาวประมาณ 45 ซม.และเหล็ก ปลอก ขนาด RB 9(7) มม.ยาวประมาณ 40 ซม.	แย้	2.18 2.19 2.20
		P1/3	1	-	-	-	-	-	-	-	เกิดรอยแตกร้าขนาดใหญ่ กว้างมากกว่า 2.0 มม.	แย้	2.21
		P1/4	1	1	-	-	-	-	-	1	เกิดรอยแตกร้าขนาดใหญ่ กว้างมากกว่า 2.0 มม. มีการกระเทาะลึกเกินกว่า 25 มม. และขนาดกระเทาะกว้างมากกว่า 150มม. เป็นสนิมเหล็กยื่น ขนาด DB 20(17) มม.ยาวประมาณ 40 ซม.และเหล็ก ปลอก ขนาด RB 9(6) มม.ยาวประมาณ 20 ซม.	แย้	2.18 2.19 2.22
		P1/5	1	1	-	-	-	-	-	1	เกิดรอยแตกร้าขนาดใหญ่ กว้างมากกว่า 2.0 มม. มีการกระเทาะลึกเกินกว่า 25 มม. และขนาดกระเทาะกว้างมากกว่า150 มม. เป็นสนิมเหล็กยื่น ขนาด DB 20(18) มม.ยาวประมาณ 30 ซม.และเหล็ก ปลอก ขนาด RB 9(6) มม.ยาวประมาณ 20 ซม.	แย้	2.18 2.19 2.23
10	คานยึด	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-
11	Slope protection	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-
12	อื่นๆ (ระบุ)	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-

แบบฟอร์มที่ 5 แสดงตำแหน่งและรูปภาพความเสียหาย

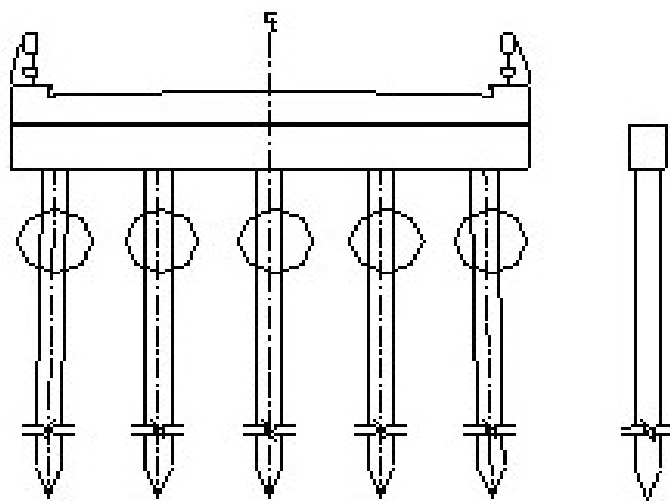
ตัวอย่าง แบบฟอร์มที่ 5 แสดงตำแหน่งและรูปภาพความเสียหาย



รูปที่ 2.15 แสดงตำแหน่งความเสียหายที่ ตอม่อดัดบรีม (A1)

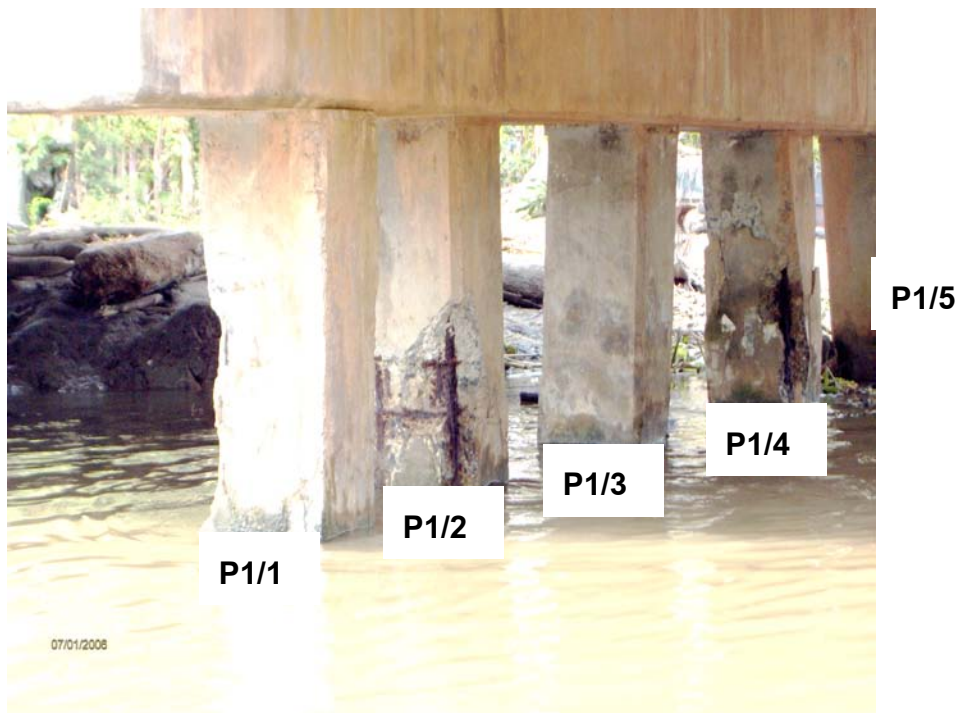


รูปที่ 2.16 แสดงภาพความเสียหาย



P1/1 P1/2 P1/3 P1/4 P1/5

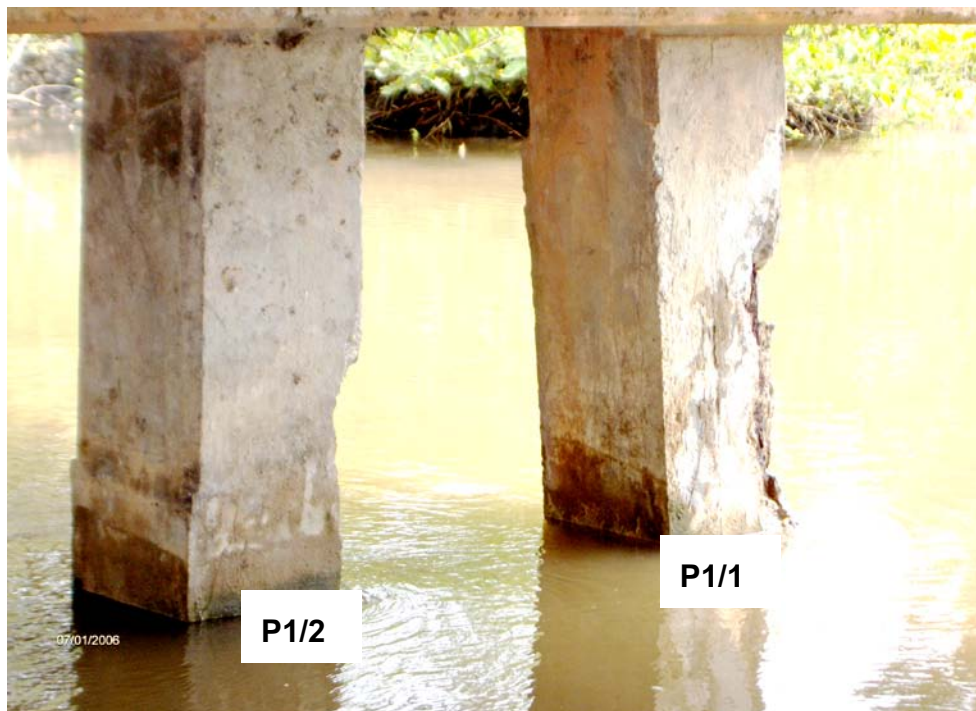
รูปที่ 2.17 แสดงตำแหน่งความเสียหายที่ P1/1-P1/5



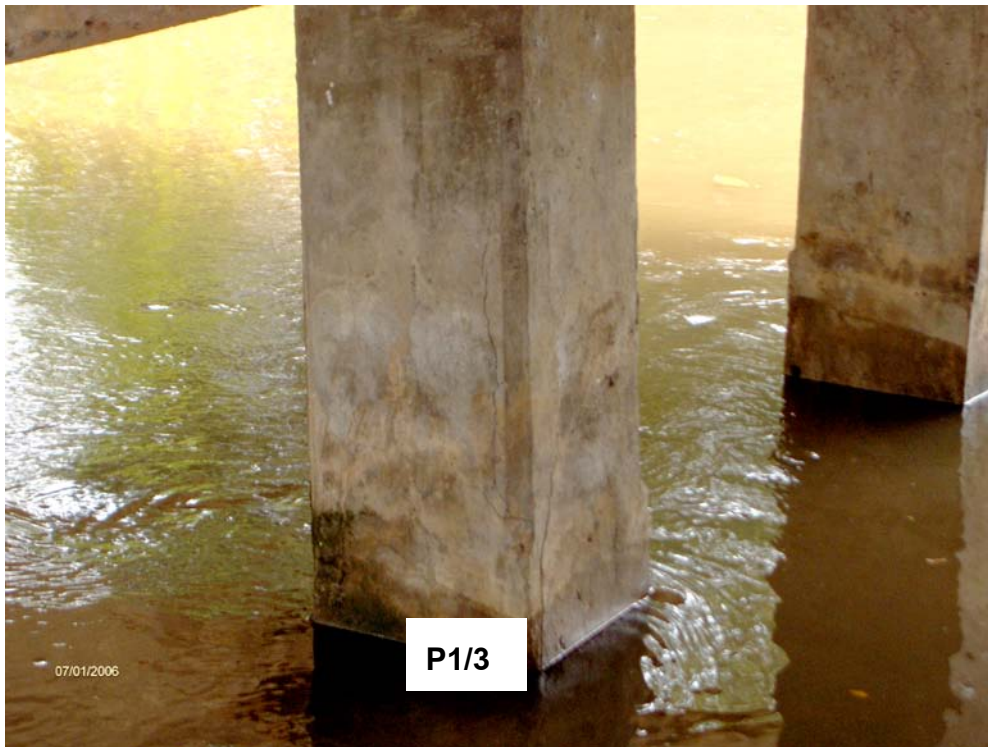
รูปที่ 2.18 แสดงภาพความเสียหายของเสาตอม่อ P1/1-P1/5



รูปที่ 2.19 แสดงภาพความเสียหายของเสาตอม่อ P1/1-P1/5



รูปที่ 2.20 ภาพแสดงความเสียหายของเสาตอม่อ P1/1 และ P1/2



รูปที่ 2.21 ภาพแสดงความเสียหายของเสาตอม่อ P1/3



รูปที่ 2.22 ภาพแสดงความเสียหายของเสาตอม่อ P1/4



รูปที่ 2.23 ภาพแสดงความเสียหายของเสาตอม่อ P1/5

3

ลักษณะและสาเหตุของความเสียหาย

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวครอบคลุมถึง ลักษณะความเสียหายของสะพานที่พบจากการสำรวจ รวมทั้งการสรุปถึงตำแหน่งหรือชิ้นส่วนต่างๆ ของโครงสร้างสะพาน ที่เกิดความเสียหายขึ้นบ่อยๆ ในส่วนสุดท้ายจะกล่าวถึงการพิจารณาสาเหตุที่ทำให้เกิดความเสียหายนั้นและทฤษฎีสันับสนุน

3.1 ลักษณะความเสียหาย

ลักษณะความเสียหายของสะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก เมื่อพิจารณาตาม AASHTO Manual for Bridge Maintenance (1976) และ Concrete in Practice (National Ready Mixed Concrete Association, 2004) สามารถทำการพิจารณาลักษณะความเสียหายที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างสะพานของกรมทางหลวงชนบท ที่มักจะพบโดยทั่วไปได้ดังนี้

1. การแตกร้าว (Crack)
2. การหลุดกะเทาะ (Spalling)
3. การหลุดลอก (Scalling)
4. การหลุดออกเป็นแผ่น (Delamination)
5. การเป็นรูพรุน (Honeycomb)
6. การเป็นคราบเกลือ การสูญเสียน้ำ (Efflorescence)
7. การสึกกร่อน (Erosion)
8. การเป็นสนิม (Corrosion)

แตกร้าว (Cracking) รอยแตกอาจเกิดขึ้นเพียงส่วนหนึ่งหรือทั้งหมดของแต่ละชิ้นส่วนคอนกรีต ขนาดของรอยแตกอาจถูกแยกแยะออกเป็น รอยแตกขนาดเท่าเส้นผม รอยแตกขนาดกลาง หรือรอยแตกขนาดใหญ่ รอยแตกขนาดเท่าเส้นผมจะเป็นรอยแตกที่ไม่สามารถวัดขนาดได้ด้วยอุปกรณ์ธรรมดา รอยแตกเหล่านี้เป็นสิ่งที่สำคัญมากและควรที่จะได้รับการตรวจสอบและบันทึกไว้ในบันทึกการตรวจสอบ (Raina, 1994)

ในพื้นที่สะพานที่เป็นคอนกรีต รอยแตกจากอุณหภูมิและการหดตัวสามารถเกิดขึ้นได้ทั้งในแนวขวาง (Transverse) และแนวยาว (Longitudinal) สำหรับในตอม่อตบิริม รอยแตกเหล่านี้จะอยู่ในแนวตั้ง ส่วนในคานคอนกรีตรอยแตกเหล่านี้จะเกิดขึ้นในแนวตั้งหรือแนวขวางบนตัวชิ้นส่วนนั้น (ASSTHO, 1976; Emmons, 1993; กรมทางหลวง 2549) ตัวอย่างลักษณะของการแตกร้าวของคอนกรีตแสดงไว้ในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงพื้นผิวสะพาน และตอม่อที่แตกร้าวเสียหาย

1. **หลุดกะเทาะ (Spalling)** คือการยุบตัวหรือหลุดออกของคอนกรีตเป็นรูปคล้ายวงกลมหรือวงรี มีสาเหตุมาจากการแยกตัวหรือการถูกเคลื่อนย้ายของส่วนใดส่วนหนึ่งของคอนกรีตที่ผิวหน้า ทำให้เห็นรอยแตกที่ค่อนข้างจะขนานกับผิวคอนกรีต มีสาเหตุ ส่วนใหญ่มาจากการที่เหล็กเสริมเป็นสนิมจนดันคอนกรีตแตกกะเทาะออก และการเกิดแรงเสียดทานจากการขยายตัวเนื่องจากความร้อน การหลุดกะเทาะสามารถแบ่งออกตามขนาดได้คือ การหลุด กะเทาะขนาดเล็กจะมีความลึกน้อยกว่า 2.5 มม. หรือเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 15 มม. หากมีขนาดใหญ่ขึ้นคือมีความลึกมากกว่า 2.5 มม. หรือเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 15 มม. ถือว่าเป็นการหลุดกะเทาะขนาดใหญ่ เมื่อทำการตรวจสอบเกี่ยวกับการหลุด กะเทาะ ผู้ตรวจสอบจะต้องระบุตำแหน่งของรอย กะเทาะ ขนาดของพื้นที่และความลึกของการกะเทาะ ตัวอย่างลักษณะของการหลุด กะเทาะ (AASHTO, 1976; Raina, 1994) แสดงไว้ในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงรอยชำรุดเนื่องจากเกิดการหลุดกะเทาะ

2. **หลุดลอก (Scaling)** หรือการหลุดลอกของผิวหน้า เป็นการเกิดความเสียหายในลักษณะที่มีการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้าและมวลรวมคอนกรีตในบริเวณหนึ่ง ๆ อย่างต่อเนื่องและเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ (Gradual and Continuing) จะสามารถบอกปริมาณการเสียหายประเภทนี้ โดยการวัดขนาดพื้นที่และความลึกของการหลุด ลอก รวมทั้งความชัดเจนในการมองเห็นมวลรวม AASHTO Manual for Bridge Maintenance (1976) ได้แบ่งระดับความเสียหายนี้ออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

1. ขนาดเบา มีการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า จนถึงความลึก 6 มม. และสามารถมองเห็นมวลรวมหยาบได้
2. ขนาดกลาง มีการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า ตั้งแต่ความลึก 6 มม. จนถึง 12 มม. และมีการสูญเสียเนื้อปูนระหว่างมวลรวม
3. ขนาดรุนแรง มีการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า ตั้งแต่ความลึก 12 มม. จนถึง 25 มม. และสามารถมองเห็นมวลรวมหยาบได้ชัดเจนมาก
4. ขนาดรุนแรงมาก มีการสูญเสียส่วนของมวลรวมหยาบ พร้อมกับการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า รวมถึงเนื้อปูนที่อยู่รอบๆมวลรวมหยาบ มีความลึกมากกว่า 25 มม.ขึ้นไป และเหล็กเสริมในคอนกรีตโผล่ออกมาให้เห็น

ในการรายงานผลการตรวจสอบการหลุดลอกนี้ ผู้ตรวจสอบควรต้องระบุตำแหน่งของการชำรุดขนาดของพื้นที่ที่ชำรุดและความลึกของการชำรุดนี้ ตัวอย่างลักษณะของการหลุดลอก แสดงไว้ในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แสดงการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้าและมวลรวมคอนกรีตเนื่องจากการหลุดลอก

4. หลุดออกเป็นแผ่น (Delamination) เป็นลักษณะการหลุดแยกออกของชั้นต่างๆของคอนกรีตที่ผิวนอกสุดหรือส่วนที่อยู่ใกล้ผิวนอกสุดของชั้นเหล็กเสริม สาเหตุหลักของการหลุดชนิดนี้คือการขยายตัวของเหล็กเสริมที่เป็นสนิม เนื่องมาจากการแทรกซึมของสารจำพวก เกลือคลอไรด์ สนิมที่เกิดขึ้นจะเข้าไปครอบคลุมและมีปริมาณมากถึง 10 เท่าของปริมาตรเหล็กเสริม พื้นที่ที่เกิดการหลุดออกของคอนกรีตนี้ จะเป็นโพรงข้างใต้ผิวคอนกรีต โดยสังเกตได้จากการฟังเสียงเมื่อใช้ค้อนเคาะ และเมื่อพื้นที่ส่วนดังกล่าวได้หลุดออกจากชิ้นส่วนอย่างถาวร จึงเรียกได้ว่าเป็นการหลุดออกเป็นแผ่น เมื่อทำการตรวจสอบถึงความเสียหายนี้ ควรที่จะต้องระบุตำแหน่งและขนาดของพื้นที่ที่เกิดการชำรุด (Raina, 1994; NRCA, 1998; การทางพิเศษแห่งประเทศไทย) ตัวอย่างลักษณะของการหลุดออกเป็นแผ่น แสดงไว้ในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แสดงความเสียหายที่เกิดจากการหลุดออกเป็นแผ่น

5. **รูพรุน (Honeycomb)** เป็นการเกิดรูพรุนและช่องว่างบนเนื้อคอนกรีตที่มีลักษณะคล้ายรวงผึ้ง มีสาเหตุมาจากการจี้ หรือการเขย่า คอนกรีตไม่เหมาะสมระหว่างการก่อสร้าง หรือการรั่วซึมของน้ำปูน อันเป็นผลให้เกิดการแยกตัวของมวลรวมหยาบออกจากมวลรวมละเอียดและซีเมนต์ (Emmons, 1993; Raina, 1994) ตัวอย่างลักษณะของการเกิดรูพรุน แสดงไว้ในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงการเกิดรูพรุนและช่องว่างบนเนื้อคอนกรีต

6. **คราบเกลือ และสูญเสียน้ำ (Efflorescence)** หรือการเกิดขี้เกลือ คือ การเกิดคราบสีขาวบนคอนกรีต มีสาเหตุมาจากการตกผลึกของสารละลายประเภทเกลือ แคลเซียมคลอไรด์ (Calcium Chloride) ซึ่งออกมาสู่ผิวคอนกรีตได้โดยผ่านการดูดซับและการไหลเวียนของความชื้นในคอนกรีต การเกิดคราบเกลือนี้เป็นตัวบ่งชี้ว่าคอนกรีตนั้นได้ถูกปนเปื้อนแล้ว (Contaminated) ตัวอย่างลักษณะของการเกิดคราบเกลือ (Emmons, 1993; Raina, 1994) แสดงไว้ในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงการเกิดคราบเกลือบนเนื้อคอนกรีต

7. สึกกร่อน (Erosion) การสึกกร่อนเป็นผลมาจากการที่แรงภายนอกได้กระทำต่อผิวของชิ้นส่วนที่เป็นคอนกรีต การกัดเซาะของกระแสน้ำที่มีกรวดทรายและโคลนตมอยู่มาก หรือการแตกตัวของฟองอากาศ ซึ่งกระทบบนผิวคอนกรีต ก็สามารถทำให้คอนกรีตเกิดการสึกกร่อนได้ โดยเฉพาะที่บริเวณตอม่อ คานยึดและเสาเข็ม เช่นเดียวกับคอนกรีตที่อยู่ในบริเวณที่มีคลื่นมาก ก็อาจเกิดการสึกกร่อนได้โดยการถูกกระทบจากทรายและโคลนที่อยู่ในน้ำ ตัวอย่างลักษณะของการเกิดการสึกกร่อน (Emmons, 1993; Raina, 1994) แสดงไว้ในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แสดงการเกิดการสึกกร่อนต่อผิวของชิ้นส่วน

8. เป็นสนิม (Corrosion) การเกิดสนิมในเหล็กเสริมเป็นผลสืบเนื่องมาจาก ผลทางเคมีของคอนกรีต เหล็กเสริมซึ่งฝังอยู่ในเนื้อคอนกรีตจะถูกปกป้องมิให้เกิดสนิมในสภาวะแวดล้อมที่มีความเป็นด่างสูง จะมีชั้นเยื่อบาง ๆ อยู่ที่ผิวของเหล็กเสริมเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดสนิม การป้องกันของคอนกรีตวิธีนี้จะหมดไปเมื่อมีการแทรกซึมของสารพวกคลอไรด์ ซึ่งทำให้น้ำและออกซิเจนสามารถซึมผ่านเข้าไป สร้างความเสียหายต่อเหล็กเสริม โดยการสร้างไอออนออกไซด์หรือสนิมขึ้น ไอออนของคลอไรด์ที่เกิดขึ้นในคอนกรีตนี้จะเข้าสู่เหล็กเสริมโดยแพร่กระจายซึมเข้าคอนกรีตหรือเข้าตามรอยแตกในคอนกรีต ตัวอย่างลักษณะของการเกิดการสึกกร่อน (Emmons, 1993; Raina, 1994; Emmons, 2007) แสดงไว้ในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แสดงการเกิดสนิมในเหล็กเสริม

3.2 การแบ่งกลุ่มของลักษณะความเสียหาย

AASHTO Manual for Bridge Maintenance (1976) ได้แนะนำลักษณะความเสียหายหลัก ที่มีผลต่อความปลอดภัยของโครงสร้างสะพานไว้ 3 กลุ่ม คือ

- กลุ่มที่ 1 กลุ่มความเสียหายจากการแตกร้าว
- กลุ่มที่ 2 กลุ่มความเสียหายจากการหลุดกะเทาะ
- กลุ่มที่ 3 กลุ่มความเสียหายจากการหลุดลอก

ดังนั้น จึงได้จัดกลุ่มของลักษณะความเสียหายทั้ง 8 ไว้เป็น 3 กลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงการแบ่งกลุ่มลักษณะความเสียหายจากทั้ง 8 ลักษณะ เป็น 3 กลุ่ม

1. กลุ่มความเสียหายจากการแตกร้าว	2. กลุ่มความเสียหายจากการหลุดกะเทาะ	3. กลุ่มความเสียหายจากการหลุดลอก
- แตกร้าว	- หลุดกะเทาะ	- หลุดลอก
- เป็นสนิม	- หลุดล่อนเป็นแผ่น	- สีกร่อน
	- เป็นรูพรุน	- การเป็นคราบเกลือ
	- เป็นสนิม	

หมายเหตุ การเป็นสนิมมักจะเกิดคู่กับการแตกร้าวและหลุดกะเทาะ

3.3 โอกาสของการเกิดความเสียหายในชิ้นส่วนต่าง ๆ ของสะพาน

เมื่อพิจารณาโอกาสในการเกิดความเสียหายในแต่ละกลุ่มของชิ้นส่วนโครงสร้าง ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

- 1) กลุ่มของโครงสร้างพื้นสะพาน ประกอบไปด้วยชิ้นส่วนพื้นสะพาน ราวสะพาน และทางเท้า
- 2) กลุ่มของชิ้นส่วนคานคอนกรีต ประกอบไปด้วยคานคอนกรีตตามขวาง คานคอนกรีตตามยาว คานรัด
- 3) กลุ่มของโครงสร้างตอม่อ ประกอบไปด้วยเสาตอม่อตบกลาง และตอม่อตบริม

ในคู่มือนี้ได้สรุปโอกาสในการเกิดความเสียหายที่แต่ละชั้นส่วนของสะพาน ดังแสดงในตารางที่ 3.2 และสรุปตำแหน่งที่มักเกิดความเสียหายใน แต่ละส่วนของสะพาน ซึ่งเป็นข้อแนะนำ ที่ผู้ทำการตรวจสอบควรให้ความสำคัญ และเพิ่มความละเอียดรอบคอบเป็นพิเศษ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.2 แสดงโอกาสในการเกิดความเสียหายที่ชั้นส่วนของสะพาน

กลุ่มของชั้นส่วนโครงสร้าง	โอกาสการเกิดความเสียหายลักษณะต่างๆ			
	แตกร้าว	หลุดกะเทาะ	หลุดลอก	เป็นสนิม
กลุ่มพื้นสะพาน	/	/	/	/
กลุ่มคานคอนกรีต	/	/	/	/
กลุ่มตอม่อ และ ตอม่อตับริม	/	/	/	/

ตารางที่ 3.3 แสดงตำแหน่งที่มักเกิดความเสียหายในแต่ละส่วนของสะพาน

	พื้น	คาน	ตอม่อ
แตกร้าว (Crack)	● พื้นบนทั่วไป	● กลางคาน	● ทั่วไป มีรอยแตกในแนวตั้ง และบางส่วนในแนวราบ
หลุดกะเทาะ (Spalling)	● พื้นบนบริเวณใกล้รอยต่อ ● พื้นล่างบริเวณใกล้ที่วางกับคานรับ	● ส่วนล่าง ● ด้านข้างของคานที่วางริมนอก	● ทั่วไป พบพร้อมสนิมในเหล็ก
หลุดลอก (Scaling)	● เกิดมากที่พื้นบน ● พื้นล่างที่มีความชื้นสูง	● ท้องคาน ● บริเวณที่สัมผัสกับผิวน้ำ	● บริเวณที่อยู่กับผิวน้ำ ● บริเวณที่สัมผัสกับผิวน้ำ

* ในแผนผังรองรับยังไม่พบความเสียหาย

3.4 สาเหตุของความเสียหาย

สาเหตุของความเสียหายของสะพานในโครงข่ายทางหลวงชนบทที่เกิดจากการเสื่อมสภาพของคอนกรีต สามารถแยกเป็นกลุ่มตามลักษณะความเสียหาย คือ

1) น้ำในส่วนผสมของคอนกรีตมากเกินไป

ในกระบวนการทำงานก่อสร้าง บ่อยครั้งที่เกิดความผิดพลาดจากการใช้ส่วนผสมของคอนกรีต (Mix Design) ที่ไม่ได้สัดส่วนตามข้อกำหนดของกรมทางหลวงชนบท โดยเฉพาะการใช้น้ำในส่วนผสมมากเกินไป เพื่อให้สามารถทำการเทคอนกรีตได้ง่ายและสะดวก ผลที่ตามมาคือทำให้คอนกรีตเกิดการคืบ (Creep) ได้มากขึ้น ความทึบน้ำน้อยลง และยังทำให้ความต้านทานต่อการสึกกร่อนและการหลุดลอกน้อยลงไปด้วย โดยเฉพาะบริเวณผิวพื้นสะพานที่มีรถยนต์วิ่งทำให้เกิดการขัดสีของล้อกับพื้นและบริเวณส่วนของโครงสร้างที่สัมผัสกระแสน้ำ เช่น คานและตอม่อ

2) การออกแบบก่อสร้าง (Faulty Design)

การออกแบบคอนกรีตที่มีพื้นฐานความคิดมาจาก การพิจารณากำลังคอนกรีตที่อายุ 28 วัน มีจุดด้อยตรงที่ไม่ได้คำนึงถึงการเสื่อมสภาพของคอนกรีตไปตามอายุการใช้งาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาวะแวดล้อมที่รุนแรง จึงนำมาสู่แนวคิดการออกแบบใหม่โดยคำนึงถึงความคงทนของคอนกรีตด้วย อย่างไรก็ตามก่อนที่จะสามารถออกแบบโดยแนวคิดใหม่นี้ได้ จำเป็นต้องมีความเข้าใจถึงการเสื่อมสภาพของคอนกรีตที่เกิดจากความคลาดเคลื่อนในการออกแบบดังนี้

เหล็กเสริมมากเกินไป

การออกแบบโดยเฉพาะอย่างยิ่ง การให้รายละเอียดของเหล็กเสริมและการควบคุมการก่อสร้างก็มีผลต่ออายุของโครงสร้างเช่นเดียวกัน การให้รายละเอียดของเหล็กเสริมที่ไม่ดี หรือแน่นเกินไปโดยไม่คำนึงถึงความเป็นไปได้ในการเทคอนกรีต ทำให้ทำงานได้ยากอาจทำให้การเทคอนกรีตไม่เต็มแบบ การแน่นตัวของคอนกรีตจะถูกเหล็กเสริมขัดขวางทำให้เกิดการหดตัวไม่เท่ากันจนทำให้เกิดการแตกร้าวได้ จนเป็นสาเหตุให้น้ำและอากาศซึมผ่านเนื้อคอนกรีตเข้าถึงเหล็กได้ง่ายขึ้น ซึ่งนำไปสู่ปัญหาโครงสร้างคอนกรีตมีอายุการใช้งานสั้นลงกว่าที่ควรจะเป็น

ระยะหุ้มเหล็กเสริมน้อยเกินไป

การให้รายละเอียดของเหล็กเสริม ที่มีระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กไม่เพียงพอ เช่น การให้ระยะหุ้มเหล็ก 25 มม. สำหรับพื้นและ 50 มม. สำหรับตอม่อที่อยู่ในสภาวะแวดล้อมที่รุนแรงสำหรับคอนกรีต การซึมของอากาศและสารละลายของเกลือหรือสารเคมีซึมเข้าถึงเหล็กเสริม จนเกิดเป็นสนิมตันคอนกรีตแตกร้าว กระทั่งเกิดการหลุดกะเทาะออกได้ง่าย นอกจากนี้ยังพบเสมอว่ามีการใช้ระยะหุ้มเหล็กเสริม 25 มม. ในส่วนโครงสร้างของตอม่อ และตอม่อดัดบรีม ด้วยเป็นจำนวนมาก

แผ่นรองคานบางรับน้ำหนักไม่ได้

การแตกร้าวและกะเทาะออกที่ด้านล่างของพื้นสะพานที่วางบนคานหรือแท่นรองคานและตอม่อดัดบรีม เกิดจากแผ่นรองคานบางเกินไปไม่สามารถรับน้ำหนักที่เกิดจากการกระแทกของรถที่วิ่งผ่านสะพานได้ จึงเกิดการกระแทกกันระหว่างชิ้นส่วนโครงสร้างทั้งสอง จนเกิดการกะเทาะในบริเวณใกล้จุดรองรับ

ความแตกต่างของอุณหภูมิในคอนกรีต

พบบริเวณพื้นบนสะพานซึ่งถูกแสงแดดกระทำที่ผิวคอนกรีต ทำให้ผิวคอนกรีตบริเวณนั้นมีความร้อนสูงกว่าคอนกรีตที่อยู่ลึกลงไปหรือเนื้อคอนกรีตที่พื้นสะพานด้านล่าง ส่งผลให้คอนกรีตทั้งสองส่วนขยายตัวไม่เท่ากันจึงเกิดการแตกร้าวบริเวณใต้ผิวด้านบน กระทั่งเกิดการหลุดออกเป็นแผ่นที่บริเวณผิวสะพาน

3) ความผิดพลาดจากการก่อสร้าง

ในระหว่างทำการก่อสร้างสะพาน การควบคุมงานที่ไม่ดีจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดการเสื่อมสภาพในคอนกรีตได้จากหลายสาเหตุคือ

กะเปาะฟองอากาศใต้หิน (Rock Pocket)

การกระจุกตัวของมวลรวมทำให้เกิดกะเปาะหรือโพรงอากาศใต้หิน หรือเกิดจากการขยายคอนกรีตที่ไม่เหมาะสม นอกจากนี้ยังเป็นที่สะสมความชื้นหรือน้ำ เมื่อเกิดใกล้เหล็กเสริมจะเป็นสาเหตุของการเกิดสนิมเหล็กได้ง่าย

รังผึ้ง

เกิดจากการควบคุมคุณภาพการเทคอนกรีตที่ไม่ดี สาเหตุส่วนใหญ่มาจากการจี้หรือการขยายคอนกรีตไม่เหมาะสมระหว่างการก่อสร้าง อันเป็นผลให้เกิดการแยกตัวของมวลรวมหยาบออกจากมวลรวมละเอียดและซีเมนต์ หรือเกิดจากการรั่วของแบบหล่อทำให้น้ำปูนรั่วซึมออกไป

การหลุดตัวไม่เท่ากัน

ส่วนใหญ่เกิดขึ้นระหว่างการหล่อคอนกรีต เกิดจากการยึดแบบไม่แน่นหรือค้ำยันไม่ดี เช่น การทำค้ำยันแบบโดยตรงกับพื้นดินที่เปียกชื้น เมื่อทำการหล่อคอนกรีต แบบหล่อจะรับน้ำหนักและค่อย ๆ เกิดการหลุดตัวแตกต่างกัน ทำให้เกิดการแตกร้าวได้

การขยาย

ในขณะที่ทำการเทคอนกรีต การขยายคอนกรีตเป็นการทำให้คอนกรีตเกิดการแน่นตัวมากขึ้น แต่การขยายคอนกรีตที่มากเกินไปในขณะที่ทำงาน จะทำให้มวลรวมหยาบจมลง ขณะที่ส่วนละเอียดและส่วนเสี้ยวของคอนกรีตลอยขึ้นมาอยู่ที่ผิวหน้า เกิดการสึกกร่อนและหลุดลอกได้ง่าย

การบ่ม

การบ่มคอนกรีตเป็นการควบคุมคุณภาพของคอนกรีตให้ได้ตามคุณภาพที่ออกแบบไว้ ทั้งยังทำให้ปฏิกิริยาไฮเดรชันของซีเมนต์กับน้ำซึ่งส่งผลต่อการรับแรงของคอนกรีตมีความสมบูรณ์ ในการควบคุมงานก่อสร้างวิศวกรที่ควบคุมงานมักละเอียดต่อขั้นตอนนี้ จะดูแลให้มีการบ่มเฉพาะ 2-3 วันแรกเท่านั้น ความไม่มีประสิทธิภาพหรือการบ่มคอนกรีตที่ไม่เพียงพอจึงเป็นการลดคุณภาพของคอนกรีตและเป็นการลดอายุการใช้งานของคอนกรีตด้วย

การก่อสร้างไม่เป็นไปตามข้อกำหนด

ในระหว่างการก่อสร้างบ่อยครั้งที่พบว่ามี การก่อสร้างไม่เป็นไปตามข้อกำหนดทำให้เกิดความเสียหายในระหว่างการใช้งานของสะพานได้ง่ายขึ้น เช่น การหล่อเสาตอม่อในแต่ละช่วงเยื้องศูนย์กลางกัน และไม่ได้ตั้งทำให้เกิดการกระทบกันในขณะที่รถวิ่งผ่าน จนเกิดการกระแทกออก หรือการวางเหล็กผิดตำแหน่งทำให้ระยะหุ้มเหลือน้อยเกินไปหรือไม่หุ้มคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริมเลย

4) การกัดกร่อนโดยซัลเฟต (Sulfate Deterioration)

เกลือซัลเฟต (SO_4^{2-}) ที่อยู่ในรูปของสารละลายสามารถทำอันตรายต่อซีเมนต์เพสต์ในคอนกรีตได้ ตัวอย่างของเกลือซัลเฟตที่พบมากในธรรมชาติและเป็นอันตรายต่อคอนกรีต คือ โซเดียมซัลเฟต ($NaSO_4$) แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4$) และ แคลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4$) เป็นต้น (Wood, 1968; Emmons, 1993; Neville & Brooks, 1994; Raina, 1994)

เกลือซัลเฟตมีมากอยู่ในน้ำทะเล น้ำกร่อย ในดินบริเวณริมทะเล หรือ ในดินทั่วไปเกลือซัลเฟตชนิดที่พบบ่อยที่สุดมักจะเป็นเกลือโซเดียมซัลเฟต รองลงมาก็คือ แมกนีเซียมซัลเฟต เกลือซัลเฟตยังมักจะพบอยู่ในน้ำเสียจากบ้านเรือน หรือจากแหล่งน้ำพุร้อนธรรมชาติด้วย

5) ปฏิกริยาระหว่างต่างกับมวลรวม (Alkali – Aggregate Reaction)

ปฏิกริยาระหว่างอัลคาไลกับมวลรวมเป็นสาเหตุหนึ่งซึ่งทำให้เกิดการขยายตัวและแตกร้าวในคอนกรีต โดยทั่วไปอัลคาไลในคอนกรีตจะเป็นไฮดรอกไซด์ไอออนของธาตุกลุ่มอัลคาไลซึ่งจะได้มาจากปฏิกริยาไฮเดรชันของคอนกรีต เช่น ธาตุโซเดียม (Na) ธาตุโปตัสเซียม (K) ธาตุแคลเซียม (Ca) โดยทั่วไปแล้วปฏิกริยาระหว่างอัลคาไลกับมวลรวมมีหลายชนิดแต่ส่วนใหญ่เกิดจากธาตุซิลิกาซึ่งพบมากในมวลรวมที่ผสมในคอนกรีต ธาตุซิลิกาประเภท Reactive ในมวลรวม จะทำปฏิกริยากับธาตุกลุ่มอัลคาไล ในซีเมนต์เพสต์ และน้ำก่อให้เกิดอัลคาไลซิลิกาเจล (Alkali Silica Gel) ซึ่งจะขยายตัวทำให้คอนกรีตรอบมวลรวมแตกร้าว ซึ่งในปัจจุบันมีการใช้ ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ที่มีส่วนผสมของซิลิกาต่ำในงานก่อสร้างสะพานเพื่อลดปัญหาดังกล่าว (Wood, 1968; Emmons, 1993; Raina, 1994)

6) การขีดสีและการกัดเซาะ

ผิวคอนกรีตจะสึกกร่อนจากการขีดสี (Abrasion) ในหลายลักษณะเช่น การเลื่อนไถล (Sliding) การขีดถู ขีด ขูด ครูด (Scraping) การกระทบกระแทกแบบเฉียด (Percussion) โดยการขีดสีถูกจะถ่ายทอดจากล้อยางรถยนต์ไปสู่ผิวถนนจากการเร่งความเร็ว ชะลอความเร็วหรือห้ามล้อ บริเวณที่พบ คือ พื้นผิวของสะพาน

การชะล้างด้วยกระแสน้ำและกรวดทราย (Erosion) เป็นการสึกกร่อนของผิวคอนกรีตที่เกิดขึ้นจากกระแสน้ำที่ไหลผ่าน หรือเม็ดกรวดทรายที่ถูกพัดพา มากับกระแสน้ำ อัตราการสึกกร่อนของผิวคอนกรีตจะมีความรุนแรง ถ้ากระแสน้ำมีความเร็วสูง รูปร่างของกรวดทรายมีเหลี่ยมคม มีขนาดใหญ่ มีความแข็งมาก และมีน้ำหนักมากตัวอย่างของโครงสร้างที่มักเกิดปัญหาการชะล้างด้วยกระแสน้ำและกรวดทราย และบริเวณที่พบ คือ พื้นผิวของตอม่อที่ติดกับกระแสน้ำ

7) การแตกตัวของฟองอากาศ

การแตกตัวของฟองอากาศในน้ำ (Cavitations) หรือการระเบิดของฟองอากาศที่อยู่ในน้ำ ซึ่งจะมีความถี่สูง ฟองอากาศเหล่านี้จะเกิดขึ้นจากการไหลของกระแสน้ำที่มีความเร็วสูง เป็นการทำให้เกิดการสึกกร่อนของผิวคอนกรีต ลักษณะของการสึกกร่อนก็เป็นลักษณะของการเกิดหลุมบ่อที่มีขนาดเล็กบนพื้นผิวของคอนกรีต และถ้ารุนแรงก็สามารถที่จะทำให้มวลรวมหลุดออกจากพื้นผิวคอนกรีตได้ บริเวณที่พบ คือ พื้นผิวของตอม่อและคานที่โดนน้ำพัด

8) การกัดกร่อนจากสนิมเหล็ก

โดยปกติแล้วเหล็กเสริมที่อยู่ในคอนกรีตจะถูกปกป้องไม่ให้เกิดสนิมด้วยความเป็นด่าง (pH) สูงของคอนกรีต ทั้งนี้เนื่องจากในสภาวะของความเป็นด่างที่สูง เหล็กจะไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาอะโนดิก (Anodic) ได้ นั่นคือเหล็กจะไม่เกิดการแตกตัวออกเป็นไอออนของเหล็ก (Fe^{2+}) และอิเล็กตรอน ($2e^-$) ได้เลย ความเป็นด่างในคอนกรีต (pH) โดยปกติมักจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ 12.5 จนถึง 13.5 ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ผสม และส่วนผสมของคอนกรีต คุณภาพของคอนกรีต และหุ้มของเหล็กเสริมก็เป็นปัจจัยสำคัญของการควบคุมการเป็นสนิมของเหล็กเสริมด้วย

เหล็กเสริมในคอนกรีตจะเป็นสนิมได้ ก็ต่อเมื่อเงื่อนไขทั้ง 3 ประการดังต่อไปนี้เกิดขึ้น

1. ความเป็นด่างในคอนกรีตลดลงจนปฏิกิริยาอะโนดิก สามารถเกิดขึ้นได้ ซึ่งความเป็นด่างในระดับที่จะทำให้ปฏิกิริยาอะโนดิกเกิดได้นั้น จะมีค่าของ pH ต่ำกว่าระดับ 9 หรือ 10 ซึ่งเรียกว่าระดับวิกฤต (Critical Level) ของความเป็นด่างสำหรับคอนกรีต ความเป็นด่างในคอนกรีตลดลงได้ด้วยหลายสาเหตุ เช่น การเกิดคาร์บอนเนชัน (Carbonation) การซึมผ่านของคลอไรด์เข้าไปในคอนกรีต หรือแม้แต่การชะล้างของน้ำฝนในกรณีที่คอนกรีตมีความพรุนมาก
2. ความชื้นเพียงพอที่จะทำให้ ไอออนของเหล็ก (Fe^{2+}) เข้าสู่สภาวะสารละลาย และพอเพียงพอที่จะทำให้ปฏิกิริยาในการเกิดสนิม ซึ่งโดยปกติความชื้นมักจะมีเพียงพอในบริเวณคอนกรีตที่หุ้มรอบๆ เหล็กเสริมอยู่แล้ว
3. ปริมาณออกซิเจนเพียงพอในการทำปฏิกิริยาเพื่อการเกิดสนิม ปกติแล้วออกซิเจนจะแพร่เข้าสู่คอนกรีตบริเวณเหล็กเสริมโดยผ่านทางช่องว่างที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Unsaturated Pores) นั่นคือแพร่ผ่านอากาศในช่องว่างแต่การแพร่ของออกซิเจนผ่านทางช่องว่างที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Saturated Pores) จะเป็นไปได้ยาก เนื่องจากออกซิเจนจะละลายน้ำได้น้อยมาก ดังนั้น คอนกรีตที่อิ่มตัวด้วยน้ำอยู่ตลอดเวลาจะไม่เกิดสนิมในเหล็ก

สาเหตุหลักที่ทำให้โครงสร้างคอนกรีตสูญเสียกำลังรับแรงจากการเกิดสนิมของเหล็กเสริมมีอยู่ 2 ประการคือ

1. ขนาดของเหล็กบริเวณที่เกิดปฏิกิริยาอะโนดิก จะเล็กลงเนื่องจากเนื้อเหล็กบางส่วนกลายเป็นสารละลาย (Fe^{2+}) และเสียอิเล็กตรอน (e^-) ทำให้พื้นที่หน้าตัดในการรับแรงในบริเวณดังกล่าวลดลงตามขนาดของเหล็กที่ลดขนาดลง
2. การเกิดสนิมจะทำให้เกิดแรงดันต่อคอนกรีตบริเวณรอบๆ เหล็กสนิม เนื่องจากสนิมเหล็กจะมีปริมาตรมากกว่าเหล็กเดิมที่สลายตัวเข้าไปสู่สารละลาย ในบางกรณีสนิมเหล็กอาจมีปริมาตรมากกว่า 6 เท่าของเหล็กเดิม จะทำให้คอนกรีตหุ้มเหล็กเสริมแตกร้าตามแนวเหล็กเสริมได้ (Splitting Crack)

ดังนั้นผลกระทบโดยรวมจากสาเหตุข้างต้นนี้คือ กำลังรับแรงของโครงสร้างลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความต้านทานความล้า (Fatigue) ความสามารถในการยืดหดตัว (Elongation Ability) ความยืดหยุ่น (Stiffness) การเกิดรอยแตกร้าวยังเป็นการเร่งให้น้ำและออกซิเจน ซึมเข้าไปถึงบริเวณเหล็กเสริมได้เร็วและมากยิ่งขึ้น เป็นการเร่งการเกิดสนิมของเหล็กเสริมให้เร็วและรุนแรงยิ่งขึ้นด้วย สาเหตุที่เกิดสนิมในเหล็กเสริมที่พบจากความเสียหายของสะพานในความรับผิดชอบของกรมทางหลวงชนบท มี 2 สาเหตุหลักคือ

ก. การเกิดสนิมของเหล็กเสริมโดยคลอไรด์ (Steel Corrosion due to Chloride)

คลอไรด์เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการกัดกร่อนของเหล็กเสริมได้โดยอิออนของคลอไรด์ (Chloride Ions) เป็นตัวการที่ทำให้ความเป็นต่างของคอนกรีตที่ป้องกันเหล็กเสริมไม่ให้เกิดสนิมลดลงและหลังจากถึงจุดวิกฤตแล้ว ถ้ามีน้ำและออกซิเจนเพียงพอก็จะทำให้เกิดสนิมได้

คลอไรด์อาจมีอยู่ในคอนกรีต เช่น มีอยู่ในน้ำที่ผสมคอนกรีต หิน ทราย หรือน้ำยาผสมคอนกรีตบางชนิด เช่น แคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ที่มีอยู่ในสารเร่งก่อตัว อย่างไรก็ตามได้มีการกำหนดมาตรฐานไว้สำหรับปริมาณคลอไรด์ที่ยอมรับได้ในคอนกรีตสด (วสท.1014-40) คือไม่เกินร้อยละ 0.08 ของน้ำหนักซีเมนต์ แต่ปัญหาของคลอไรด์ที่กระทบต่อความทนทานของคอนกรีตนั้น ส่วนมากจะมาจากภายนอกคอนกรีตในช่วงที่ใช้งาน เช่น จากน้ำทะเล ความเค็ม จากดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ หรือจากเกลือที่ใช้ผสมน้ำแข็งเพื่อแช่แข็งปลา ซึ่งคลอไรด์อาจเข้าสู่คอนกรีตได้โดยวิธีดังต่อไปนี้ (Emmons, 1993; Silano, 1993; Raina, 1994)

1. การซึมผ่านเข้าไปในเนื้อคอนกรีตที่แห้งของน้ำที่มีคลอไรด์ (Capillary Suction)
2. การแพร่ของอิออนคลอไรด์ (Chloride Ions) จากภายนอกที่มีความเข้มข้นของคลอไรด์สูงกว่าภายในของคอนกรีต
3. การซึมผ่านเข้าไปในคอนกรีตของน้ำที่มีคลอไรด์ โดยแรงดันของน้ำ

ถึงแม้คลอไรด์สามารถซึมผ่านเข้าไปในคอนกรีตได้ดี แต่ถ้าไม่มีออกซิเจน การเกิดสนิมของเหล็กเสริมก็ไม่สามารถเกิดขึ้นได้ จึงไม่เป็นปัญหานัก สำหรับคอนกรีตที่แช่อยู่ใน น้ำ หรือน้ำทะเลตลอดเวลา

ความเสี่ยงที่เกิดจากการกัดกร่อนเหล็กเสริมมากที่สุด มักพบในบริเวณคลื่นและละอองน้ำ (Splash Zone) รองลงมาเป็นบริเวณบรรยากาศทะเล (Atmospheric Zone) และบริเวณน้ำขึ้นน้ำลง (Tidal Zone) ส่วนบริเวณน้ำใต้ทะเล (Submerged Zone) จะมีความเสี่ยงต่อการกัดกร่อนเหล็กเสริมน้อยมาก เนื่องจากมีความเข้มข้นของออกซิเจนน้อยและอัตราการแพร่ของออกซิเจนเข้าไปในคอนกรีตต่ำมาก เนื่องจากช่องว่างภายในคอนกรีต เป็นช่องว่างที่อึดตัวด้วยน้ำ ซึ่งละลายน้ำได้น้อยมากทำให้อัตราการแพร่เกิดขึ้นน้อย (กรมทางหลวง 2547)

ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณของออกซิเจนมาก ในบริเวณน้ำขึ้นน้ำลง แต่การเกิดสนิมก็ถูกจำกัด โดยอัตราการแพร่ที่ต่ำของออกซิเจน ผ่านช่องว่างที่อึดตัวด้วยน้ำของคอนกรีตในช่วงที่คอนกรีตเปียก

ในกรณีของสภาพเปียกกลับแห้งนั้น น้ำทะเลจะเข้าสู่คอนกรีตที่แห้งโดย การดูดซับ (Absorption) หรือ Capillary Suction จนกระทั่งคอนกรีตอยู่ในสภาพที่อิ่มตัว เมื่อสภาพภายนอก เปลี่ยนเป็นแห้ง น้ำที่ผิวคอนกรีตก็จะระเหยออกไปทิ้งไว้แต่คราบเกลือ เมื่อ กลับสู่สภาพเปียกอีก ความเข้มข้นของคลอไรด์ ซึ่งมีความเข้มข้นสูงที่บริเวณผิว จะซึมสู่ภายในโดยการแพร่ ซึ่งในแต่ละ รอบของการเปียกและแห้งจะทำให้คลอไรด์บริเวณใกล้ผิวมีความเข้มข้นสูงขึ้นเรื่อยๆ และจะ แพร่เข้าไปสู่ภายในคอนกรีต และสู่บริเวณเหล็กเสริมมากขึ้น ปกติแล้วคอนกรีตจะเปียก (Saturated) ได้เร็ว แต่จะแห้งได้ช้ากว่ามาก และภายในของคอนกรีตนั้นไม่สามารถทำให้แห้งโดยสมบูรณ์ ดังนั้นการแพร่ ของไอออนของคลอไรด์เข้าไปในคอนกรีตที่แช่อยู่ในน้ำทะเลตลอดเวลาจึงช้ากว่าการเข้าไปของคลอไรด์โดยการเปียกกลับแห้งโดยน้ำทะเล (Wood, 1968; Emmons, 1993; Silano, 1993; Raina, 1994)

การเคลื่อนตัวของไอออนคลอไรด์ เข้าไปในเนื้อ คอนกรีตนั้น ขึ้นอยู่กับระยะเวลาของสภาพ เปียกและแห้ง ซึ่งขึ้นอยู่กับสถานที่และสภาพแวดล้อมเช่น อุณหภูมิ ความชื้น การไหลของน้ำทะเล ทิศทางลม ทิศทางแสงอาทิตย์ และการใช้งานโครงสร้าง เป็นต้น ทำให้ในโครงสร้างเดียวกันแต่ละ ส่วนอาจจะประสบสภาวะเปียกและแห้งได้ไม่เหมือนกัน โดยทั่วไปแล้วคอนกรีตที่สภาพแห้งนานกว่า สภาพเปียกมักจะเร่งไอออนของคลอไรด์เข้าสู่คอนกรีตได้เร็วขึ้น ดังนั้นคอนกรีตที่ถูกน้ำทะเลเป็น บางครั้ง (ช่วงแห้งนาน) จะมีโอกาสเกิดปัญหาการกัดกร่อนของเหล็กเสริม มากกว่าคอนกรีตที่ประสบ กับสภาวะช่วงแห้งสั้น การกัดกร่อนจะเริ่มเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อ ปริมาณไอออนของคลอไรด์ มีมากพอที่ผิว ของเหล็กเสริม จนทำให้ค่าความเป็นด่างของคอนกรีตลดลงจนถึงระดับวิกฤต

ข. การเกิดสนิมในเหล็กเนื่องจากการก่อสร้างไม่ได้มาตรฐาน (Steel Corrosion Due to Low Quality Construction)

ถึงแม้ว่าโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กจะไม่ได้อยู่ในสิ่งแวดล้อมที่รุนแรง เช่น ในบริเวณทะเล หรือบริเวณที่มีแอมโมเนียที่จะเกิดคาร์บอนเนชั่นสูง เหล็กเสริมก็มีโอกาสที่จะเป็นสนิมได้ ถ้าคุณภาพของ คอนกรีตที่หุ้มเหล็กเสริมไม่ดีพอ สาเหตุของปัญหานี้มักเกิดจากการก่อสร้างที่ไม่ได้มาตรฐาน หรือ การเลือกส่วนผสมของคอนกรีตไม่เหมาะสมกับลักษณะงาน เช่น การกำหนดระยะหุ้มของเหล็กเสริมน้อย เกินไป คอนกรีตหุ้มเหล็กเสริมมีคุณภาพต่ำมีความพรุนสูง เทไม่เต็มแบบ เป็นต้น ซึ่งคอนกรีตหุ้ม เหล็กเสริมในลักษณะดังกล่าว จะสามารถสูญเสียความเป็นด่างได้เร็ว ถึงแม้จะไม่ถูกกระทำโดยคลอไรด์หรือคาร์บอนเนชั่น เพียงแต่ฝนก็สามารถชะล้างความเป็นด่างที่สูงให้ลดต่ำลงได้ และจากความพรุน ที่สูง และมีความหนาของระยะหุ้มน้อย ทำให้น้ำและออกซิเจนมีเพียงพอที่จะทำให้เกิดสนิมในเหล็ก เสริมได้ ปัญหาการเป็นสนิมในลักษณะเช่นนี้พบเป็นจำนวนมาก ดังนั้นวิศวกรตลอดจนผู้ที่มีความ เกี่ยวข้องกับการก่อสร้าง สะพาน ควรหันมาให้ความสนใจกับการควบคุมคุณภาพ งานก่อสร้างให้ มากขึ้น ถึงแม้จะออกแบบและเลือกวัสดุคอนกรีตมาเป็นอย่างดี แต่ในการก่อสร้างกลับละเลย ความสำคัญของการควบคุมคุณภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคอนกรีตที่หุ้มเหล็กเสริมก็จะทำให้เกิดปัญหา นี้ขึ้นมาได้ และการเป็นสนิมของเหล็กโดยสาเหตุนี้ มักเกิดเร็วกว่าปกติ ในบางกรณีก็อาจให้เห็น

ภายในระยะเวลาเพียง 1-2 ปี หลังจากการก่อสร้างเท่านั้น (Emmons, 1993; Raina, 1994: (กรมทางหลวง 2547))

9) การกัดของกรด (Acid Exposure)

คอนกรีตอาจถูกกระทำให้สึกกร่อนได้โดยสารเคมีหลายชนิด ซัลเฟตก็เป็นตัวอย่างหนึ่ง ที่ได้อธิบายไปแล้วในหัวข้อก่อนหน้านี้ การสึกกร่อนของคอนกรีตที่เกิดจากสารเคมีอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งอาจพบไม่มากเท่ากับซัลเฟต แต่ก็เป็นลักษณะการสึกกร่อนที่รุนแรง นั่นคือ การกัดกร่อนโดยกรด คอนกรีตจะเกิดความเสียหายในสภาวะแวดล้อมที่เป็นกรด โดยของเหลวที่มี pH ต่ำกว่า 6.5 และหากต่ำกว่า 4.5 ก็จะเกิดความเสียหายรุนแรงอย่างมาก ตัวอย่างของกรดที่สามารถกัดกร่อนคอนกรีตอย่างรุนแรงคือ กรด Carbonic, Hydrochloric, Hydrofluoric, Nitric, Phosphoric, Sulfuric, Acetic, Citric, Formic, Holmic, Lactic และ Tannic (Wood, 1968; Emmons, 1993 ; Raina, 1994)

กรดที่ทำลายคอนกรีตอาจมาจากแหล่งต่างๆ ได้ดังต่อไปนี้

1. จากโรงงานหรือแหล่งผลิตที่มีการใช้กรดในการผลิต หรือได้กรดเป็นผลผลิตจากการผลิต
2. จากระบบบำบัดน้ำเสียและท่อระบายน้ำเสียจากบ้านเรือน ซึ่ง ปล่องยกลงใกล้บริเวณตอม่อสะพาน โดยระบบทางชีวภาพทำให้เกิด กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) ได้ หรืออาจเกิดจากกรดที่ใช้ในการทำมาสะอาดห้องน้ำ
3. จากฝนกรด ซึ่งอาจจะมีกรดซัลฟูริก และ คาร์บอนิก เป็นต้น

การกัดกร่อนโดยกรด เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงสารประกอบแคลเซียมทุกประเภทที่มีอยู่ในคอนกรีต เช่น แคลเซียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (C-S-H) แคลเซียมอลูมิเนตไฮเดรต (C-A-H) ให้กลายเป็นเกลือแคลเซียมของกรดที่เข้ามาปฏิกิริยา เช่น กรดเกลือ (HCl) ก็จะเปลี่ยนสารประกอบแคลเซียมในคอนกรีตไปเป็นแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) จะเปลี่ยนสารประกอบแคลเซียมในคอนกรีตเป็น แคลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4$) เมื่อสารประกอบแคลเซียมในคอนกรีตถูกเปลี่ยนไปเป็นเกลือ จะทำให้บริเวณที่ถูกกัดกร่อนสูญเสียความสามารถในการยึดเกาะระหว่างกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งระหว่างซีเมนต์เพสต์กับมวลรวม เกลือที่เกิดขึ้นก็สามารถถูกชะล้างออกไปได้โดยง่ายทำให้เนื้อของคอนกรีตถูกทำลายหายไป และมวลรวมหลุดออกจากคอนกรีตได้ง่าย (Wood, 1968; Emmons, 1993; Raina, 1994)

เนื่องจากการกัดกร่อนโดยกรด เป็นการทำลายสารประกอบทุกชนิดในซีเมนต์เพสต์ ดังนั้นการลดความสามารถในการซึมผ่านของน้ำด้วยการลดอัตราส่วนน้ำตอปูนซีเมนต์ของคอนกรีตให้ต่ำลงจะช่วยบรรเทาปัญหาหลงไปบ้าง แต่ก็ไม่ได้เป็นการป้องกันไม่ให้เกิดกรดทำลายคอนกรีตได้อย่างมีประสิทธิภาพจริงๆ

ความรุนแรงของการกัดกร่อนของกรดขึ้นอยู่กับชนิดของกรด ตลอดจนความเข้มข้นของกรด กรดที่มีการกัดกร่อนรุนแรงจะเป็นชนิดที่เปลี่ยนสารประกอบแคลเซียมในคอนกรีตไปเป็นเกลือแคลเซียมที่ละลายน้ำได้ง่าย ดังนั้นกรดเกลือ (HCl) จะเป็นกรดที่กัดกร่อนคอนกรีตที่รุนแรงมาก

เนื่องจากแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl₂) สามารถละลายน้ำได้ดีกว่าเกลือแคลเซียมที่เกิดจากกรดชนิดอื่น ๆ

10) การบรรเทาทุกน้ำหนักเกิน

การเสียหายลักษณะนี้มักเกิดจากหน่วยแรง เป็นความเสียหายทางกายภาพ น้ำหนักบรรทุกที่มากเกินไปเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดระยะโก่งตัวที่มากเกินไปของชิ้นส่วนคอนกรีต นอกจากนั้นผลของความเสียหายทางกายภาพและน้ำหนักบรรทุกที่มากเกินไปจะส่งผลให้คอนกรีตอัดแรงมีระยะโก่งตัวมากเกินไปซึ่งแสดงถึงการสูญเสียแรงยึดเหนี่ยวและการยึดตัวของลวดอัดแรง การกัดกร่อนของลวดอัดแรงและบริเวณสมอยึด (Anchorage) หรือการสูญเสียแรงยึดเหนี่ยวบริเวณสมอยึด

11) การเสื่อมสภาพทางกายภาพของคอนกรีต

การแตกร้าวทางโครงสร้างส่วนใหญ่เกิดจาก การเสื่อมสภาพทางกายภาพ ของคอนกรีต ส่วนใหญ่มักจะเกิดกับคอนกรีตหลังจากสภาวะแข็งตัวแล้ว ซึ่งเป็นสภาวะการใช้งานของคอนกรีต อย่างไรก็ตามปัญหาที่เกิดขึ้นกับคอนกรีตในสภาวะก่อนหน้าก็สามารถนำไปสู่ปัญหาในระยะยาวได้ ดังนั้นในทฤษฎีของคอนกรีตจะเริ่มอธิบายปัญหาของคอนกรีตตั้งแต่ในสภาวะเบื้องต้นไป จนถึงปัญหาของคอนกรีตที่เกิดขึ้นในระยะเวลาที่คอนกรีตแข็งตัวไปแล้วเป็นเวลานานโดยแบ่งคอนกรีตออกเป็นหลายสภาวะตามอายุของคอนกรีต (Salino, 1993; Raina, 1994) คือ

1. คอนกรีตสด หมายถึง คอนกรีตหลังการผสมแล้วจนถึงช่วงเสร็จสิ้นการเทคอนกรีตแล้ว
2. คอนกรีตในสภาวะพลาสติก หมายถึง คอนกรีตหลังจากเสร็จสิ้นการเทจนถึงเวลาที่คอนกรีตก่อตัวขั้นสุดท้าย
3. คอนกรีตในสภาวะอายุเริ่มต้น หมายถึงคอนกรีตช่วงการก่อตัวขั้นสุดท้ายจนถึงช่วงเวลาก่อนที่คอนกรีตจะพัฒนากำลังรับแรงได้ถึงค่ากำลังที่ออกแบบไว้
4. คอนกรีตในสภาวะแข็งตัวแล้ว หมายถึง คอนกรีตหลังจากพัฒนากำลังได้ถึงหรือเกินค่าที่ออกแบบไปแล้ว
5. คอนกรีตในสภาวะใช้งาน หมายถึง คอนกรีตในสภาวะแข็งตัวแล้วมีกำลัง อายุเกินกว่าอายุที่ใช้ออกแบบและต้องคงทนเป็นเวลายาวนาน ในสภาวะแวดล้อมที่มีการใช้งานคอนกรีตนั้น

ในแต่ละสภาวะของคอนกรีตทำให้เกิดโอกาสในการแตกร้าวที่แตกต่างกันดังนี้

ก. คอนกรีตสด

คอนกรีตสดที่ส่งผลกระทบต่อความเสียหาย ส่วนใหญ่มาจากคุณภาพของกระบวนการทำงานก่อสร้าง เช่นการใช้น้ำในส่วนผสมคอนกรีต การเขย่าคอนกรีตและการบ่มคอนกรีต เป็นต้น

ผลกระทบจากกระบวนการทำงานนี้ จะส่งผลไปสู่ความเสียหายเมื่อคอนกรีตเปลี่ยนสู่สภาวะการแข็งตัว

ข. คอนกรีตในสภาวะพลาสติก

ทำให้เกิดแตกร้าวได้จาก 2 สาเหตุคือ

รอยแตกร้าวที่เกิดจากการทรุดตัวของคอนกรีต (Settlement Crack)

รอยแตกร้าวชนิดนี้เกิดขึ้นจากการที่คอนกรีตมีการทรุดตัวที่แตกต่างกันในเนื้อ คอนกรีตเอง หลังจากที่เทคอนกรีตแล้วและคอนกรีตยังอยู่ในสภาวะพลาสติกอยู่ อันมีสาเหตุหลายประการ เช่น

- มีเหล็กมากเกินไปจนกีดขวางการทรุดตัวของคอนกรีต หรือทำให้คอนกรีตทรุดตัวไม่เท่ากัน
- ความหนาของโครงสร้างคอนกรีตในทิศทางทรุดตัวแตกต่างกัน ทำให้ทรุดตัวไม่เท่ากัน
- ความเสียดทานระหว่างผนังแบบหล่อกับคอนกรีต ทำให้คอนกรีตบริเวณที่ติดกับผิวแบบหล่อทรุดตัวน้อยกว่าคอนกรีตบริเวณข้างใน

รอยแตกร้าวแบบพลาสติก (Plastic Shrinkage Crack)

รอยแตกร้าวชนิดนี้เกิดจากการที่คอนกรีตสูญเสียความชื้นไปสู่สิ่งแวดล้อม โดยการระเหยของน้ำบริเวณผิวของคอนกรีตที่สัมผัสกับอากาศ ในช่วงหลังจากที่เทคอนกรีตเสร็จแล้ว จนถึงช่วงที่คอนกรีตเริ่มก่อตัว (Neville Brooks, 1994; Raina, 1994; NRCA, 1998)

การสูญเสียความชื้นของคอนกรีตบริเวณผิวของคอนกรีตที่สัมผัสกับอากาศ จะทำให้ช่องว่างคappelle (Capillary Pores) บริเวณผิวที่สัมผัสอากาศสูญเสียความชื้นไป เกิดแรงดึงแบบคappelle (Capillary Tension) ขึ้นพร้อมๆ กับการลดปริมาตรของคอนกรีตบริเวณที่แห้ง เมื่อแรงดึงนี้มีค่ามากกว่ากำลังรับแรงดึงของคอนกรีตในช่วงพลาสติกซึ่งมีค่าต่ำมาก รอยแตกร้าวก็จะเกิดขึ้น สาเหตุและกลไกการหดตัวแบบพลาสติกและการแตกร้าวที่เกิดจากการหดตัวแบบพลาสติก จะมีความคล้ายคลึงกับการหดตัวแบบแห้ง (Drying Shrinkage) และการแตกร้าวที่เกิดจากการหดตัวแบบแห้ง (Drying Shrinkage Crack) เพียงแต่การหดตัวแบบแห้งจะหมายถึงการหดตัวที่เกิดขึ้นหลังจากที่คอนกรีตแข็งตัวแล้ว การหดตัวแบบพลาสติกจะรุนแรงในสภาพอากาศร้อน ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ และลมแรง การแตกร้าวเนื่องจากการหดตัวแบบพลาสติกมักจะเป็นแนวขนานกันมีความยาวประมาณ 0.1 ถึง 1 เมตร และมีความลึก 25 ถึง 50 มิลลิเมตร (กรมทางหลวง 2547)

ค. คอนกรีตในสภาวะอายุเริ่มต้น

รอยแตกร้าวเนื่องจากอุณหภูมิ (Temperature Cracking)

การแตกร้าวเนื่องจากอุณหภูมิของคอนกรีตเป็นปัญหาสำคัญของงานคอนกรีตขนาดใหญ่ที่มีการเทคอนกรีตปริมาณมาก ๆ ในเวลาจำกัด ที่มีจะเรียกว่า งานคอนกรีตหนา (Mass Concrete) ซึ่งความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิในเนื้อคอนกรีตและอุณหภูมิบรรยากาศ หรือมีโครงสร้างที่ต่อยึดอยู่กับคอนกรีตที่เทใหม่ทำให้เกิดการยัดรั้ง ซึ่งการยัดรั้งนี้อาจนำไปสู่การแตกร้าวได้ โดยเฉพาะในกรณีที่คอนกรีตยังอยู่ในช่วงอายุเริ่มต้น ซึ่งมีการพัฒนากำลังไม่เต็มที่ การแตกร้าวนี้จะมีผลต่อกำลังรับแรงในระยะยาวของคอนกรีตที่เท มีผลต่อความหนาแน่นของคอนกรีต และมีผลต่อเนื่องไปถึงความคงทนในระยะยาวด้วย โดยเฉพาะในกรณีที่โครงสร้างคอนกรีตนั้นอยู่ในสภาวะแวดล้อม ที่รุนแรง (Neville & Brooks, 1994)

การแตกร้าวจากอุณหภูมิ ที่เกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำ (Hydration Reaction) เป็นปฏิกิริยาชนิดที่คายความร้อน อีกทั้งคอนกรีตในสภาวะอายุเริ่มต้นมักมีค่าการนำความร้อนที่ต่ำดังนั้นความร้อนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาดังกล่าวจึงจะสมอยู่ในคอนกรีต เนื่องจากไม่สามารถถ่ายเทความร้อนออกไปสู่สิ่งแวดล้อมได้อย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง โครงสร้างคอนกรีตที่มีขนาดใหญ่และมีความหนามาก เมื่ออุณหภูมิของคอนกรีตเพิ่มขึ้นในระหว่างเกิดปฏิกิริยา ในช่วงที่คอนกรีตอยู่ในสภาวะพลาสติกคอนกรีตจะมีค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นต่ำมาก ดังนั้นหน่วยแรงจะยังไม่เกิดขึ้นในคอนกรีต ตราบจนคอนกรีตเริ่มแข็งตัวความแตกต่างของอุณหภูมิในเนื้อคอนกรีตระหว่างบริเวณภายในและบริเวณผิวของคอนกรีตหรือโครงสร้างอื่นที่ยึดรั้งคอนกรีตนั้น จะทำให้เกิดการยัดรั้งและก่อให้เกิดหน่วยแรงดึงของคอนกรีต ก็จะทำให้เกิดรอยแตกร้าวขึ้นได้ (Neville & Brooks, 1994)

การแตกร้าวของคอนกรีตเนื่องจากอุณหภูมินั้น สามารถเกิดได้ทั้งในช่วงที่อุณหภูมิภายในของคอนกรีตกำลังเพิ่มขึ้นหรือกำลังลดลง ยกเว้นในกรณีที่มีการยัดรั้งโดยภายนอก เช่น ในกรณีที่มีการยัดรั้งโดยคอนกรีตเดิมที่เทไปแล้วมักจะเกิดการแตกร้าวในช่วงที่คอนกรีตที่เทใหม่เย็นลง

นอกจากนี้การที่อุณหภูมิภายในของคอนกรีตสูงกว่าอุณหภูมิของบรรยากาศมาก ก็ยังสามารถนำไปสู่การแตกร้าวบริเวณผิวของคอนกรีตเนื่องจากการแห้งได้อีกด้วย ทั้งนี้เนื่องจากผลต่างระหว่างอุณหภูมิของคอนกรีตและบรรยากาศมีผลต่อการระเหยของน้ำบริเวณผิวของคอนกรีต โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการเทคอนกรีตที่มีพื้นผิวกว้างและมีอัตราการระเหยน้ำสูงกว่า 0.5 กก./ตร.ม./ชั่วโมง โดยประมาณ (กรมทางหลวง 2547)

โดยหลักการแล้วรอยแตกร้าวแบบนี้จะเกิดในบริเวณที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิต่อหน่วยมิตินมากที่สุด ดังนั้นส่วนมากจะเป็นบริเวณผิวหรือใกล้ผิวของคอนกรีตที่สัมผัสกับบรรยากาศ ซึ่งบางครั้งอาจจะมองไม่เห็นจากผิวภายนอกของคอนกรีตก็ได้ หรือในกรณีที่มิใช่สาเหตุจากการยัดรั้งจากภายนอก ก็มักจะเกิดในบริเวณรอยต่อระหว่างโครงสร้างที่ยึดรั้งอยู่กับคอนกรีตที่เทใหม่โดยจะเกิดรอยแตกร้าวในคอนกรีตที่เทใหม่

การหดตัวเนื่องจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน

ในช่วงก่อนการก่อตัวเป็นการหดตัวที่มักไม่ก่อให้เกิดผลเสียหายต่อคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วและมักไม่ค่อยมีผลต่อปริมาตรโดยรวมของคอนกรีต เนื่องจากจะเกิดขึ้นมากในช่วงเวลาเริ่มแรกก่อนเวลาก่อตัวสุดท้ายของคอนกรีต ซึ่งคอนกรีตมักจะสามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้โดยไม่เกิดหน่วยแรงและ

ลักษณะของการหดตัวจะเป็นการสร้างช่องว่างในเจลของผลิตภัณฑ์ของไฮเดรชัน ซึ่งจะเป็นผลทางจุลภาค (Microscopic Volume Reaction) จึงไม่ค่อยมีผลต่อปริมาตรของคอนกรีตโดยรวม ดังนั้นการหดตัวประเภทนี้ในช่วงก่อนการก่อตัวของคอนกรีตจึงไม่ค่อยได้รับความสนใจมากนัก แต่ส่วนที่หดตัวหลังจากคอนกรีตก่อตัวสุดท้ายแล้ว จะเป็นปัญหาและจะคิดรวมอยู่ในการหดตัวแบบอโตจีเนียส (Neville & Brooks, 1994; Raina, 1994)

การหดตัวแบบอโตจีเนียส

เป็นการหดตัวที่เกิดหลังจากการก่อตัวขั้นสุดท้ายของคอนกรีตรวมกับอีกส่วนหนึ่งที่เกิดจากการสูญเสียความชื้นในช่องคัพิลลารี (Capillary Pores) ในเฟสดี เนื่องจากความชื้นบางส่วนถูกใช้ไปในปฏิกิริยาระหว่างวัสดุประสานกับน้ำ ทำให้เกิด Capillary Suction การหดตัวแบบอโตจีเนียสแตกต่างจากการหดตัวแบบแห้งตรงที่ไม่ได้มีการสูญเสียความชื้นในคอนกรีตไปสู่สิ่งแวดล้อม แต่เป็นการสูญเสียความชื้นภายในคอนกรีต การหดตัวแบบอโตจีเนียส เกิดขึ้นทันทีหลังจากผสมเสร็จ แต่ในทางปฏิบัติ จะมีผลต่อปริมาตรหลังจากที่เทคอนกรีตเสร็จแล้ว เนื่องจากการหดตัวในช่วงก่อนการเทคอนกรีตจะไม่มีผลต่อปริมาตรของโครงสร้างที่จะเท และจะมีผลในทางโครงสร้างหลังจากที่คอนกรีตก่อตัวแล้ว เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงปริมาตรก่อนการก่อตัวจะไม่ทำให้เกิดหน่วยแรงในคอนกรีต ดังนั้นจึงนิยมวัดค่าการหดตัวอโตจีเนียส โดยเริ่มต้นจากระยะเวลาก่อตัวเริ่มต้น (Raina, 1994)

ง. คอนกรีตในสภาวะแข็งตัวแล้ว

การหดตัวแบบแห้ง (Drying Shrinkage)

เกิดจากการที่คอนกรีตอยู่ในสภาวะอากาศที่มีความชื้นต่ำ ทำให้คอนกรีตบริเวณผิวที่สัมผัสกับอากาศสูญเสียน้ำ จนเกิดการหดตัว โดยที่การหดตัวที่เกิดขึ้นนั้น บางส่วนไม่อาจกลับคืนสู่สภาพเดิมได้แม้ว่าจะทำให้คอนกรีตเปียกชื้นขึ้นมาใหม่

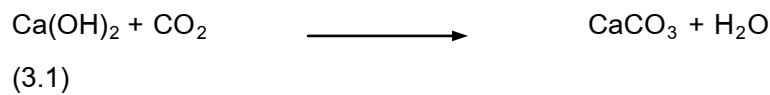
การหดตัวแบบแห้งและการแตกร้าวเนื่องจากการหดตัวแบบแห้ง มีกลไกการเกิดเช่นเดียวกับการเกิดรอยแตกแบบพลาสติก นั่นคือในคอนกรีตบริเวณผิวที่สัมผัสกับอากาศ มีความชื้นต่ำกว่าความชื้นในช่องคัพิลลารี (Capillary Pores) มาก เนื่องจากการสูญเสียน้ำอิสระ (Free Water) ไปสู่อากาศได้ด้วยการระเหย ทำให้เกิดแรงดึงขึ้นในช่องว่างคัพิลลารี ประกอบกับปริมาตรของคอนกรีตลดลง หรือหดตัวลงจากการสูญเสียน้ำ ถ้าการหดตัวนี้ถูกยึดรั้ง ไม่ว่าจะด้วยโครงสร้างที่มีอยู่รอบข้าง หรือด้วยเนื้อคอนกรีตภายในที่ไม่มีการสูญเสียความชื้น รอยแตกร้าวก็อาจเกิดขึ้นได้ถ้าการยึดรั้งนี้ก่อให้เกิดหน่วยแรงที่มีค่าสูงกว่ากำลังแรงดึงของคอนกรีตในขณะนั้น การแตกร้าวที่เกิดจากการแตกร้าวแบบพลาสติก จะเกิดในช่วงที่คอนกรีตอยู่ในช่วงพลาสติกและสามารถแก้ไขได้ง่ายโดยการตกแต่งผิวคอนกรีตที่คอนกรีตจะแข็งตัว ส่วนการแตกร้าวที่เกิดจากการหดตัวแบบแห้งจะเกิดหลังจากที่คอนกรีตแข็งตัวแล้ว ซึ่งไม่สามารถตกแต่งผิวใหม่ได้แล้ว (Neville & Brooks, 1994; Raina, 1994)

จ. คอนกรีตในสภาวะใช้งาน

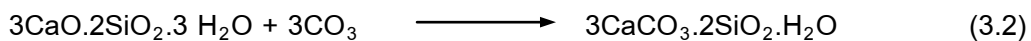
คอนกรีตในสภาวะนี้จะเกิดการแตกร้าวได้หลายสาเหตุ เช่น ความล้า (Fatigue) การคืบ (Creep) อุณหภูมิจากแสงแดด การรับน้ำหนักเกินพิกัด การแตกร้าวในสภาวะนี้จะมีผลโดยตรงต่อกำลังรับน้ำหนักของคอนกรีต ฯลฯ

12) การเกิดคาร์บอนเนชัน (Carbonation)

คาร์บอนเนชันเป็น ขบวนการที่เปลี่ยนผลผลิตบางชนิดของปฏิกิริยาไฮเดรชัน โดยปกติมักจะ เป็นแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Ca(OH)_2) หรือ แคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (C-S-H) ที่บริเวณผิวหน้า หรือใกล้ผิวหน้าของคอนกรีต ตามสมการของปฏิกิริยา (Wood, 1968; Emmons, 1993) ดังต่อไปนี้



หรือ



ปฏิกิริยา คาร์บอนเนชัน ส่วนใหญ่แล้วจะเป็น แบบ (3.1) แต่ทั้งสองปฏิกิริยา มีน้ำในการทำปฏิกิริยาด้วย เนื่อง จากปฏิกิริยาคาร์บอนเนชันเป็นปฏิกิริยาที่เกิดในสภาพของสารละลาย คอนกรีตที่ถูกคาร์บอนเนตไปแล้วจะมีความพรุนน้อยลงเนื่องจากแคลเซียมคาร์บอนเนตซึ่งเป็นผลผลิตจากปฏิกิริยา คาร์บอนเนชันจะช่วยอุดช่องว่างส่วนหนึ่งในคอนกรีตลักษณะของการทำปฏิกิริยาจะเกิดในบริเวณใกล้ผิวหน้าของคอนกรีตที่มีโอกาสสัมผัสกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในอากาศ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ก็จะซึมผ่านเข้าไปในคอนกรีตได้ดี โดยผ่านทางช่องว่างที่ไม่อึดตัว เข้าไปทำปฏิกิริยาในบริเวณใกล้ผิวหน้าของคอนกรีตได้ ดังนั้นคาร์บอนเนชันจะค่อยๆ คืบหน้าเข้าไปในเนื้อคอนกรีตด้วยอัตราที่ช้าลงเรื่อยๆ เพราะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต้องแพร่ผ่านโครงสร้างช่องว่าง ของคอนกรีตและผ่านส่วนที่ถูกคาร์บอนเนตไปแล้วซึ่งมีความพรุนน้อยลง ทำให้ซึมผ่านเข้าไปได้ยากขึ้น (Wood, 1968; Emmons, 1993; Raina, 1994)

เนื่องจากการทำปฏิกิริยาคาร์บอนเนชันต้องการทั้งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ดังนั้นในคอนกรีตที่อึดตัวด้วยน้ำหรือคอนกรีตที่แห้งสนิทจะไม่เกิดคาร์บอนเนชัน เนื่องจากในคอนกรีตที่อึดตัวด้วยน้ำจะไม่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึมผ่านเข้าไปได้มาก ส่วนในคอนกรีตที่แห้งสนิทก็จะมีน้ำในการทำปฏิกิริยา ดังนั้นคาร์บอนเนชันที่รุนแรง ในกรณีที่มีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศอยู่ระหว่าง กึ่งชื้นกึ่งแห้ง (Semi-Dry) นั่นคือ ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่างร้อยละ 40 ถึงร้อยละ 60 และมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศมาก การเกิด คาร์บอนเนชัน ส่งผลสำคัญต่อคุณสมบัติของคอนกรีต 3 ประการ (Wood, 1968; Emmons, 1993; Raina, 1994) คือ

1. ทำให้ความพรุนของคอนกรีตบริเวณที่เกิดคาร์บอนเนชั่นต่ำลงผลในประการแรกอาจจะเป็นผลดีต่อคอนกรีตในเรื่องของความคงทน
2. ทำให้ความเป็นด่างของคอนกรีตในบริเวณที่เกิดคาร์บอนเนชั่นต่ำลง เนื่องจากแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ถูกใช้ไปในปฏิกิริยาคาร์บอนเนชั่น แล้ว ผลที่ตามมาคือสามารถทำให้เหล็กเสริมเป็นสนิมได้ โดยเฉพาะเมื่อ คาร์บอนเนชั่นเกิดเข้าไปจนถึงตำแหน่งเหล็กเสริม จนทำให้สภาพความเป็นด่างของคอนกรีตรอบเหล็กเสริมลดต่ำลงจนใกล้หรือต่ำกว่าระดับวิกฤต ($\text{pH} < 9$)
3. ทำให้เกิดการหดตัว (Carbonation Shrinkage) ซึ่งเป็นผลมาจากการที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำปฏิกิริยากับ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ภายใต้หน่วยแรงอัดที่เกิดจากหดตัวแบบแห้ง หรือจากการที่ทำให้แคลเซียมซิลิเกตไฮเดรตเกิดเสียน้ำ (Dehydrate) ซึ่งส่งผลให้เกิดการหดตัวและแตกร้าว

จะเห็นได้ว่า ผลของการเกิด คาร์บอนเนชั่น ทั้ง 3 กรณี แม้ว่าจะทำให้ความพรุนของเนื้อคอนกรีตลดลง แต่ในโครงสร้างสะพานซึ่งเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก การเกิด คาร์บอนเนชั่นจะมีผลเสียมากกว่าผลดีที่ได้จากการลดความพรุน เพราะจะทำให้ความเป็นด่างในเนื้อคอนกรีตลดลง จนทำให้เหล็กเสริม เป็นสนิมได้ง่ายขึ้น ซึ่ง กรณีนี้จะมีความรุนแรงและ ผลเสียต่อความคงทนของ สะพานคอนกรีตมากที่สุด

13. สาเหตุอื่น ๆ

ก. ความเสียหายของคอนกรีตจากสิ่งแวดล้อม (Deterioration in Environment)

ความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้ต่อโครงสร้างคอนกรีต ที่เกิดขึ้นในแต่ละสิ่งแวดล้อม มีอยู่หลายประการ เช่น การเกิดสนิมของเหล็กเสริม การกัดกร่อนโดยซัลเฟต การสึกกร่อนจากการขัดสี การตกผลึกของเกลือหรือแม้แต่การเสื่อมสภาพที่เกิดจากสาเหตุทาง ตะไคร่น้ำ เป็นต้น ซึ่งความเสียหายจากสาเหตุต่างๆ เหล่านี้ จะมีความรุนแรงที่แตกต่างกันในบริเวณที่ต่างกัน เช่น บริเวณที่อยู่ใต้น้ำตลอดเวลา หรือบริเวณที่อยู่เหนือน้ำตลอดเวลา หรือบริเวณที่เปียก และแห้งสลับกันไป ดังนั้นเพื่อให้เกิดความเข้าใจได้ง่าย จึงมีการแบ่งสิ่งแวดล้อมของสะพานออกเป็น 5 ส่วนย่อยๆ ดังต่อไปนี้ (กรมทางหลวง 2547)

1. บริเวณพื้นดินใต้น้ำ
2. บริเวณใต้น้ำ
3. บริเวณระหว่างระดับน้ำขึ้นสูงสุดและน้ำลงต่ำสุด
4. บริเวณโดนคลื่นและละอองน้ำ
5. บริเวณทั่วไป ซึ่งเป็นบริเวณที่ไม่ถูกละอองน้ำจากคลื่นโดยตรง

ลักษณะความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้ในแต่ละสิ่งแวดล้อมมีดังนี้

- สิ่งแวดล้อม พื้นใต้เท้า ความเสียหายสามารถเกิดจากการกัดกร่อนโดยซัลเฟต หรือการซึมของคลอไรด์ การเป็นสนิมของเหล็กจะเป็นไปได้ยากเนื่องจากไม่มีออกซิเจนเพียงพอ การเกิดสนิมเหล็กจึงเกิดได้บริเวณผิวบนของน้ำ
- สิ่งแวดล้อมระหว่างระดับน้ำขึ้นสูงสุดและระดับน้ำลงต่ำสุด ความเสียหายสามารถเกิดจากการกัดกร่อนโดยซัลเฟต การสึกกร่อนจากการกระทำของ คลื่นและกระแสน้ำ การเกิดสนิมในเหล็กเสริม
- สิ่งแวดล้อมบริเวณความชื้นสูงและมีละอองน้ำหรือละอองน้ำทะเล การสึกกร่อนเกิดจากการกัดกร่อนโดยซัลเฟตจะไม่รุนแรงเท่าบริเวณใต้เท้า แต่การเกิดสนิมในเหล็กจะรุนแรง มีการเกิดคาร์บอนเนชั่น การตกผลึกของคราบเกลือ
- บริเวณทั่วไป ความเสียหายสามารถเกิดจากการเกิดคาร์บอนเนชั่น การหดตัวแบบแห้ง การเกิดสนิมในเหล็กเสริม การตกผลึกของเกลือ

ข. คนเข้าไปใช้ประโยชน์ในพื้นที่สะพาน

การที่คนเข้าไปใช้พื้นที่สร้างความเสียหายแบบต่างๆ ให้กับโครงสร้างสะพาน เช่น

- ทำการทุบสกัดคอนกรีตโครงสร้างสะพานเพื่อต่อเติมเป็นที่ยูอาศัย
- ทำการประมงซึ่งมีการใช้เกลือเพื่อแช่แข็งสัตว์น้ำ

สำหรับสาเหตุและลักษณะความเสียหายโดยทั่วไปของสะพานได้สรุปไว้ในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ลักษณะความเสียหายส่วนใหญ่ที่พบและสาเหตุ

	Primary Cause(s) สาเหตุหลัก											
	ความชื้น	คลอไรด์	ซัลเฟต	คาร์บอนไดออกไซด์ และความชื้น	เหล็กเสริมที่ไม่ได้ป้องกันสนิม	วางเหล็กผิดตำแหน่ง	หน่วยแรงจากความร้อน	น้ำหนัก	การเสื่อมสภาพของมวลรวม	การหดตัวเริ่มแรก	การกระจายของฟองอากาศที่ไม่สม่ำเสมอ	การเท / บ่ม / แต่งผิวไม่ดี
<p>/ = เกิดความเสียหาย</p> <p>● = มีโอกาสเกิดความเสียหาย</p>												
ความเสียหาย												
Scaling and Pop-outs	/	/		/					●		/	●
Disintegration	/		●						/			
Wide Crack						●	●	/				
Narrow Crack						●				/		/
Leach & Efflorescence	/	/	●					●		●		
Reinforcing Steel Corrosion	/	/		●	/	●						
Crosion												
Carbonation	/	/		●		●						●
Spalling			/			/		/				

4

การประเมินสภาพและระดับความเสียหาย

ในบทนี้กล่าวถึงการพิจารณาประเมินสภาพและระดับความเสียหายของสะพาน ตำแหน่งของแต่ละชั้นส่วนที่สามารถเกิดความรุนแรง พร้อมทั้งตารางการประเมินความเสียหายของแต่ละประเภทที่เกิดขึ้นกับชั้นส่วนโครงสร้างสะพาน

4.1 การประเมินความเสียหาย

จากการสำรวจความเสียหายของสะพานในภาคสนาม จะทำให้ทราบถึงชนิดและลักษณะของความเสียหายที่เกิดขึ้น และอาจจะเกิดขึ้นกับแต่ละส่วนประกอบของสะพาน เพื่อนำมาประเมินระดับความรุนแรงของความเสียหาย และแนวโน้มในการขยายตัวของความเสียหายที่เกิดขึ้น

การประเมินความเสียหายมีหลายรูปแบบ ในประเทศไทยหน่วยงานที่รับผิดชอบในงานก่อสร้างและบำรุงรักษาสะพาน คือ กรมทางหลวงและการทางพิเศษแห่งประเทศไทย ได้แนะนำการประเมินโดยระบบการให้คะแนน 9 คะแนน (**Element Condition Rating**) สำหรับประเมินความเสียหายของสะพาน โดย กำหนดให้คะแนนน้อยที่สุด คือ 0 คะแนน หมายถึงโครงสร้างนั้นอยู่ในสภาวะวิบัติ และคะแนนมากที่สุดคือ 9 คะแนนหมายถึงโครงสร้างนั้นอยู่ในสภาพเหมือนใหม่ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงการประเมินความเสียหายของสะพานโดยระบบคะแนน

Element Condition Rating	
ค่าคะแนน	ลักษณะที่พบ
9	เหมือนใหม่
8	ดีมาก เสียหายน้อยมากยังไม่ต้องบันทึกความเสียหาย
7	สภาพดี เริ่มสังเกตความเสียหาย (Hair crack)
6	สภาพน่าพอใจ ความกว้างของรอยแตกน้อยกว่า 0.5 มม. Spalling \cong 2% ไม่กระทบการรับน้ำหนักโดยรวม
5	สภาพปานกลาง ระยะเวลาอยู่ระหว่าง 0.5 – 1.0 มม. Spalling ประมาณ 2-5% ไม่กระทบการรับน้ำหนัก
4	สภาพแย่มาก ความกว้างของระยะเวลาอยู่ระหว่าง 1.0 – 2.5 มม. Spalling มากกว่า 5% ปลดปล่อยให้อาจมีอันตรายอาจพิจารณาซ่อมเฉพาะที่
3	สภาพแย่มาก ความกว้างของระยะเวลาอยู่ระหว่าง 2.5 – 5.0 มม. ควรต้องเฝ้าระวัง
2	วิกฤต ความกว้างของระยะเวลาอยู่มากกว่า 5 มม. การใช้งานไม่เป็นตามข้อกำหนด
1	สภาพใกล้วิบัติ ความกว้างของระยะเวลาอยู่มากกว่า 5 มม. มีความเสียหายและการวิบัติเฉพาะที่
0	วิบัติ เท่ากับ ไม่สามารถใช้งานได้

อย่างไรก็ตามในสะพานที่มีขนาดเล็กของกรมทางหลวงชนบท การประเมินโดยใช้ระบบ 9 คะแนน จะเป็นการไม่สะดวกเนื่องจากมีความละเอียดมากเกินไป เมื่อพิจารณาเทียบกับขนาดของสะพาน ในคู่มือนี้จะแบ่งการประเมินความเสียหายของสะพานออกเป็น 2 ลักษณะ โดยอ้างอิงจากระบบคะแนน คือ การประเมินสภาพความเสียหายของสะพานและการประเมินระดับความเสียหายของสะพาน

4.2 การประเมินสภาพความเสียหายของชิ้นส่วนสะพาน

การประเมินสภาพความเสียหายของชิ้นส่วนสะพาน เป็นการประเมินเพื่อที่จะบอกสภาพโดยทั่วไปของสะพาน เหมือนกับการบอกสภาพหลังการตรวจสอบประจำปีของคนว่ามีสุขภาพดีหรือไม่ การประเมินสภาพความเสียหายของสะพาน จะเป็นการดูถึงปริมาณของความเสียหาย เพื่อให้สามารถเห็นร่องรอยความเสียหายของสะพานและชิ้นส่วนสะพาน

การประเมินสภาพของสะพานในคู่มือนี้ได้ ปรับเปลี่ยนมาจากข้อเสนอของ สถาบันการขนส่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้เสนอวิธีการประเมินความเสียหาย ของสะพานต่อกรมทางหลวงชนบท โดยแบ่งระดับการประเมินเป็น ออกเป็น 4 ระดับ เทียบกับระดับการประเมินแบบคะแนน ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การประเมินสภาพความเสียหายของสะพาน

การประเมินแบบคะแนน		การประเมินสภาพความเสียหายของสะพาน
ค่าคะแนน	ลักษณะที่พบ	สภาพของสะพาน
9	เหมือนใหม่	สภาพดีมาก (Very Good): ชั้นส่วนโครงสร้างอยู่ในสภาพดีเหมือนใหม่ ไม่มีความเสียหายเกิดขึ้น
8	ดีมาก เสียหายน้อยมากยังไม่ต้องบันทึกความเสียหาย	
7	สภาพดี เริ่มสังเกตความเสียหาย (Hair crack)	สภาพดี (Good): ชั้นส่วนโครงสร้างอยู่ในสภาพดี ไม่มีความเสียหายรุนแรง
6	สภาพน่าพอใจ ความกว้างของรอยแตกน้อยกว่า 0.5 มม. กะเทาะ \cong 2% ไม่กระทบการรับน้ำหนักโดยรวม	
5	สภาพปานกลาง ระยะเวลา อยู่ระหว่าง 0.5 – 1.0 มม. Spalling ประมาณ 2-5% ไม่กระทบการรับน้ำหนัก	สภาพปกติ (Fair): ชั้นส่วนโครงสร้างสะพานมีความเสียหายอยู่บ้างแต่ไม่กระทบต่อกำลังรับน้ำหนักของโครงสร้างสะพาน
4	สภาพแย่มาก ความกว้างของระยะแตก อยู่ระหว่าง 1.0 – 2.5 มม. กะเทาะมากกว่า 5% ปล่ยไว้ อาจมีอันตรายอาจพิจารณาซ่อมเฉพาะที่	
3	สภาพแย่มาก ความกว้างของระยะแตก อยู่ระหว่าง 2.5 – 5.0 มม. ควรต้องเฝ้าระวัง	
2	วิกฤต ความกว้างของระยะแตกมากกว่า 5 มม. การใช้งานไม่เป็นตามข้อกำหนด	สภาพแย่มาก (Poor): ชั้นส่วนโครงสร้างสะพานมีความเสียหายเกิดขึ้นในระดับที่มีผลต่อกำลังรับน้ำหนักของโครงสร้าง
1	สภาพใกล้วิบัติ ความกว้างของระยะแตกมากกว่า 5 มม. มีความเสียหายและการวิบัติเฉพาะที่	
0	วิบัติ เท้ากับ ไม่สามารถใช้งานได้	

4.3 การประเมินระดับของความเสียหาย

การประเมินระดับความเสียหาย เพื่อให้ทราบถึงระดับความรุนแรงของความเสียหายที่เกิดขึ้นในแต่ละชิ้นส่วนของโครงสร้างสะพาน และเป็นการบอกถึงความจำเป็นในการที่ต้องเข้าดำเนินการซ่อมแซม โดยการปรับปรุงวิธีการประเมินมาจาก AASHTO 1976 Manual for Bridge Maintenance และได้แบ่ง ระดับความเสียหายที่ ออกเป็น 4 ระดับ คือ ระดับ **A, B, C,** และ **D** เพื่อช่วยในการตรวจสอบ เก็บข้อมูลความเสียหายของสะพาน ซึ่งอาจต้องใช้ทีมงานที่มี วิศวกร หรือช่าง หลายชุดทำงานในเวลาเดียวกัน เนื่องจากมีปริมาณงานเป็นจำนวนมาก การที่จะ พิจารณาลักษณะ สภาพ และ ประเมินระดับความรุนแรงของความเสียหาย ให้อยู่บนบรรทัดฐานอันเดียวกันในทุกทีม จำ เป็นอย่างยิ่งที่จะต้องกำหนดรายละเอียดและขยายความเพิ่มเติม ดังนี้

1) **ระดับความเสียหาย A** หมายถึง ยังไม่มีความจำเป็นต้องซ่อมแซม เนื่องจาก ไม่มีความเสียหายหรือมีความเสียหายค่อนข้างน้อย โครงสร้างที่พบจะมีลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งดังนี้

- ไม่มีการแตกร้าวของคอนกรีต หรือหากมีรอยแตกร้าวต้องมีขนาดกว้างไม่เกิน 0.5 มม. หรือเป็นรอยแตกร้าวขนาดเส้นผม (Hairline Crack)
- ไม่มีการกะเทาะ
- เกิดความเสียหายหรือเสื่อมสภาพเพียงเล็กน้อย หรือมีการสูญเสียปูนที่ผิวหน้าลึกไม่เกิน 6 มม. อาจสามารถมองเห็นมวลรวมได้

2) **ระดับความเสียหาย B** หมายถึง ยังไม่มีความจำเป็นต้องซ่อมแซม เป็นระดับความเสียหายเล็กน้อยแต่ต้องคอยเฝ้าระวังไม่ให้ความเสียหายขยายออกไป เช่น การเกิดความชื้นและความสกปรกในโครงสร้าง เกิดการหลุดตันที่อาจทำให้โครงสร้างเกิดการเคลื่อนที่ผิดปกติ ลักษณะที่พบจะมีอย่างใดอย่างหนึ่งดังนี้

- เกิดรอยแตกร้าวขนาดเล็ก กว้างประมาณ 0.5 - 1.0 มม.
- มีการกะเทาะเล็กน้อยลึกไม่เกิน 12 มม.
- มีการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า ตั้งแต่ความลึก 6 มม. จนถึง 12 มม. และมีการสูญเสียเนื้อปูนระหว่างมวลรวม

3) **ระดับความเสียหาย C** เป็นระดับความเสียหายที่ต้องเข้าไปทำการซ่อม บำรุงหรือเฝ้าติดตามและทำการตรวจสอบเพิ่มเติมด้วยวิธีการที่ละเอียดกว่าการตรวจสอบด้วยสายตาเพื่อให้ได้ผลการตรวจสอบที่มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น อาจต้องทำการบำรุงรักษาไม่ให้ลุกลาม ลักษณะที่พบจะมีอย่างใดอย่างหนึ่งดังนี้

- เกิดรอยแตกร้าวขนาดกลาง กว้างประมาณ 1.0 - 2.0 มม.
- มีการกะเทาะลึกไม่เกิน 25 มม.หรือขนาดกะเทาะกว้างไม่เกิน 150 มม.

- มีการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า ตั้งแต่ความลึก 12 มม. จนถึง 25 มม. และสามารถมองเห็นมวลรวมหยาบได้ชัดเจนมาก

4) **ระดับความเสียหาย D** เป็นระดับชั้นความเสียหายที่ต้องมีการซ่อมแซมโดยเร่งด่วน ความเสียหายที่เกิดขึ้นมีผลต่อความแข็งแรงของโครงสร้าง หรืออาจเกิดอันตรายต่อผู้ใช้สะพานได้ และต้องมีมาตรการกำกับควบคุมการใช้สะพานเช่น จำกัดน้ำหนักบรรทุก ติดตั้งสิ่งกีดขวาง คำแนะนำป้ายเตือน ฯลฯ ลักษณะที่พบจะมีลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งดังนี้

- เกิดรอยแตกร้าวขนาดใหญ่ กว้างมากกว่า 2.0 มม.
- มีการกะเทาะลึกเกินกว่า 25 มม. หรือขนาดกะเทาะกว้างมากกว่า 150 มม.
- มีการสูญเสียส่วนของมวลรวมหยาบ พร้อมกับการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า รวมถึงเนื้อปูนที่อยู่รอบ ๆ มวลรวมหยาบ มีความลึกมากกว่า 25 มม. ขึ้นไป และเหล็กเสริมในคอนกรีตโผล่ออกมาให้เห็น

การแบ่งระดับความเสียหายลักษณะนี้ แสดงสรุปไว้ในตารางที่ 4.3 เพื่อกำหนดให้ทราบถึงความรุนแรงหรือระดับที่ส่งผลต่อสภาพของสะพาน องค์ประกอบที่เกิดความเสียหายจะส่งผลโดยตรงต่อความปลอดภัยของชิ้นส่วนโครงสร้างสะพานตามหลักวิศวกรรม เช่น ความกว้าง ความลึกของรอยแตกหรือขนาดและความลึกของการกะเทาะออกของคอนกรีตที่หุ้มเหล็กเสริม

ในการพิจารณาความจำเป็นของการซ่อมแซมสะพานในคู่มือนี้ จะพิจารณาจากการประเมินระดับความเสียหายเป็นหลัก ซึ่งการประเมินระดับความเสียหายนี้จะบอกถึงความรุนแรงของความเสียหายที่กระทบกับความปลอดภัย และบอกถึงความจำเป็นในการดำเนินการซ่อมแซมสะพาน

ตารางที่ 4.3 แสดงการแบ่งระดับความเสียหาย

การประเมินระดับความเสียหาย
ระดับความเสียหาย
<p>A: ไม่จำเป็นต้องซ่อมแซม</p> <ul style="list-style-type: none"> ● ไม่มีการแตกร้าวของคอนกรีต หรือหากมีรอยแตกร้าวต้องมีขนาดกว้างไม่เกิน 0.5 มม. หรือเป็นรอยแตกร้าวขนาดเส้นผม (Hairline Crack) ● ไม่มีการกะเทาะ ● เกิดความเสียหายหรือเสื่อมสภาพเพียงเล็กน้อย หรือมีการสูญเสียปูนที่ผิวหน้าไม่เกิน 6 มม. อาจสามารถมองเห็นมวลรวมได้
<p>B: ยังไม่มีความจำเป็นต้องซ่อมแซม แต่ต้องคอยเฝ้าระวัง</p> <ul style="list-style-type: none"> ● เกิดรอยแตกร้าวขนาดกลาง กว้างประมาณ 1.0 - 2.0 มม. ● เริ่มมีการกะเทาะเล็กน้อยลึกไม่เกิน 12 มม. ● มีการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า ตั้งแต่ความลึก 12 มม. จนถึง 25 มม. และสามารถมองเห็นมวลรวมหยาบได้ชัดเจนมาก
<p>C: ต้องเข้าไปทำการซ่อมบำรุงหรือเฝ้าติดตาม</p> <ul style="list-style-type: none"> ● เกิดรอยแตกร้าวขนาดกลาง กว้างประมาณ 1.0 - 2.0 มม. ● มีการกะเทาะลึกไม่เกิน 25 มม. หรือขนาดกะเทาะกว้างไม่เกิน 150 มม. ● มีการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า ตั้งแต่ความลึก 12 มม. จนถึง 25 มม. และสามารถมองเห็นมวลรวมหยาบได้ชัดเจนมาก
<p>D: ต้องมีการซ่อมแซมโดยเร่งด่วน / มีมาตรการคุ้มครองการใช้งาน</p> <ul style="list-style-type: none"> ● เกิดรอยแตกร้าวขนาดใหญ่ กว้างมากกว่า 2.0 มม. ● มีการกะเทาะลึกเกินกว่า 25 มม. หรือขนาดกะเทาะกว้างมากกว่า 150 มม. ● มีการสูญเสียส่วนของมวลรวมหยาบ พร้อมกับการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า รวมถึงเนื้อปูนที่อยู่รอบๆ มวลรวมหยาบ มีความลึกมากกว่า 25 มม. ขึ้นไป และเหล็กเสริมในคอนกรีตโผล่ออกมาให้เห็น

4.4 การประเมินระดับความเสียหายตามกลุ่มของความเสียหาย

จากบทที่ 3 ข้อ 3.2 ได้แบ่งลักษณะของความเสียหายไว้เป็น 3 กลุ่ม จึงได้กำหนดรายละเอียดของระดับความเสียหาย สำหรับทั้ง 3 กลุ่มของลักษณะความเสียหาย คือ การแตกร้าว การกะเทาะและการหลุดลอก เพื่อนำไปประกอบการประเมินระดับความเสียหาย และใช้พิจารณา กำหนดแนวทางในการซ่อมแซม ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ตารางที่ 4.5 และ ตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.4 แสดงการประเมินระดับความเสียหายสำหรับ กลุ่มที่ 1 ความเสียหายจากการ แตกร้าว (Crack)

การประเมินระดับความเสียหาย		
ระดับความเสียหาย	ข้อกำหนดในการซ่อม	ลักษณะ
A	ไม่จำเป็นต้องซ่อมแซม	ไม่มีการแตกร้าวของคอนกรีต หรือหากมีรอยแตกร้าวต้องมีขนาดกว้างไม่เกิน 0.5 มม. หรือเป็นรอยแตกร้าวขนาดเส้นผม (Hairline Crack)
B	ยังไม่มีควมจำเป็นต้องซ่อมแซม แต่ต้องคอยเฝ้าระวัง	เกิดรอยแตกร้าวขนาดเล็ก กว้างประมาณ 0.5 - 1.0 มม.
C	ต้องเข้าไปทำการซ่อม บำรุง หรือ ฝ้าติดตาม	เกิดรอยแตกร้าวขนาดกลาง กว้างประมาณ 1.0 - 2.0 มม.
D	ต้องมีการซ่อมแซมโดยเร่งด่วน /มี มาตรการควบคุมการใช้งาน	เกิดรอยแตกร้าวขนาดใหญ่ กว้างมากกว่า 2.0 มม.

ตารางที่ 4.5 แสดงการประเมินระดับความเสียหายสำหรับกลุ่มที่ 2 ความเสียหายจากการกะเทาะ (Spalling)

การประเมินระดับความเสียหาย		
ระดับความเสียหาย	ข้อกำหนดในการซ่อม	ลักษณะ
A	ไม่จำเป็นต้องซ่อมแซม	ไม่มีการกะเทาะ
B	ยังไม่มีควมจำเป็นต้องซ่อมแซม แต่ต้องคอยเฝ้าระวัง	เริ่มมีการกะเทาะเล็กน้อยลึกไม่เกิน 12 มม..
C	ต้องเข้าไปทำการซ่อม บำรุง หรือ ฝ้าติดตาม	มีการกะเทาะลึกไม่เกิน 25 มม.หรือขนาดกะเทาะกว้างไม่เกิน 150 มม.
D	ต้องมีการซ่อมแซมโดยเร่งด่วน /มี มาตรการควบคุมการใช้งาน	มีการกะเทาะลึกเกินกว่า 25 มม.หรือขนาดกะเทาะกว้างมากกว่า 150 มม.

ตารางที่ 4.6 แสดงการประเมินระดับความเสียหายสำหรับกลุ่มที่ 3 ความเสียหาย จากการหลุดลอก (Scaling)

การประเมินระดับความเสียหาย		
ระดับความเสียหาย	ข้อกำหนดในการซ่อม	ลักษณะ
A	ไม่จำเป็นต้องซ่อมแซม	ไม่จำเป็นต้องซ่อมแซม เนื่องจากเกิดความเสียหายหรือเสื่อมสภาพเพียงเล็กน้อย หรือ มีการสูญเสียปูนที่ผิวหน้าไม่เกิน 6 มม. สามารถมองเห็นมวลรวมได้
B	ยังไม่มีวามจำเป็นต้องซ่อมแซม แต่ต้องคอยเฝ้าระวัง	มีการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า ตั้งแต่ความลึก 6 มม.จนถึง 12 มม.และมีการสูญเสียเนื้อปูนระหว่างมวลรวม
C	ต้องเข้าไปทำการซ่อม บำรุง หรือ ฝ้าติดตาม	ขนาดรุนแรง มีการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า ตั้งแต่ความลึก 12 มม.จนถึง 25 มม. และสามารถมองเห็นมวลรวมหายได้ชัดเจนมาก
D	ต้องมีการซ่อมแซมโดยเร่งด่วน /มี มาตรการควบคุมการใช้งาน	ขนาดรุนแรงมาก มีการสูญเสียส่วนของมวลรวมหาย พร้อมกับการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า รวมถึงเนื้อปูนที่อยู่รอบๆมวลรวมหาย มีความลึกมากกว่า 25 มม.ขึ้นไป และเหล็กเสริมในคอนกรีตโผล่ออกมาให้เห็น

4.5 ลักษณะความเสียหาย และแนวโน้มความรุนแรง ที่อาจเกิดกับแต่ละชั้นส่วนสะพาน

ในหัวข้อนี้ จะได้อธิบายเพิ่มเติมถึงลักษณะความเสียหายทั้ง 3 กลุ่มคือ การแตกร้าว การหลุดลอก และ การหลุดลอก ที่อาจเกิดขึ้นกับชั้นส่วนต่างๆของสะพาน ทั้งพื้นสะพานด้านบน พื้นด้านล่าง คาน คานรัด ตอม่อและตอม่อตบริม ว่ามีลักษณะและสาเหตุอย่างไร มีแนวโน้มที่จะเกิดความรุนแรง และส่งผลกระทบต่อโครงสร้างของสะพานเพียงใด พร้อมข้อแนะนำ และรูปภาพประกอบ เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการประเมินระดับความเสียหาย และการตัดสินใจปรับปรุงแก้ไขต่อไป

4.5.1 พื้นสะพานด้านบน

1) การแตกร้าว (Crack)

ความเสียหายจากการแตกร้าว ของพื้นสะพาน ด้านบน ที่จะ ส่งผลกระทบต่อโครงสร้าง คือ กรณีที่พื้นสะพานเกิดรอยแตกร้าวขนาดใหญ่ กว้างมากกว่า 2.0 มม . โดยเฉพาะรอยแตกร้าวที่มีลักษณะเป็นแนวตามยาวหรือตามขวาง ซึ่งเกิดขึ้นตามแนวของเหล็กเสริม ความเสียหายลักษณะนี้จะส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของ โครงสร้าง สาเหตุเกิดจากสนิมของเหล็กเสริมที่ต้นคอนกรีต แตก

ออกมา รอยแตกลักษณะนี้จะมีแนวโน้มของการขยายตัวมีความเสียหายรุนแรงเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะ ในบริเวณที่เหล็กเสริมคอนกรีตมีระยะหุ้ม (Covering) น้อยกว่า 25 มม..

สาเหตุอื่นของการเกิดรอยแตกตามแนวยาวหรือตามขวางที่มีขนาดใหญ่ จะเกิดจากการแอ่นตัวหรือการทรุดตัวของโครงสร้าง รอยแตกร้าวนี้จะมีแนวโน้มของการขยายตัวไปเรื่อยๆ จนกว่าการทรุดตัวจะหยุดลง ส่วนรอยแตกขนาดเล็ก มักเกิดจากคุณสมบัติในการหดตัวและการขยายตัวของคอนกรีต จะมีความรุนแรงไม่มากนัก เช่น รอยแตกรูปแผนที่ เกิดจากการเทและการบ่มคอนกรีตที่ไม่เหมาะสมรวมทั้งจากคุณสมบัติการหดตัวของคอนกรีตจึงทำให้เกิดรอยแตกกระจายโดยทั่วไป ลักษณะความเสียหายและระดับความเสียหายแสดงไว้ใน ตารางที่ 4.7

2) การหลุดกะเทาะ (Spalling)

ลักษณะความเสียหายของพื้นสะพานที่ควรทำการซ่อมแซมคือ พื้นสะพานที่เกิดการหลุดกะเทาะของปูนที่ผิวหน้า และมีผลกระทบต่อความปลอดภัยในการใช้งาน คือพื้นที่ที่มีการหลุดกะเทาะตั้งแต่ความลึกมากกว่า 25 มม. หรือขนาดกะเทาะกว้างกว่า 150 มม.ขึ้นไป สาเหตุที่มีความเสียหายรุนแรงจะเกิดจากการที่เหล็กเสริมเป็นสนิมแล้วดันจนคอนกรีตที่หุ้มกะเทาะออก ทำให้เหล็กเสริมอยู่ในสภาพเปลือยต่อบรรยากาศ มีแนวโน้มมากขึ้นที่จะเกิดการกัดกร่อนจากสนิมจนทำให้โครงสร้างลดความปลอดภัยลงอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะบริเวณพื้นสะพานด้านข้าง

สาเหตุอื่นๆ ที่ทำให้เกิด การหลุดกะเทาะที่ไม่รุนแรงนักมาจากการ เทคอนกรีตปรับระดับเพิ่มภายหลังทำให้คอนกรีตไม่เป็นเนื้อเดียวกัน จึงเกิดการกะเทาะออก หรือเกิดจากการที่พื้นรับน้ำหนักแล้วมีการทรุดตัวหรือแตกแล้วหลุดออกเป็นวง สำหรับการกะเทาะบริเวณรอยต่อของพื้นสะพานจะเกิดจากการกระแทกของล้อรถกับพื้นจนเกิดการกะเทาะแตกเป็นแนวเฉียงลงจากบนไปล่าง ลักษณะความเสียหายและระดับความเสียหายแสดงไว้ในตารางที่ 4.8

3) การหลุดลอก (Scaling)

บริเวณที่เกิดการหลุดลอกจะพบได้ทั่วไปบนพื้นสะพาน ลักษณะความเสียหายที่เกิดการหลุดของผิวหน้าคอนกรีต ที่มีความรุนแรงจนต้องพิจารณาซ่อมแซม คือ บริเวณพื้นสะพานที่เกิดการหลุดของผิวหน้าลึกมากกว่า 25 มม. โดยเฉพาะเมื่อเกิดการหลุดลอกจนสามารถมองเห็นเหล็กเสริมได้

การหลุดลอกส่วนใหญ่มีสาเหตุจากส่วนผสมคอนกรีต ที่ไม่ได้สัดส่วนตามส่วนผสมที่กำหนด (Mixed Design) มีค่าการยุบตัว (เหลว) มากเกินไป เขย่าคอนกรีตนานเกินไป จนทำให้เกิดการแยกตัวของมวลรวม หรือบ่มคอนกรีตไม่ดีทำให้ปฏิกิริยาของซีเมนต์กับน้ำไม่สมบูรณ์ ส่งผลให้ความแข็งแรงทนทานของพื้นสะพานต่ำกว่ามาตรฐาน คอนกรีตจึงเกิดการหลุด ลอกได้ง่าย อีกสาเหตุหนึ่งมาจากการที่มีรถบรรทุกน้ำหนักเกินกว่ามาตรฐาน วิ่งผ่านทำให้เกิดการสึกกร่อนของตัวสะพาน จากการขัดสีกับล้อรถได้เร็วขึ้น นอกจากนี้ความชื้นของอากาศที่สูงทำให้เกิดตะไคร่น้ำที่ผิวทำให้คอนกรีตเกิดการสึกกร่อนไป ลักษณะความเสียหายและระดับความเสียหายแสดงไว้ในตารางที่ 4.9

4.5.2 พื้นสะพานด้านล่าง

1) การแตกร้าว (Crack)

การแตกร้าวของพื้นด้านล่างมักพบคู่กับการหลุด กะเทาะ สาเหตุเกิดจากเหล็กเสริมเป็นสนิม ดันคอนกรีตให้เกิดการแตกร้าวและ กะเทาะออก ความเสียหายนี้มีแนวโน้มที่จะเกิดการขยายตัว และเพิ่มความรุนแรงขึ้น รอยแตกที่พบจะเกิดเป็นแนวยาวตามแนวเหล็กเสริมมีขนาดกว้างมากกว่า 2 มม.

การแตกร้าวในลักษณะอื่นมีแนวโน้มที่จะเกิดความรุนแรงน้อย เช่น การแตกร้าวมีลักษณะแผ่กระจาย รอยแตกร้าวขนาดเล็ก เป็นสาเหตุให้เกิดการซึมของน้ำและอากาศ ซึ่ง สาเหตุการแตกร้าวจะเกิดจากการก่อสร้างที่คลาดเคลื่อน ลักษณะความเสียหายและระดับความเสียหาย แสดงไว้ในตารางที่ 4.10

2) การหลุดกะเทาะ (Spalling)

การหลุด กะเทาะ ที่เกิดบริเวณใต้พื้นและมุมด้านข้างสะพานจะมีความรุนแรงมากกว่าการ กะเทาะที่ผิวด้านบน โดยเฉพาะบริเวณตำแหน่งที่พื้นสะพานคอนกรีตวางบนคานรับ เกิดจากการ กระแทกกันของโครงสร้างสะพานเนื่องจาก แผ่นรองคานไม่สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ ทำให้เกิด การกะเทาะจนถึงเหล็กเสริมได้ จึง มีผลกระทบกับ ความปลอดภัยของ โครงสร้าง โดยเฉพาะส่วนที่มีความ ลึกมากกว่า 25 มม. (1 นิ้ว) และกว้างมากกว่า 150 มม. (6 นิ้ว) ลักษณะความเสียหายและระดับ ความเสียหายแสดงไว้ในตารางที่ 4.11

3) การหลุดลอก (Scaling)

ความเสียหายจากการหลุดลอกที่พื้นด้านล่างมีแนวโน้มที่จะเกิดอันตรายต่อโครงสร้างสะพาน ไม่มากนัก สาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากการควบคุมงานที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน เช่นการรั่วซึมของน้ำ ปูน ทำให้เกิดรังผึ้ง ความเสียหายที่ส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของโครงสร้าง จะมาจากส่วนที่เป็น สนิมของเหล็กเสริม ลักษณะความเสียหายและสภาพความรุนแรงแสดงไว้ใน ตารางที่ 4.12

4.5.3 คาน และคานรัด

1) การแตกร้าว (Crack)

การแตกร้าวของคานและคานรัดจะพบมากที่คานตัวริม รอยแตกร้าวจะ เกิดขนานกับแนวของ เหล็กเสริมคอนกรีต หรือเกิดตัดขวางตามแนวของเหล็กปลอก รอยแตกร้าวที่กว้างกว่า 2 มม. ส่วน ใหญ่จะมีสาเหตุจากการเป็นสนิมของเหล็กต้นคอนกรีตให้เกิดการแตกร้าว และมีแนวโน้มที่จะเกิด ความรุนแรงมากขึ้น ซึ่งความเสียหาย นี้จะส่งผลกระทบต่อ ความปลอดภัยของ โครงสร้าง นอกจากนี้ สภาพแวดล้อมที่มีความเค็มของน้ำ ปริมาณคลอไรด์สูง รวมทั้งการเกิดปฏิกิริยาคาร์บอนเนชั่น จะเป็น ตัวเร่งทำให้เกิดสนิมเหล็กเสริมเร็วขึ้น ลักษณะความเสียหายและระดับความเสียหายแสดงไว้ในตาราง ที่ 4.13

2) การหลุดกะเทาะ (Spalling)

การกะเทาะของคานจะมีความรุนแรงและเกิดมาก บริเวณช่วงรอยต่อของ พื้นสะพานกับคาน จะกะเทาะแตกเป็นแนวเฉียงลง สาเหตุจากการกระแทก กันระหว่างพื้นสะพานกับคานจากการที่แผ่นรองคานรับน้ำหนักไม่ได้ นอกจากนี้ยังมีสาเหตุการกะเทาะที่มีผลต่อเนื่องจากการเกิดสนิมในเหล็กเสริม ซึ่งนับได้ว่ามีแนวโน้มของความรุนแรงสูงของและจะส่งผล กระทบ ต่อความปลอดภัยของ โครงสร้าง ลักษณะความเสียหายและระดับความเสียหายแสดงไว้ในตารางที่ 4.14

3) การหลุดลอก (Scaling)

การหลุดลอกที่นับว่ามีแนวโน้มของความรุนแรง จะเป็นความเสียหายที่เกิดจากการกัดเซาะขึ้นที่เนื้อคอนกรีต จากกระแสน้ำ การแตกตัวของฟองอากาศ ทราาย และโคลนที่พัดพามากระทบและเสียดสีกับคอนกรีตจนทำให้เกิดการสึกกร่อน สาเหตุอื่นๆ ที่ไม่มีความเสียหายที่รุนแรงมากนัก คือ การสึกกร่อนที่เกิดจากความชื้น ลักษณะความเสียหายและระดับความเสียหาย แสดงไว้ในตารางที่ 4.15

4.5.4 ตอม่อ และ ตอม่อตัดริม

1) การแตกร้าว (Crack)

การแตกร้าวที่เกิดกับเสาตอม่อ และตอม่อตัดริมของ สะพาน จะมีแนวโน้มความเสียหายที่รุนแรง และส่งผลต่อความปลอดภัยของโครงสร้างสะพาน รอยแตกร้าวจะเกิดขนานกับ ตำแหน่งแนวตั้งของเหล็กเสริม และในแนวนอนตามตำแหน่งของเหล็กปลอก แสดงให้เห็นถึงการเกิดสนิมในเหล็กเสริม จนตันคอนกรีตที่หุ้มแตกร้าว ดังนั้นรอยแตกจึง มีความลึกตั้งแต่ผิวคอนกรีตถึงตำแหน่งของเหล็กเสริม สาเหตุการเกิดการสนิมของเหล็กเสริมภายในตอม่อ มาจากความเป็นด่างที่ลดลงของคอนกรีต ลักษณะความเสียหายและระดับความเสียหายแสดงไว้ในตารางที่ 4.16





2) การหลุดกะเทาะ (Spalling)

การหลุดกะเทาะของตอม่อ เป็นความเสียหายที่มีความรุนแรงที่ เกิดต่อเนื่องจากการที่เหล็กเสริมเป็นสนิมตันคอนกรีตที่หุ้มให้แตกร้าวและกะเทาะออก ทำให้เหล็กเสริมเผยสู่สภาพภายนอก โดยเฉพาะในตำแหน่งเหล็กปลอกที่มีระยะหุ้มน้อยกว่า 2.5 ซม. สาเหตุอื่นที่มีความรุนแรงรองลงมาเกิดจากแรงกระแทกของรถบรรทุกที่ถ่ายแรงลงมาจากพื้นสะพาน และถ่ายแรงต่อลงมาบนคานรองรับและลงสู่เสาตอม่อตามลำดับ ทำให้เกิดแตกร้าวในบริเวณโคนของตอม่อ ลักษณะความเสียหายและระดับความเสียหายแสดงไว้ในตารางที่ 4.17





3) การหลุดลอกและสึกกร่อน (Scaling and Erosion)

ความเสียหายของเสาตอม่อ จะเกิดในลักษณะของการสึกกร่อนจากการกระทำของกระแสน้ำเป็นหลัก ความเสียหายและความรุนแรง จะมีลักษณะเดียวกับคานรัตในส่วนที่สัมผัสน้ำ ลักษณะความเสียหายและระดับความเสียหายแสดงไว้ในตารางที่ 4.18




ตารางที่ 4.7 รูปแบบการตรวจสอบชิ้นส่วนโครงสร้างพื้นสะพานด้านบน

ลักษณะความเสียหาย แตกร้าว			
ระดับความเสียหาย A		ระดับความเสียหาย B	
<p>ไม่มีการ แตกร้าวของ คอนกรีต หรือ หากมีรอย แตกร้าวต้องมี ขนาดกว้างไม่ เกิน 0.5 มม. หรือเป็นรอย แตกร้าวขนาด เส้นผม (Hairline Crack)</p>		<p>เกิดรอยแตก ร้าวขนาดเล็ก กว้างประมาณ 0.5 - 1.0 มม.</p>	
ระดับความเสียหาย C		ระดับความเสียหาย D	
<p>เกิดรอย แตกร้าวขนาด กลาง กว้าง ประมาณ 1.0 - 2.0 มม.</p>		<p>เกิดรอย แตกร้าวขนาด ใหญ่ กว้าง มากกว่า 2.0 มม.</p>	





ตารางที่ 4.8 รูปแบบการตรวจสอบชิ้นส่วนโครงสร้างพื้นสะพานด้านบน

ลักษณะความเสียหายหลุดกะเทาะ			
ระดับความเสียหาย A		ระดับความเสียหาย B	
<p>ไม่มีการกะเทาะ</p> 		<p>กะเทาะเล็กน้อยลึกไม่เกิน 12 มม.</p> 	
ระดับความเสียหาย C		ระดับความเสียหาย D	
<p>มีการกะเทาะลึกไม่เกิน 25 มม. หรือขนาดกะเทาะกว้างไม่เกิน 150 มม.</p> 		<p>มีการกะเทาะลึกเกินกว่า 25 มม. หรือขนาดกะเทาะกว้างมากกว่า 150 มม.</p> 	




ตารางที่ 4.9 รูปแบบการตรวจสอบชั้นส่วนโครงสร้างพื้นสะพานด้านบน

ลักษณะความเสียหาย หลุดลอก			
ระดับความเสียหาย A		ระดับความเสียหาย B	
<p>เกิดความเสียหายหรือเสื่อมสภาพเพียงเล็กน้อย หรือมีการสูญเสียปูนที่ผิวหน้าไม่เกิน 6 มม. อาจสามารถมองเห็นมวลรวมได้</p>		<p>มีการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า ตั้งแต่ความลึก 6 มม. จนถึง 12 มม. และมีการสูญเสียเนื้อปูนระหว่างมวลรวม</p>	
ระดับความเสียหาย C		ระดับความเสียหาย D	
<p>มีการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้าตั้งแต่ความลึก 12 มม. จนถึง 25 มม. และสามารถมองเห็นมวลรวมหายได้ชัดเจนมาก</p>		<p>มีการสูญเสียส่วนของมวลรวมหาย พร้อมกับ การสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้ารวมถึงเนื้อปูนที่อยู่รอบ ๆ มวลรวมหาย มีความลึกมากกว่า 25 มม. ขึ้นไป และเหล็กเสริมในคอนกรีตโผล่ออกมาให้เห็น</p>	




ตารางที่ 4.10 รูปแบบการตรวจสอบชิ้นส่วนโครงสร้างพื้นสะพานด้านล่าง

ลักษณะความเสียหาย แตกร้าว			
ระดับความเสียหาย A		ระดับความเสียหาย B	
<p>ไม่มีการ แตกร้าวของ คอนกรีต หรือ หากมี รอยแตกร้าว ต้องมีขนาด กว้างไม่เกิน 0.5 มม. หรือ เป็นรอย แตกร้าวขนาด เส้นผม (Hairline Crack</p>		<p>เกิดรอยแตก ร้าวขนาดเล็ก กว้างประมาณ 0.5 - 1.0 มม.</p>	
ระดับความเสียหาย C		ระดับความเสียหาย D	
<p>เกิดรอย แตกร้าวขนาด กลาง กว้าง ประมาณ 1.0 - 2.0 มม.</p>		<p>เกิดรอย แตกร้าวขนาด ใหญ่ กว้าง มากกว่า 2.0 มม.</p>	





ตารางที่ 4.11 รูปแบบการตรวจสอบชิ้นส่วนโครงสร้างพื้นสะพานด้านล่าง

ลักษณะความเสียหาย หลุดกะเทาะ			
ระดับความเสียหาย A		ระดับความเสียหาย B	
ไม่มีการ กะเทาะ		กะเทาะ เล็กน้อยลึกไม่ เกิน 12 มม.	
ระดับความเสียหาย C		ระดับความเสียหาย D	
มีการกะเทาะ ลึกไม่เกิน 25 มม.หรือขนาด กะเทาะกว้างไม่ เกิน 150 มม.		มีการกะเทาะลึก เกินกว่า 25 มม. หรือขนาด กะเทาะกว้าง มากกว่า 150 มม.	





ตารางที่ 4.12 รูปแบบการตรวจสอบชิ้นส่วนโครงสร้างพื้นสะพานด้านล่าง

ลักษณะความเสียหาย หลุดลอก			
ระดับความเสียหาย A		ระดับความเสียหาย B	
<p>เกิดความเสียหายหรือเสื่อมสภาพเพียงเล็กน้อย หรือมีการสูญเสียปูนที่ผิวหน้าไม่เกิน 6 มม. อาจสามารถมองเห็นมวลรวมได้</p>		<p>มีการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า ตั้งแต่ความลึก 6 มม. จนถึง 12 มม. และมีการสูญเสียเนื้อปูนระหว่างมวลรวม</p>	
ระดับความเสียหาย C		ระดับความเสียหาย D	
<p>มีการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า ตั้งแต่ความลึก 12 มม. จนถึง 25 มม. และสามารถมองเห็นมวลรวมหยาบได้ชัดเจนมาก</p>		<p>มีการสูญเสียส่วนของมวลรวมหยาบ พร้อมกับการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า รวมถึงเนื้อปูนที่อยู่รอบ ๆ มวลรวมหยาบ มีความลึกมากกว่า 25 มม. ขึ้นไป และเหล็กเสริมในคอนกรีตโผล่ออกมาให้เห็น</p>	





ตารางที่ 4.13 รูปแบบการตรวจสอบชิ้นส่วนโครงสร้างคาน

ลักษณะความเสียหาย แตกร้าว			
ระดับความเสียหาย A		ระดับความเสียหาย B	
<p>ไม่มีการ แตกร้าวของ คอนกรีต หรือ หากมีรอย แตกร้าวต้องมี ขนาดกว้างไม่ เกิน 0.5 มม. หรือเป็นรอย แตกร้าวขนาด เส้นผม (Hairline Crack)</p>		<p>เกิดรอยแตก ร้าวขนาดเล็ก กว้างประมาณ 0.5 - 1.0 มม.</p>	
ระดับความเสียหาย C		ระดับความเสียหาย D	
<p>เกิดรอย แตกร้าวขนาด กลาง กว้าง ประมาณ 1.0 - 2.0 มม.</p>		<p>เกิดรอย แตกร้าวขนาด ใหญ่ กว้าง มากกว่า 2.0 มม.</p>	





ตารางที่ 4.14 รูปแบบการตรวจสอบชิ้นส่วนโครงสร้างคาน

ลักษณะความเสียหาย หลุดกะเทาะ			
ระดับความเสียหาย A		ระดับความเสียหาย B	
ไม่มีการ กะเทาะ		กะเทาะ เล็กน้อยลึกไม่ เกิน 12 มม.	
ระดับความเสียหาย C		ระดับความเสียหาย D	
มีการกะเทาะลึก ไม่เกิน 25 มม หรือขนาด กะเทาะกว้างไม่ เกิน 150 มม.		มีการกะเทาะลึก เกินกว่า 25 มม. หรือขนาด กะเทาะกว้าง มากกว่า 150 มม.	


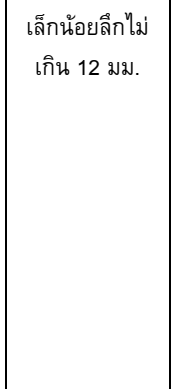

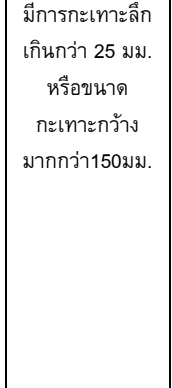

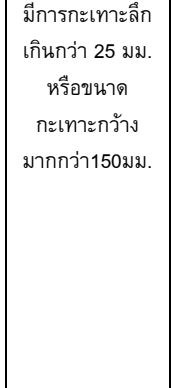


ตารางที่ 4.15 รูปแบบการตรวจสอบชิ้นส่วนโครงสร้างคาน

ลักษณะความเสียหาย หลุดลอก			
ระดับความเสียหาย A		ระดับความเสียหาย B	
<p>เกิดความเสียหายหรือเสื่อมสภาพเพียงเล็กน้อย หรือมีการสูญเสียปูนที่ผิวหน้าไม่เกิน 6 มม. อาจสามารถมองเห็นมวลรวมได้</p>		<p>มีการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า ตั้งแต่ความลึก 6 มม. จนถึง 12 มม. และมีการสูญเสียเนื้อปูนระหว่างมวลรวม</p>	
ระดับความเสียหาย C		ระดับความเสียหาย D	
<p>มีการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า ตั้งแต่ ความลึก 12 มม. จนถึง 25 มม. และสามารถมองเห็นมวลรวมหายได้ ชัดเจนมาก</p>		<p>มีการสูญเสียส่วนของมวลรวมหาย พร้อมกับ การสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า รวมถึงเนื้อปูนที่อยู่รอบๆ มวลรวมหาย มีความลึกมากกว่า 25 มม. ขึ้นไป และเหล็กเสริมในคอนกรีตโผล่ออกมาให้เห็น</p>	





ตารางที่ 4.16 รูปแบบการตรวจสอบชิ้นส่วนโครงสร้างต่อม่อ

ลักษณะความเสียหายแตกร้าว			
ระดับความเสียหาย A		ระดับความเสียหาย B	
<p>ไม่มีการแตกร้าวของคอนกรีต หรือหากมีรอยแตกร้าวต้องมีขนาดกว้างไม่เกิน 0.5 มม. หรือเป็นรอยแตกร้าวขนาดเล็กเส้นผม (Hairline Crac</p>		<p>เกิดรอยแตกร้าวขนาดเล็ก กว้างประมาณ 0.5 - 1.0 มม.</p>	
ระดับความเสียหาย C		ระดับความเสียหาย D	
<p>เกิดรอยแตกร้าวขนาดกลาง กว้างประมาณ 1.0 - 2.0 มม.</p>		<p>เกิดรอยแตกร้าวขนาดใหญ่ กว้างมากกว่า 2.0 มม.</p>	

ตารางที่ 4.17 รูปแบบการตรวจสอบชิ้นส่วนโครงสร้างต่อม่อ

ลักษณะความเสียหาย หลุดกะเทาะ			
ระดับความเสียหาย A		ระดับความเสียหาย B	
<p>ไม่มีการ กะเทาะ</p> 	 <p>กะเทาะ เล็กน้อยลึกไม่ เกิน 12 มม.</p>		 <p>มีการกะเทาะลึก เกินกว่า 25 มม. หรือขนาด กะเทาะกว้าง มากกว่า 150 มม.</p>
ระดับความเสียหาย C		ระดับความเสียหาย D	
<p>มีการกะเทาะ ลึกไม่เกิน 25 มม.หรือขนาด กะเทาะกว้างไม่ เกิน 150 มม.</p> 			

ตารางที่ 4.18 รูปแบบการตรวจสอบชิ้นส่วนโครงสร้างต่อม่อ

ลักษณะความเสียหาย หลุดลอก			
ระดับความเสียหาย A		ระดับความเสียหาย B	
<p>เกิดความเสียหายหรือเสื่อมสภาพเพียงเล็กน้อย หรือมีการสูญเสียปูนที่ผิวหน้าไม่เกิน 6 มม. อาจสามารถมองเห็นมวลรวมได้</p>		<p>มีการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า ตั้งแต่ความลึก 6 มม. จนถึง 12 มม. และมีการสูญเสียเนื้อปูนระหว่างมวลรวม</p>	
ระดับความเสียหาย C		ระดับความเสียหาย D	
<p>มีการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า ตั้งแต่ ความลึก 12 มม. จนถึง 25 มม. และสามารถมองเห็นมวลรวมหายได้ชัดเจนมาก</p>		<p>มีการสูญเสียส่วนของมวลรวมหาย พร้อมกับการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า รวมถึงเนื้อปูนที่อยู่รอบ ๆ มวลรวมหาย มีความลึกมากกว่า 25 มม. ขึ้นไป และเหล็กเสริมในคอนกรีตโผล่ออกมาให้เห็น</p>	

ในบทนี้จะกล่าวถึง วิธีการโดยทั่วไปของการซ่อมแซมความเสียหายของสะพาน จากการเสื่อมสภาพของวัสดุ และแนวทางการเลือกวิธีการซ่อมแซม สำหรับความเสียหายในชิ้นส่วนต่างๆ ซึ่งจะระบุถึงปัญหา แนวทางการเลือกวิธีซ่อมแซม สำหรับชิ้นส่วนที่เกิดความเสียหายขึ้นแล้ว ให้สอดคล้องกับลักษณะและสาเหตุของความเสียหาย และยังระบุแนวทางป้องกันมิให้เกิดปัญหาไว้ด้วย

5.1 วิธีการโดยทั่วไป ที่ใช้แก้ไขซ่อมแซมความเสียหายจากการเสื่อมสภาพของวัสดุ

กระบวนการซ่อมแซมความเสียหายของสะพานจากการเสื่อมสภาพของวัสดุนั้นพบว่า หลายครั้งที่เป็นการซ่อมแซมตามอาการหรือลักษณะความเสียหาย แต่ไม่ได้แก้ไขที่สาเหตุของความเสียหาย ซึ่งอาจเกิดจากข้อมูลความเสียหายทางวิศวกรรมที่ไม่เพียงพอ ยังขาดการสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลรายละเอียดที่ครบถ้วน สำหรับการตัดสินใจเลือกวิธีการ วัสดุที่เหมาะสม ประหยัด และกำจัดปัญหาจากความเสียหายที่แท้จริงได้

การเลือกวิธีการซ่อมแซม ความเสียหายของสะพานจากการเสื่อมสภาพของวัสดุ จึงต้องพิจารณาทั้ง ลักษณะของความเสียหาย สภาพความรุนแรง แนวโน้มที่จะส่งผลกระทบต่อโครงสร้างสะพาน และที่สำคัญคือสาเหตุของความเสียหายนั้น เป็นข้อมูลหลักในการพิจารณาตัดสินใจ

โดยทั่วไปแล้ว การซ่อมแซม ความเสียหายจากการเสื่อมสภาพของวัสดุ จะมีอยู่ 3 วิธีการหลักๆ คือ

1) การปะ (Patching) ปูทับ หรือการแทนที่ด้วยวัสดุใหม่ (Replacement)

ใช้กับการซ่อมแซมพื้นที่เกิดการหลุด กะเทาะและหลุดลอก โดยการแทนที่วัสดุที่เสื่อมสภาพด้วยวัสดุใหม่ หรือการเททับด้วยวัสดุใหม่ลงไปในพื้นที่ที่ต้องการซ่อมแซม

2) การเกรทท์ หรืออัดฉีดด้วยวัสดุซีเมนต์ความหนืดต่ำ (Grouting or Injection)

ใช้ในกรณีต้องการซ่อมพื้น หรือชิ้นส่วนโครงสร้าง ที่เกิดรอยแตก ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะ และความกว้างของรอยแตก

3) การซ่อมและป้องกันสนิม (Cathodic Protection)

ในกรณีที่เหล็กเสริมเป็นสนิม หรือเกิดความเสียหายจนถึงเนื้อเหล็กเสริม ให้พิจารณาทำการกำจัดสนิมในเหล็กเสริม หรือเปลี่ยนเหล็กเสริมใหม่ก่อนที่จะทำการปะ หรือเททับด้วยวัสดุใหม่

5.2 แนวทางการเลือกวิธีการซ่อมแซม สำหรับความเสียหายในชิ้นส่วนต่าง ๆ

5.2.1 สำหรับความเสียหายที่พื้นสะพาน

ปัญหาความเสียหายหลักๆ จากการเสื่อมสภาพของวัสดุในพื้นที่พื้นสะพานคอนกรีต ในความรับผิดชอบของกรมทางหลวงชนบท ที่มีแนวโน้มจะส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยในการใช้งานสะพาน มีอยู่

3 กลุ่มลักษณะ คือ การแตกร้าว การหลุดกะเทาะ และการหลุดลอก ในที่นี้จึงขออธิบายถึงปัญหา แนวทางการเลือกวิธีการซ่อม และการป้องกันทั้ง 3 ลักษณะ ดังนี้

1) การแตกร้าว (Crack) ของพื้นสะพาน

ปัญหา การแตกร้าว (Cracking) รอยแตกอาจเกิดขึ้นเพียงส่วนหนึ่งหรือทั้งหมดของแต่ละชั้นส่วนคอนกรีต ในพื้นสะพานที่เป็นคอนกรีต รอยแตกจากอุณหภูมิและการหดตัวสามารถ เกิดขึ้นได้ทั้งในแนวขวาง (Transverse) แนวยาว (Longitudinal) แนวทแยงเข้าหามุม รอยแตกรูปแผนที่และรอยแตกที่ไม่สามารถระบุรูปแบบได้ รอยแตกเกิดขึ้นเมื่อหน่วยแรงดึง (Tensile Stress) ที่เกิดขึ้นในพื้นสะพานคอนกรีต มีค่าเกินความสามารถในการรับแรงดึงของคอนกรีต โดยทั่วไปรอยแตกในแนวขวางถนนจะเกิดบริเวณหลังเหล็กเสริม รอยแตกตามแนวยาวมักเกิดบริเวณรอยต่อของคาน รอยแตกที่กระจายแบบไม่มีทิศทางมักเกิดจากการใช้งานหรือขั้นตอนการบ่มที่ไม่มีประสิทธิภาพ หรือการเลือกวัสดุที่ไม่เหมาะสม

ทางเลือกวิธีการแก้ไขซ่อมแซม การพิจารณาว่าจะทำการซ่อมแซมหรือไม่หรือจะใช้วิธีการใดซ่อมแซม ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของความเสียหาย การซ่อมแซมโดยทั่วไปสามารถทำได้เมื่อรอยแตกนั้นหยุดการขยายตัวแล้ว โดยการฉีดน้ำยาเกรตเข้าไปตามรอยแตกนั้นๆ กรณีที่รอยแตกที่เกิดขึ้นมีขนาดเล็ก ไม่ลึก โดยเกิดกระจายอยู่ทั่วไปตามผิวหน้าของคอนกรีต การซ่อมโดยการปูวัสดุที่กันความชื้นได้ทับลงไปจะมีความเหมาะสมมากกว่า

การป้องกัน การควบคุมการก่อสร้างที่ดีเป็นไปตามมาตรฐานงานการควบคุมงานก่อสร้างของกรมทางหลวงชนบท สามารถการป้องกันและลดไม่ให้เกิดการแตกร้าวได้ โดยเฉพาะการควบคุมการบ่มคอนกรีต เพื่อลดการสูญเสียน้ำในส่วนผสมของคอนกรีต และยังช่วยให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันที่สมบูรณ์ระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำ

การออกแบบมีส่วนช่วยในการป้องกันไม่ให้เกิดรอยแตกร้าวในพื้นสะพานคอนกรีต โดยในการออกแบบควรต้องกำหนดช่องว่างระหว่างรอยต่อให้พอเพียงไม่ทำให้พื้นคอนกรีตเกิดการขยายตัวจนดันกันเป็นรอยแตกร้าวขึ้น

2) การหลุดกะเทาะ (Spalling) ของพื้นสะพาน

ปัญหา เป็นการแตกกระเทาะหลุดออกมาของชั้นคอนกรีต ส่วนใหญ่พบว่าจะเริ่มเกิดบนผิวคอนกรีตส่วนที่หุ้มเหล็กเสริม สาเหตุหลักมาจากผลของปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างเหล็กเสริมกับออกซิเจน (Oxidation) ที่ซึมผ่านเข้าไปในเนื้อคอนกรีต บางส่วนเกิดจากการขยายตัวในเนื้อคอนกรีตเองหรือเกิดจากการเสื่อมสภาพของมวลรวมที่อยู่ในส่วนผสมของคอนกรีต (Inferior Aggregate) ลักษณะความเสียหายแบบหลุดกะเทาะมีความใกล้เคียงกับการหลุดลอกหรือหลุดออกเป็นแผ่น บางครั้งอาจกล่าวได้ว่าเป็นการหลุดออกที่มีความรุนแรง

การหลุดกะเทาะมักเกิดขึ้นสัมพันธ์กับการเกิดสนิมในเหล็กเสริม โดยมีคลอไรด์เป็นตัวเร่งให้เกิดความรุนแรง ซึ่งสาเหตุจากความเค็มของเกลือคลอไรด์นี้ จะมีแนวโน้มของความเสียหายที่มีความรุนแรงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนสามารถส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยในการใช้สะพาน

ปัญหาอื่น ๆ ที่ทำให้เกิดการกะเทาะในพื้นที่ผิวคอนกรีตพบว่ามาจากกระยะหุ้มเหล็กที่น้อยเกินไป ความพรุนหรือการซึมได้ของคอนกรีต สาเหตุเกิดจากทั้งการออกแบบและกระบวนการในการทำงานก่อสร้างที่ไม่มีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ปริมาณการจราจรและการบรรทุกน้ำหนักเกินของยานพาหนะที่ใช้สะพาน ทำให้แผ่นพื้นเกิดการแอ่นตัวและเกิดการกระแทกกันกับโครงสร้างที่รองรับจนหลุดกะเทาะออก

ทางเลือกวิธีการแก้ไขซ่อมแซม การแก้ไขซ่อมแซมความเสียหายจากการหลุดกะเทาะที่พื้นสะพานสามารถทำได้หลายวิธีคือ

ก. การปะ (Patching)

กรณี que เริ่มพบความเสียหายใหม่ๆ ที่บริเวณผิวด้านบนของพื้นสะพาน ควรต้องรีบดำเนินการซ่อมแซมชั่วคราวก่อนเพื่อป้องกันไม่ให้ความเสียหายขยายตัวได้อย่างรวดเร็ว วิธีการซ่อมแซมที่ง่ายที่สุดคือการปะด้วยวัสดุแอสฟัลต์ เมื่อการหลุดกะเทาะเกิดการขยายตัวเป็นบริเวณกว้างและเริ่มมีความลึกมากขึ้น ควรต้องวางแผนเพื่อกำหนดวิธีการซ่อมแซม เช่น การปะด้วยมอร์ตาร์ อีพ็อกซี หรือการใช้พวกปูนซีเมนต์ประเภทให้กำลังสูงในระยะต้น ซึ่งมีความสะดวกและรวดเร็วในการทำงานซ่อมแซม

ข. การปูทับ (Overlay)

เมื่อความเสียหายกระจายเป็นวงกว้าง แต่ยังไม่เสียหายไม่ลึกนัก การปูทับด้วยวัสดุซีเมนต์ พวกสารผสมระหว่างซีเมนต์กับโพลีเมอร์หรือแอสฟัลต์ เป็นอีกวิธีหนึ่งในการลดและควบคุมปัญหาจากการหลุดกะเทาะ ทั้งจากการซึมผ่านได้ของน้ำ การขีดสีและการกระแทกจากล้อรถยนต์

ค. การทดแทน (Replacement)

เมื่อความเสียหายเกิดเป็นบริเวณกว้างและมีความลึกพอ เช่น ระดับความรุนแรงมาก มีการสูญเสียส่วนของมวลรวมหยาบ พร้อมกับการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า รวมถึงเนื้อปูนที่อยู่รอบ ๆ มวลรวมหยาบ มีความลึกมากกว่า 25 มม.ขึ้นไป และเหล็กเสริมในคอนกรีตโผล่ออกมาให้เห็นการกัดคอนกรีตบริเวณที่มีความเสียหายออก แล้วทำการทดแทนด้วยวัสดุใหม่ที่มีคุณสมบัติทางกายภาพใกล้เคียงกัน จะเป็นการซ่อมแซมที่ได้ผลค่อนข้างสูง เช่น การเททับด้วยคอนกรีตที่มีกำลังและส่วนผสมที่เหมือนกับคอนกรีตเดิม

การป้องกัน การป้องกันการหลุดกะเทาะต้องพิจารณาป้องกันที่สาเหตุ โดยเฉพาะการป้องกันการเกิดสนิมเหล็กเสริมในโครงสร้างซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการหลุดกะเทาะ เช่น

1. ใช้ส่วนผสมของคอนกรีตที่มีความทึบน้ำ
2. ทำการป้องกันการซึมของน้ำ (Water Proof) เช่น การใช้สารเคลือบ
3. ป้องกันการเกิดสนิมของเหล็กเสริมโดยใช้สารเคลือบผิวเหล็ก (Epoxy and Galvanized)

4. เพิ่มระยะหุ้มของพื้นจากเดิม 25 มม. เป็น 50 มม.
5. ในการออกแบบให้พิจารณาวิธีการลดแรงกระแทกจากการวิ่งผ่านสะพานของยวดยาน (Live Load Vibration) เช่น การปูพื้นสะพานด้วยแอสฟัลต์เพื่อเป็นผิวจราจร
6. พิจารณาวิธีการป้องกันการเกิดสนิมของเหล็กเสริมจากการเสียดสีประจุไฟฟ้าสำหรับสะพานที่มีขนาดใหญ่
7. ให้ความสนใจกระบวนการทำงานและควบคุมงานก่อสร้างให้ได้คุณภาพตามมาตรฐานการควบคุมงานของกรมทางหลวงชนบท
8. ใช้สารพวกโพลีเมอร์ในส่วนผสมของคอนกรีตเพื่อลดการซึมของน้ำ
9. เพิ่มคุณสมบัติในการรับแรงกระแทกของแผ่นรองรับพื้น (Bearing Pad)

3) การหลุดลอก (Scaling) ของพื้นสะพาน

ปัญหา การหลุดลอกของผิวหน้า เป็นการเกิดความเสียหายในลักษณะที่มีการสูญเสียซีเมนต์เพสต์หรือปูนฉาบที่ผิวหน้าและมวลรวมคอนกรีตในบริเวณหนึ่งๆอย่างต่อเนื่องและเพิ่ม ขนาดความกว้างและความลึกมากขึ้นเรื่อยๆ สาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากการกระบวนการทำงานและการเลือกใช้วัสดุที่ไม่เหมาะสม เช่น การเลือกใช้ส่วนผสมของคอนกรีตที่เหลวเกินไป การเทและเขย่าคอนกรีตแล้วทำให้เกิดการแยกตัว การบ่มไม่ดีทำให้เกิดการสูญเสียน้ำจนทำให้ปฏิกิริยาไฮเดรชันเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ นอกจากนี้ยังเกิดจากการขัดสีของล้อรถ การถูกกัดเซาะจากน้ำที่มีเกลือผสมจากรถบรรทุกทุกอาหารสด

ทางเลือกวิธีการแก้ไขซ่อมแซม ความเสียหายที่ส่งผลต่อความปลอดภัยของสะพาน จะเป็นความเสียหายที่เกิดขึ้นในระดับที่ต้องมีการซ่อมแซมโดยเร่งด่วน ความเสียหายที่เกิดขึ้นมีผลต่อความแข็งแรงของโครงสร้าง หรืออาจเกิดอันตรายต่อผู้ใช้สะพานได้ ถ้าบริเวณความเสียหายที่ต้นและบริเวณที่ไม่กว้างนักสามารถซ่อมแซมได้โดยการสกัดส่วนที่เสียหายและทำการปะด้วยมอร์ต้า อีพ็อกซีมอร์ต้าหรือปูทับด้วยวัสดุผสมพวกโพลีเมอร์ ในกรณีที่มีความเสียหายมีบริเวณกว้างและลึกสามารถเททับด้วยคอนกรีตที่มีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต่ำ ค่าการยุบตัวน้อย หรือการเพิ่มปริมาณซีเมนต์ในส่วนผสมของคอนกรีต

การป้องกัน การควบคุมการใช้วัสดุและกระบวนการทำงานในการก่อสร้างให้ดีไม่ให้มีความผิดพลาดจะลดปัญหาการเสื่อมสภาพจากการหลุดลอก การใช้วัสดุหรือสารผสมเพิ่มประเภทสารกระจายกักฟองอากาศจะช่วยทำให้เกิดการกระจายของฟองอากาศอย่างสม่ำเสมอทำให้ทำงานได้ง่ายและยังสามารถลดปริมาณน้ำในส่วนผสมของคอนกรีต

การดูแลหรือออกแบบให้มีการระบายน้ำที่ดี ทำให้ไม่เกิดน้ำขังหรือไหลไปในทิศทางเดียวกันด้วยปริมาณที่มากและความเร็วในการไหลที่สูง ก็สามารถป้องกันความเสียหายจากการหลุดลอกของพื้นผิวสะพานได้เช่นกัน

นอกจากนี้ AASHTO Manual for Bridge Maintenance (1976) แนะนำว่าการใช้ Linseed Oil สามารถลดการเกิดการหลุดลอกของผิวพื้นสะพานได้

5.2.2 สำหรับความเสียหายที่โครงสร้างคาน ตอม่อ และ ตอม่อดับริม

ปัญหา ปัญหาของโครงสร้างส่วนล่างในส่วนของ คาน (Cap Beam) ตอม่อ และ ตอม่อดับริม ที่เกิดจากการเสื่อมสภาพของวัสดุมีสองลักษณะหลักๆคือ ความเสียหายที่ผิวคอนกรีต และความเสียหายในส่วนที่สัมผัสน้ำ ซึ่งเกิดขึ้นทั้งในกลุ่มการแตกร้าว การหลุดกะเทาะและการหลุดลอก

ทางเลือกวิธีการแก้ไขซ่อมแซม การเสื่อมสภาพของวัสดุที่ผิวของตอม่อดับริมและ คานตัวริม เป็นผลจากปฏิกิริยาเคมี คุณภาพของมวลรวมไม่ดี หรือเกิดขึ้นพร้อมๆกันจากหลายสาเหตุ ลักษณะความเสียหายที่พบจะมีลักษณะการคอนกรีตหลุดออกเป็นชั้นที่ผิวหน้าในส่วนที่หุ้มเหล็กเสริม อยู่ หลุดออกเป็นจุดๆ (Pop-out) หรือมีการแตกบิ่นที่มุม

การซ่อมแซมความเสียหายลักษณะนี้ทำได้โดยการทุบสกัดคอนกรีตส่วนที่เสียหายออกให้หมด ซ่อมแซมหรือเปลี่ยนเหล็กเสริม แล้วแทนที่ด้วยวัสดุใหม่ เช่น มอร์ต้า คอนกรีตหรือโพลีเมอร์คอนกรีต การซ่อมโดยวิธีนี้จะต้องระมัดระวังเรื่องของการหดตัวที่แตกต่างกัน รวมทั้งการยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตเก่าและวัสดุใหม่ที่นำมาทดแทน

ตอม่อและ ตอม่อดับริม ในส่วนที่สัมผัสกับน้ำจะเกิดการเสื่อมสภาพจากการกัดเซาะของน้ำ กรวด ทรายและการแตกตัวของฟองอากาศจากกระแสน้ำ ในการซ่อมแซมจะต้องทำการสร้างทำนบกั้นน้ำชั่วคราว เพื่อป้องกันน้ำไม่ให้เข้าไปทำความเสียหายโครงสร้างที่กำลังทำการซ่อมแซม

การป้องกัน

1. ใช้ส่วนผสมของคอนกรีตที่มีความหิบน้ำ เช่น เพิ่มปริมาณซีเมนต์หรือถั่วลอยในส่วนผสม
2. ทำการป้องกันการซึมและการกัดเซาะของน้ำ เช่น การใช้สารเคลือบ
3. ป้องกันการเกิดสนิมของเหล็กเสริมโดยใช้สารเคลือบผิวเหล็กเสริม (Epoxy and Galvanized)
4. เพิ่มระยะหุ้มของพื้นจากเดิม 25 มม. เป็น 50 มม. ในคาน และ 75 มม. ในตอม่อ
5. ในการออกแบบให้พิจารณาวิธีการลดแรงกระแทกจากการวิ่งผ่านสะพานของยวดยาน เช่น การปูพื้นสะพานด้วยแอสฟัลต์เพื่อเป็นผิวจราจร
6. พิจารณาวิธีการป้องกันการเกิดสนิมของเหล็กเสริมจากการเสียดประจุไฟฟ้า โดยเฉพาะในตอม่อ
7. ให้ความสนใจกระบวนการทำงานและควบคุมงานก่อสร้างให้ได้คุณภาพตามมาตรฐานการควบคุมงานของกรมทางหลวงชนบท
8. ใช้สารพอกโพลีเมอร์ในส่วนผสมของคอนกรีตเพื่อลดการซึมของน้ำ
9. เพิ่มคุณสมบัติในการรับแรงกระแทกของแผ่นรองรับพื้น (Bearing Pad)

แนวทางในการซ่อมแซมสะพานและการเลือกวัสดุเพื่อใช้ในการซ่อมแซม ได้สรุปไว้ในตาราง
ที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แสดงแนวการเลือกวิธีการซ่อมแซม

ความเสียหาย	วิธีซ่อมแซม	วัสดุ
แตกร้าว	<ul style="list-style-type: none"> • เกราท • ปูทับ 	<ul style="list-style-type: none"> • น้ำยาเกราท • โพลีเมอร์คอนกรีต
กะเทาะ	<ul style="list-style-type: none"> • ปะ • ดรายแพค • สกัดทำผิวใหม่ 	<ul style="list-style-type: none"> • มอร์ต้า อีพ็อกซี่ • ดรายแพค • คอนกรีต โพลีเมอร์คอนกรีต • คอนกรีตวางมวลรวมก่อน
หลุดลอก	<ul style="list-style-type: none"> • ปูทับ • สกัดทำผิวใหม่ 	<ul style="list-style-type: none"> • โพลีเมอร์คอนกรีต (บาง) • มอร์ต้า คอนกรีต โพลีเมอร์คอนกรีต • คอนกรีตวางมวลรวมก่อน

5.3 งบประมาณ ความจำเป็นเร่งด่วนและระยะเวลาในการซ่อมแซม

ในการเลือกและกำหนดวิธีการซ่อมแซมนั้น จะต้องพิจารณาถึงความจำเป็นในการใช้งาน สะพานและค่าใช้จ่ายประกอบกัน นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาถึงความเป็นไปได้และความสามารถของผู้รับเหมาในท้องถิ่นที่สามารถดำเนินการได้หรือไม่

ความเสียหายของคอนกรีตที่เกิดขึ้นไม่ได้มีความจำเป็นที่จะต้องทำการซ่อมแซมโดยเร่งด่วน ในทุกกรณี มีหลายปัจจัยที่จะต้องนำมาพิจารณาประกอบถึงการส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยในโครงสร้างคอนกรีต

การซ่อมแซมโครงสร้างคอนกรีตควรจะทำเมื่อพิจารณาว่ากระทบกับความปลอดภัยในการใช้งาน ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในระดับความเสียหาย ที่ต้องเข้าไปทำการซ่อมบำรุงหรือเฝ้าติดตาม (C) และอยู่ในสภาพความเสียหายที่ต้องมีการซ่อมแซมโดยเร่งด่วน และมีมาตรการควบคุมการใช้งาน (D) หรือพบว่ามีความเสียหายที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว

อย่างไรก็ตามความเสียหายจากการเสื่อมสภาพของคอนกรีตในสภาพสิ่งแวดล้อมปกติจะมี อัตราเพิ่มของความเสียหายค่อนข้างช้า เมื่อตรวจพบความเสียหายตั้งแต่ระยะเริ่มต้น จะทำให้สามารถติดตามอัตราการเพิ่มขึ้นของความเสื่อมสภาพในคอนกรีตได้

ความเสียหายบางประเภทของคอนกรีต ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องทำการซ่อมแซมทันทีหรือสามารถปล่อยไว้ตามสภาพได้ เช่น การแตกร้าวจากการหดตัวแบบแห้ง (Drying Shrinkage) หรือ การสึกกร่อนในระยะต้น ๆ ของการหลุดลอกที่ผิวพื้นบนของสะพานจากการไหลของน้ำฝน การซ่อมแซมความเสียหายเช่นนี้จะลักษณะเป็นเพียงการตกแต่งผิวให้ดูสวยงามเท่านั้น (Cosmetic Purpose)

ในการเลือกและกำหนดวิธีการซ่อมแซมนั้น จะต้องพิจารณาถึงความจำเป็นในการใช้งาน สะพานและค่าใช้จ่ายประกอบกัน นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาถึงความเป็นไปได้และความสามารถของผู้รับเหมาในท้องถิ่นที่สามารถดำเนินการได้หรือไม่

6

การเลือกวัสดุในการซ่อมแซมสะพาน

เนื้อหาของบทนี้จะครอบคลุมถึง คุณสมบัติของวัสดุและการพิจารณาเลือกวัสดุอุปกรณ์ที่เหมาะสมเพื่อที่จะใช้ในการซ่อมแซมสะพาน การเลือกวัสดุจะง่ายขึ้นเมื่อพิจารณาถึงผลกระทบใน 3 ขั้นตอน คือสภาพการณ์ที่จำเป็นต้องมีการซ่อมแซม ช่วงเวลาที่จะทำการซ่อมแซมและ การซ่อมแซม สิ้นสุดลง ข้อมูลเหล่านี้รวมถึงบริเวณหรือพื้นที่ที่จะต้องทำการซ่อมแซม จะนำมาใช้เพื่อพิจารณาเลือกประเภทวัสดุซ่อมแซมจากทั้งหมดที่กำหนดไว้ 10 ประเภท คือ

1. ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ มอร์ต้า (Conventional Mortar)
2. ดรายแพคและอีพ็อกซีดรายแพค (Dry Pack and Epoxy-bonded Dry Pack)
3. คอนกรีตวางมวลรวมก่อน (Preplace Aggregate Concrete)
4. ช็อตกริต (Shotcrete)
5. คอนกรีต (Replacement Concrete)
6. ปูนอีพ็อกซี (Epoxy Bonded and Epoxy Mortar)
7. Epoxy Bonded Replacement Concrete
8. โพลีเมอร์คอนกรีต (Polymer Concrete)
9. Thin Polymer Concrete Overlay
10. น้ำยาเกรทหรือเรซินเกรท (Resin Injection)

6.1 ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์มอร์ต้า (Conventional Mortar)

การใช้งาน สะพานของกรมทางหลวงชนบทเกือบทั้งหมดสร้างจากวัสดุที่เป็นคอนกรีต ดังนั้นการใช้คอนกรีตและ มอร์ต้าหรือวัสดุประสาน (Cementations Materials) ในการซ่อมแซม จึงเป็นทางเลือกที่ดี และเหมาะสม เพื่อที่จะให้คอนกรีต เดิมที่ถูกซ่อมแซมมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับ วัสดุหรือคอนกรีตใหม่ที่สุด

ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์มอร์ต้าหรือมอร์ต้า เป็นวัสดุประเภทหนึ่งที่ได้รับคามนิยมนำมาใช้ในงานซ่อมแซมคอนกรีตมาก จาก การที่หาได้ง่ายและมีราคาถูก การใช้ มอร์ต้าในงานซ่อมแซมเล็กๆ นั้น อาจจะเลือกใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ได้หลากหลายชนิดโดยขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของงาน และ สภาพการสัมผัสกับสภาพแวดล้อม (Exposure) รวมถึงความต้องการในเรื่องของกำลังคอนกรีต

มอร์ต้าสามารถใช้ซ่อมแซมในสถานการณ์เดียวกับคอนกรีต โดยเฉพาะ การซ่อมแซมขนาดเล็กๆ และในชั้นส่วนที่บาง การซ่อมผิวคอนกรีตด้วยมอร์ต้าเหมาะสมสำหรับความเสียหายที่ค่อนข้างตื้นมีขนาดไม่ใหญ่ หรือกว้างนัก มักใช้ในบริเวณที่มองเห็นไม่เด่นนัก การซ่อมโดยวิธีนี้ควรเชื่อมด้วยมอร์ต้าในขณะที่คอนกรีตยังเป็นสีเขียวอยู่ หรือหลังจากถอดแบบไม่เกิน 24 ชม. หรือใช้ในการซ่อมบริเวณซึ่งมีขนาดความเสียหายเกินกว่า (จนไม่เหมาะสม) ที่จะซ่อมโดยการใช้อีพ็อกซีหรือบริเวณ

ที่ความเสียหายนั้นตื่นเกินกว่าที่จะทนคอนกรีตเพื่อซ่อมแซมได้ การซ่อมด้วยมอร์ต้าอาจใช้เครื่องมือหรือใช้วิธีทำงานด้วยมือก็ได้

การใช้มอร์ต้าซ่อมคอนกรีตที่เกิดการเสื่อมสภาพจากอายุการใช้งาน หรือใช้ในการซ่อมแซมคอนกรีตเก่าที่เสียหาย ควรใช้คู่กับวัสดุเชื่อมประสาน (Bonding Agent or Bonding Resin) ในการซ่อมแซมโดยการใช้มอร์ต้าจะต้องระวังเรื่องการสูญเสียน้ำจากการระเหยออกจากผิวหน้า รวมทั้งการถูกคอนกรีตเก่าดูดน้ำไป ซึ่งจะทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันที่ไม่สมบูรณ์ และต้องระวังด้วยการพัฒนาแรงยึดเกาะ (Bonding) จะไม่มีประสิทธิภาพ

การเตรียมการ การซ่อมผิวคอนกรีตเดิมด้วยมอร์ต้า ถ้าจะให้ได้ดีควรต้องใช้คู่กับปืนยิงมอร์ต้าขนาดเล็ก (Pneumatic Gun) โดยเฉพาะกรณีพื้นที่ต้องการซ่อมมีบริเวณกว้าง ทั้งนี้พื้นผิวบริเวณที่ต้องการซ่อมแซมต้องสะอาดปราศจากฝุ่นและเศษวัสดุ การเตรียมพื้นที่เพื่อการซ่อมแซมนี้อาจจะมีค่าใช้จ่ายสูง ในกรณีที่ไม่สามารถใช้ปืนยิงมอร์ต้าได้อาจใช้ฝีมือแรงงานแทนได้โดยเฉพาะในบริเวณที่ต้องการซ่อมที่มีขนาดเล็ก

วัสดุ มอร์ต้าที่ใช้ในการซ่อมแซมประกอบด้วย ซีเมนต์ มวลรวมละเอียดหรือทรายที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 16 และน้ำในสัดส่วนที่พอเหมาะ ซีเมนต์ที่ใช้ควรเป็นประเภทเดียวกับซีเมนต์ที่ใช้ในคอนกรีตเดิม โดยมีสัดส่วนของซีเมนต์ต่อทรายอยู่ระหว่าง 1:2 ถึง 1:4 ขึ้นอยู่กับเทคนิคในการทำงาน นอกจากนี้ยังสามารถใช้สารเคมีประเภทต่างๆ ที่เป็นสารผสมเพิ่มเพื่อเติมเข้าไปในส่วนผสมของมอร์ต้า เช่นการใช้สารลดน้ำ สารช่วยในการขยายตัว เพื่อช่วยลดการหดตัวที่อาจเกิดขึ้นกับมอร์ต้าตัวอย่างเช่น

มอร์ต้าที่คืนตัวเร็ว (Quick-setting Non-shrink Mortar) ใช้เมื่อต้องการควบคุมรอยแตกอันเนื่องมาจากการหดตัว (Shrinkage Cracks) ระหว่างวัสดุใหม่และคอนกรีตเดิมสามารถกระทำได้โดยใช้ซีเมนต์ที่มีคุณสมบัติการขยายตัว (Expansive Cement) ผลิตรกัณฑ์ชนิดนี้จะถูกรวมตัวกับสารผสมเพิ่ม (Admixtures) ซึ่งจะเพิ่มกำลัง ปรับปรุงทั้งแรงยึดเหนี่ยว และความสามารถในการเท (Workability) ให้ดีขึ้น และยัง สามารถลดเวลาในการบ่ม ได้อีกด้วย ผลิตรกัณฑ์ ประเภทนี้มักเป็นผลิตรกัณฑ์ที่มีการผสมมาเรียบร้อยแล้ว จากโรงงาน จึงมีราคาสูงกว่ามอร์ต้าที่ผสมเอง แต่ก็เป็นวัสดุที่มีความเหมาะสม และสะดวก ต่อการใช้งาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องการเพิ่มกำลังของคอนกรีตภายในเวลาอันจำกัด โดยส่วนใหญ่แล้วจะใช้ผลิตรกัณฑ์ชนิดนี้ในการซ่อมแซมหรือสร้างใหม่ในส่วนหัวของตอม่อ และตอม่อตัมบริม แผ่นรองสะพาน รอยต่อของพื้นสะพาน (Deck Joints) การหลุดกะเทาะที่ไม่ใหญ่มากนัก และในสถานการณ์อื่นๆ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน

ซีเมนต์ก่อตัวเร็ว (Rapid-Setting Cements) การใช้งานซีเมนต์ก่อตัวเร็วเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการซ่อมแซมถนนหรือสะพานที่ต้องการเปิดการใช้งานได้อย่างรวดเร็ว เช่นการซ่อมผิวถนนสะพาน คุณสมบัติของซีเมนต์ก่อตัวเร็วคือมีระยะเวลาการก่อตัวที่เร็ว ในบางครั้งสามารถพัฒนา กำลังแรงอัดได้เกิน 6.9 MPa ภายในเวลา 3 ชั่วโมง ในอดีตจนถึงปัจจุบัน มีการใช้ปูนซีเมนต์ชนิดพัฒนากำลังรับแรงได้เร็วร่วมกับการใช้สารเร่งการก่อตัวมากกว่าวัสดุชนิดอื่นเพื่อนำมาใช้งานซ่อมแซม ซีเมนต์ก่อตัวเร็วสามารถพัฒนากำลังรับน้ำหนักได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งเมื่อนำไปใช้ในงานซ่อม

จะทำให้สามารถเปิดให้ใช้งานได้อย่างรวดเร็วเร็วกว่าคอนกรีตทั่วไป ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากในการซ่อมแซมถนนและสะพานเนื่องจากสามารถลดระยะเวลาการซ่อมแซม เพิ่มความปลอดภัย ลดค่าใช้จ่ายในการควบคุมดูแลระบบการจราจรในขณะที่ทำการซ่อมแซม

ถึงแม้ว่า ซีเมนต์ก่อตัวเร็วจะมีความคงทนเท่ากับคอนกรีต แต่เนื่องจากส่วนผสมของซีเมนต์ก่อตัวเร็วอาจไม่เหมาะสมในการนำมาใช้ในบางสภาพแวดล้อม ซีเมนต์ก่อตัวเร็วพัฒนากำลังจากการขยายตัวของ Ettringite ซึ่งหากมีระดับการขยายตัวที่มากเกินไป และเวลาที่ใช้ในการพัฒนาจนถึงระดับสูงสุดที่นานเกินไปอาจนำไปสู่การลดลงของกำลังของวัสดุได้ นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงระยะเวลา และวิธีการที่ใช้ในการบ่มเนื่องจากปัจจัยเหล่านี้มีผลกระทบต่อการพัฒนาของ Ettringite สาเหตุจากส่วนผสมของซีเมนต์ก่อตัวเร็วมีส่วนผสมของ อัลคาไล และอลูมิเนียม สูง ดังนั้นต้องระวังไม่ให้ นำไปใช้ในสภาวะที่มีซัลเฟตสูง และหลีกเลี่ยงการนำไปใช้กับมวลรวมที่ทำปฏิกิริยากับอัลคาไล

มอร์ต้าที่มีการหดตัวก่อน (Pre-shrink Mortar) คือมอร์ต้าที่ปริมาณน้ำน้อย และถูกนำมาผสมและยอมให้ มอร์ต้าหดตัว 30 ถึง 90 นาทีก่อนนำมาใช้งาน ขึ้นอยู่กับ อุณหภูมิ ก่อนที่จะนำมาใช้ ปะหรือเททับต้องมีการผสมอีกครั้ง มอร์ต้าที่มีการหดตัวก่อนเหมาะสำหรับงานที่มีบริเวณเล็กมากๆ ซึ่งไม่สามารถกระทุ้งทรายแผ่ค้ำให้แน่นได้

การซ่อม พื้นที่ความเสียหายที่ต้องซ่อมแซมของของสะพานมักจะอยู่ในแนวตั้งและเหนือศรีษะดังนั้นการซ่อมด้วยมอร์ต้า ในพื้นที่ความเสียหายที่มีขนาดลึกมากกว่า 25 มม. (1 นิ้ว) จะต้องทำเป็นชั้นๆ ละประมาณ 18 มม. ($\frac{3}{4}$ นิ้ว) เพื่อหลีกเลี่ยงการเสียดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างมอร์ต้าที่นำมาใช้ซ่อมแซมและคอนกรีตเดิม เนื่องจากน้ำหนักของมอร์ต้าที่ใช้ซ่อมแซมมีมากเกินไป ทำให้ไม่เกาะตัวและหลุดล่อนออกมา โดยในแต่ละชั้นของการซ่อมแซมควรดำเนินการโดยให้มีเวลาห่างกันประมาณ 30 นาทีหรือมากกว่า ในระหว่าง ชั้นของการซ่อมแซมจะต้องขูดผิวหน้าให้เป็นรอยไว้และต้องระวังไม่ให้มอร์ต้าในชั้นนั้นแห้ง เมื่อซ่อมชั้นสุดท้ายแล้วเสร็จให้ปาดด้วยเกรียงแล้วทำการบ่ม แต่ห้ามโรยปูนผงเพื่อแต่งผิวหรือทำการแต่งผิวจนเกิดน้ำซึมออกมาจากผิวหน้าของมอร์ต้า

การบ่ม การบ่มมอร์ต้าที่ไม่เหมาะสมเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้การซ่อมแซมด้วยมอร์ต้าไม่ได้ผล การบ่มมอร์ต้าควรเริ่มต้นทันทีเมื่อมอร์ต้าเริ่มแข็งตัวและควรบ่มไปจนครบ 14 วัน เป็นอย่างน้อย การบ่มทำได้โดยการคลุมด้วยผ้าชุบน้ำหรือใช้สารเคลือบผิว (Curing Compound)

ข้อจำกัด การใช้มอร์ต้าในการซ่อมแซมต้องมีความระมัดระวัง เนื่องจากมอร์ต้า มีคุณสมบัติการหดตัวสูงกว่าคอนกรีต สาเหตุมาจากการที่มอร์ต้า มีปริมาณน้ำ ในส่วนผสม ที่สูงกว่า มีปริมาณซีเมนต์ที่มากกว่า และอัตราส่วนซีเมนต์เฟสต่อมวลรวมที่สูงกว่าคอนกรีต

6.2 ทรายแพคและอีพ็อกซีทรายแพค (Dry pack and Epoxy-bonded dry pack)

การใช้งาน ทรายแพคเหมาะสำหรับนำมาใช้ปะหรือกลบโพรงที่มีขนาดใหญ่และขนาดเล็กซึ่งยอมให้มีการอัดหรือกระทุ้งทรายแพคเข้าไปในโพรงที่ต้องการซ่อมอย่างเพียงพอ ซึ่งโพรงหรือรูที่ซ่อมควรมีความลึกไม่น้อยกว่า 25 มม. (1 นิ้ว) การซ่อมแซมสามารถใช้งานได้ทั้งพื้นผิวแนวตั้ง และพื้นผิวที่อยู่เหนือศรีษะ นอกจากนี้ ทรายแพค ยังสามารถใช้สำหรับเติมรอยแตกที่ไม่มีกรขยายตัวแล้ว

(Dormant Crack) อย่างไรก็ตาม ทรายแพคไม่ควรนำมาใช้กับรอยแตกที่ยังมีการขยายตัวอยู่ (Active Crack)

การเตรียมการ การใช้ทรายแพคมอร์ต้าในการซ่อมแซมจะต้องทำด้วยความระมัดระวัง และมีการตรวจสอบที่ดี พื้นที่หรือรูที่จะซ่อมจะต้องสะอาดปราศจากส่วนเสียหาย หรือหลุ่ร่อน (Loose Pieces of Aggregate) เพื่อให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวที่ดีระหว่างวัสดุเก่าและใหม่ควรต้องใช้วัสดุสำหรับยึดประสานโดยสามารถเลือกได้ 1 ใน 3 วิธี ดังนี้

วิธีแรก โดยการใช้มอร์ต้าข้น (Stiff Mortar) เป็นตัวเคลือบเพื่อประสานวัสดุเก่าและใหม่ก่อนที่จะใช้ทรายแพคมอร์ต้ากลบหรืออุด มอร์ต้าที่ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมประสานประกอบด้วย ซีเมนต์ 1 ส่วน ทราย 1 ส่วน ผสมน้ำให้เหลวข้น (Fluid Paste Consistency) แล้วจึงทาลงไปบนบริเวณพื้นผิวที่เตรียมไว้ก่อนที่จะทำการซ่อมหรือกลบด้วยทรายแพค ซึ่งจะต้องดำเนินการให้แล้วเสร็จก่อนที่มอร์ต้าข้นจะแข็งตัวหรือแห้ง ในการซ่อมด้วยวิธีนี้จะต้องระวังไม่ให้พื้นที่ผิวแห้งหรือเปียกเกินไป เพราะจะมีผลต่อซีเมนต์มอร์ต้าข้นและทรายแพคที่ใช้ การทำให้บริเวณที่ต้องการซ่อมแซมชื้นไว้ล่วงหน้า 1 คืน (Pre-soak) ก่อนดำเนินการซ่อม จะทำให้ได้ผลการซ่อมแซมที่ดีกว่าและยังเป็นการป้องกันการสูญเสียปฏิกิริยาไฮเดรชันของปูนซีเมนต์ด้วย

วิธีที่ 2 ที่จะทำให้เกิดการยึดเหนี่ยวที่ดีระหว่างคอนกรีตเก่าและวัสดุใหม่ เริ่มจากการทำ Pre-soaking พื้นที่ที่ต้องการซ่อมไว้ก่อน 1 วัน โดยการคลุมด้วยกระสอบหรือผ้าชุบน้ำ (ASTM C171) เพื่อควบคุมให้มีน้ำอิสระ (Free Water) เหลือที่ผิวดอนกริตที่จะซ่อมให้น้อยที่สุด เมื่อจะเริ่มการซ่อมแซมจะต้องเข้ดน้ำออก ทำความสะอาดโดยการเป่าด้วยลมหรือลมร้อนเพื่อไล่เศษน้ำ เศษผงหรือฝุ่นให้หมดไป ก่อนทำการซ่อมแซมด้วยทรายแพค

วิธีที่ 3 โดยการใช้อีพ็อกซีเป็นวัสดุเชื่อมประสานระหว่างคอนกรีตเก่าและวัสดุใหม่ (ดู ASTM C 881 for Type II, Grade 2, Class B or C Resin) การเลือกใช้อีพ็อกซีขึ้นอยู่กับเงื่อนไขหรือสภาวะที่ต้องการใช้งาน (โดยเฉพาะอุณหภูมิ) พึงระวังว่าอีพ็อกซีจะใช้ได้ดีกับคอนกรีตที่แห้ง จึงจำเป็นต้องเป่าให้แห้งหรือใช้ลมร้อนเป่าให้แห้ง รับผิดชอบการทำด้วยอีพ็อกซีให้ทั่วบริเวณผิวที่เตรียมไว้ แล้วจึงดำเนินการซ่อมด้วยทรายแพคมอร์ต้าทันที ก่อนที่อีพ็อกซีจะแห้งและแข็งตัว

วัสดุ (Materials) ทรายแพคมอร์ต้าเป็นส่วนผสม (โดยปริมาตรแห้งหรือน้ำหนัก) ของซีเมนต์ 1 ส่วน กับทราย ที่ผ่านตะแกรง เบอร์ 16 จำนวน 2 $\frac{1}{2}$ ส่วน การใช้ปริมาณน้ำที่พอดี (Low Water Content) ทำให้ส่วนผสมเหนียวติดกันเมื่อใช้มือบีบหรือปั้นเบาๆ โดยไม่มีน้ำไหลซึมออกมา ทำให้มีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต่ำ จึงทำให้ทรายแพค มีการหดตัวน้อยมาก การปะด้วย ทรายแพคจึง มีความแน่นมากและมีความคงทน มีกำลังรับแรงดีและมีความทึบน้ำ ทรายแพคมอร์ต้าที่ใช้ในการซ่อมแซมส่วนมากจะมีสีเข้มกว่าคอนกรีตเดิมที่ต้องการซ่อมแซม หากต้องการสีของ ทรายแพค ให้มีสีใกล้เคียงกับวัสดุเดิม อาจมีการผสมซีเมนต์สีขาว ลงไปบางส่วนเพื่อให้สีคอนกรีตใกล้เคียงกันได้ ซึ่งส่วนผสมที่ใช้สามารถที่จะปรับให้มีกำลังสูงขึ้นโดยปรับสัดส่วนการผสมเป็น 1: 3 หรือ 1: 3 $\frac{1}{2}$

การซ่อม (Repairing) ในการกลบ หรืออุดด้วยทรายแพคมอร์ต้าควรอัดแน่นด้วยเหล็ก กระทุ้ง ที่มีหน้าตัดเป็นรอยหยัก เหล็กกระทุ้งปกติยาว 25-30 ซม. (8-12 นิ้ว) ขนาดหน้าตัดที่สัมผัส ปูนกว้างไม่เกิน 25 มม. หรือ 1 นิ้ว (ทำจากไม้ก็ได้) การอัดแน่นต้องทำเป็นชั้นๆ ละประมาณ 9 มม ($\frac{3}{8}$ นิ้ว) เมื่อชั้นแรกเริ่มเหนียวเหนียวหนืดจนมีลักษณะคล้ายยาง (Rubbery) ให้ทำการอัดชั้นต่อไปทันที ซึ่ง อาจจะต้องใช้เวลา 30-40 นาทีในแต่ละชั้นของการอุดด้วยทรายแพคมอร์ต้า

การบ่ม เนื่องจากปริมาณน้ำที่ใช้ ทรายแพค มีปริมาณน้อย ขั้นตอนการบ่มเป็นเรื่องสำคัญ มากต่อคุณสมบัติของทรายแพคมอร์ต้า เพราะเป็นการควบคุมไม่ให้เกิดการสูญเสียน้ำ จนกระทั่งเกิดการหดตัว การบ่มโดยทั่วไปจะใช้เวลาประมาณ 3 วัน

ข้อจำกัด ทรายแพค มีความไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการปะบริเวณที่อยู่หลังเหล็กเสริม หรือการปะบริเวณร่องตื้น (Shallow Depression) หากมีการบ่มที่ไม่เพียงพอ จะทำให้ ทรายแพคมี คุณสมบัติที่ไม่ดีหรืออาจใช้ไม่ได้ผล

6.3 คอนกรีตวางมวลรวมก่อน (Preplace Aggregate Concrete)

การใช้งาน คอนกรีตวางมวลรวมก่อน โดยทั่วไปใช้ในการซ่อมแซมคอนกรีตขนาดใหญ่ โดยเฉพาะการเทคอนกรีตใต้น้ำ หรือในบริเวณที่ยากต่อการใช้คอนกรีตทั่วไป เช่นใช้ในการซ่อมแซม ตอม่อ ฐานราก และคานรััดตอม่อ คอนกรีตวางมวลรวมก่อน มีปริมาณมวลรวมสูง และมีจุดสัมผัสของ มวลรวมสูงทำให้การหดตัวของคอนกรีตประเภทนี้ต่ำกว่าคอนกรีตทั่วไปครึ่งหนึ่ง จากวิธีการก่อสร้าง มีการเทมวลรวมเข้าไปในแบบก่อน และหลังจากนั้นจึงทำการฉีดย้ำปูนหรือน้ำปูนผสมทราย (มอร์ต้า) เข้าไปในแบบ ดังนั้นปัญหาที่เกิดจากการแยกตัวของมวลรวมกับเพส ต์จึงไม่เกิดขึ้น นอกจากนี้ ช่องว่างระหว่างมวลรวมก็จะถูกเติมด้วย มอร์ต้า ซึ่งข้อได้เปรียบที่กล่าวมานี้ทำให้ คอนกรีตวางมวล รวมก่อนมีกำลังรับแรงอัดสูงกว่าคอนกรีตโดยทั่วไป

การเตรียมการ พื้นที่ที่จะทำการซ่อมแซมโดยวิธีนี้มักจะมีขนาดกว้างและลึก การเตรียม พื้นผิวของคอนกรีตเดิมในบริเวณที่ต้องการซ่อมแซม จึงมีความสำคัญมากต่อคุณภาพงานซ่อมแซมที่ ดี พื้นผิวที่จะทำการซ่อมแซมต้องสะอาดปราศจากฝุ่นและส่วนที่หลุดลุ่ย แบบสำหรับงานคอนกรีต จะต้องสะอาดปราศจากช่องว่างและรูรั่วซึมที่จะทำให้ น้ำปูนไหลออกมาทำให้เกิดโพรงในโครงสร้าง บางกรณีที่ต้องการผลเร็วอาจใช้อีพ็อกซีหรือสารประกอบพวกโพลีเมอร์ที่มีความเหลวและหนืดสูง ทำ ให้ง่ายต่อการทำงานและยังมีระยะเวลาในการแข็งตัวเร็ว

วัสดุ (Materials) วัสดุสำหรับคอนกรีตวางมวลรวมก่อน อาจใช้จากส่วนผสมของ ปูนซีเมนต์ ถ้าวาลอยหรือทรายละเอียด และสารผสมเพิ่ม ขนาดของวัสดุที่ใช้ผสมในคอนกรีตประเภทนี้จะถูกจำกัด ด้วยขนาดของหัวฉีดอัดหรือขนาดของท่อที่ใช้เทคอนกรีต ให้เข้าไปแทรกในมวลรวมที่เทวางไว้ก่อน ในแบบ มวลรวมหยาบโดยทั่วไปจะเลือกใช้ขนาด 37.5 มม. ($1\frac{1}{2}$ นิ้ว) และควรมีขนาดละเอียดดีเพื่อให้ เกิดช่องว่างที่คอนกรีตไหลซึมเข้าไปได้ง่าย ในกรณีที่ใช้มวลรวมขนาดเล็กที่สุดที่ 12.5 มม. ($\frac{1}{2}$ นิ้ว) ทรายที่นำมาใช้ผสมปูนเกราท์ หรือคอนกรีต ต้องผ่านตะแกรงเบอร์ 8 ทั้งหมด และอย่างน้อยที่สุด

95% ต้องผ่านตะแกรงเบอร์ 16 โดยเลือกให้มีโมดูลัสความละเอียด อยู่ระหว่าง 1.2 ถึง 2.0 และควรเป็นทรายธรรมชาติเพราะมีขนาดกลมทำให้ปูนเกราท์ไหลซึมผ่านได้ดี

การซ่อม (Repairing) วิธีการก่อสร้างทำได้โดยการ เตรียมพื้นผิวบริเวณที่จะทำการซ่อมแซม ให้สะอาดหรือซ่อมเหล็กที่เป็นสนิม ทำความสะอาดพื้นผิวที่จะทำการซ่อมแซม ดำเนินการประกอบแบบแล้วจึงเทหรือวางมวลรวมลงไปแบบให้เต็ม กรณีที่ใช้ซีพ็อกซีหรือโพลีเมอร์จะต้องทำความสะอาดด้วยลมและใช้วัสดุที่แห้ง เจาะฝังท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 มม. (1 นิ้ว) ทุกระยะที่ห่างกันประมาณ 1.2 – 1.8 เมตร (4-6 ฟุต) ที่แบบเพื่อใช้เทปูนเกราท์ และตรวจสอบผลการเทปูนเกราท์เสร็จแล้วจึงทำการเทหน้าปูนหรือคอนกรีต เข้าไปตามท่อเพื่ออุดช่องว่างระหว่างมวลรวม โดยให้ท่อมมีความลาดเอียง 4:1 และ 6:1 เมื่อเทคอนกรีตในน้ำ โดยเริ่มจากท่อที่อยู่ด้านล่างสุดก่อนพร้อมเคาะที่แบบเบาๆ เพื่อไล่ฟองอากาศ จนกระทั่งสังเกตเห็นหน้าปูนไหลออกจากท่อที่อยู่ถัดไปในด้านบน ปิดหรืออุดรูที่เทแล้วจึงย้ายตำแหน่งการเทไปที่ตำแหน่งถัดไปในด้านบน ดำเนินการต่อไปตามขั้นตอนดังกล่าวจนหน้าปูนเต็มแบบ

การบ่ม การบ่มคอนกรีตวางมวลรวมก่อนก็เหมือนกับการบ่มคอนกรีตปกติทั่ว ๆ ไป โดยเฉพาะคอนกรีตที่เทได้น้ำจะถือว่าคอนกรีตนั้นได้รับการบ่มดีพิเศษ แต่ในกรณีใช้โพลีเมอร์คอนกรีตความชื้นอาจเป็นปัญหาต่อการแข็งตัวได้

6.4 ช็อตกรีต (Shotcrete)

การใช้งาน ช็อตกรีตสามารถปรับใช้กับงานได้หลายรูปแบบ มีความสะดวกและรวดเร็ว โดยเฉพาะการซ่อมผิวคอนกรีตในแนวตั้ง เช่น นำมาใช้งานในการซ่อมแซม ตอม่อตัมบริม (Abutment) ของสะพานคอนกรีต ซึ่งไม่จำเป็นต้องมีแบบหล่อ ช็อตกรีตอาจจะเป็นส่วนผสมของมอร์ต้าหรือคอนกรีตก็ได้ มีสภาพที่เหลวและเหนียว (Pneumatically) ใช้ฉีดพ่นไปบนพื้นที่ ที่มีความเสียหายด้วยปืนที่ยิงด้วยความดันลม (ACI 2005)

ในงานซ่อมแซมโครงสร้างที่หนาน้อยกว่า 150 มม. และพื้นที่หน้าตัดที่ไม่แน่นอน การใช้ช็อตกรีตในการซ่อมแซมอาจประหยัดกว่าคอนกรีตธรรมดา เนื่องจากการประหยัดแบบที่ใช้ในการหล่อ ช็อตกรีตยังเหมาะสมในการซ่อมแซมงานที่อยู่เหนือหัว และวัสดุสามารถถูกผสมและขนย้ายจากสถานที่ไกลมาสู่อุปกรณ์ในหน้างานที่ไม่สะดวกในการผสมวัสดุที่หน้างาน

การเตรียมการ สำหรับการซ่อมแซมด้วยช็อตกรีต ดำเนินการเหมือนกับการเทคอนกรีตทดแทน ต้องเป็นไปตามมาตรฐาน การทำงานคอนกรีตของ กรมทางหลวงชนบท การฉีดพ่นช็อตกรีตควรกระทำโดยต่อเนื่องจนกระทั่งดำเนินการแล้วเสร็จ หรือทิ้งระยะห่างไม่เกิน 30 นาทีต่อชั้น กรณีใช้สารผสมเพิ่มต้องระมัดระวังเรื่องคุณสมบัติของคอนกรีต โดยเฉพาะการหดตัวเนื่องจากการสูญเสียน้ำในคอนกรีต

วัสดุ (Materials) ช็อตกรีตที่นิยมใช้กันมีอยู่ 2 ประเภท ของส่วนผสม คือ แบบส่วนผสมแห้ง (Dry Mix) และแบบส่วนผสมเปียก (Wet Mix) ในส่วนผสมแบบแห้งประกอบด้วยซีเมนต์ มวลรวมละเอียดหรือทราย และน้ำปริมาณเล็กน้อยเพื่อไม่ให้เกิดการฟุ้งกระจายในขณะที่ ถูกขนส่งด้วยแรงดัน

ลม ส่วนน้ำในส่วนผสมที่เหลือจะถูกผสมขณะที่ส่วนผสมผ่านหัวฉีดก่อนที่จะถูกฉีดพ่นออกไป นอกจากซีเมนต์และน้ำ แล้ว ยังมีการใช้มวลรวมหยาบ ไฟเบอร์ และสารผสมเพิ่ม สำหรับส่วนผสมแบบเปียกจะผสมน้ำตามสัดส่วนที่ออกแบบไว้ก่อนที่จะทำการฉีดพ่น โดยน้ำที่ผสมจะต้องมีปริมาณน้อยที่สุดคือแค่พอเพียงที่จะให้ทำงานได้ ซ็อตกริต ที่มีคุณสมบัติที่ดี จะมีคุณสมบัติที่ดีทั้งทางด้านโครงสร้าง และทางด้านความคงทน ซึ่งมีแรงยึดเหนี่ยวกับคอนกรีตเดิมหรือวัสดุอื่นในงานก่อสร้าง

การซ่อม (Repairing) ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในงาน ซ่อมแซมโดยวิธีนี้ จะเป็นประเภทเดียวกับการใช้ในงานคอนกรีตโดยทั่วไป การเลือกปูนซีเมนต์ควรเป็นปูนซีเมนต์ประเภท I หรือปูนซีเมนต์ อัลคาไลต่ำ และไม่ควรใช้มวลรวมหยาบที่มีขนาดใหญ่กว่า 9 มม. (3/8 นิ้ว) ในส่วนผสม

กรณีใช้สารผสมเพิ่มให้ดูรายละเอียดเพิ่มเติมใน ASTM C494 โดยเฉพาะการใช้สารกระจาย กักฟองอากาศในส่วนผสมแบบเปียก จะต้อง ควบคุมปริมาณฟองอากาศให้อยู่ระหว่าง 6 – 8 เปอร์เซ็นต์

การบ่ม การใช้สารเคลือบผิวคอนกรีตเพื่อบ่ม (Curing Compound) จะมีความสะดวกต่อการทำการบ่มมากกว่าการบ่มด้วยน้ำ หรือการบ่มด้วยวิธีอื่นๆ และต้องบ่มอย่างต่อเนื่อง

ข้อจำกัด การใช้ซ็อตกริตในการซ่อมแซมโครงสร้างคอนกรีตเดิม ต้อง มีการเตรียมผิวหน้าของคอนกรีตเดิม ที่ดี นอกจากนี้ยังต้องระมัดระวังในการใช้น้ำในส่วนผสม ซึ่งง่ายต่อการใช้น้ำมากเกินไป ทำให้ง่ายต่อการเกิดการหดตัวแบบแห้ง ความสมบูรณ์ในการซ่อมแซมด้วยซ็อตกริต จึงขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพ และความชำนาญของคนทำงาน โดยเฉพาะจะมีความสำคัญต่อการเลือกส่วนผสมที่ต้องการใช้ในการทำงาน ก่อนการนำไปใช้งานกับการซ่อมแซมโครงสร้าง

6.5 คอนกรีต (Replacement Concrete)

การใช้งาน คอนกรีตเป็นวัสดุที่สามารถหาได้ง่าย และประหยัด นอกจากนี้ยังง่ายต่อการผลิต การเท การตกแต่งและการบ่ม ผู้รับเหมาในทุกระดับมีความคุ้นเคยในการใช้งาน โดยทั่วไปส่วนผสมคอนกรีตที่นำมาใช้ในการซ่อมแซม สามารถผสมให้มีคุณสมบัติเหมือนกับคอนกรีตเดิม หรือใกล้เคียงได้ง่าย ดังนั้นคอนกรีตจึงสามารถนำมาใช้งานได้อย่างกว้างขวางในงานซ่อมแซม โดยใช้หลักการยึดตัวคอนกรีตใหม่กับคอนกรีตเก่าในพื้นที่ที่ต้องการซ่อมแซม การซ่อมด้วยคอนกรีตอาจใช้อีพ็อกซี่ น้ำปูนข้นๆ หรือมอร์ต้าเกราท์เป็นตัวเชื่อมประสาน การซ่อมโดยใช้คอนกรีตนี้บริเวณที่ต้องการซ่อมควรมีขนาดพื้นที่มากกว่า 0.1 ม² (1ฟุต²) และควรมีความลึกมากกว่า 150 มม. (6 นิ้ว)

คอนกรีตมักถูกนำมาใช้ในงานซ่อมแซมที่มีความหนาค่อนข้างสูง รวมทั้งในงานซ่อมที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่มาก โดยทั่วไปคอนกรีตเหมาะสำหรับงานปะทึงบางส่วนและตลอดความลึกของชั้นส่วน นอกจากนี้ยังมีการใช้คอนกรีตในงานปูทับ (Overlay) ที่มีความหนามากกว่า 100 มิลลิเมตร เช่น การนำคอนกรีตมาใช้ซ่อมแซม พื้น กำแพง และเสาด่อม คอนกรีตยังเหมาะสมในการนำมาใช้ซ่อมแซมคอนกรีตที่เสียหายในสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับทะเลเนื่องจากความชื้นที่สูงของสภาพแวดล้อม ทางทะเลจะช่วยลดการหดตัวที่อาจเกิดขึ้นจากการสูญเสียน้ำได้

การเตรียมการ เพื่อให้การซ่อมแซมด้วยคอนกรีตได้ผลดี จะต้องพิจารณาดำเนินการ

- ต้องทុบสกัดคอนกรีตที่เสียหายออกให้หมด กรณีที่เห็นเหล็กควรสกัดคอนกรีตให้ต่ำลงไปจากเหล็ก เสริมประมาณ 25 มม. (1 นิ้ว) ไม่ควรให้เหลือคอนกรีตหุ้มเหล็ก เสริมไว้บางส่วน
- การกำหนดขอบเขตพื้นที่ซ่อมแซม ควรกำหนดห่างจากพื้นที่เสียหายประมาณ 100 มม. (4 นิ้ว) และควรตัดตามขอบเขตที่กำหนดด้วยเลื่อยตัดคอนกรีต ให้มีความลึกอย่างน้อย 25 มม. ก่อนที่จะสกัดคอนกรีตที่เสื่อมสภาพออกไป โดยให้มีความเอียงขึ้นข้างบนเล็กน้อย ประมาณ 1:3 เพื่อป้องกันฟองอากาศถูกกักอยู่ภายใต้ผิวคอนกรีต
- ผิวคอนกรีตเดิมที่จะถูกเททับด้วยคอนกรีตใหม่จะต้องสะอาดปราศจากฝุ่นละออง ทำผิวหน้าให้หยาบและอิมัตด้วยน้ำก่อนการเทคอนกรีตทับ

วัสดุ (Materials) คอนกรีตโดยทั่วไปประกอบด้วย ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ มวลรวมและน้ำ นอกจากนี้ยังอาจมีการใช้สารผสมเพิ่ม (Admixtures) ผสมเข้าไปในคอนกรีตเพื่อ กักฟองอากาศ เร่งหรือหน่วงการก่อตัว เพิ่มความสามารถในการเทได้ ลดน้ำที่ใช้ในการผสม เพื่อเพิ่มกำลังรับแรงอัด หรือเปลี่ยนคุณสมบัติอื่นของคอนกรีต วัสดุปอซโซลานิก (Pozzolanic Materials) เช่น เถ้าลอย (Fly Ash) หรือ ซิลิกาฟูม ได้ถูกนำมาใช้ร่วมกับซีเมนต์เพื่อความประหยัด หรือเพื่อที่จะปรับปรุงคุณสมบัติของคอนกรีตเช่น ช่วยลดความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน เพิ่มการพัฒนากำลังรับแรงของคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว หรือช่วยเพิ่มความต้านทานต่อซัลเฟต และปฏิกิริยาระหว่างต่างกับมวลรวม

การเลือกส่วนผสมคอนกรีตต้องเลือกใช้คอนกรีตที่มีคุณสมบัติในการเทได้ ความหนาแน่น กำลังรับแรง และความคงทนที่เหมาะสมต่อการใช้งานที่ต้องการ เพื่อที่จะลดรอยแตกร้าวจากการหดตัวของคอนกรีต คอนกรีตควรมีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต่ำ และมีปริมาณมวลรวมหยาบให้สูงเท่าที่จะเป็นไปได้

คอนกรีตที่ใช้ในการซ่อมแซมควร เลือกใช้ค่าอัตราส่วน น้ำต่อซีเมนต์ตามคอนกรีตเดิมแต่ไม่ควรเกิน 0.47 โดยน้ำหนัก การเลือกขนาดของมวลรวมต้องคำนึงถึงลักษณะงานที่ต้องการซ่อม และควรให้มีค่าการยุบตัวที่น้อยที่สุดแต่ต้องให้สามารถทำงานได้ โดยเฉพาะการเขย่าคอนกรีต ในส่วนผสมควรมีปริมาณฟองอากาศประมาณ 3-5% เพื่อให้เกิดการหดตัวที่น้อยที่สุดจึงต้องควบคุมอุณหภูมิของคอนกรีตไม่ให้เกิน 21°C (70°F)

การซ่อม (Repairing) การซ่อมด้วยคอนกรีตนี้ต้องควบคุม การเทคอนกรีต ให้เป็นไปตามมาตรฐานกรมทางหลวง ชนบท ในการเทคอนกรีตนี้ ควรกระทำโดยต่อเนื่องจนกระทั่งดำเนินการแล้วเสร็จ ถ้าไม่สามารถเทคอนกรีตต่อเนื่องได้ควรมีระยะทิ้งห่างไม่เกิน 30 นาที รวมทั้งการเขย่าคอนกรีตต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับลักษณะของการซ่อมแซม ในกรณีใช้สารผสมเพิ่มต้องระมัดระวังเรื่องคุณสมบัติ และการหดตัวเนื่องจากการสูญเสียน้ำ

การบ่ม ความล้มเหลวในการใช้คอนกรีตซ่อมแซมโครงสร้างมักเกิดจากความไม่ระมัดระวังในเรื่องการบ่ม เพราะคอนกรีตที่นำมาใช้ในการซ่อมแซมมักจะมีปริมาณน้อยกว่าคอนกรีตเดิม ทำให้

คอนกรีตเดิมสามารถดูดซึมน้ำจากส่วนผสมของคอนกรีตใหม่ที่นำมาซ่อมแซมได้ การบ่มจะต้องดำเนินการทันทีที่ถอดแบบหล่อออก และควรบ่มต่อเนื่องกันไปจนครบ 14 วัน

ข้อจำกัด คอนกรีตที่ปราศจากสารผสมเพิ่ม ไม่ควรถูกนำมาใช้ซ่อมแซมในสถานที่ซึ่งสภาพแวดล้อมที่เป็นอันตรายต่อคอนกรีตยังไม่ได้ถูกขจัดออกไปเสียก่อน ซึ่งสภาพแวดล้อมนี้เป็นสาเหตุทำให้คอนกรีตเกิดความเสื่อมสภาพยกตัวอย่างเช่น ถ้าหากความเสื่อมสภาพของคอนกรีตเกิดจากการกัดกร่อนโดยกรด การขัดสี (Abrasion) หรือ การกัดเซาะ (Erosion) การซ่อมแซมโดยคอนกรีตอาจไม่ประสบความสำเร็จ ถ้าสาเหตุของความเสื่อมสภาพไม่ถูกขจัดออกไปเสียก่อน สำหรับคุณสมบัติการหดตัวของวัสดุซ่อมแซม นั้นมีความสำคัญเมื่อถูกนำมาใช้ในงาน ซ่อมแซม ปูทับ (Overlay) เนื่องจากวัสดุใหม่นี้ได้ถูกนำมาปูทับบนวัสดุที่มีการหดตัวมาก่อนแล้ว จึงควรมีการพิจารณาถึงคุณสมบัติ ด้านการหดตัว ตลอดจนวิธีการบ่มที่จะนำมาใช้ใน งานซ่อมแซม นอกจากนี้ คอนกรีตที่ถูกผสม ขนย้าย และเทภายใต้สภาวะอากาศที่ร้อน ความชื้นต่ำ หรือลมแรง ควรมีการป้องกันเพื่อที่จะช่วยลดและขจัดปัญหาที่อาจเกิดขึ้นตามมาได้

6.6 ปูนอีพ็อกซี (Epoxy bonded and epoxy mortar)

การใช้งาน สารผสมอีพ็อกซี เป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางมากกว่า 3 ทศวรรษแล้ว โดยปกติแล้วปูนอีพ็อกซีจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบ 2 อย่างคือ ยางอีพ็อกซี (Epoxy Resin) และสารช่วยบ่ม (Curing Agent) สารผสมอีพ็อกซี มีค่าสัมประสิทธิ์ความร้อน (Thermal Coefficient) และมีค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) ที่ต่ำ ฉะนั้น จึงไม่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิได้ง่ายๆ ผลลัพธ์ที่ตามมาก็คือ ค่าหน่วยแรงยึดเหนี่ยว (Bond Stress) ที่เกิดขึ้นระหว่างผิวของวัสดุใหม่กับคอนกรีตเดิมจึงไม่ได้เปลี่ยนแปลงไปมากนัก คุณสมบัติอื่นๆ ของอีพ็อกซีที่ควรพิจารณาได้แก่

- มีค่ากำลังแรงอัด แรงดึง ความยืดหยุ่นและตลอดจนถึงแรงเฉือนได้สูง
- มีคุณสมบัติของแรงยึดเหนี่ยวที่ดี ภายใต้การทดสอบทางความร้อน
- มีความทนทานต่อความชื้นหรือสภาพแวดล้อมที่เปียกแฉะ และยังสามารถในการต้านทานต่อปฏิกิริยาทางเคมีได้อีกด้วย
- มีความสามารถในการต้านทานต่อแรงกระแทก (Impact) การขูด และ การ ขัดสี (Abrasion)

เนื่องจากอีพ็อกซีมีคุณสมบัติในการใช้งานที่เหมาะสมดังกล่าวข้างต้นนี้ ผลิตภัณฑ์อีพ็อกซีจึงเป็นที่นิยมในงานสะพานในหลากหลายประเภทดังต่อไปนี้

- การซ่อมแซมคอนกรีต โดยจะผสมอีพ็อกซีเรซินเข้ากับมวลรวม ทั้งแบบละเอียดและแบบหยาบ
- การติดตั้งสมอหรือเหล็กยึด (Anchoring และ Dowelling) โดยจะเติมอีพ็อกซีเรซินลงไปไปในช่องว่างระหว่างรูที่เจาะกับเหล็กที่จะสอดเข้าไปเป็นสมอยึด
- ใช้ในการอุดรอยแตกโดยใช้แรงดัน (Pressure Grouting)

- ใช้ในงานช่วยป้องกันเหล็กเสริม โดยที่เหล็กเสริมที่ทาหุ้มด้วยอีพ็อกซีนี้จะถูกนำมาใช้ในงานที่เสี่ยงต่อการถูกกัดกร่อนโดยสารจำพวกซัลเฟตและป้องกันการเกิดสนิม
- ใช้ทาผิวคอนกรีตเพื่อป้องกันผิวคอนกรีตจากสารจำพวกเกลือและซัลเฟต
- ใช้ช่วยในการเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวระหว่างชิ้นส่วนต่างๆ ของคอนกรีต (Concrete Segment)
- ใช้ซ่อมแซมโครงสร้างส่วนล่าง (Substructures) ที่เป็นคอนกรีตซึ่งอยู่ใต้น้ำ
- ใช้ในการติดตั้งแผ่นยางรองคานอันใหม่ ซึ่งจะเพิ่มกำลังความแข็งแรงและการต้านทานต่อแรงกระแทก
- ใช้ในงานซ่อมคอนกรีต รอยต่อบนพื้นสะพาน (Deck Joints) และงานประสานคอนกรีต (Concrete Healer)
- ใช้สำหรับซ่อมเมื่อความเสียหายเล็กน้อยกว่า 37.5 มม. ($1\frac{1}{2}$ นิ้ว) และผิวภายนอกสัมผัสกับอุณหภูมิคงที่ อีพ็อกซีเมอร์ต้าจะเกี่ยวข้องกับสัมประสิทธิ์ความร้อนสำหรับการขยายตัว ซึ่งแตกต่างจากคอนกรีตทั่วไป (Thermal Coefficient of Expansion)

การเตรียมการ การใช้เมอร์ต้าเพื่อใช้ในการซ่อมแซมจะเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิไม่มากนัก กรณีที่อุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงสูง การใช้เมอร์ต้าซ่อมแซมมักจะไม่ค่อยได้ผล ดังนั้นจึงเกิดการพัฒนามาใช้อีพ็อกซีเมอร์ต้า เพื่อให้สามารถใช้ได้กับสภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิค่อนข้างสูง แต่ควรระวังในการใช้โดยไม่ควรใช้ซ่อมคอนกรีตนี้เกิดการเสื่อมสภาพจากการเป็นสนิมของเหล็ก เพราะอีพ็อกซีเมอร์ต้าอาจจะสร้างหรือมีความต่างศักย์ไฟฟ้า (Electric Potential) ต่างจากคอนกรีตเดิม ซึ่งความต่างศักย์ไฟฟ้าจากคอนกรีตทั้งสองอาจเป็นตัวเร่งการเกิดสนิมของเหล็กเสริมก็ได้

อีพ็อกซีเมอร์ต้าเหมาะสำหรับการซ่อมแซมความเสียหายที่ตั้งแต่ 12.5 มม. - 37.5 มม. ($\frac{1}{2}$ - $1\frac{1}{2}$ นิ้ว) ภายใต้สภาวะการใช้งานภายนอก โดยเฉพาะสำหรับการซ่อมผิวพื้นสะพานด้านบนและด้านล่าง ซึ่งอาจไม่เหมาะกับที่ร้อน หรือบริเวณที่สัมผัสกับแสงแดดโดยตรงตลอดเวลา

วัสดุ อีพ็อกซีเรซินที่ใช้ควรประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ (Component) กำหนดตาม ASTM C-881, type III Grade II, Class B หรือ C

โดย Class B ใช้กับอุณหภูมิระหว่าง 4 - 15°C (40 ° - 60 ° F)

Class C ใช้กับอุณหภูมิสูงกว่า 21°C (70 ° F) ขึ้นไป

ทรายที่ใช้กับส่วนของผสมอีพ็อกซี จะต้องร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 16 และแห้ง มีขนาดคละดังแสดงในตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 แสดงขนาดคละของทราย

ตะแกรง	% ที่ค้าง
30 #	26-36
50 #	18-28
100 #	11-21
ถาด	25-35

การซ่อม (Repairing) การผสม อีพ็อกซีเรซินจะประกอบด้วย 2 ส่วน (Component) คือ อีพ็อกซีเรซิน (Part A) และสารทำให้แข็งตัว (Hardener) หรือ Part B ซึ่งจะต้องผสมกันก่อนที่จะใช้ เมื่อผสมแล้วจะต้องรีบใช้ทันทีก่อนที่จะเกิดการแข็งตัว การผสมทำได้โดยการเติม Part B ลงไปใน Part A ตามสัดส่วนที่กำหนดไว้ในคู่มือการใช้งานของโรงงาน ผสมเข้าด้วยกันด้วยเครื่องกวน ปกติจะมีเวลาในการแข็งตัวประมาณ 30 นาที (ถ้าอุณหภูมิสูงจะแข็งตัวเร็วขึ้น)

อีพ็อกซีมอร์ตาร์ จะประกอบด้วยทรายและอีพ็อกซี โดยผสมให้มีสี ความชื้นที่พอเหมาะกับการทำงานได้ง่าย สัดส่วนในการผสมจะวัดเป็นน้ำหนัก หรือปริมาตรก็ได้ (เทียบกลับเป็นน้ำหนัก) ASTM C 881 แนะนำให้ใช้ทราย $5\frac{1}{2}$ ถึง 6 ส่วน ต่อ อีพ็อกซี 1 ส่วนโดยน้ำหนักหรือให้ทราย 4 ถึง $4\frac{1}{2}$ ส่วนกับ อีพ็อกซี 1 ส่วนโดยปริมาตร โดยทรายจะถูกเติมลงไปในส่วนผสมของอีพ็อกซีกวนให้เข้ากัน ด้วยเครื่องกวน (ควรผสมให้พอดีก่อนการใช้งานแต่ละครั้ง และควรใช้ให้หมดก่อน 30 นาที) ในกรณีใช้กับเหล็กจะต้องทำการเคลือบเหล็กด้วยวัสดุเชื่อมประสานประเภทอีพ็อกซี และทำการป้องกันการเกิดสนิมของเหล็กด้วย

การบ่ม อีพ็อกซีมอร์ตาร์ควรต้องทำการบ่มทันทีหลังจาก ใช้เทลงในบริเวณที่ต้องการซ่อม การบ่มนี้เป็นการบำรุงรักษาอุณหภูมิไว้ให้คงที่ โดยกระทำจนกว่าอีพ็อกซีจะแข็งตัว

6.7 Epoxy Bonded Replacement Concrete

การใช้งาน ควรใช้งานเมื่อความเสียหายมีขนาดลึกน้อยกว่า 37.5 มม. ($1\frac{1}{2}$ นิ้ว) และอยู่ในสภาวะถูกกระทบโดยสภาพแวดล้อม และควรหลีกเลี่ยงการใช้อีพ็อกซีซ่อมแซมโครงสร้างที่กระทบต่อแสงแดดโดยตรงตลอดเวลา

การเตรียมการ การเตรียมผิวคอนกรีตเพื่อการซ่อมแซม ดำเนินการเช่นเดียวกับการเตรียมการสำหรับการซ่อมแซมโดยคอนกรีตทั่วไป

วัสดุ (Materials) Epoxy Bonded Replacement Concrete เป็นส่วนผสมของคอนกรีตกับ อีพ็อกซีเรซิน แต่จะควบคุมการยุบตัวให้น้อยกว่า 25 มม. อีพ็อกซีเรซินที่ใช้ควรจะใช้ที่อุณหภูมิ 4 - 15°C (40 - 60°F) สำหรับอีพ็อกซีเรซิน Class B และที่อุณหภูมิสูงกว่า 21°C (70 F) สำหรับอีพ็อกซีเรซิน Class C หรือดูรายละเอียดเพิ่มเติมจาก ASTM C881 Type II Grade 2 Class B หรือ C

การซ่อม (Repairing) Epoxy Bonded Replacement Concrete เหมาะสำหรับงานซ่อมแซมที่อยู่ในแนวตั้งหรือบริเวณพื้นที่ที่ต้องการซ่อมแซมมีความลาดเอียง โดยการใช้แบบหล่อช่วยในขณะเทคอนกรีตลงในแบบหล่อ จะต้องทำการเขย่าคอนกรีตให้แน่นปราศจากฟองอากาศและโพรง

การบ่ม ให้ทำการบ่มทันทีที่ Epoxy Bonded Replacement Concrete แข็งตัวแล้ว จะทำให้การซ่อมมีประสิทธิภาพที่ดี การบ่มกระทำได้โดยการฉีดพ่นน้ำไปบนผิวคอนกรีต การปิดหุ้มด้วยแผ่นพลาสติกหรือการใช้น้ำยาบ่มคอนกรีต

6.8 โพลีเมอร์คอนกรีต (Polymer Concrete)

การใช้งาน โพลีเมอร์คอนกรีต (ACI 548.1R) เป็นวัสดุที่มีการก่อตัวเร็ว และกำลังรับน้ำหนักสูง จึงเหมาะกับการ ซ่อมแซมแบบปะ เช่น การซ่อมแซมพื้นสะพานหรือพื้น ถนน ซึ่งมีปัจจัยทางการจราจร บังคับ ให้มีการปิดจราจรเพียง ชั่วระยะเวลาสั้นๆ นอกจากนี้ยัง มีการยืดตัวสูง (High Elongation) และมีโมดูลัสความยืดหยุ่น ต่ำ เหมาะใช้ในงาน ปูทับพื้นสะพาน และใช้ในงานที่มีการสัมผัสจากสารเคมี

การเตรียมการ ผิวคอนกรีตที่จะทำการซ่อมด้วย โพลีเมอร์คอนกรีต จะต้องสะอาด ที่สำคัญจะต้องแห้งสนิท ในกรณีที่มีความชื้น จะส่งผลกระทบต่อระยะเวลาในการแข็งตัวของโพลีเมอร์

วัสดุ โพลีเมอร์คอนกรีต เป็นวัสดุซึ่งมวลรวมถูกประสานเข้ากันด้วยวัสดุประสานชนิดโพลีเมอร์ โดยซีเมนต์จะถูกใช้เป็นมวลรวมหรือวัสดุผสม โพลีเมอร์คอนกรีตประกอบด้วย เรซินและโมโนเมอร์ชนิดต่างๆ อย่างเช่น โพลีเอสเตอร์, อีพ็อกซี Furan, Vinylester, Methyl Methacrylate (MMA) และ Styrene Polyester Resin มีราคาแพง แต่อย่างไรก็ตาม โพลีเมอร์ หรืออีพ็อกซี ก็มีข้อดีหลายอย่างคือสามารถให้แรงยึดเหนี่ยวกับพื้นผิวเปื่อย (ACI 503R)

คุณสมบัติของ โพลีเมอร์คอนกรีต ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติและปริมาณของโพลีเมอร์ที่ เลือกใช้ อันได้แก่

- ก) ก่อตัวเร็ว
- ข) กำลังรับแรงดึง แรงอัด แรงดัด มีค่าสูงขึ้น
- ค) มีแรงยึดเหนี่ยวที่ดีต่อพื้นผิวที่ชื้น
- ง) ความคงทนต่อการแข็งตัวและละลายน้ำสูง
- จ) ความสามารถในการซึมผ่านได้ต่ำ
- ฉ) มีความคงทนต่อสารเคมี

การซ่อม (Repairing) โพลีเมอร์คอนกรีตมีการก่อตัวที่เร็ว และมีกำลังรับน้ำหนักที่สูงต่อวัสดุที่ใช้ในการปะ ซึ่งเหมาะสำหรับการซ่อมแซมโครงสร้างคอนกรีต การผสม การเท และการเขย่าให้เข้าแบบของ โพลีเมอร์คอนกรีต มีวิธีการที่คล้ายคลึงกับคอนกรีตโดยทั่วไปเพียงแต่ต้องการเขย่าที่มากกว่าอันเนื่องมาจากโพลีเมอร์คอนกรีต มีความหนืดสูงกว่าคอนกรีต

ข้อจำกัด สารละลายอินทรีย์มีความจำเป็นในการใช้ทำความสะอาดเครื่องมือ หลังจากที่ใช้ผสมโพลีเอสเตอร์ หรืออีพ็อกซี การใช้ สารละลายอินทรีย์ ซึ่งเป็นสารที่ระเหยได้ง่าย จะไม่พบปัญหาในการทำความสะอาด อย่างไรก็ตาม การใช้จะมีโอกาสที่ทำให้เกิดการระเบิดได้ ดังนั้นต้องใช้เครื่องมือที่ไม่ทำให้เกิดประกายไฟ อีพ็อกซีจะไหม้ไฟเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 230 °C ผู้ใช้ต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติของโพลีเมอร์คอนกรีต ซึ่งขาดความสามารถในการต้านทานไฟ ควรตระหนักว่า โพลีเมอร์คอนกรีตมีการก่อตัวที่เร็ว ซึ่งหมายความว่าเวลาที่ใช้ในการเท การปรับแต่งผิว มีเวลาน้อยลง เวลาที่ใช้ในการทำงานแปรเปลี่ยน ไปด้วยอุณหภูมิ ซึ่งอาจจะอยู่ในช่วงเวลา 15 นาที ไปจนถึง 1 ชม. อุณหภูมิมีผลกระทบบ่อยมากต่อคุณสมบัติของ โพลีเมอร์คอนกรีต ค่าสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวเนื่องจากอุณหภูมิของ โพลีเมอร์คอนกรีต สูงกว่า ของคอนกรีตทั่วไปมาก การหดตัวของ โพลีเมอร์คอนกรีต ควรที่จะทำการตรวจสอบเพื่อป้องกันการแตกร้าวขึ้นได้ ค่าโมดูลัส ความยืดหยุ่นของ โพลีเมอร์คอนกรีตจะมีค่า ต่ำกว่าของคอนกรีตมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่อุณหภูมิสูง ดังนั้นควรมีการพิจารณากำลักรับน้ำหนัก เมื่อมีการนำ โพลีเมอร์คอนกรีต ไปใช้ควรมีการตรวจสอบอุณหภูมิที่เหมาะสม ก่อนนำไปใช้งาน นอกจากนี้คอนกรีตทั่วไปจะไม่ยึดเหนี่ยวกับ โพลีเมอร์คอนกรีต ที่บ่มแล้ว และควรพิจารณาความเข้ากันได้ระหว่างโพลีเมอร์คอนกรีตและคอนกรีตเดิม

6.9 Thin Polymer Concrete Overlay

การใช้งาน เป็นคอนกรีตปรับปรุงด้วยโพลีเมอร์ที่สามารถนำไปใช้งานทับ (Overlay) ของพื้นสะพาน และใช้ในการปะพื้นผิวคอนกรีตที่มีความหนาตั้งแต่ 20 – 50 มม. ซึ่งจะได้ผิวคอนกรีตใหม่ที่มีความคงทนต่อความเสียหายเนื่องจากสภาพอากาศ และยังสามารถผสมสีเข้าไปเพื่อให้สีใกล้เคียงกับสีของคอนกรีตเดิม

การใช้โพลีเมอร์ช่วยทำให้คุณสมบัติของคอนกรีตดีขึ้น ซึ่งสามารถเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตเดิมกับวัสดุ ใหม่ที่นำมา ซ่อมแซม เพิ่มความต้านทานต่อการกระแทก การเสียดสีของล้อรถยนต์ เพิ่มความยืดหยุ่น เพิ่มกำลักรับน้ำหนัก เพิ่มความต้านทานต่อสารเคมีและสารละลายเกลือ จึงเหมาะสำหรับใช้กับโครงสร้างคอนกรีตที่มีการเผยตัวสู่ภายนอก หรือสภาวะที่ความชื้นสูง

การเตรียมการ พื้นผิวที่จะทำการซ่อมด้วยโพลีเมอร์คอนกรีตจะต้องสะอาด การเตรียมผิวต้องฉีดล้างด้วยเครื่องพ่นน้ำแรงดันสูงหรือพ่นด้วยทรายเปียกแล้วปล่อยให้แห้งสนิท ซึ่งสามารถทดสอบผิวว่าอยู่ในสภาพแห้งจริงได้ โดยการใช้แผ่นพลาสติกคลุมที่ผิวในเวลาแดดจัด ประมาณ 1-2 ชั่วโมง ถ้าไม่มีไอน้ำเกาะที่ด้านล่างของแผ่นพลาสติกแสดงว่าพื้นผิวแห้งพร้อมที่จะใช้งาน

การใช้ โพลีเมอร์คอนกรีตในงานปูทับ จะทำให้คอนกรีตมีอายุการใช้งานที่ยาวขึ้น เพิ่มแรงยึดเหนี่ยว ลดความสามารถในการซึมผ่านได้ของคอนกรีต และลดความเสียหายเนื่องจากการสูญเสียแรงยึดเหนี่ยว นอกจากนี้การใช้ โพลีเมอร์คอนกรีตยังมี ความสามารถในการเทได้ดีขึ้น เมื่อเทียบกับคอนกรีตทั่วไป

การบ่ม การบ่มจะเหมือนกับการบ่ม คอนกรีตโดยทั่วไปต้องใช้ความชื้นและใช้เวลาในการบ่มอย่างต่อเนื่อง แต่ คอนกรีตปรับปรุงด้วยโพลีเมอร์ ใช้เวลาในการบ่มแค่เพียง 1 – 2 วัน (ประมาณ 30

ชม.) โดยใช้ความชื้น หลังจากนั้นสามารถบ่มต่อในอากาศ ได้เลย แต่ถ้าอุณหภูมิในการบ่มต่ำและมีความชื้นสูงจะทำให้ระยะในการแข็งตัวยาวออกไป

ข้อจำกัด คอนกรีตปรับปรุงด้วยโพลีเมอร์ควรถูกบ่มและเทที่อุณหภูมิ 7 – 30 °C และต้องระวังการเกิดการแตกร้าวเนื่องจากการหดตัว เพราะอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต่ำ ทำให้เกิดโอกาสการแตกร้าวสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่ออัตราการระเหยสูงกว่า 0.5 กก./ม²./ชม.²

6.10 น้ำยาเกรธา์ (Grout)

โดยทั่วไปน้ำยาเกรธา์มักใช้ในงานเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตเก่าและคอนกรีตใหม่ โดยใช้ในการอุดรอยแตกที่ไม่มีการขยายตัวแล้ว หรือใช้เติมช่องว่างรอบๆโครงสร้างคอนกรีต น้ำยาเกรธา์ที่ปราศจากการหดตัว (Non-shrink Cement Grout) ยังถูกนำมาใช้ในการซ่อมแซมคอนกรีตที่หลุดกระเทาะ (Spalls) หรือ คอนกรีตที่เสียหายแบบรังผึ้ง (Honeycomb) นอกจากนี้ น้ำยาเกรธา์ยังถูกนำมาใช้ยึดสลักเกลียวในคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว น้ำยาเกรธา์ ที่จะอธิบายในหัวข้อนี้ถูกแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ ซีเมนต์เกรธา์ (Cement Grout) และเคมีเกรธา์ (Chemical Grout)

1. ซีเมนต์เกรธา์ (Cement Grout)

การใช้งาน ประกอบด้วยปูนซีเมนต์ มวลรวม และสารผสมเพิ่ม ซึ่งเมื่อนำมาผสมกับน้ำจะทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่สามารถทำให้เรียบด้วยเกรียงได้ สามารถไหลได้ หรือสามารถบ่มได้ โดยปราศจากการแยกตัวของส่วนผสม สารผสมเพิ่มที่ใช้ในซีเมนต์เกรธา์มักจะเป็นสารเร่งการก่อตัว หรือ สารหน่วงการก่อตัว สารลดการหดตัว สารเพิ่มความสามารถในการเทและการบ่มของ ซีเมนต์เกรธา์ และยังมีการใช้สารผสมเพิ่มเพื่อเพิ่มความคงทนต่อซีเมนต์เกรธา์

ข้อดี ซีเมนต์เกรธา์ มีราคาค่อนข้างต่ำ สามารถหาได้ง่าย สะดวกต่อการใช้งาน และยังสามารถได้ดีกับคอนกรีต สารผสมเพิ่มยังถูกนำมาใช้เพิ่มปรับปรุงคุณสมบัติของ ซีเมนต์เกรธา์ ให้มีคุณสมบัติเหมาะสมกับงานที่ต้องการได้โดยราคาค่อนข้างต่ำ

ข้อจำกัด ซีเมนต์เกรธา์ เหมาะสำหรับรอยแตกที่มีความกว้างอย่างน้อย 3 มม. เนื่องจากรอยแตกมีความกว้างพอที่จะทำการฉีด ซีเมนต์เกรธา์ที่มีมวลรวมเป็นส่วนผสมเข้าไปในรอยแตกได้

2 . เรซินเกรธา์หรือเคมีเกรธา์ (Chemical Grout)

การใช้งาน เคมีเกรธา์ประกอบด้วยสารละลายเคมีที่จะทำปฏิกิริยาทำให้เกิดการสร้างตัวของ เจล (Gel) หรือ การตกตะกอนของของแข็ง (Solid Precipitate) ซึ่งตรงกันข้ามกับเคมีเกรธา์ ซึ่งประกอบไปด้วยการแขวนลอยของ อนุภาคของแข็งในของเหลว ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในสารละลายอาจเกิดขึ้นเนื่องจากส่วนประกอบในสารละลาย หรืออาจเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างส่วนผสมของสารละลายกับสารชนิดอื่น เช่น น้ำที่ใช้ในเคมีเกรธา์ หลังการเกิดปฏิกิริยาจะทำให้เกิดเกรธา์ มีความเหลวลดลง และแข็งตัวขึ้น ซึ่งนำไปสู่การเติมช่องว่างในวัสดุที่ถูกเคมีเกรธา์ ฉีดเข้าไป

การซ่อมรอยแตกที่มีขนาดเล็กเพื่อป้องกันความชื้นไม่ให้ผ่านเข้ามาทางรอยแตก หรือการ พื้นฟูให้โครงสร้างคอนกรีตมีสภาพคล้ายเนื้อเดิม สามารถซ่อมแซมโดยใช้เคมีเกรธาท์ ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมมากที่สุด ส่วนเกรธาท์ บางประเภทเช่น อีพ็อกซี่ ถูกนำมาใช้ เพื่อเพิ่มแรงยึดเหนี่ยว ให้กับรอยแตกคอนกรีต

ข้อดี เคมีเกรธาท์ มีข้อดีคือสามารถนำมาใช้งานในภาพแวดล้อมที่ ชื้นได้ นำมาใช้งานได้หลากหลายตามระยะเวลาการก่อตัว และ เคมีเกรธาท์ มีความหนืดต่ำ จึงสามารถนำมาใช้อุดรอยแตกกว้างที่มีขนาดเล็กขนาด 0.05 มม.ได้ เคมีเกรธาท์ที่มีความแข็ง เช่น อีพ็อกซี่เรซิน มีแรงยึดเหนี่ยวสูงต่อพื้นผิวคอนกรีตที่แห้งและสะอาด สามารถพื้นฟูให้ชั้นส่วนคอนกรีตที่กำลังรับน้ำหนักให้ดี

ข้อจำกัด เคมีเกรธาท์มีราคาแพงมากเมื่อเทียบกับ ซีเมนต์ เกรธาท์ นอกจากนี้ยังต้องการทักษะขั้นสูงในการทำงานเนื่องจากมีระยะเวลาการทำงานที่สั้นโดยเฉพาะที่อุณหภูมิสูง

6.11 วัสดุที่ใช้ในการเคลือบป้องกัน

การบำรุงรักษาผิวคอนกรีตสามารถใช้ได้ทั้งงานในแนวระนาบและแนวตั้ง วิธีการบำรุงรักษา และวัสดุที่ใช้ต้องตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ การใช้วิธีการนี้เพื่อ ป้องกันการกัดกร่อนเหล็กเสริม โดยการสร้างสภาวะที่ลดน้ำอิสระในคอนกรีตเพื่อป้องกันการซึมผ่านของความชื้นและคลอไรด์ การปรับปรุงผิวหน้า คอนกรีตมีประสิทธิภาพในการลดอัตราการเกิดสนิมเหล็ก ทั้งในการทดลองและการใช้งานจริง คุณสมบัติของวัสดุและความชำนาญของช่างเป็นสิ่งจำเป็นในการซ่อมแซมด้วยวิธีนี้ หนึ่งใน การเคลือบป้องกันผิวคอนกรีตมีข้อพึงระวัง คือ ต้องใช้วัสดุที่มีความเข้ากันได้ระหว่างวัสดุปรับปรุงผิวหน้า วัสดุซ่อมแซมและคอนกรีตเดิม หลีกเลี่ยงการคลุมคอนกรีตด้วยวัสดุบำรุงผิวหน้าที่ไม่มีการถ่ายเทอากาศ และปฏิบัติตามคำแนะนำและข้อจำกัดของผู้ผลิต

การปรับปรุงผิวหน้าคอนกรีตต้องใช้กับผิวหน้าคอนกรีตที่สะอาด แห้ง และอยู่ในสภาพปกติ และควรทำงานในสภาวะที่อุณหภูมิและความชื้นที่พอเหมาะ และมีอากาศที่ถ่ายเท ก่อนที่จะทำการปรับปรุงผิวคอนกรีตควรปล่อยให้การซ่อมแซมคอนกรีตบ่มตัวอย่างอย่างน้อย 28 วัน

การเตรียมพื้นผิวก่อนทำการ ปรับปรุงผิวคอนกรีตเป็นปัจจัยที่สำคัญขึ้นอยู่กับชนิดของระบบ การป้องกันคอนกรีตวิธีการรวมถึงการขูดผิวหน้าคอนกรีต การแปร่ง การขัดสี การทำความสะอาดด้วยไฟ การสลักด้วยกรด ผงฝุ่นและเศษขยะที่เกิดจากการเตรียมพื้นผิวควรที่จะถูกนำออกก่อนที่จะทำการปรับปรุงผิวหน้า

ผิวหน้าของคอนกรีตที่ได้รับการปรับปรุงควรมีลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

1. ป้องกันการซึมผ่านได้ของน้ำ หรือเพิ่มความต้านทานในการดูดซึมน้ำ
2. ป้องกันการซึมผ่านได้ของไอน้ำ เมื่อทำการปรับปรุงผิวหน้าแล้ว จะต้องมีความทึบน้ำ
3. ป้องกันสารเคมีได้เพื่อลดสภาวะในการเกิดสนิมเหล็ก
4. เชื่อมและประสานรอยแตกในผิวคอนกรีต
5. ต้านทานการลื่นไถล (Skid Resistance) ไม่สูงเกินไป ทำให้ไม่มีผลต่อการเกิดแรงเสียดทานกับกระแสน้ำ จึงไม่มีผลต่อการเกิดการขัดสี

6. ไม่เปลี่ยนแปลงลักษณะ (Appearance) ของคอนกรีตเดิม สารเคลือบผิวหน้าโดยส่วนใหญ่แล้วเป็นสารโปร่งใส ซึ่งจะทำให้คอนกรีตดูเปียก และแวววาวสารฉาบผิวมีหลากหลายสีให้เลือก ซึ่งสารเคลือบส่วนมากมีสีเทาและสีดำ

ในปัจจุบันมีวัสดุและวิธีการในการเคลือบป้องกันความเสียหายของผิวคอนกรีตอยู่มาก ซึ่งสามารถกล่าวในหลักการโดยรวมของวัสดุและวิธีการต่างๆ ได้ดังนี้

1. วัสดุเคลือบชนิดซึม (Penetrant Sealers)

วัสดุเคลือบชนิดซึม เป็นวัสดุซึ่งหลังจากมีการใช้งานแล้วจะอยู่ในคอนกรีตเดิม ความลึกการซึมของสารเคลือบ ขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์และคุณสมบัติของคอนกรีต ที่ซึ่งสารเคลือบชนิดซึม ได้ถูกนำไปใช้ ความลึกการซึมสามารถพิจารณาได้จากขนาดของโมเลกุลของสาร และขนาดรูในเนื้อคอนกรีต ในการใช้วัสดุเคลือบชนิดซึมต้องให้สารเคลือบซึมเข้าไปได้ลึกที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นผิวคอนกรีตที่ต้องการรับการขัดสี วัสดุที่เหมาะสมสำหรับ เคลือบแบบซึม ได้แก่ Boiled Linseed Oil, Silanes, Siloxanes, Epoxies, Methacrylates

วัสดุเคลือบชนิดซึมสามารถนำไปใช้โดยวิธีการกลึง การพ่น การฉีด บนผิวคอนกรีตเดิม การเตรียมพื้นผิวคือปัจจัยที่สำคัญต่อการปรับปรุงผิวหน้าให้ประสบความสำเร็จเนื่องจาก วัสดุเคลือบนี้มีการตอบสนองอย่างรวดเร็วต่อสารปนเปื้อนและสารเคลือบผิวที่ได้ใช้ไว้ก่อนหน้านี้ ความต้านทานต่อรังสีเหนือม่วง (Ultraviolet, UV) และความต้านทานต่อการขัดสีอยู่ในเกณฑ์ที่ดี โดยสารเคลือบชนิดซึมจะไม่ทำให้เกิดการเชื่อมรอยแตกทั้งเก่าและใหม่

2. วัสดุเคลือบที่ผิว (Surface Sealers)

วัสดุเคลือบที่ผิว เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาแน่นกว่าหรือเท่ากับ 0.25 มม. โดยทั่วไปจะปูทับผิวของคอนกรีตได้แก่ อีพ็อกซี โพลียูรีเทน ยูรีเทนชนิดบ่มด้วยน้ำ และอคริลิก สีบางชนิดไม่ว่าจะเป็นชนิดน้ำหรือลาเท็กซ์ สามารถจัดอยู่ในสารประเภท วัสดุเคลือบผิว ได้ หากมีความหนาแน่นน้อยกว่า 0.25 มม. ความหนาของฟิล์มที่เคลือบและสีมีอยู่ระหว่าง 0.03 มม. และ 0.25 มม.

วัสดุชนิดนี้สามารถนำมาใช้โดยการใช้แปรง ลูกกลิ้งหรือการฉีด พ่น สารเคมีบางตัวอาจทำให้เกิดข้อจำกัดบางอย่าง และผู้ใช้ควรปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ผลิตอย่างเคร่งครัด วัสดุเคลือบที่ผิวไม่มีผลต่อการเชื่อมรอยแตกที่ยังไม่มีการหยุดการขยายตัว แต่ สามารถปิดรอยแตกที่มีขนาดเล็ก หรือรอยแตกที่ไม่มีการขยายตัวแล้ว

3. วัสดุเคลือบชนิดหนา (High-Build Coatings)

เป็นวัสดุที่มีความหนาแน่นมากกว่า 0.25 มม. แต่ไม่น้อยกว่า 0.75 มม. เมื่อถูกนำมาใช้กับผิวคอนกรีต โพลีเมอร์ เป็นวัสดุที่มักถูกนำมาใช้กับผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ ซึ่งได้แก่ Acrylics, Styrene-Butadienes, Polyvinyl Acetate, Chlorinated Rubbers, Urethanes, Polyesters, Epoxies High-

build Coatings วัสดุชนิดนี้จะเปลี่ยนลักษณะของผิวคอนกรีต คืออาจจะไปย้อมสีผิวคอนกรีตหรือ อาจจะทำให้ผิวคอนกรีตเกิดตำหนิ

วัสดุประเภทนี้สามารถนำมาใช้โดยการใช้แปรง ลูกกลิ้งหรือการฉีด พ่น ในสภาวะทั่วไปวัสดุ เคลือบต้องมีความต้านทานต่อการปฏิกิริยาออกซิเดชั่น รวมถึงรังสีอัลตราไวโอเล็ต และรังสีอินฟราเรด สำหรับพื้นสะพาน ต้องพิจารณาถึงความต้านทานต่อการขีดสีและการเจาะ รวมถึงความต้านทานต่อ สารเคมีที่ไม่รุนแรงมาก เช่นเกลือ จารบี น้ำมัน น้ำกรดจากแบตเตอรี่ ผงซักฟอก

อีพ็อกซีเป็นวัสดุที่ นิยมใช้โดยทั่วไป เนื่องจากอีพ็อกซีมีแรงยึดเหนี่ยวที่ดี มีความคงทนที่สูง ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ไม่มีผลต่อการเชื่อมรอยแตกที่ยังขยายอยู่ แต่อาจมีผลต่อรอยแตกที่หยุดขยาย แล้ว

4. เมมเบรน (Membranes)

เป็นระบบการปรับปรุงผิวหน้าที่มีความหนามากกว่า 0.7 มม. แต่ไม่น้อยกว่า 6 มม. ฉาบบนผิว คอนกรีต ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ได้แก่ Urethanes, Epoxies, Neoprene, Cement, Polymer Concrete, Methyl Methacrylate และ Asphaltic ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้เมื่อใช้กับคอนกรีตจะทำให้ผิว ของคอนกรีตเปลี่ยนแปลงไปอย่างมากและทำให้ผิวคอนกรีตมีตำหนิ

วัสดุดังกล่าวสามารถนำมาใช้โดยการใช้แปรง ลูกกลิ้งหรือการฉีด พ่น เมมเบรนที่ใช้ส่วนใหญ่ สามารถกันการดูดซึมน้ำ และสามารถเชื่อมรอยแตกที่มีขนาดเล็กกว่า 0.25 มม. ไม่ว่าจะเป็รอยแตก ที่หยุดการขยายตัวหรือยังมีการขยายอยู่ เมมเบรนที่ใช้ร่วมกับการเคลือบด้วยอีพ็อกซีจะช่วยปรับปรุง ความต้านทานการลื่นไถล และความต้านทานการขีดสี โดยต้องหมั่นดูแลรักษา Membranes โดยเฉพาะในส่วนที่เป็นทางลาด ทางโค้งและบริเวณที่มีการหยุดของการจราจร

6.12 วัสดุเพิ่มแรงยึดเหนี่ยว (Bonding Materials)

วัสดุเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวถูกใช้เพื่อยึดเหนี่ยวระหว่างวัสดุที่นำมาซ่อมแซมกับคอนกรีตเดิม วัสดุ เพิ่มแรงยึดเหนี่ยวแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทคือ อีพ็อกซี ลาเท็กซ์ และ ซีเมนต์

1. อีพ็อกซี เมื่อใช้อีพ็อกซี ภายใต้สภาวะร้อนควรมีการดูแล เป็นพิเศษ อุณหภูมิที่สูงจะทำให้ การบ่มไม่เต็มที่และจะ ทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวไม่เต็มที่ อีพ็อกซีมักจะก่อให้เกิดชั้นของน้ำ ระหว่างวัสดุซ่อมแซมกับคอนกรีตเดิม ทำให้น้ำซึมกลับเข้าไปทำปฏิกิริยากับเหล็กเสริมได้ จนนำไปสู่ความเสียหายในโครงสร้างคอนกรีต (ASTM C881)

2. ลาเท็กซ์ (ASTM C1059) แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ ชนิดที่สามารถกระจายตัวได้ และ ชนิดที่ไม่สามารถกระจายตัวได้ โดยชนิดที่สามารถกระจายตัวได้สามารถทำได้บนพื้นผิว หลายวันก่อนทำการเทวัสดุซ่อมแซม อย่างไรก็ตามลาเท็กซ์ชนิดที่สามารถกระจายตัวได้จะ ให้แรงยึดเหนี่ยวน้อยกว่าชนิดกระจายตัวไม่ได้ ลาเท็กซ์ชนิดกระจายตัวได้ไม่ควรใช้กับพื้นผิว ที่ถูกน้ำ ความชื้น หรืองานโครงสร้าง

3. ซีเมนต์ มีการใช้ซีเมนต์ในการยึดเหนี่ยวมานาน โดยประกอบด้วย ซีเมนต์ชนิดละเอียด หรือ ซีเมนต์ผสม (Blended Cement) และสารผสมเพิ่มมวลรวม ซึ่งโดยทั่วไปใช้อัตราส่วน 1 : 1 โดยน้ำหนัก และมีการเติมน้ำลงไปเพื่อให้มีความข้นเหลว (Consistency) ที่สม่ำเสมอ และเหมาะสม

6.13 สรุปข้อแนะนำในการเลือกใช้วัสดุ

จากที่ได้กล่าวมาในข้างต้นนั้น จะพบว่าวัสดุมากมายให้เลือกใช้เพื่อซ่อมแซมสะพาน คอนกรีตเสริมเหล็ก โดยในส่วนนี้จะกล่าวถึงวิธีการเลือกใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการซ่อมแซมความเสียหายที่เกิดขึ้นกับสะพานคอนกรีตในสถานการณ์ที่ แตกต่างกันไป แรงยึดเหนี่ยวและกำลังรับแรงอัดเป็นปัจจัยสำคัญในการซ่อมแซม อย่างไรก็ตามยังคงมีคุณสมบัติอย่างอื่นที่มีความสำคัญและต้องพิจารณาคู่กัน คือ

- 1) คุณสมบัติการขยายตัวเนื่องจากอุณหภูมิ (Coefficient of Thermal Expansion) เป็นสิ่งสำคัญมากที่วัสดุซ่อมแซมควรมีสัมประสิทธิ์ในการขยายตัวเนื่องจากอุณหภูมิใกล้เคียงกับคอนกรีตเดิม ความเข้ากันได้ของสมบัติทางอุณหภูมิ (Thermal Compatibility) ยิ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการปะหรือการปูทับขนาดใหญ่ หากมีความแตกต่างกันมากทางคุณสมบัติ ด้านอุณหภูมิของวัสดุสองชนิด การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างมากสามารถนำไปสู่ความเสียหายไม่ว่าจะเกิดที่ผิวสัมผัสหรือเกิดขึ้นในวัสดุที่มีกำลังรับแรงต่ำ
- 2) คุณสมบัติการหดตัว (Shrinkage) เนื่องจากคอนกรีตเดิมซึ่งเกิดการหดตัวไปมากแล้ว และจะไม่เกิดการหดตัวอย่างมากอีกต่อไป ในการซ่อมจึง ควรเลือกใช้วัสดุที่ไม่เกิดการหดตัว หรือวัสดุที่เกิดการหดตัวแต่ ต้องไม่เกิดการสูญเสียแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตเก่ากับคอนกรีตใหม่ การควบคุมการหดตัวของคอนกรีต ทำได้โดยการใช้คอนกรีตที่มีส่วนผสมน้ำต่อซีเมนต์ต่ำ หรือการใช้วิธีการ ซ่อมแซม ที่ช่วยลดการหดตัว เช่น การใช้ดรายแพค หรือ การซ่อมแซมโดยการใช้คอนกรีตวางมวลรวมก่อน
- 3) คุณสมบัติการซึมผ่าน (Permeability) โดยทั่วไปคอนกรีตที่มีคุณภาพดี จะมีคุณสมบัติที่บดน้ำ แต่ความชื้นภายในสามารถถูกดึงออกไปสู่ผิวหน้าคอนกรีตที่แห้งกว่าได้เนื่องจาก Capillary Action หากมีการใช้วัสดุที่บดน้ำในการปะ การปูทับ หรือ การฉาบ จะทำให้ความชื้นที่เคลื่อนจากภายในออกสู่ผิวหน้า ถูกดักอยู่ระหว่างคอนกรีตเก่า และวัสดุซ่อมแซมที่บดน้ำ ความชื้นที่ถูกดักไว้นั้นอาจนำไปสู่ความเสียหายต่อแรงยึดเหนี่ยวหรือ ซึมกลับไปทำอันตรายต่อเหล็กเสริมได้
- 4) โมดูลัสความยืดหยุ่น (Modulus of elasticity) ควรเลือกใช้วัสดุซ่อมแซมที่มีความยืดหยุ่นใกล้เคียงกับคอนกรีตเดิม เนื่องจาก หากมีการใช้วัสดุที่มีความยืดหยุ่นต่างกันมาก เมื่อโครงสร้างถูกน้ำหนักกระทำ จะทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปที่ต่างกันมาก ซึ่งจะนำไปสู่ความเสียหายต่อวัสดุซ่อมแซม หรือคอนกรีตเดิม

- 5) คุณสมบัติทางเคมี ปัจจุบันมีความสนใจ มากต่อการป้องกันการกัดกร่อนสนิมเหล็ก ซึ่งโดยปกติแล้วคอนกรีตมีความเป็นด่างสูง (pH มากกว่า 12) จะทำให้เกิดฟิล์มซึ่งทำหน้าที่ป้องกันการเกิดสนิมในเหล็กเสริม หากมีการนำวัสดุซ่อมแซมที่มีความเป็นด่างต่ำมาใช้จะไม่ทำให้เกิดการป้องกันการเกิดสนิมในเหล็ก ในอนาคตกรมทางหลวงชนบทอาจต้องพิจารณาใช้ การป้องกัน การกัดกร่อนเหล็กเสริมโดยวิธี Cathodic Protection ซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูง โดยในแต่ละวิธีก็มีอัตราส่วนค่าใช้จ่ายต่อผลประโยชน์ต่างกัน
- 6) คุณสมบัติทางไฟฟ้า (Electrical Properties) ความต้านทานกระแสไฟฟ้า หรือคุณสมบัติทางไฟฟ้าของวัสดุซ่อมแซมก็มีส่วนสำคัญต่อคุณสมบัติของคอนกรีตที่ซ่อมแซมหลังจากความเสียหายเกิดเนื่องจากการกัดกร่อน
- 7) สี (Color) สำหรับซ่อมแซมคอนกรีตเพื่อความสวยงาม สีของวัสดุซ่อมแซมควรมีสีเดียวกับสีของผิวคอนกรีตที่อยู่ใกล้เคียงกัน ควรมีการทดลองสีของวัสดุซ่อมแซมก่อนที่นำมาใช้ในการซ่อมแซม

7

ขั้นตอนการซ่อมแซมพื้นสะพาน

การเลือกวิธีการซ่อมแซมจะต้องสามารถแก้ไขหรือกำจัดสาเหตุที่ทำให้เกิดความเสียหาย ซึ่งวิธีการซ่อมแซมจะพิจารณาจากลักษณะของความเสียหายที่เกิดขึ้นประกอบด้วย การแก้ไขซ่อมแซมพื้นสะพานในคู่มือนี้ แบ่งออกเป็น 2 ประเภทของการซ่อมแซมสะพานด้านบนและด้านล่าง โดยเป็นการซ่อมแซมในกรณีที่มีความเสียหายแบบต้นและแบบลึก การซ่อมแซมจะแบ่ง ออกเป็น 2 แบบส่วนใหญ่จะเป็นแบบเทคอนกรีตทดแทนหรือการปูทับ (Replacement or Overlay) ในบริเวณที่เกิดความเสียหาย และอีกแบบจะเป็นการอัดด้วยน้ำปูนหรืออีพ็อกซีในกรณีเสียหายแบบเป็นรอยแตกร้าว พื้นคอนกรีตที่มีความเสียหายในระดับต้องการการศึกษาเพิ่มเติม หรือการพิจารณาความจำเป็นในการซ่อมแซม (C) ควรได้รับการศึกษา นำไปใช้ในการวางแผน เพื่อกำหนดงบประมาณในการซ่อมแซม ก่อนที่ความเสียหายเพิ่มมากขึ้นจนเกิดวิกฤต และอาจก่ออุบัติเหตุต่อผู้ใช้เส้นทางได้

การซ่อมแซมพื้นผิวสะพานคอนกรีตนั้น แบ่งลักษณะการซ่อมออกเป็น 2 ประเภทแบบต้นและการซ่อมแซมแบบลึกโดยมีตำแหน่งซ่อมแซมเป็นผิวบนและผิวล่างของสะพาน โดยการซ่อมแซมพื้นสะพานมีหลายวิธีขึ้นอยู่กับสาเหตุ ลักษณะความเสียหายที่เกิดขึ้นและลักษณะของโครงสร้างสะพานที่จะทำการซ่อมแซม ดังแสดงในรูปที่ 7.1

ผิวบน	สกัด เททับ	สกัด ตัดเปลี่ยนเหล็ก เททับ
	สกัด-เทคอนกรีตจาก ด้านบน ฉาบด้วยอีพ็อกซี	สกัดและทำความสะอาด เทคอนกรีตทดแทนจาก ด้านบน
ผิวล่าง	แบบต้น	แบบลึก

รูปที่ 7.1 ระดับความลึกและตำแหน่งของความเสียหายที่กำหนดซ่อมแซม

เทคนิคและวัสดุที่ใช้ในการซ่อมแซมพื้นผิวสะพานคอนกรีตมีการพัฒนารุดหน้าอย่างรวดเร็ว และมีความหลากหลายในการซ่อมแซมคอนกรีตของโครงสร้างสะพาน ต้องคำนึงถึงความ

สลัซซ์ชันของโครงสร้าง เทคนิค การออกแบบรวมทั้งสภาพแวดล้อม ซึ่งขั้นตอนของการซ่อมแซมพื้นผิวสะพานคอนกรีตสามารถแบ่งได้ 4 ขั้นตอน คือ

1. การเตรียมพื้นผิวคอนกรีต
2. การทำความสะอาดเหล็กเสริม การซ่อม และการเสริมการป้องกันให้แก่เหล็กเสริม
3. การเตรียมผิวที่จะใช้สร้างแรงยึดเหนี่ยว เพื่อเชื่อมกับเนื้อคอนกรีตเดิม
4. วิธีการหล่อคอนกรีตในบริเวณที่ซ่อมแซม

7.1 ขั้นตอนการซ่อมแซมพื้นสะพานที่เป็น Slab Type ที่มีความเสียหายด้านบน

ในการซ่อมแซม พื้นคอนกรีตต้องคำนึงเสมอว่า มีการเคลื่อนย้ายน้ำหนักบรรทุกออกไปจากชิ้นส่วนโครงสร้างนั้น ๆ ตัวอย่างเช่น การสกัดคอนกรีต การตัดเหล็กเสริม ซึ่งน้ำหนักบรรทุกที่มีอยู่จะถ่ายเทไปสู่เนื้อคอนกรีตและเหล็กเสริมที่เหลืออยู่ อาจก่อให้เกิดภาวะหน่วยแรงมากเกินไป (Overstress) ในส่วนของเนื้อคอนกรีตเดิม ทั้งส่วนที่รับแรงอัด (Compression Area) และส่วนที่รับแรงดึง (Tension Area) ซึ่งสามารถแก้ปัญหาได้โดยการใช้ค้ำยันช่วยรองรับชิ้นส่วนโครงสร้างนั้นๆ แผนผังการซ่อมแซมพื้นคอนกรีตแสดงไว้ในรูปที่ 7.2

7.1.1 การเตรียมพื้นผิวคอนกรีต (Surface Preparation)

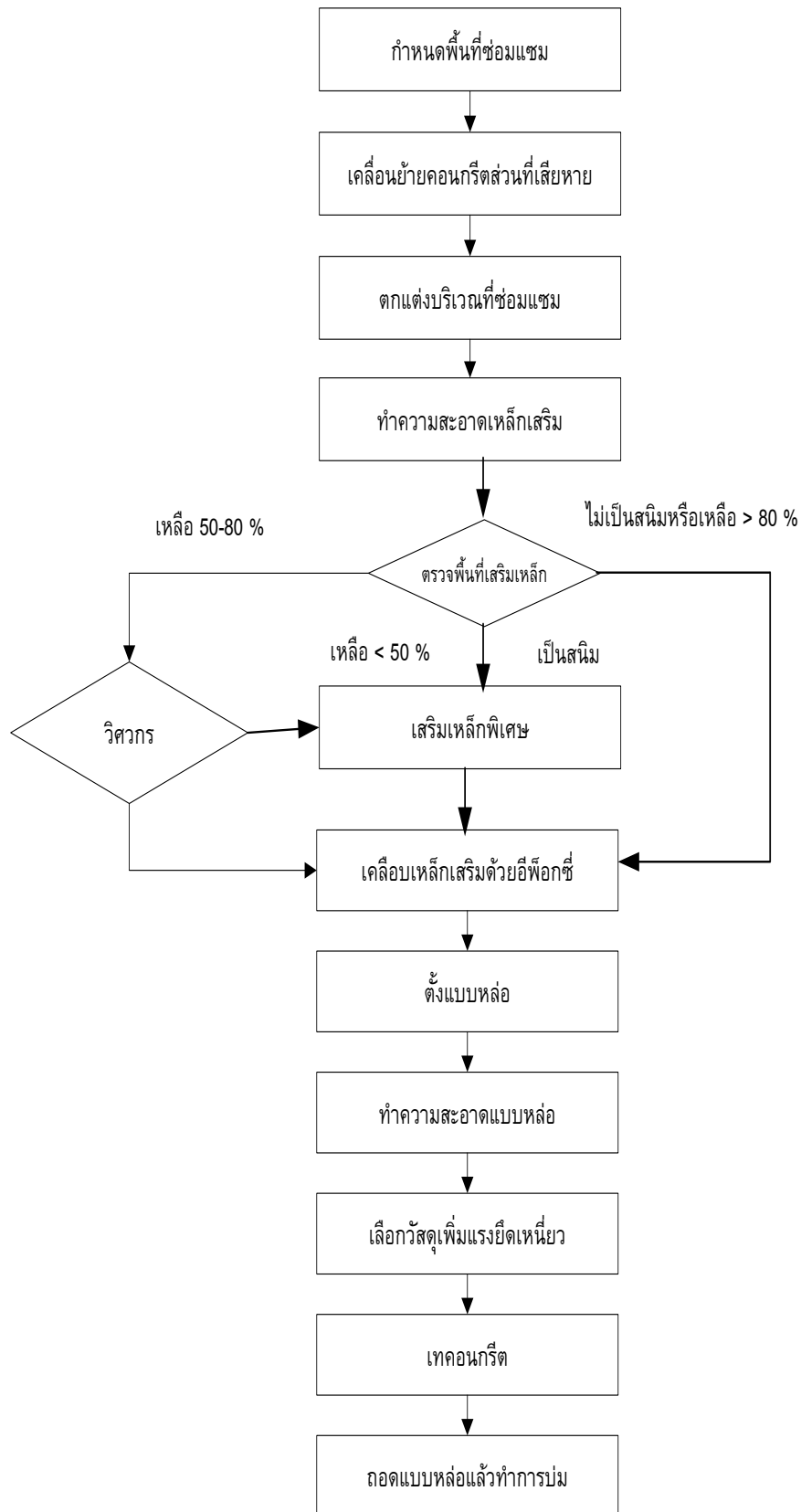
การซ่อมแซมพื้นสะพานมีหลายวิธีขึ้นอยู่กับสาเหตุ ลักษณะความเสียหายที่เกิดขึ้นและลักษณะของโครงสร้างสะพานที่จะทำการซ่อมแซม

การเตรียมผิวคอนกรีตก็คือ การปรับสภาพคอนกรีตเดิมที่ได้รับความเสียหายนั้นให้พร้อมสำหรับการซ่อมแซมต่อไป ขั้นตอนต่างๆ ไปในการเตรียมพื้นผิวคอนกรีตเพื่อทำการซ่อมแซมสามารถทำได้ 3 ขั้นตอนคือ

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดพื้นที่ที่จะทำการซ่อมแซม

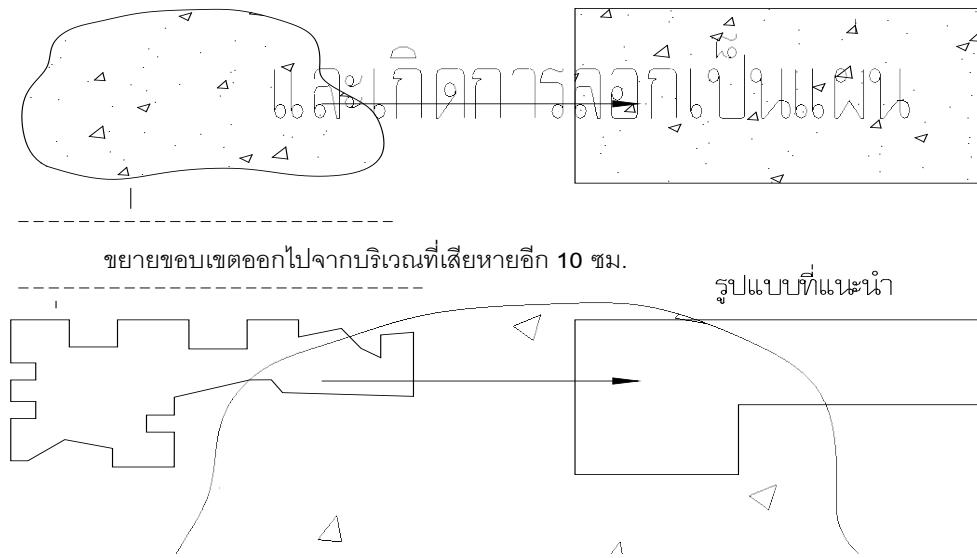
ข้อกำหนดของ AC1 503.6R-97 ได้แนะนำให้การกำหนดพื้นที่ที่จะทำการซ่อมแซมควรดำเนินการดังนี้

1. ปิดการจราจรในส่วนที่จะทำการซ่อมแซมพื้นสะพาน
2. กำหนดพื้นที่ที่จะทำการซ่อมแซม เริ่มจากการตรวจสอบบริเวณที่มีความเสียหายสามารถทำได้โดยใช้ค้อนเคาะ (Hammer Sounding) หรือใช้วิธีลากโซ่ โดยจะสามารถตรวจสอบหาบริเวณที่เกิดความเสียหายได้จากลักษณะเสียงที่เกิดขึ้น และควรเตรียมพื้นที่ที่จะซ่อมแซมให้เป็นรูปสี่เหลี่ยม มีการตีกรอบพื้นที่ที่ซ่อมแซมให้ชัดเจนและไม่ให้ความยาวขอบมากเกินไปจนความจำเป็นโดยกำหนดให้ขยายพื้นที่ ในการซ่อมแซมให้ห่างจากบริเวณที่เกิดความเสียหาย 10 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 7.3



รูปที่ 7.2 แสดงแผนผังการซ่อมแซมพื้นสะพานด้านบน

ขอบเขตของคอนกรีตที่มีความหลวม
และเกิดการลอกเป็นแผ่น

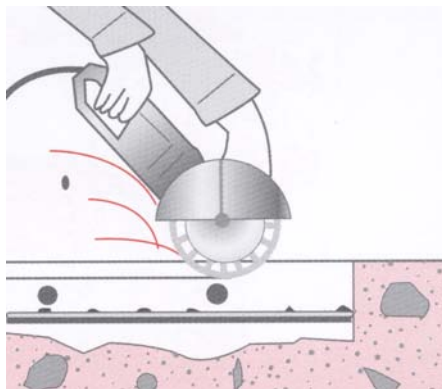


รูปที่ 7.3 การกำหนดพื้นที่ที่จะทำการซ่อมแซม (Earley, 2008)

3. ติดตั้งค้ำยัน (Support System) เพื่อพยุงบริเวณที่จะซ่อมแซมก่อนที่จะทำการกำจัดคอนกรีตส่วนที่ชำรุดเสียหายออกไปจากโครงสร้าง

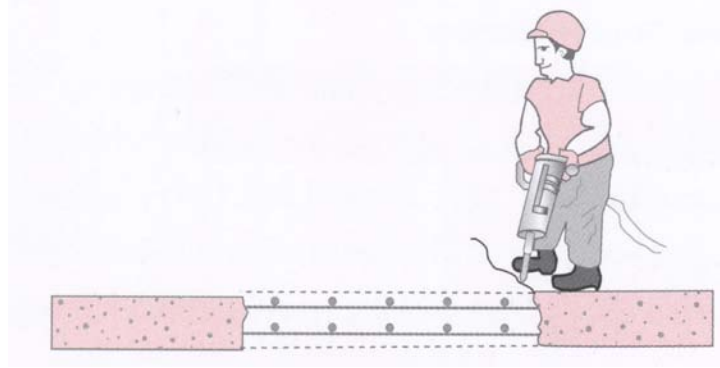
ขั้นตอนที่ 2 การเคลื่อนย้ายคอนกรีตส่วนที่เสียหาย

1. ทำการตัดพื้นสะพานในส่วนที่เสียหายโดยการตัดตามเส้นขอบเขตที่กำหนดไว้ ให้ลึกประมาณ 25 มม. ดังแสดงในรูปที่ 7.4

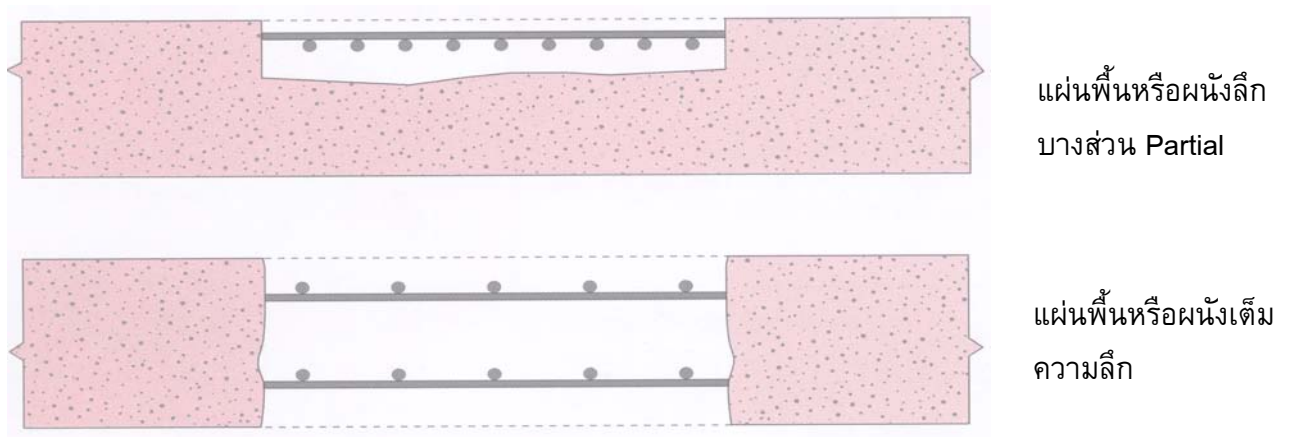


รูปที่ 7.4 การตัดคอนกรีตตามแนวพื้นที่ที่กำหนดจะทำการซ่อมแซม (Emmons, 1993)

2. ทูบหรือสกัดคอนกรีตที่ชำรุดออกไปจากบริเวณที่จะซ่อมแซม จนถึงคอนกรีตส่วนที่ดีโดยใช้เครื่องเจาะหรือวิธีการที่ได้รับการยอมรับแล้ว ดังแสดงในรูปที่ 7.5 และรูปที่ 7.6



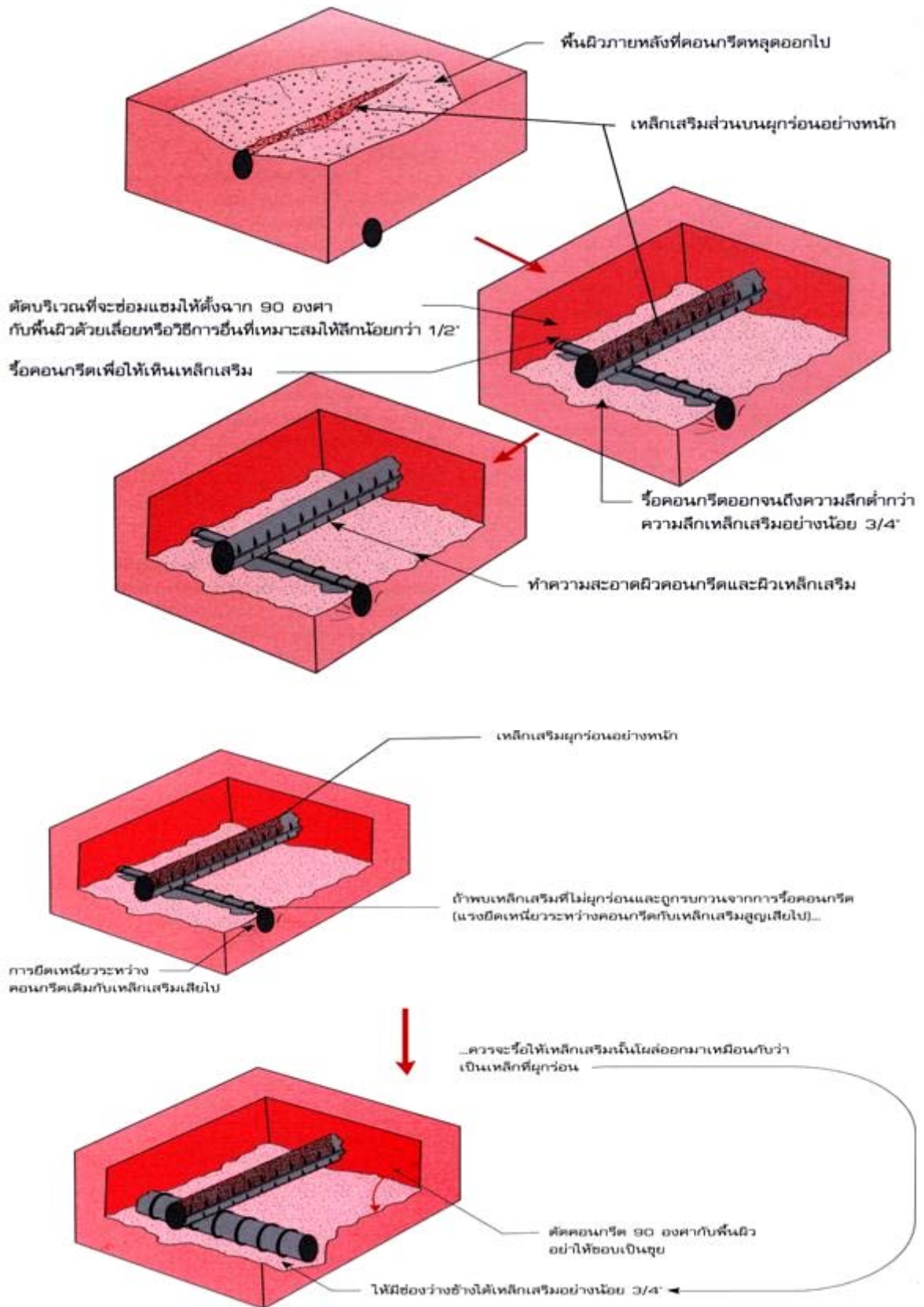
รูปที่ 7.5 สกัดหรือทุบรีดคอนกรีตที่เสียหายออก (Emmons, 1993)



รูปที่ 7.6 หลังจากสกัดคอนกรีตที่เสียหายออกจากตำแหน่งที่ทำการซ่อมแซม (Emmons, 1993)

ขั้นตอนที่ 3 การตกแต่งบริเวณรอยต่อของบริเวณที่ซ่อมแซม

1. ให้กำจัดคอนกรีตส่วนที่ชำรุดเสียหายออกก่อนให้หมดจนถึงชั้นเหล็กเสริม ถ้าเหล็กเสริมนั้นเป็นสนิมอย่างรุนแรง ก็ให้สกัดคอนกรีตที่อยู่ใต้เหล็กเสริมนั้นออก ประมาณ 25 มม. จากนั้นจึงทำความสะอาดเหล็กเสริม ดังแสดงในรูปที่ 7.7
2. ตัดเหล็กเสริมในส่วนที่เสียหาย แล้วทำการเสริมเหล็กใหม่ โดยพิจารณาจากพื้นที่หน้าตัดของเหล็กเสริมที่เหลืออยู่



รูปที่ 7.7 วิธีปฏิบัติเมื่อพบเหล็กเสริมในการสกัดคอนกรีตเพื่อทำการซ่อมแซม (Emmons, 1993)

7.1.2 การทำความสะอาด เหล็กเสริม การซ่อม และ การเสริมการป้องกันให้แก่เหล็กเสริม

1. กำจัดสนิมและสะเก็ดเหล็กออกไปให้หมดจากตัวเหล็กเสริม โดยการทำความสะอาดเหล็กเสริมนี้จะต้องทำโดยรอบเส้นรอบวงของเหล็กเสริม การทำเช่นนี้จะช่วยให้กำจัดเศษคอนกรีตที่ซำรุดเสียหายรอบๆ เหล็กเสริมที่เป็นสนิมออกไปด้วย วิธีกำจัดสนิมนิยมใช้คือ

การใช้แปรงลวด (Power Wise Brushing)

การใช้แปรงลวดขัดสนิม เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพวิธีการหนึ่งในการกำจัด สนิม หรือออกไซด์ที่ไม่ต้องการออกจากพื้นผิวเหล็ก การขัดด้วยแปรงลวด เป็นวิธีที่ช้ามาก มีข้อจำกัดที่ใช้ไม่ได้ผลเมื่อต้องทำความสะอาดบริเวณด้านหลังของเหล็กเสริม

การพ่นด้วยแรงดันอากาศ (Abrasive Blas)t

การใช้แรงดันอากาศพ่นวัสดุขัดสีผ่านหัวพ่นเป็นวิธีการที่ดีที่สุดในการทำให้พื้นผิวเหล็กเสริมและคอนกรีตสะอาด แต่วิธีนี้ต้องคำนึงถึงปัญหาเศษวัสดุ(ฝุ่น) พุ้งในอากาศ ซึ่งสามารถใช้การพ่นน้ำที่ปลายหัวฉีด (Nozzle) รวมไปด้วยเพื่อลดฝุ่นในกระบวนการนี้

การใช้แรงดันน้ำ (High pressure Water)

เป็นการใช้น้ำแรงดันสูง 20.7 ถึง 69 MPa (3,000 ถึง 10,000 psi.) ทำความสะอาดพื้นผิวของคอนกรีตและเหล็กเสริม โดยการกำจัดวัสดุที่ไม่เหมาะสมออกไป การใช้น้ำผสมกับทรายจะทำให้ทำความสะอาดได้เร็วขึ้น และยังทำให้พื้นผิวขรุขระ ซึ่งจะช่วยให้เพิ่มแรงยึดเหนี่ยวให้กับวัสดุเคลือบหรือวัสดุซ่อมแซม ตัวอย่างเครื่องมือแสดงไว้ในรูปที่ 7.8

รูปที่ 7.8 High Pressure Water Cleaning (Emmons, 1993)

การใช้ Needle Scaler

Needle Scalers คือ อุปกรณ์ทาง นิวเมติก (Pneumatic) ที่ใช้แทงเหล็กกลมเล็ก ๆ ขับเคลื่อนจากกระบอก แทะเหล็กจะกระแทกกับพื้นผิวที่ต้องการ ทำให้วัสดุที่อยู่ผิวหลุดออกไป วิธี Needle Scalers เหมาะสำหรับการทำความสะอาดชั้นนอกออกไซด์ที่หนา และใช้ทำความสะอาดพื้นผิวคอนกรีตในพื้นที่เล็กๆ ดังแสดงในรูปที่ 7.9



รูปที่ 7.9 แสดงเครื่องมือ Needle Scaler (Emmons, 1993)

- กรณีเหล็กเสริมเป็นสนิมจนเหลือพื้นที่หน้าตัดน้อยกว่า 80% แต่เหลือมากกว่า 50% ให้วิศวกรเป็นผู้ตัดสินใจในการซ่อมแซมเหล็กเสริม แต่ถ้าหน้าตัดเหล็กเสริมเหลือน้อยกว่า 50% ให้ตัดเหล็กเสริมในส่วนที่เสียหายออก แล้วทำการเสริมเหล็กใหม่แทนโดยวิธีการต่อเชื่อมหรือทาบเหล็ก โดยให้ดำเนินการตามมาตรฐานการทำงานของกรมทางหลวงชนบท ภายใต้การตรวจสอบของวิศวกร
- ทำการป้องกันการเกิดสนิมให้แก่เหล็กเสริมโดยการเคลือบด้วย อีพ็อกซี หรือวิธีอื่นๆ

7.1.3 การเตรียมผิวที่จะใช้สร้างแรงยึดเหนี่ยว เพื่อเชื่อมกับเนื้อคอนกรีตเดิม

- เตรียม ผิวหน้าของคอนกรีตที่สกัด ให้ปราศจากส่วนที่หลุดลุ่ย ผิวคอนกรีตต้องมีความขรุขระพอเพียงที่จะยึดเกาะกับวัสดุใหม่ได้ ขอบจะต้องเอียงออกเล็กน้อยเพื่อป้องกันฟองอากาศไม่ให้ถูกกัก โดยพิจารณา ดังนี้
 - เนื้อคอนกรีตเดิมที่สะอาดมีสภาพดี
 - ผิวคอนกรีตที่ทำให้หยาบแล้ว สำหรับการเกาะยึดเชิงกล (Mechanical Interlock)
 - ช่องว่าง หรือช่องเปิดต่างๆ ที่เนื้อคอนกรีตเดิม (Pores) สะอาดไม่มีส่วนหลวม
 - วัสดุที่ใช้ซ่อมแซมหรือสารที่ใช้ช่วยสร้างแรงยึดเหนี่ยว สามารถที่จะถูกดูดซับเข้าไปในช่องว่างในเนื้อคอนกรีตเดิม เช่น น้ำปูนชั้น และ Bonding Agent
 - วัสดุที่ใช้ซ่อมแซมถูกติดตั้งเข้าไปด้วยแรงดันที่เพียงพอที่จะทำให้เกิดการสัมผัสที่ดีและกระจายอย่างทั่วถึง ระหว่างวัสดุที่ใช้ซ่อมแซมและเนื้อคอนกรีตเดิมในบริเวณที่ต้องการให้เกิดแรงยึดเหนี่ยว (Bond Line)
- เลือกวัสดุที่ใช้ เพิ่มแรงยึดเหนี่ยวให้แก่คอนกรีต เก้า และวัสดุใหม่ที่นำมาใช้ซ่อมแซมโดยพิจารณาจากวัสดุทั้ง 3 ประเภท คือ อีพ็อกซี ลาเท็กและซีเมนต์

7.1.4 วิธีการหล่อคอนกรีตในบริเวณที่ซ่อมแซม (Placement Methods)

- ตั้งแบบหล่อสำหรับเทคอนกรีตหรือ Non-Shrink Concrete โดยแบบหล่อต้องแน่นสนิท ไม่มีรอยรั่วซึม (เฉพาะกรณีที่ต้องใช้แบบหล่อ)

2. ทำความสะอาดบริเวณที่จะทำการซ่อมแซม ให้ปราศจากฝุ่น เศษวัสดุ
3. เตรียมผิวที่จะซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพอิมมิตัวด้วยน้ำ
4. ทาหรือราดด้วยวัสดุเพิ่มแรงยึดเหนี่ยว เพื่อทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวที่ดีระหว่างคอนกรีตใหม่และคอนกรีตเก่าได้ดี
5. เทคอนกรีตหรือ Non-Shrink Concrete ทดแทนในส่วนที่สกัดออก
6. ตรวจสอบปริมาณคอนกรีตที่ใช้กับคอนกรีตในส่วนที่สกัดออก ซึ่งจะต้องมีปริมาณใกล้เคียงกัน
7. เมื่อคอนกรีตสามารถรับน้ำหนักได้ตามมาตรฐานจึงเปิดการจราจร

7.2 ขั้นตอนการซ่อมแซมพื้นสะพานที่เป็น Slab Type ที่มีความเสียหายด้านล่าง

7.2.1 การเตรียมพื้นผิวคอนกรีต (Surface Preparation)

การซ่อมแซมพื้นผิวสะพานคอนกรีตนั้น แบ่งลักษณะการซ่อมออกเป็น การซ่อมแซมแบบตื้น และการซ่อมแซมแบบลึก โดยมีตำแหน่งซ่อมแซมเป็นผิวบนและผิวล่างของสะพานตามลักษณะความเสียหาย

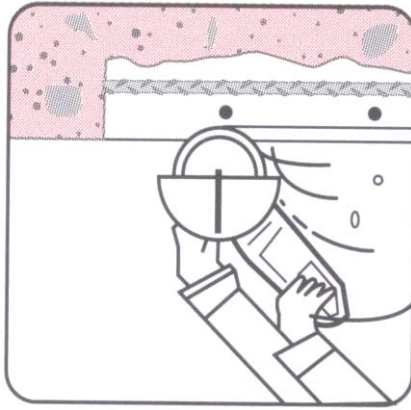
ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดพื้นที่ที่จะทำการซ่อมแซม

เพื่อเป็นการป้องกันมิให้เกิดปัญหาการรั่วซึมที่ขอบพื้นที่ และควรจะมีการตีกรอบพื้นที่ที่ซ่อมแซมให้ชัดเจนและไม่ให้มีความยาวขอบมากเกินไปจนความจำเป็น โดยข้อกำหนดของ AC1 506R-90 ได้แนะนำให้เตรียมพื้นที่ที่จะซ่อมแซมให้เป็นรูปสี่เหลี่ยม การกำหนดพื้นที่ที่จะทำการซ่อมแซมควรดำเนินการดังนี้

1. ปิดการจราจรในส่วนที่จะทำการซ่อมแซมพื้นสะพาน
2. กำหนดพื้นที่ที่จะทำการซ่อมแซม โดยให้ขยายขอบเขตจากความเสียหาย 10 ซม. การตรวจสอบบริเวณที่มีความเสียหายสามารถทำได้โดยใช้ค้อนเคาะ (Hammer Sounding) โดยจะสามารถตรวจสอบหาบริเวณที่เกิดความเสียหายได้จากลักษณะเสียงที่เกิดขึ้น
3. ติดตั้งค้ำยัน (Support System) เพื่อพยุงบริเวณที่จะซ่อมแซมก่อนที่จะทำการกำจัดคอนกรีตส่วนที่ชำรุดเสียหายออกไปจากโครงสร้าง โดยปรึกษาวิศวกร

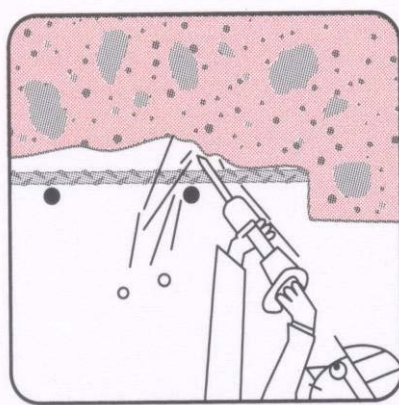
ขั้นตอนที่ 2 การเคลื่อนย้ายคอนกรีตส่วนที่เสียหาย

1. ทำการตัดพื้นสะพานตามขอบเขตที่กำหนดไว้ ด้วยเครื่องตัดคอนกรีตตามขอบเขตที่กำหนดไว้ดังแสดงในรูปที่ 7.10



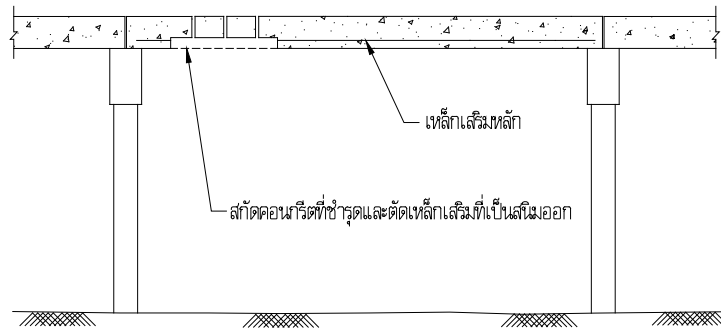
รูปที่ 7.10 การตัดคอนกรีตตามแนวพื้นที่ที่กำหนดจะทำการซ่อมแซม (Emmons, 1993)

2. การตัดหรือเจาะคอนกรีตบริเวณใต้เหล็กเสริมที่ได้รับความเสียหาย โดยใช้เครื่องเจาะคอนกรีตหรือวิธีที่เลือกไว้ กรณีที่เหล็กเป็นสนิม จนเกิดการสูญเสียหน้าตัด (Section Loss) จะต้องมีการซ่อมแซมเหล็กเสริมด้วย
3. สกัดคอนกรีตที่ชำรุดออกจนถึงคอนกรีตดี โดยควรสกัดลึกไปในคอนกรีตดีประมาณ 25 มม. ดังแสดงในรูปที่ 7.11



รูปที่ 7.11 การสกัดคอนกรีตที่เสียหายลึกไปในคอนกรีตดีประมาณ 25 มม. (Emmons, 1993)

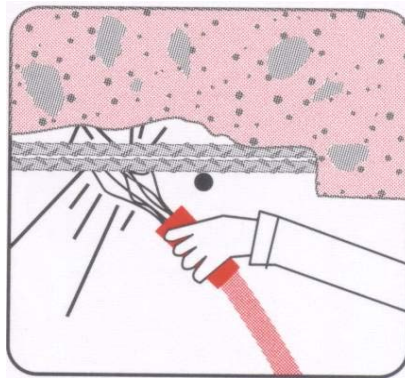
4. เจาะพื้นคอนกรีตสะพานด้านบนด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตเพื่อเป็นช่องสำหรับเทคอนกรีต โดยเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 - 50 มม. โดยมีระยะห่างกันประมาณ 1.2 ม. ขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาใช้ซ่อมแซม ดังแสดงในรูปที่ 7.12



รูปที่ 7.12 เจาะรูปสำหรับเทคอนกรีตหรือ Non-Shrink จากด้านบน (กรมทางหลวง 2547)

ขั้นตอนที่ 3 การตกแต่งบริเวณรอยต่อของบริเวณที่ซ่อมแซม

1. กรณีเหล็กเสริมเป็นสนิมให้กำจัดคอนกรีตส่วนที่ชำรุดเสียหายออกก่อนให้หมดจนถึงชั้นเหล็กเสริม ถ้าเหล็กเสริมนั้นเป็นสนิมอย่างรุนแรง ก็ให้สกัดคอนกรีตที่อยู่ใต้เหล็กเสริมนั้นออกด้วยจากนั้นจึงทำความสะอาดเหล็กเสริม
2. ตัดเหล็กเสริมในส่วนที่เสียหาย แล้วทำการเสริมเหล็กใหม่ ดังแสดงในรูปที่ 7.13

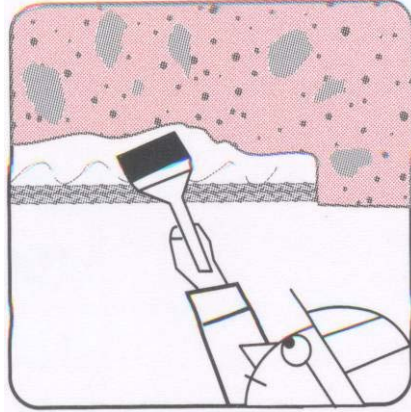


รูปที่ 7.13 การเสริมเหล็กใหม่ (Emmons, 1993)

7.2.2 การทำความสะอาดเหล็กเสริม การซ่อม และการเสริมการป้องกันให้แก่เหล็กเสริม

1. กำจัดสนิมและสะเก็ดเหล็กออกไปให้หมดจากตัวเหล็กเสริม โดยการทำความสะอาดเหล็กเสริมนี้จะต้องทำโดยรอบเส้นรอบวงของเหล็กเสริม การทำเช่นนี้จะช่วยให้กำจัดเศษคอนกรีตที่ชำรุดเสียหายรอบๆ เหล็กเสริมที่เป็นสนิมออกไปด้วยวิธีกำจัดสนิมที่นิยมใช้คือ
 1. การใช้แปรงลวด (Power Wise Brushing)
 2. การใช้ Abrasive Blast
 3. การใช้แรงดันน้ำ (High pressure Water)
 4. การใช้ Needle Scaler

2. กรณีเหล็กเสริมเป็นสนิมจนเหลือพื้นที่หน้าตัดน้อยกว่า 50 % ให้ตัดเหล็กเสริมในส่วนที่เสียหายออก แล้วทำการเสริมเหล็กใหม่แทน
3. ทำความสะอาด และทำการป้องกันการเกิดสนิมให้แก่เหล็กเสริม ดังแสดงในรูปที่ 7.14



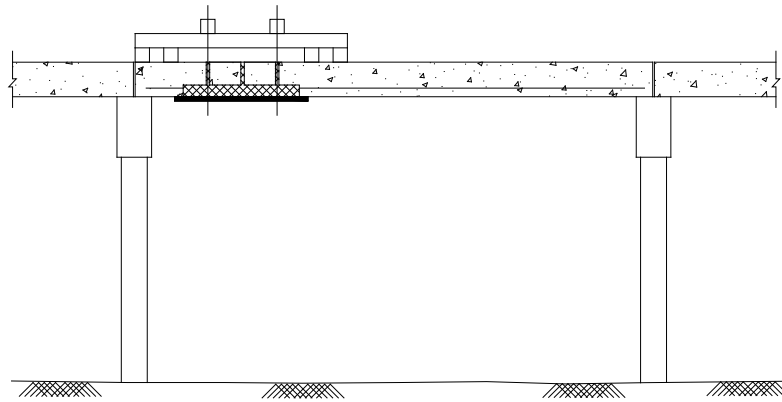
รูปที่ 7.14 การทำความสะอาดเหล็กเสริมและพื้นผิวคอนกรีต (Emmons, 1993)

7.2.3 การเตรียมผิวที่จะใช้สร้างแรงยึดเหนี่ยว เพื่อเชื่อมกับเนื้อคอนกรีตเดิม

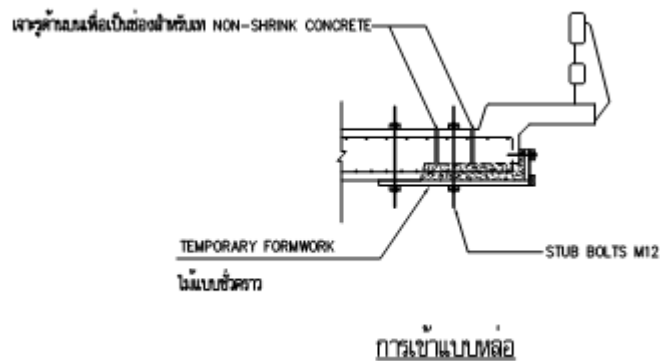
1. เตรียมผิวหน้าของคอนกรีตที่สกปรกให้ปราศจากส่วนที่หลุดรุ่ม ผิวมีความขรุขระพอเพียงที่จะยึดเกาะกับวัสดุใหม่ได้ ขอบจะต้องเอียงออกเพื่อป้องกันฟองอากาศไม่ให้ถูกกักโดยพิจารณา ดังนี้
 1. เนื้อคอนกรีตเดิมที่สะอาดมีสภาพดี
 2. ผิวคอนกรีตที่ทำให้หยาบแล้ว สำหรับการเกาะยึดเชิงกล (Mechanical Interlock)
 3. ช่องว่าง หรือช่องเปิดต่างๆ ที่เนื้อคอนกรีตเดิม (Pores)
 4. วัสดุที่ใช้ซ่อมแซมหรือสารที่ใช้ช่วยสร้างแรงยึดเหนี่ยวที่จะถูกดูดซับเข้าไปในช่องว่างในเนื้อคอนกรีตเดิม
 5. วัสดุที่ใช้ซ่อมแซมถูกติดตั้งเข้าไปด้วยแรงดันที่เพียงพอที่จะทำให้เกิดการสัมผัสที่ดีระหว่างวัสดุที่ใช้ซ่อมแซมและเนื้อคอนกรีตเดิมในบริเวณที่จะเกิดแรงยึดเหนี่ยว (Bond Line)
2. เลือกวัสดุที่ใช้เพิ่มแรงยึดเหนี่ยวให้แก่คอนกรีตเก่าและวัสดุใหม่ที่จะนำมาใช้ซ่อมแซม

7.2.4 วิธีการหล่อคอนกรีตในบริเวณที่ซ่อมแซม (Placement Methods)

1. ประกอบแบบจา กด้านบนหรือด้านล่างขึ้นกับสภาพและตำแหน่งของงานที่จะทำการซ่อมแซม
2. ยึดแบบให้แน่น อุดรอยรั่วหรือร่องที่วัสดุซ่อมจะไหลออก
3. เทคอนกรีตจากด้านบนของสะพาน โดยใช้ Non-Shrink Concrete หรืออีพ็อกซีมอร์ตาร์ติดตั้งแสดงในรูปที่ 7.15 และ 7.16 ตามลำดับ



รูปที่ 7.15 เข้าแบบหล่อเทคอนกรีตหรือ Non-Shrink จากด้านบน (กรมทางหลวง 2547)



รูปที่ 7.16 เข้าแบบหล่อเทคอนกรีตหรือ Non-Shrink จากด้านข้าง

4. ตรวจสอบปริมาณคอนกรีตหรือ Non-Shrink หรือคอนกรีตที่ใช้แทนคอนกรีตในส่วนที่สกัดออก ซึ่งจะต้องมีปริมาณใกล้เคียงกัน
5. เมื่อคอนกรีตสามารถรับน้ำหนักได้ตามมาตรฐานจึงเปิดการจราจร

7.3 ขั้นตอนการซ่อมแซมร้าวสะพาน

7.3.1 การเตรียมพื้นผิวคอนกรีต

1. ทำการกำหนดพื้นที่ที่จะทำการซ่อมแซม
2. ทำการสกัดคอนกรีตที่ชำรุด แตกกร้าว หลุดกะเทาะและสกัดผิวคอนกรีตที่เสื่อมสภาพออกทั้งหมด แสดงดังรูปที่ 7.17



รูปที่ 7.17 แสดงผิวคอนกรีตสกัดคอนกรีตที่ชำรุด

3. หากชั้นส่วนคอนกรีตชำรุดเสียหายเกิน 50% ของหน้าตัด ให้ทำการหล่อชั้นส่วนใหม่
4. ทำความสะอาดผิวที่ชำรุดทั้งหมด
5. ใช้น้ำยากำจัดคราบตะไคร่น้ำ และเชื้อรา ชนิดมีน้ำเป็นส่วนประกอบ
6. ถ้าเหล็กเสริมเป็นสนิมขุมเกิน 20 % แต่ไม่เกิน 50% ให้ทำการขัดสนิมออกให้หมดโดยให้ผู้อยู่ในการตัดสินใจของวิศวกรว่าต้องซ่อมเหล็กหรือไม่ แต่หากเป็นสนิมขุมเกิน 50% ให้ทำการเปลี่ยนเหล็กใหม่โดยการต่อทาบแบบเชื่อม แสดงดังรูปที่ 7.18



รูปที่ 7.18 แสดงการเสริมเหล็กในส่วนที่สกัดรี้ออก

7.3.2 การทำความสะอาดเหล็กเสริม การซ่อม และเสริมการป้องกันให้แก่เหล็กเสริม

1. ขัดสนิมเหล็กโดยวิธีต่าง การกำจัดสนิมและสะเก็ดเหล็กออกไปให้หมดจากตัวเหล็กเสริม โดยการทำทำความสะอาดเหล็กเสริมนี้จะต้องทำโดยรอบเส้นรอบวงของเหล็กเสริม การทำเช่นนี้จะช่วยให้กำจัดเศษคอนกรีตที่ซำรุดเสียหายรอบๆ เหล็กเสริมที่เป็นสนิมออกไปด้วย

1. การใช้แปรงลวด (Power Wise Brushing)
2. การใช้ Abrasive Blast
3. การใช้แรงดันน้ำ (High pressure Water)
4. การใช้ Needle Scaler

2. ทำความสะอาด และทำการป้องกันการเกิดสนิมให้แก่เหล็ก

7.3.3 การเตรียมผิวที่จะใช้สร้างแรงยึดเหนี่ยว เพื่อเชื่อมกับเนื้อคอนกรีตเดิม

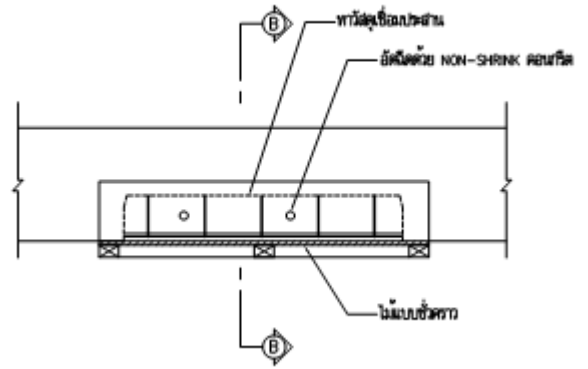
1. เตรียม ผิวหน้าของคอนกรีตที่สกัด ให้ปราศจากส่วนที่หลุดล่อน ผิวคอนกรีตต้องมีความขรุขระพอเพียงที่จะยึดเกาะกับวัสดุใหม่ได้ ขอบจะต้องเอียงออกเล็กน้อยเพื่อป้องกันฟองอากาศไม่ให้ถูกกัก โดยพิจารณาดังนี้

- เนื้อคอนกรีตเดิมที่สะอาดมีสภาพดี
- ผิวคอนกรีตที่ทำให้หยาบแล้ว สำหรับการเกาะยึดเชิงกล (Mechanical Interlock)
- ช่องว่าง หรือช่องเปิดต่างๆ ที่เนื้อคอนกรีตเดิม (Pores) สะอาดไม่มีส่วนหลวม
- วัสดุที่ใช้ซ่อมแซมหรือสารที่ใช้ช่วยสร้างแรงยึดเหนี่ยว สามารถที่จะถูกดูดซับเข้าไปในช่องว่างในเนื้อคอนกรีตเดิม เช่น น้ำปูนชั้น และ Bonding Agent
- วัสดุที่ใช้ซ่อมแซมถูกติดตั้งเข้าไปด้วยแรงดันที่เพียงพอที่จะทำให้เกิดการสัมผัสที่ดีและกระจายอย่างทั่วถึง ระหว่างวัสดุที่ใช้ซ่อมแซมและเนื้อคอนกรีตเดิมในบริเวณที่ต้องการให้เกิดแรงยึดเหนี่ยว (Bond Line)

2. เลือกวัสดุที่ใช้ เพิ่มแรงยึดเหนี่ยวให้แก่คอนกรีตเก่าและวัสดุใหม่ที่นำมาใช้ซ่อมแซม โดยพิจารณาจากวัสดุทั้ง 3 ประเภท คือ อีพ็อกซี่ ลาเท็กและซีเมนต์

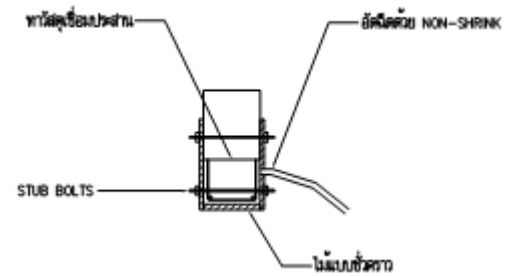
7.3.4 วิธีการหล่อคอนกรีตในบริเวณที่ซ่อมแซม (Placement Methods)

1. พื้นผิวทุกชนิด จะต้องสะอาด ปราศจากน้ำท่วมขังและเศษฝุ่นต่างๆ ในกรณีที่พื้นผิวเดิมมีเศษขุขี้เมนต์เกาะติดให้ทำความสะอาดโดยใช้เครื่องมือกล เช่น การพ่นทราย ขัดด้วยแปรงลวด เป็นต้น ประกอบแบบสำหรับเทคอนกรีต ดังแสดงในรูปที่ 7.19



รูปที่ 7.19 ประกอบไม้แบบ

2. ทำการซ่อมแซมโดยใช้ Non shrink mortar หรือฉีดยึดด้วยมอร์ต้า ในกรณีชำรุดเล็กน้อย หรือเทคอนกรีตใหม่ทั้งหน้าตัด กรณีที่ชำรุดเสียหายมากกว่า 50% ดังแสดงในรูปที่ 7.20



รูปที่ 7.20 เทคอนกรีตใหม่ทั้งหน้า

7.4 พื้นสะพานเป็นแบบ Slab Type ความเสียหายบนพื้นผิวสะพานเป็นรอยแตกร้าว

พื้นสะพานเมื่อมีรอยแตกร้าวไม่มาก สามารถซ่อมแบบเกรทด้วยน้ำยา หรือ โดยอัดน้ำยาอีพ็อกซีซินติส ซึ่งมีคุณสมบัติสามารถรับแรงอัดและแรงดึงได้สูงเพื่อไปอุดช่องว่างของรอยแตกร้าวด้วยเครื่องอัดแรงดันสูง ซึ่งมีขั้นตอนการซ่อมแซมดังนี้

ขั้นตอนการซ่อมแซม

1. ปิดการจราจรในส่วนที่จะทำการซ่อมแซมพื้นสะพาน
2. กำหนดพื้นที่ที่จะทำการซ่อมแซม

3. ทำความสะอาดพื้นสะพานบริเวณที่แตกร้าว โดยเฉพาะสิ่งสกปรก คราบไขมัน เป็นต้น และหากรอยแตกร้าวมีความชื้นให้เซาะร่องเป็นรูปตัววี ดังแสดงในรูปที่ 7.21 และ 7.22 ตามลำดับ



รูปที่ 7.21 เป่าทำความสะอาดพื้นสะพาน



รูปที่ 7.22 เซาะร่องพื้นคอนกรีตเป็นรูปตัววี

4. กำหนดจุดเริ่มและจุดสิ้นสุดของรอยแตกร้าว ทำการอุดรอยแตกร้าวที่ทำการเซาะร่อง ด้วยอีพ็อกซี ดังแสดงในรูปที่ 7.23 และ 7.24



รูปที่ 7.23 กำหนดระยะที่ทำการซ่อมพร้อมเจาะรูสำหรับติดตั้งหัวฉีดยา



รูปที่ 7.24 อุดรอยแตกร้าวที่ทำการเซาะร่อง

5. ผึ่งหัวอัดฉีดอีพ็อกซี่ แล้วทำการฉีดอีพ็อกซี่ด้วยแรงอัดลงไปจนกระทั่งอีพ็อกซี่ไปโผล่ในรูที่เจาะถัดไป แล้วถอดหัวอัดเพื่อทำการอุดอีพ็อกซี่ ทำตามลำดับจนถึงจุดสิ้นสุด ดังแสดงในรูปที่ 7.25 และ 7.26



รูปที่ 7.25 อัดฉีดอีพ็อกซี่ด้วยแรงอัด



รูปที่ 7.26 พื้นสะพานที่ทำการซ่อมเสร็จสมบูรณ์

7.5 อุปกรณ์เครื่องมือเครื่องจักร

7.5.1 อุปกรณ์เครื่องมือเครื่องจักรที่ใช้ในการซ่อมแซมพื้นสะพานที่เป็น Slab Type ที่มีความเสียหายด้านบน และด้านล่างมีดังนี้

1. อุปกรณ์สำหรับงานก่อสร้างทั่วไป เช่น เครื่องอัดลม โมผสมคอนกรีต รถบรรทุก ฯลฯ
2. อุปกรณ์สำหรับงานตัดคอนกรีต เช่น Sawcutting and Blade เครื่องเจาะรูคอนกรีต
3. อุปกรณ์สำหรับงานสกัดคอนกรีต เช่น Chipping Hammer
4. อุปกรณ์สำหรับงานขัดสนิมเหล็ก เช่น Abrasive Blast และ Needle Scar
5. อุปกรณ์สำหรับลำเลียงคอนกรีตเทบนสะพานและใต้สะพาน เช่น กรวย ท่อลำเลียงรถเข็น
6. อุปกรณ์สำหรับอำนวยความสะดวกเกี่ยวกับการจราจรบนสะพาน เช่น แผ่นป้ายจราจร กรวยยาง ไฟสัญญาณ
7. อุปกรณ์สำหรับอำนวยความสะดวกสำหรับผู้ปฏิบัติงาน เช่น หมวกนิรภัย ฯลฯ

7.5.2 อุปกรณ์เครื่องมือเครื่องจักรที่ใช้ในการซ่อมแซมราวสะพาน มีดังนี้

1. อุปกรณ์สำหรับงานก่อสร้างทั่วไป เช่น เครื่องอัดลม โมผสมคอนกรีต รถบรรทุก ฯลฯ
2. อุปกรณ์สำหรับงานตัดคอนกรีต เช่น Sawcutting and Blade
3. อุปกรณ์สำหรับงานสกัดคอนกรีต เช่น Chipping Hammer
4. อุปกรณ์สำหรับงาน ขัดสนิม เช่น Abrasive Blast และ Needle Scar
5. อุปกรณ์สำหรับลำเลียงคอนกรีตเทบนสะพานและใต้สะพาน เช่น กรวย ท่อลำเลียงรถเข็น
6. อุปกรณ์สำหรับอำนวยความสะดวกเกี่ยวกับการจราจรบนสะพาน เช่น แผ่นป้ายจราจร กรวยยาง ไฟสัญญาณ
7. อุปกรณ์สำหรับอำนวยความสะดวกสำหรับผู้ปฏิบัติงาน เช่น หมวกนิรภัย เสื้อสะท้อนแสง ฯลฯ

7.5.3 อุปกรณ์เครื่องมือเครื่องจักรที่ใช้ในการซ่อมแซมการแตกร้าวของสะพานมีดังนี้

1. อุปกรณ์สำหรับงานก่อสร้างทั่วไป เช่น เครื่องอัดน้ำยาเกรธาท์ เครื่องผสมน้ำยาเกรธาท์ ฯลฯ
2. อุปกรณ์สำหรับงานตัดและทำร่อง เช่น Sawcutting and Blade
3. อุปกรณ์สำหรับงานเจาะคอนกรีต เช่น สว่าน
4. อุปกรณ์สำหรับลำเลียงวัสดุก่อสร้าง เช่น รถเข็น
5. อุปกรณ์สำหรับอำนวยความสะดวกเกี่ยวกับการจราจรบนสะพาน เช่น แผ่นป้ายจราจร กรวยยาง ไฟสัญญาณ
6. อุปกรณ์สำหรับอำนวยความสะดวกสำหรับผู้ปฏิบัติงาน เช่น หมวกนิรภัย เสื้อสะท้อนแสง ฯลฯ

7.6 ปัญหาและอุปสรรค

ในการออกแบบซ่อมแซม พื้นสะพาน และราวสะพาน มีสิ่งที่จะต้องคำนึงถึงคือเรื่องของ ความแข็งแรงของโครงสร้างสะพาน ที่ต้องให้สามารถรับน้ำหนักได้ดีเช่นเดิม การซ่อมแซมจึงจะช่วยยืดอายุการใช้งานของสะพานให้ยาวนาน ดังนั้นการซ่อมแซมคอนกรีตที่เสื่อมสภาพ จึงเป็นกระบวนการที่จำเป็น เพื่อคืนความแข็งแรงและสภาพการใช้งานของโครงสร้างสะพาน หลังการซ่อมแซม ให้มีประสิทธิภาพ ในการเข้าดำเนินการซ่อมแซม พื้นสะพาน และราวสะพาน มีสิ่งที่จะต้องคำนึงถึงคือเรื่องความปลอดภัย วิธีการซ่อมแซม เนื่องจากการขึ้นส่วนของโครงสร้างสะพานที่ทำการซ่อมอยู่ในระดับสูงและอยู่บนลำน้ำ จึงมีความจำเป็นในการควบคุมเรื่องความปลอดภัยแก่ผู้ปฏิบัติงาน และต้องเลือกวิธีการซ่อมแซมที่ไม่ซับซ้อน สะดวกและสามารถทำงานได้ง่าย ปัญหาที่ควรระวังมีดังนี้

1. มีการกระทบต่อสภาพการจราจรและการใช้สะพาน จึงต้องควรทำการประชาสัมพันธ์ให้ผู้ใช้เส้นทางทราบก่อนเข้าดำเนินการ และจะไม่สามารถทำการปิดจราจรได้เป็นเวลานาน
2. ในกรณีไม่ได้ปิดการจราจรต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ทำงานโดยเฉพาะจากผู้ขัวยวดยานที่ขาดความระมัดระวัง

7.7 ข้อควรระวังและความปลอดภัยในการทำงาน

ในการตรวจสอบโครงสร้าง สะพาน นั้นจะต้องคำนึงถึงความปลอดภัยในระหว่างการทำงาน ของบุคลากรที่กำลังดำเนินการอยู่บริเวณพื้นสะพานที่เคยเป็นช่องการสัญจร ซึ่งจะทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ทำงานได้ ดังนั้นคำแนะนำในข้อระวังและความปลอดภัยในระหว่างการทำงานดังแสดงต่อไปนี้

1. บุคลากรต้องสวมใส่เครื่องป้องกันอันตราย
2. บุคลากรต้องแต่งตัวให้มิดชิด ใช้สีที่สามารถมองเห็นได้ในระยะไกล
3. ต้องมีการติดตั้งเครื่องมือช่วยตรวจสอบ เช่น เข็มขัดนิรภัย ให้มีความแข็งแรงทนทานต่อการเข้าทำงานในกรณีที่ต้องปีนออกนอกตัวสะพาน
4. ต้องให้ความสำคัญกับป้ายหรือสัญญาณจราจรที่แจ้งให้ผู้ใช้สะพานทราบ โดยต้องตั้งป้ายสัญญาณ และสัญญาณปิดช่องการจราจรให้ห่างจากสะพานพอที่จะให้รถหยุดหรือชะลอความเร็วได้

สะพานที่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้น หรือบริเวณที่สัมผัสกับความเค็มของน้ำทะเลหรือน้ำกร่อยเจือปนอยู่ มักจะเกิดความเสียหายขึ้นกับชิ้นส่วนโครงสร้างส่วนล่าง (Substructure) คือเสาและ คานรองรับ เนื่องจากโครงสร้างเหล่านี้จะสัมผัสกับน้ำและไอน้ำโดยตรง จึงมีโอกาสที่เกิดการชำรุดเสียหายขึ้นได้ง่าย ซึ่งการชำรุดของคานคองกรีตมักเกิดจาก

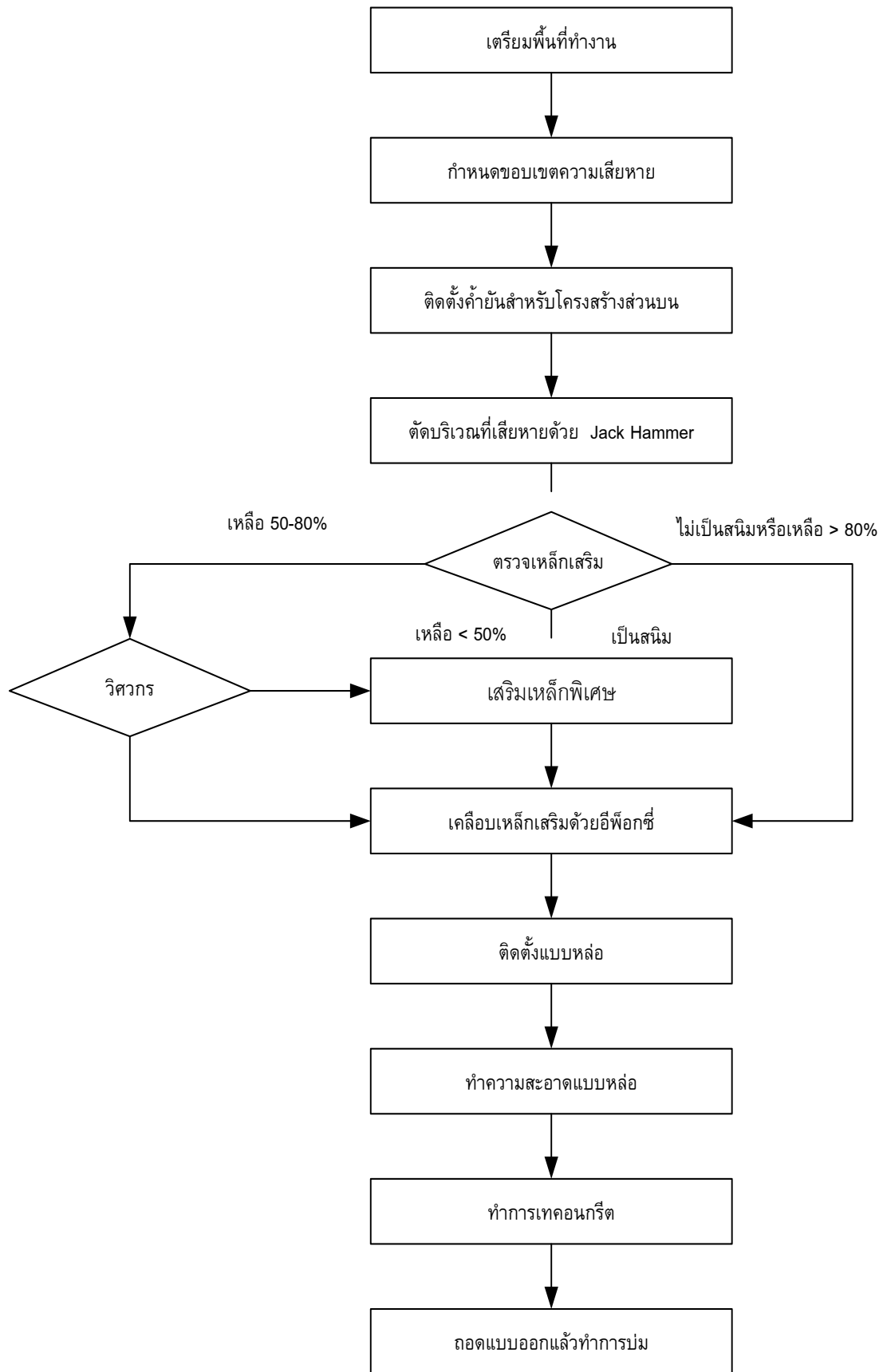
1. ถูกเรือชนหรือกระแทก เนื่องจากบริเวณสะพานจะมีเรือประมง ลอดผ่านใต้สะพาน โดยเฉพาะในช่วงที่น้ำขึ้น ทำให้ช่องลอดใต้สะพานมีความสูงไม่เพียงพอ
2. เกิดจากคลอไรด์ในน้ำที่ถูกกระแสน้ำพัดพามาทำปฏิกิริยากับเหล็กเสริม ทำให้เกิดสนิม เนื่องจากสะพานก่อสร้างอยู่ใกล้ทะเล น้ำกร่อยหรือมีความชื้นสูง
3. ประชาชนใช้สะพานเป็นที่จับสัตว์น้ำ ทำให้น้ำทะเลจากอุปกรณ์ เช่นแห เบ็ดตกปลาทำ ความเสียหายกับคานคองกรีตอัดแรง
4. น้ำจากพื้นสะพานที่ไหลจากช่องระบายน้ำลงสู่คานคองกรีตอัดแรง ทำให้เกิดความเสียหาย

8.1 ขั้นตอนการซ่อมแซมคานคองกรีตสะพาน

เทคนิคและวัสดุที่ใช้ในการซ่อมแซม คาน สะพาน ซึ่งเป็นโครงสร้างหลักในการรับแรงของโครงสร้างสะพาน ต้องคำนึงถึง ความสลัซซึบซ้อนของโครงสร้าง เทคนิค การออกแบบ ความปลอดภัย รวมทั้งสภาพแวดล้อม ซึ่งขั้นตอนของการซ่อมแซม คานสะพานคองกรีตสามารถแบ่งได้ 4 ขั้นตอน คือ

1. การเตรียมพื้นผิวคองกรีต
2. การทำความสะอาดเหล็กเสริม การซ่อมแซมและการเสริมการป้องกันให้แก่เหล็กเสริม
3. การเตรียมผิวที่จะใช้สร้างแรงยึดเหนี่ยว เพื่อเชื่อมกับเนื้อคองกรีตเดิม
4. วิธีการหล่อคองกรีตในบริเวณที่ซ่อมแซม

แผนผังการซ่อมแซมคานคองกรีตแสดงไว้ในรูปที่ 8.1



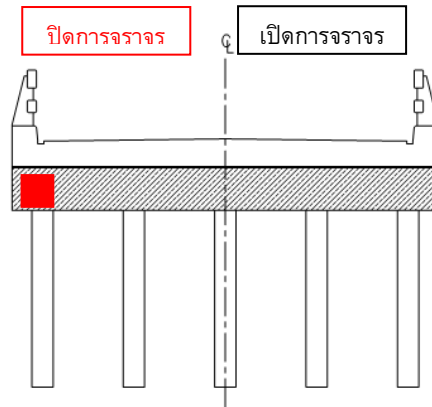
รูปที่ 8.1 แสดงแผนผังการซ่อมโครงสร้างคานของสะพาน

8.1.1 การเตรียมพื้นผิวคอนกรีต (Surface Preparation)

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดพื้นที่ที่จะทำการซ่อมแซม

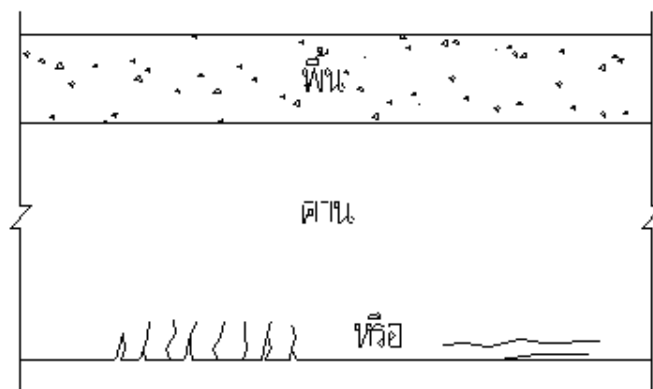
ข้อกำหนดของ AC1 503.6R-97 ได้แนะนำให้การกำหนดพื้นที่ที่จะทำการซ่อมแซมควรดำเนินการดังนี้

1. ปิดการจราจรให้เหลือ 1 ช่องจราจร (จากแนวศูนย์กลางสะพาน ข้างละ 2.00 ม. เพื่อลดการรับน้ำหนักของคานที่จะซ่อมแซม พร้อมจำกัดความเร็วของรถที่สัญจรหรือปิดการจราจรทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 8.2

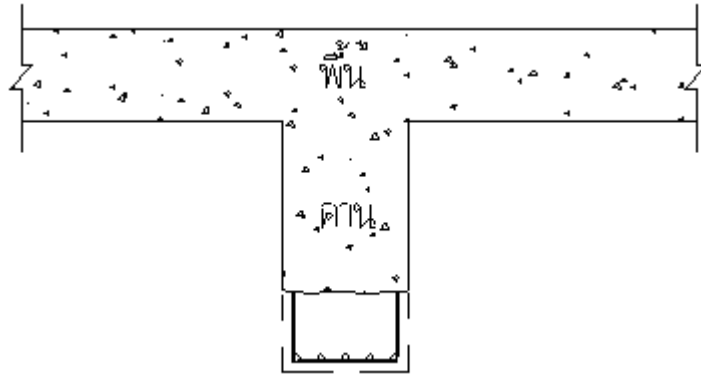


รูปที่ 8.2 แสดงการปิดการจราจรบนสะพานให้เหลือ 1 ช่องจราจร

2. การตรวจสอบบริเวณที่มีความเสียหาย ที่มองเห็นและตรวจสอบพื้นที่เสียหายที่มองไม่เห็นโดยใช้ค้อนเคาะ (Hammer Sounding) ตรวจสอบหาบริเวณที่เกิดความเสียหายได้จากลักษณะเสียงที่เกิดขึ้นดังแสดงในรูปที่ 8.3 เพื่อกำหนดพื้นที่ในการซ่อมแซม ดังแสดงในรูปที่ 8.4 และควรเตรียมพื้นที่ที่จะซ่อมแซมให้เป็นรูปสี่เหลี่ยม มีการตีกรอบพื้นที่ที่ซ่อมแซมให้ชัดเจนและไม่ให้มีความยาวขอบมากเกินไปจนความจำเป็นโดยกำหนดให้ขยายพื้นที่ที่จะซ่อมแซมให้ห่างจากบริเวณที่เกิดความเสียหาย 10 เซนติเมตร

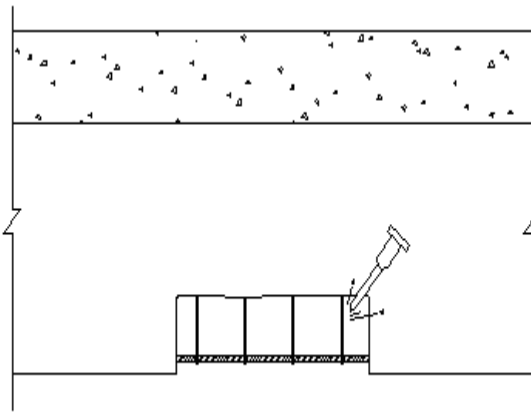


รูปที่ 8.3 แสดงคานคอนกรีตแตกร้าวบางส่วน



รูปที่ 8.4 กำหนดพื้นที่ในการซ่อมแซม

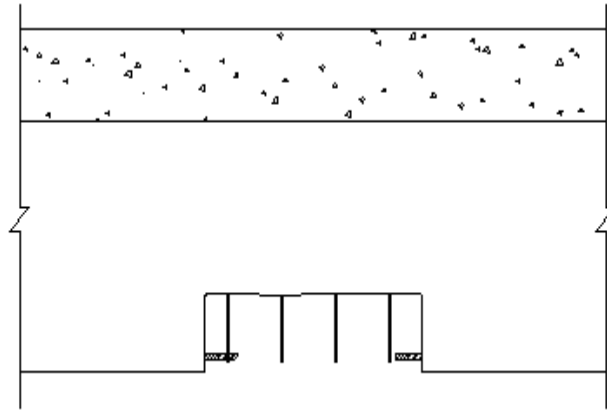
3. ติดตั้งนั่งร้านและค้ำยันสำหรับพื้นที่ในการปฏิบัติงานใต้คานคอนกรีต โดยปรึกษาวิศวกร
4. สกัดคอนกรีตที่ชำรุดจนโดยใช้เครื่องสกัดคอนกรีตจนถึงคอนกรีตที่มีสภาพดี ดังแสดงในรูปที่ 8.5



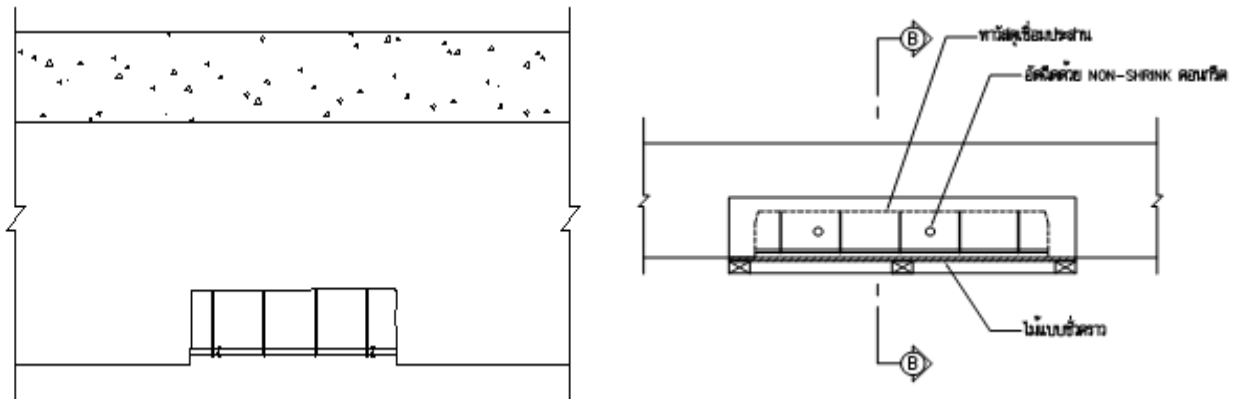
รูปที่ 8.5 แสดงการสกัดคอนกรีตที่ชำรุดออก

8.1.2 การทำความสะอาดเหล็กเสริม การซ่อมและการเสริมการป้องกันให้แก่เหล็กเสริม

1. ขัดสนิมโดยใช้เครื่องมือขัดสนิม
2. กรณีที่เหล็กเสริมเป็นสนิมเกิน 50 % ให้ตัดเหล็กเสริมในส่วนที่เป็นสนิมออก แล้วทำการเสริมเหล็กใหม่ ในกรณีเหล็กเสริมเป็นสนิมอยู่ระหว่าง 20-50% ให้วิศวกรพิจารณาว่าควรจะต้องเปลี่ยนเหล็กเสริมหรือไม่ ดังแสดงในรูปที่ 8.6
3. ใส่เหล็กเสริมทดแทนเหล็กเสริมเดิมที่ชำรุด รวมทั้งใส่เหล็กเสริมใหม่ที่ออกแบบไว้เพิ่มเติม (ถ้ามี) ทาน้ำยากันสนิมที่เหล็กเสริม ดังแสดงในรูปที่ 8.7



รูปที่ 8.6 แสดงการตัดเหล็กเสริมที่เป็นสนิมออก



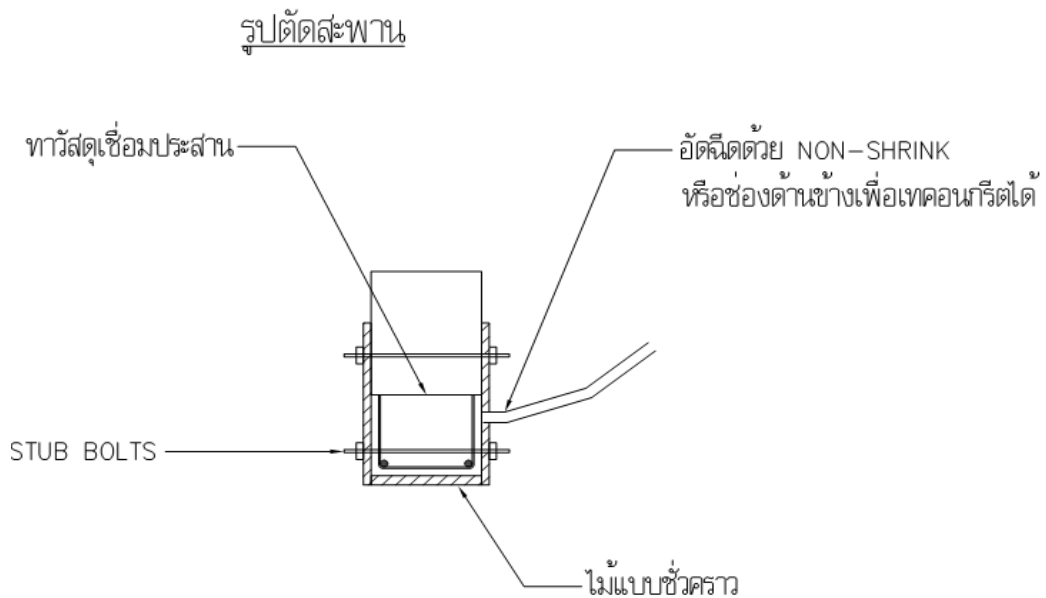
รูปที่ 8.7 แสดงการต่อเหล็กด้วยวิธีการเชื่อมชนหรือทาบโดยคำแนะนำของวิศวกร

8.1.3 การเตรียมผิวที่จะใช้สร้างแรงยึดเหนี่ยว เพื่อเชื่อมกับเนื้อคอนกรีตเดิม

1. เตรียมผิวหน้าของคอนกรีตที่สกปรกให้ปราศจากส่วนที่หลุดล่อน ผิวคอนกรีตต้องมีความขรุขระพอเพียงที่จะยึดเกาะกับวัสดุใหม่ได้ ขอบจะต้องเอียงออกเล็กน้อยเพื่อป้องกันพองอากาศไม่ให้ถูกกัก โดยพิจารณา ดังนี้
 1. เนื้อคอนกรีตเดิมที่สะอาดมีสภาพดี
 2. ผิวคอนกรีตที่ทำให้หยาบแล้ว สำหรับการเกาะยึดเชิงกล (Mechanical Interlock)
 3. ช่องว่าง หรือช่องเปิดต่างๆ ที่เนื้อคอนกรีตเดิม (Pores) สะอาดไม่มีส่วนหลวม
 4. วัสดุที่ใช้ซ่อมแซมหรือสารที่ใช้ช่วยสร้างแรงยึดเหนี่ยว สามารถที่จะถูกดูดซับเข้าไปในช่องว่างในเนื้อคอนกรีตเดิม เช่น น้ำปูนข้น และ Bonding Agent
 5. วัสดุที่ใช้ซ่อมแซมถูกติดตั้งเข้าไปด้วยแรงดันที่เพียงพอที่จะทำให้เกิดการสัมผัสที่ดีและกระจายอย่างทั่วถึง ระหว่างวัสดุที่ใช้ซ่อมแซมและเนื้อคอนกรีตเดิมในบริเวณที่ต้องการให้เกิดแรงยึดเหนี่ยว (Bond Line)
2. เลือกวัสดุที่ใช้เพิ่มแรงยึดเหนี่ยวให้แก่คอนกรีตเก่าและวัสดุใหม่ที่จะนำมาใช้ซ่อมแซม โดยพิจารณาจากวัสดุทั้ง 3 ประเภท คือ อีพ็อกซี่ ลาเท็กซ์และซีเมนต์

8.1.4 วิธีการหล่อคอนกรีตในบริเวณที่ซ่อมแซม

1. ประกอบแบบให้แน่นไม่มีที่รั่วซึม อาจขยายด้านข้างคานให้กว้างกว่าคานเดิมเพื่อความสะดวกในการเทคอนกรีตได้
2. ทำความสะอาดบริเวณที่จะเทคอนกรีต
3. ทำคอนกรีตเก่าให้อยู่ในสภาพชุ่มน้ำ ผิวแห้ง (Saturated Surface Dry) มีน้ำอิสระที่ผิวคอนกรีตน้อยที่สุด
4. ทาน้ำยากันสนิมและน้ำยาสร้างแรงยึดเหนี่ยว
5. เทคอนกรีตหรือวัสดุที่เลือกไว้ทดแทนส่วนที่ถูกเคลื่อนย้ายออกไป
6. ถอดแบบ และบ่มคอนกรีตเพื่อรักษาปฏิกิริยาของคอนกรีตให้สมบูรณ์ติดตั้ง
7. ถอดนั่งร้านและค้ำยันเมื่อคอนกรีตสามารถรับแรงได้
8. เปิดการจราจร



รูปที่ 8.8 แสดงการประกอบแบบหล่อคอนกรีต

8.2 อุปกรณ์เครื่องมือเครื่องจักร

1. อุปกรณ์สำหรับงานก่อสร้างทั่วไป เช่น เครื่องอัดลม โม่ผสมคอนกรีต รถบรรทุก ฯลฯ
2. อุปกรณ์สำหรับลำเลียงคอนกรีตเทได้สะพาน เช่น กรวย ท่อลำเลียง
3. อุปกรณ์สำหรับการขัดสนิม เช่น แปรงลวด
4. อุปกรณ์สำหรับอำนวยความสะดวกเกี่ยวกับจราจรบนสะพาน เช่น แผ่นป้ายจราจร กรวยยาง
5. อุปกรณ์อำนวยความสะดวกสำหรับผู้ปฏิบัติงาน เช่น เสื้อชูชีพ เข็มขัดนิรภัย ฯลฯ

8.3 ปัญหาและอุปสรรค

1. บริเวณสะพานบางครั้งมีระดับน้ำลึก และไหลเชี่ยว หรือมีระดับไหลขึ้น-ลง ดังนั้น ผู้ปฏิบัติงานจะต้องมีอุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัยไม่ให้พลัดตกลงในน้ำหรือทะเล ซึ่งจะทำให้เกิดอันตรายต่อชีวิตได้
2. คอนกรีตที่ชำรุด และสกัดออกมานั้น จะต้องไม่ให้ร่วงหล่นลงในน้ำ ดังนั้นในขณะที่สกัด คอนกรีตที่ชำรุดจะต้องมีอุปกรณ์รองรับ แล้วนำไปทิ้งบนฝั่งในที่ที่เหมาะสม
3. คาน (Cap Beam) เป็นโครงสร้างหลักที่รับแรง จะต้องให้วิศวกรหรือช่างเทคนิคที่มีความรู้ความสามารถทำการตรวจสอบความปลอดภัยก่อนทำการสกัดคอนกรีตและตัดเหล็กเสริมเพราะจะทำให้กำลังในการรับแรงของคานคอนกรีตลดลง

8.4 ข้อควรระวังและความปลอดภัยในการทำงาน

การซ่อมแซมคานคอนกรีตที่มีความเสียหาย ระดับที่ต้องพิจารณาในการซ่อมแซม (C) หรือในระดับที่ต้องทำการซ่อมแซมเร่งด่วน (D) นั้น ต้องคำนึงถึงความปลอดภัย ด้วยโครงสร้างดังกล่าวมีผลต่อการรับน้ำหนักขององค์รวมของสะพาน ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานต้องมีความพร้อมและทักษะในการทำงาน และป้องกันการเกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานได้ อาทิเช่น

1. บุคลากรต้องสวมใส่เครื่องป้องกันอันตราย
2. บุคลากรต้องแต่งตัวให้มีดซิดป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้น
3. ต้องมีการติดตั้งเครื่องมือป้องกันอันตราย เช่น เข็มขัดนิรภัย เพื่อกันตกลงไปในน้ำ
4. ต้องให้ความสำคัญกับชิ้นส่วนที่มีผลต่อการรับน้ำหนักบรรทุกของโครงสร้างสะพาน
5. มีการฝึกทักษะและเตรียมความพร้อมก่อนทำงานทุกครั้ง ในส่วนของบุคลากร และเครื่องมือเป็นต้น
6. ติดตั้งรั้วหรือแผ่นผ้าใบเพื่อรองรับการหลุดร่วงของวัสดุก่อสร้างหรือเศษวัสดุ ไม่ให้โดนผู้ที่อยู่ด้านล่างสะพาน

9

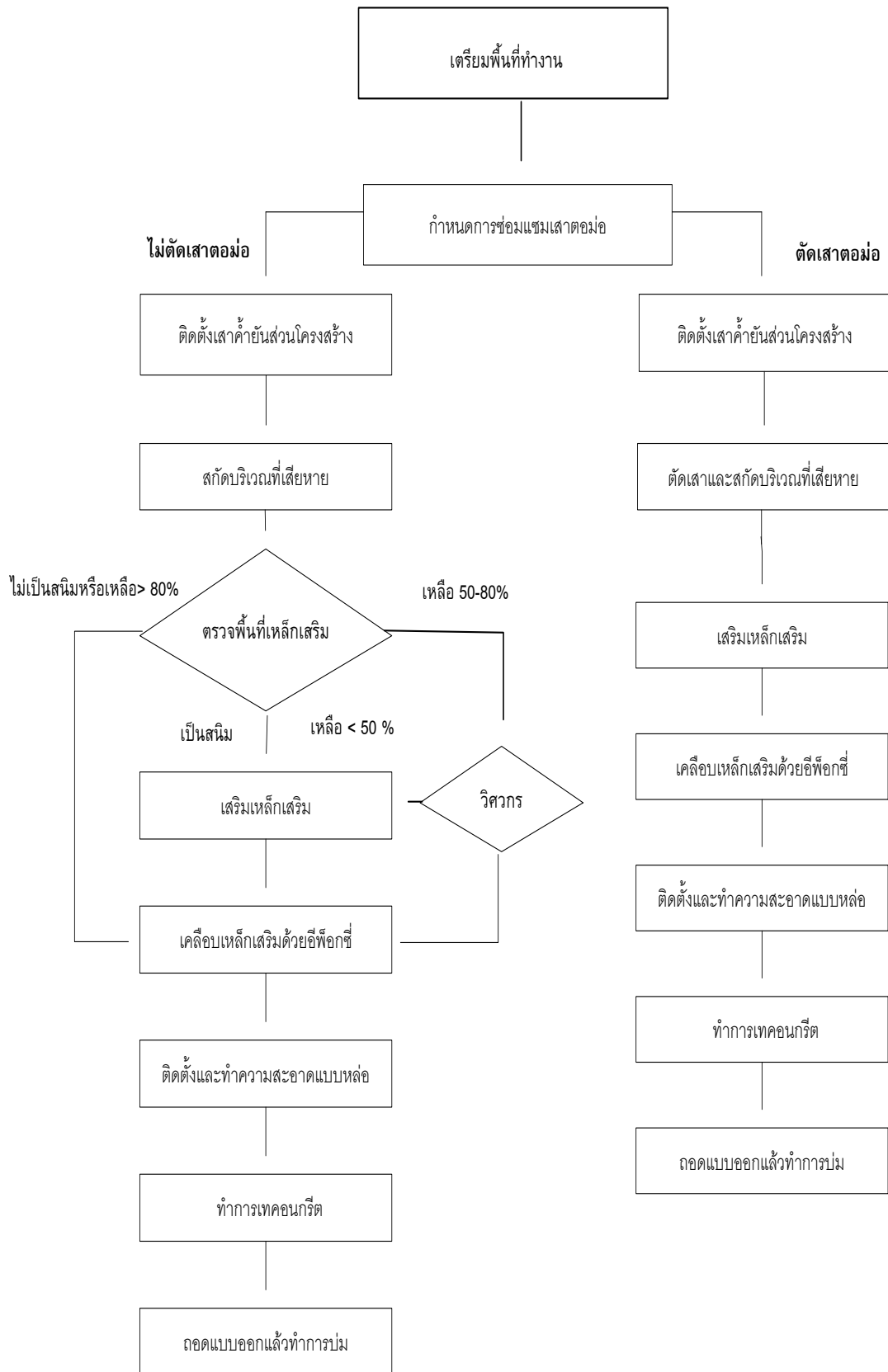
ขั้นตอนการซ่อมแซมเสาตอม่อสะพาน

การชำรุดของเสาตอม่อจะเกิดขึ้นทั้งในกรณีที่เป็นเสาเข็มเดี่ยวและตอม่อที่เป็นแบบเสาเข็มกลุ่ม ดังนั้นขั้นตอนและวิธีการซ่อมแซมจึงแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ตามประเภทของเสาตอม่อ คือ ตอม่อเสาเข็มเดี่ยว และตอม่อเสาเข็มกลุ่ม คู่มือนี้จะครอบคลุมเฉพาะการซ่อมตอม่อเสาเข็มเดี่ยว โดยเทคนิคและวัสดุที่ใช้ในการซ่อมแซมการซ่อมแซมเสาตอม่อสะพานสามารถแบ่งได้ 4 ขั้นตอนคือ

1. การเตรียมพื้นผิวคอนกรีต
2. การทำความสะอาดเหล็กเสริม การซ่อมและการเสริมการป้องกันให้แก่เหล็กเสริม
3. การเตรียมผิวที่จะใช้สร้างแรงยึดเหนี่ยว เพื่อเชื่อมกับเนื้อคอนกรีตเดิม
4. วิธีการหล่อคอนกรีตในบริเวณที่ซ่อมแซม

9.1 ขั้นตอนการซ่อมแซมตอม่อเสาเข็มเดี่ยว

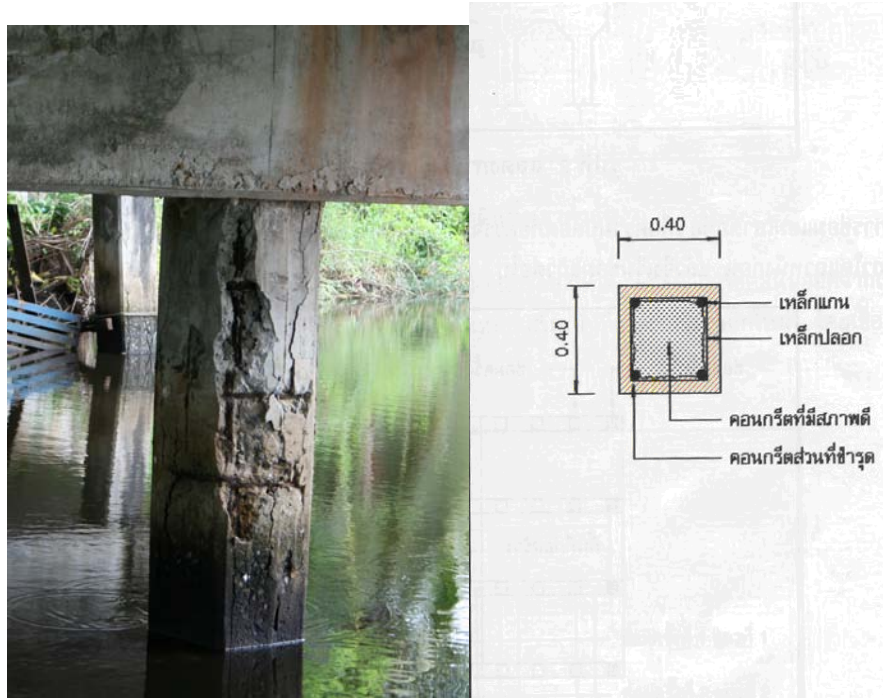
โดยทั่วไปจะเป็นสะพานที่มีความยาวช่วงระหว่าง 5.00 –12.00 ม. ซึ่ง การซ่อมแซม แบ่งออกเป็น 2 กรณี ตามลักษณะความเสียหายของเสาตอม่อ นั้น คือ การซ่อมโดยไม่ตัดเสาตอม่อ และซ่อมโดยการตัดเสาตอม่อ ขั้นตอนการซ่อมแซมแสดงไว้ในรูปที่ 9.1



รูปที่ 9.1 แผนผังการซ่อมเสาคอมม่อ

9.2 การซ่อมโดยไม่ตัดเสาตอม่อ

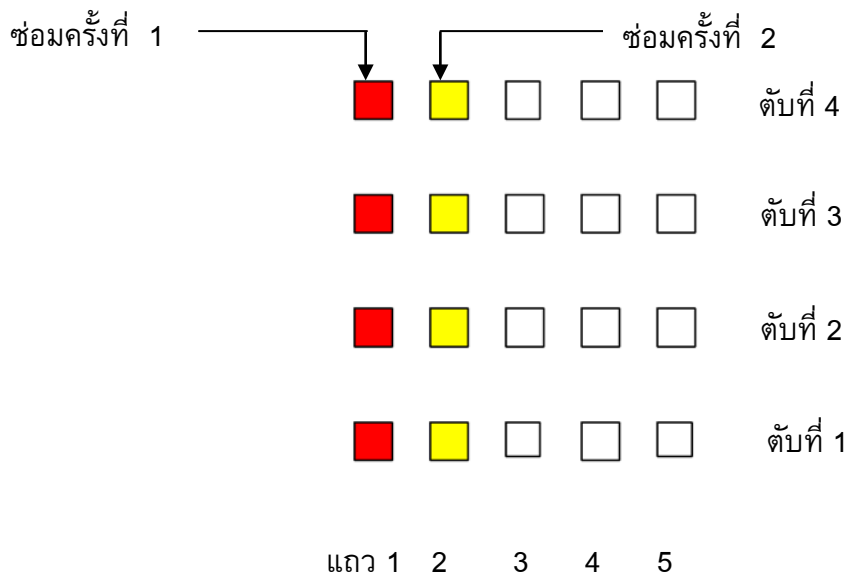
การซ่อมโดยไม่ตัดเสาตอม่อออก ใช้ในกรณีที่มีความเสียหายของเสาตอม่อมีเพียงรอยแตกร้าวของคอนกรีตที่เกิดจากเหล็กเสริมเป็นสนิม แต่คอนกรีตส่วนที่อยู่ภายในเหล็กเสริมหลักยังมีสภาพดีและยังมีความสามารถในการรับน้ำหนักได้ ดังแสดงในรูปที่ 9.2 โดยมีขั้นตอนการซ่อมแซม ดังนี้



รูปที่ 9.2 แสดงเสาตอม่อชำรุดเนื่องจากคลอไรด์ในน้ำทะเล โดยคอนกรีตส่วนที่อยู่ภายในเหล็กเสริมยังมีสภาพดี

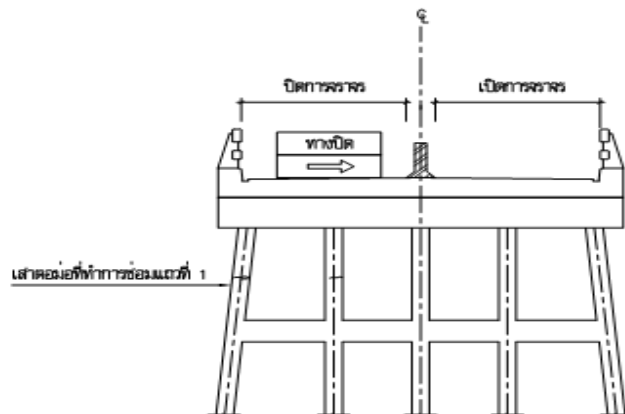
9.2.1 การเตรียมพื้นผิวคอนกรีต (Surface Preparation)

1. การกำหนดลำดับการซ่อมแซมเสาตอม่อ เพื่อความปลอดภัยควรจะซ่อมเสาตอม่อ ดับละ 1 ต้น โดยซ่อมให้แล้วเสร็จในแถวใดแถวหนึ่งก่อน แล้วจึงเริ่มซ่อมแถวต่อไป เช่น ซ่อมครั้งที่ 1 จะต้องซ่อมเสาตอม่อในแถวที่ 1 แล้วจึงเริ่มทำการซ่อมเสาตอม่อในแถว ของต้นที่ 2 ดังแสดงในรูปที่ 9.3



รูปที่ 9.3 แสดงการช่อมเสาตอม่อ ระดับ 1 ต้น

- ปิดการจราจรในส่วนที่จะทำการช่อมแซมตอม่อสะพาน เบี่ยงการจราจร ไปใช้ด้านที่เหลืออยู่พร้อมจำกัดความเร็ว หรือปิดการจราจรทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 9.4

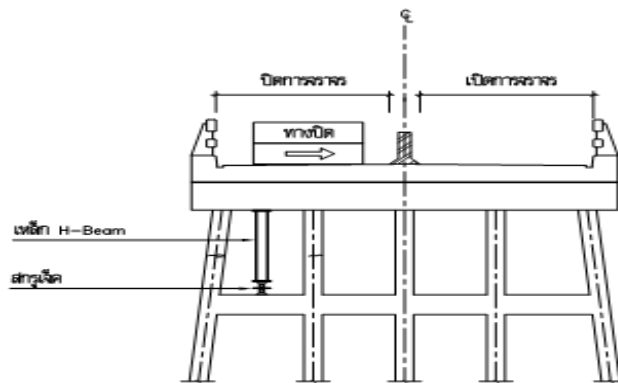


STEP 1

- ปิดการจราจรในส่วนที่จะทำการช่อมแซมตอม่อสะพาน
- ช่อมแซมตอม่อแถวละ 1 ต้น โดยช่อมให้เสร็จทีละแถว เริ่มที่แถวออกสุดก่อนเป็นแถวที่ 1

รูปที่ 9.4 แสดงการปิดกั้นการจราจร

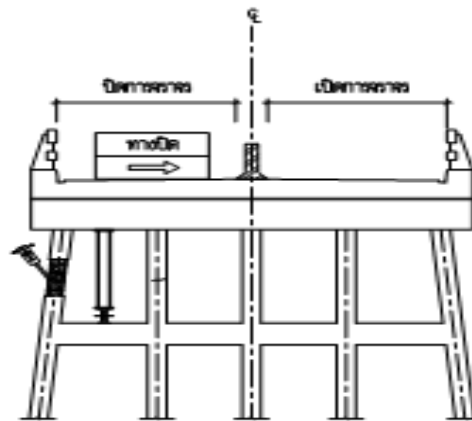
- ใช้เหล็กรูปพรรณ (H-Beam) ค้ำยันระหว่าง คาน (Cap Beam) และคานยึด (Bracing) โดยใช้อุปกรณ์ค้ำยันให้แน่น และในกรณีที่ไม่มีคานยึด (Bracing) ให้ค้ำยันกับคานหรือพื้นล่างภายใต้คำแนะนำของวิศวกร ดังแสดงในรูปที่ 9.5 การค้ำยันบนคานยึดต้องปรึกษาวิศวกร
- ทำการสกัดคอนกรีตส่วนที่เสียหายออกจนถึงเนื้อคอนกรีตส่วนที่ดี ถ้าความเสียหายถึงเหล็กเสริมควรสกัดให้ลึกจากเหล็กเสริมไปอีก 25 มม. ดังแสดงในรูปที่ 9.6



STEP 2

-ใช้เหล็กรูปพรรณ H-Beam ค้ำยันระหว่าง Cap Beam และคาน Bracing โดยใช้อุปกรณ์ค้ำยันให้แน่น

รูปที่ 9.5 แสดงการติดตั้งเสาค้ำยัน



STEP 3

-ทำการสกัดคอนกรีตส่วนที่เสียหายออกจากเชิงมือคอนกรีตส่วนที่ดี และทำการขัดผิวในออกจากเหล็กเสริม

รูปที่ 9.6 แสดงการสกัดคอนกรีตส่วนที่เสียหาย

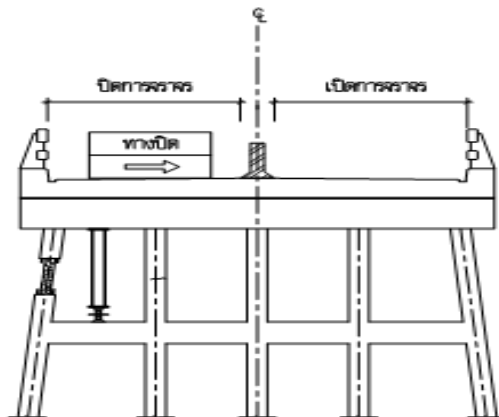
9.2.2 การทำความสะอาดคอนกรีต เหล็กเสริม การซ่อม และเสริมการป้องกันให้แก่เหล็กเสริม

1. ทำการขัดสนิมออกจากเหล็กเสริม โดยการใช้เครื่องมือเหล่านี้
 - การใช้แปรงลวด (Power Wire Brushing)
 - การใช้ Abrasive Blast
 - การใช้แรงดันน้ำ (High pressure Water)
 - การใช้ Needle Scarifier ดังแสดงในรูปที่ 9.7



รูปที่ 9.7 แสดงเครื่องมือ Needle Scarer

2. ในกรณีที่เหล็กเสริมเป็นสนิมเกิน 50 % ให้ตัดเหล็กเสริมเดิมทิ้งและเสริมเหล็กใหม่ โดยให้เสริมทับหรือ เชื่อมต่อด้วยเหล็กใหม่ ตามมาตรฐาน กรมทางหลวงชนบทดังแสดงในรูปที่ 9.8 ก และ 9.8 ข กรณีที่เหล็กเสริมเป็นสนิมน้อยกว่า 20 % ของหน้าตัด ให้ใช้เหล็กเสริมเดิม และกรณีเป็นสนิม 20-50 % ให้อยู่ในดุลพินิจของวิศวกร



STEP 4

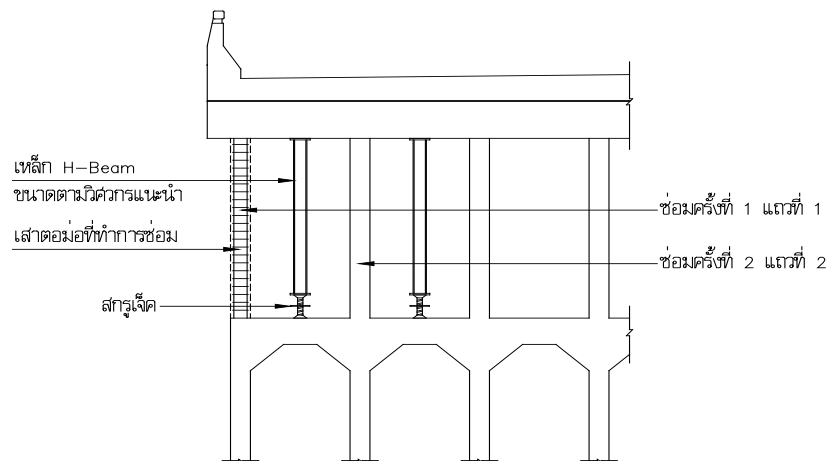
-ในกรณีที่เหล็กเสริมเป็นสนิมทั้งหมดให้ตัดเหล็กเสริมเดิมทิ้ง

รูปที่ 9.8 ก แสดงการติดตั้งเสาค้ำยัน



รูปที่ 9.8 ข แสดงการต่อเชื่อมเพื่อเสริมเหล็กใหม่

3. เสริมเหล็กปลอกให้ครบตามข้อกำหนดในแบบ ดังแสดงในรูปที่ 9.9



รูปที่ 9.9 แสดงการเสริมเหล็กใหม่และใส่เหล็กปลอก

9.2.3 การเตรียมผิวที่จะใช้สร้างแรงยึดเหนี่ยว เพื่อเชื่อมกับเนื้อคอนกรีตเดิม

1. เตรียมผิวหน้าของคอนกรีตที่สกัดให้ปราศจากส่วนที่หลุดล่อน ผิวคอนกรีตต้องมีความขรุขระพอเพียงที่จะยึดเกาะกับวัสดุใหม่ได้ ขอบจะต้องเอียงออกเล็กน้อยเพื่อป้องกันฟองอากาศไม่ให้ถูกกัก โดยพิจารณา ดังนี้

- เนื้อคอนกรีตเดิมที่สะอาดมีสภาพดี
- ผิวคอนกรีตที่ทำให้หยาบแล้ว สำหรับการเกาะยึดเชิงกล (Mechanical Interlock)
- ช่องว่าง หรือช่องเปิดต่างๆ ที่เนื้อคอนกรีตเดิม (Pores) สะอาดไม่มีส่วนหลวม
- วัสดุที่ใช้ซ่อมแซมหรือสารที่ใช้ช่วยสร้างแรงยึดเหนี่ยว สามารถที่จะถูกดูดซับเข้าไปในช่องว่างในเนื้อคอนกรีตเดิม เช่น น้ำปูนข้น และ Bonding Agent
- วัสดุที่ใช้ซ่อมแซมถูกติดตั้งเข้าไปด้วยแรงดันที่เพียงพอที่จะทำให้เกิดการสัมผัสที่ดีและกระจายอย่างทั่วถึง ระหว่างวัสดุที่ใช้ซ่อมแซมและเนื้อคอนกรีตเดิมในบริเวณที่ต้องการให้เกิดแรงยึดเหนี่ยว

2. เลือกวัสดุที่ใช้ เพิ่มแรงยึดเหนี่ยวให้แก่คอนกรีตเก่าและวัสดุใหม่ที่จะนำมาใช้ซ่อมแซม โดยพิจารณาจากวัสดุทั้ง 3 ประเภท คือ อีพ็อกซี ลาเท็กและซีเมนต์



รูปที่ 9.10 แสดงการทาวัดเพิ่มแรงยึดเหนี่ยว

9.2.4 วิธีหล่อคอนกรีตในบริเวณที่ซ่อมแซม (Replacement Methods)

1. ทำความสะอาดผิวคอนกรีตและเหล็กที่ต้องการซ่อม ให้ปราศจากฝุ่นและส่วนหลุดลุ่ย
2. ทาน้ำยาป้องกันสนิม (กรณีความเสียหายไม่มากนัก)
3. ทำความสะอาดด้วยลมหรือน้ำ เป่าให้แห้งด้วยลมหรือทำผิวคอนกรีตที่ต้องการซ่อมให้อยู่ในสถานะชุ่มน้ำ (Saturated Surface Dry)
4. ทาหรือลาดด้วยน้ำยาเชื่อมประสานคอนกรีต ดังแสดงในรูปที่ 9.10
5. เข้าแบบเสาให้แน่นไม่ให้มีรูรั่วซึม ดังแสดงในรูปที่ 9.11
6. เทคอนกรีตตามวิธีการเทคอนกรีต โดยการเพิ่มระยะหุ้มให้มากกว่าเดิม เช่น ระยะหุ้มเดิม 25 มม. เปลี่ยนเป็น 50 มม. หรือ 75 มม. เขย่าหรือเคาะให้คอนกรีตแน่น ดังแสดงในรูปที่ 9.12
7. ถอดแบบและบ่มคอนกรีตจนได้อายุแล้วจึงซ่อมแถวต่อไป โดยใช้วิธีการเดียวกับการซ่อมแซมครั้งแรก
8. เมื่อซ่อมเสาต่อม่อในด้านที่ปิดการจราจรจนแล้วเสร็จ จึงเปิดการจราจรในส่วนนี้แล้วทำการซ่อมส่วนที่เหลือ โดยใช้วิธีการเดียวกัน



รูปที่ 9.11 แสดงแบบหล่อเสาตอม่อ

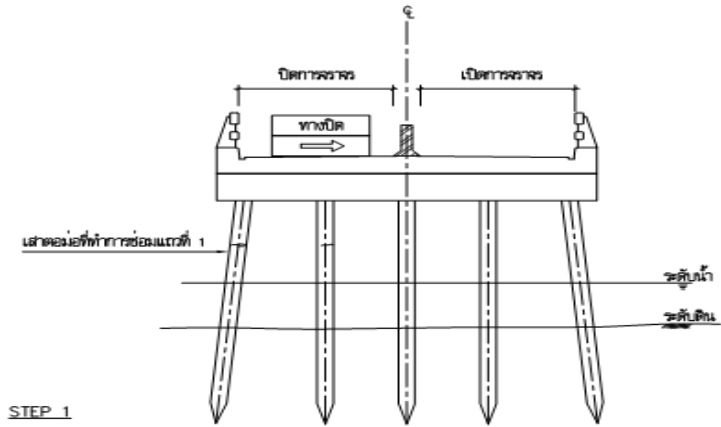


รูปที่ 9.12 การเทคอนกรีตเสาตอม่อ

หมายเหตุ ในกรณีที่ยังไม่สามารถดำเนินการซ่อมถาวรได้และการซ่อมแซมส่วนที่เสียหายไม่มาก ควรซ่อมเบื้องต้นโดยขัดสนิมจากเหล็กเสริมก่อนแล้วทา อีพ็อกซี่ เคลือบเหล็กเสริมและผิวคอนกรีตที่แตกร้าวไว้ก่อน เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะขยายตัวต่อไป

9.3 การซ่อมแซมโดยการตัดเสาตอม่อ

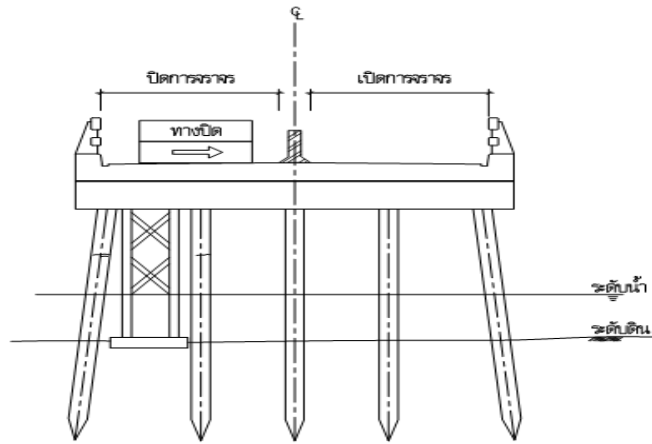
การชำรุดจะเกิดเหมือนกรณีที่ 1 คือ สนิมเหล็กจะดันคอนกรีตจนหลุด กะเทาะออกจากเหล็กเสริม ในขณะที่เดียวกันคอนกรีตส่วนที่เหลืออยู่มีลักษณะเสื่อมสภาพ ไม่สามารถรับน้ำหนักเหมือนคอนกรีตทั่วๆไปได้ ซึ่งอาจเกิดการวิบัติของโครงสร้างได้อย่างฉับพลัน หรือพื้นที่หน้าตัดของตอม่อคอนกรีตเก่าที่อยู่ภายในเหล็กเสริมเหลือไม่ถึง 50 % ของหน้าตัดเดิม การซ่อมแซมให้ดำเนินการเหมือนกรณีที่ 1 แต่ต้องตัดเสาตอม่อส่วนที่ชำรุดทิ้ง แล้วทำการก่อสร้างตอม่อใหม่ ดังแสดงในรูปที่ 9.13 ก , 9.13 ข , 9.13 ค , 9.13 ง และรูปที่ 9.14



STEP 1

- ปิดการจราจรในส่วที่จะทำการเชื่อมแตรตอม่อสะพาน
- เชื่อมแตรตอม่อแตรละ 1 ต้น โดยเชื่อมให้เสร็จทีละแตร เริ่มที่แตรนอกสุดก่อนเป็นแตรที่ 1

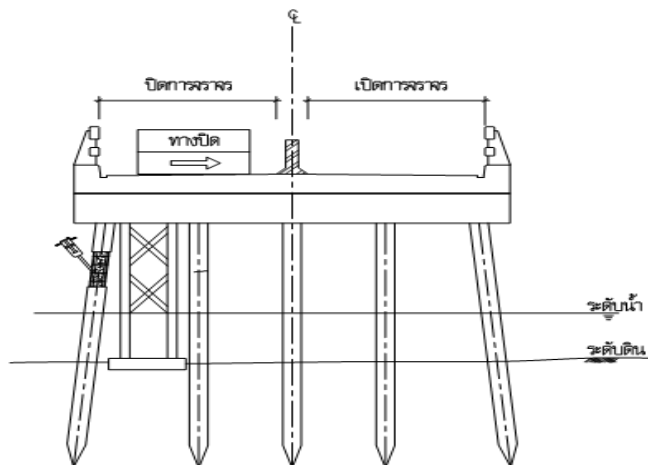
รูปที่ 9.13 ก แสดงการติดตั้งเสาค้ำยัน



STEP 2

- ใช้เหล็กรูปพรรณ H-Beam ค้ำยันระหว่างเสาตอม่อ โดยใช้อุปกรณ์ค้ำยันให้แน่น

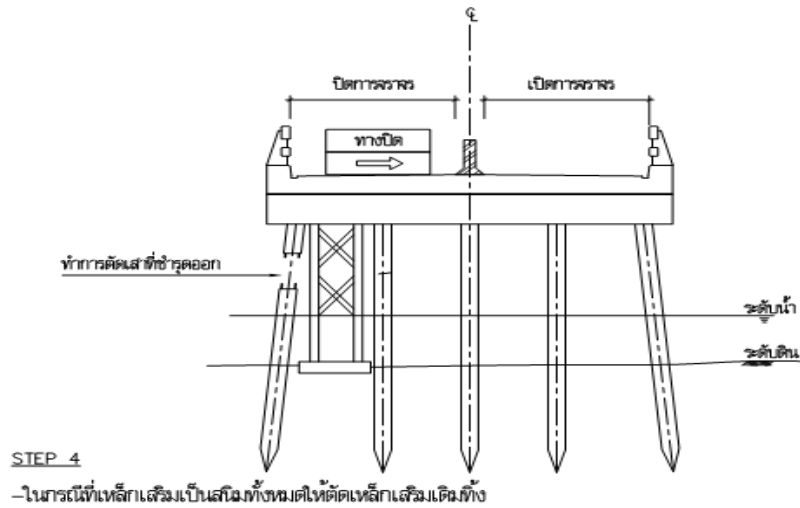
รูปที่ 9.13 ข แสดงการติดตั้งเสาค้ำยัน



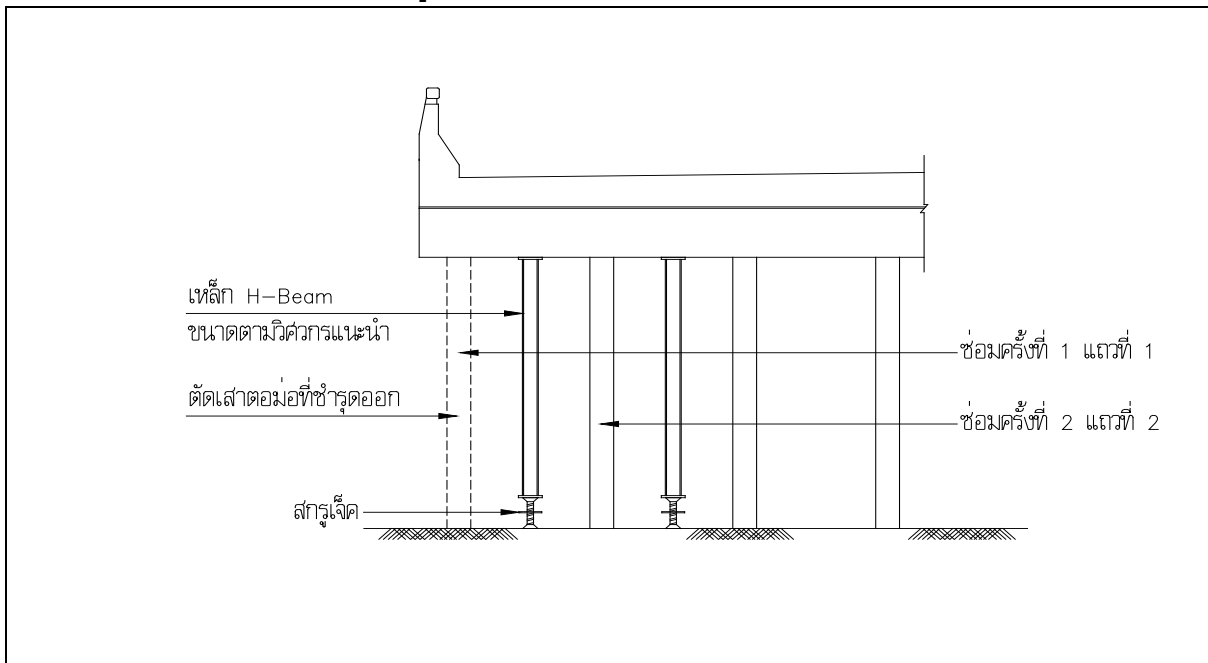
STEP 3

- ทำการสกัดคอนกรีตส่วนที่เสียหายออกทั้งหมด และทำการขัดสีนออกจากเหล็กเสริม

รูปที่ 9.13 ค แสดงการสกัดคอนกรีตที่เสียหาย



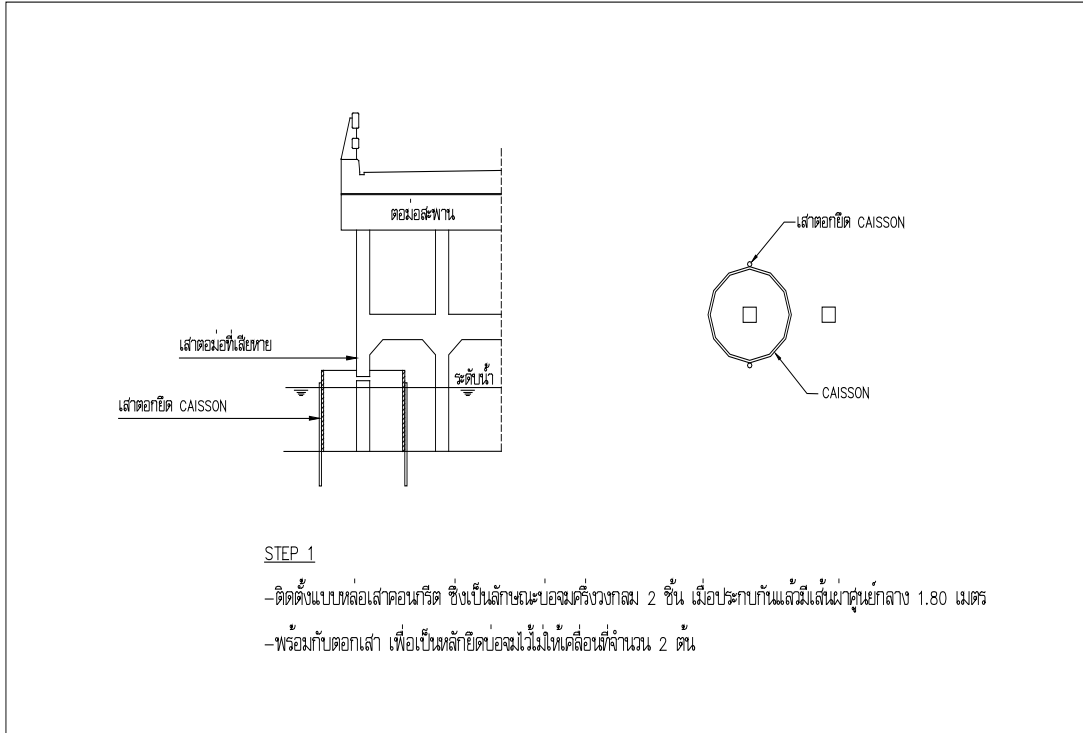
รูปที่ 9.13 ง แสดงการตัดต่อมือ



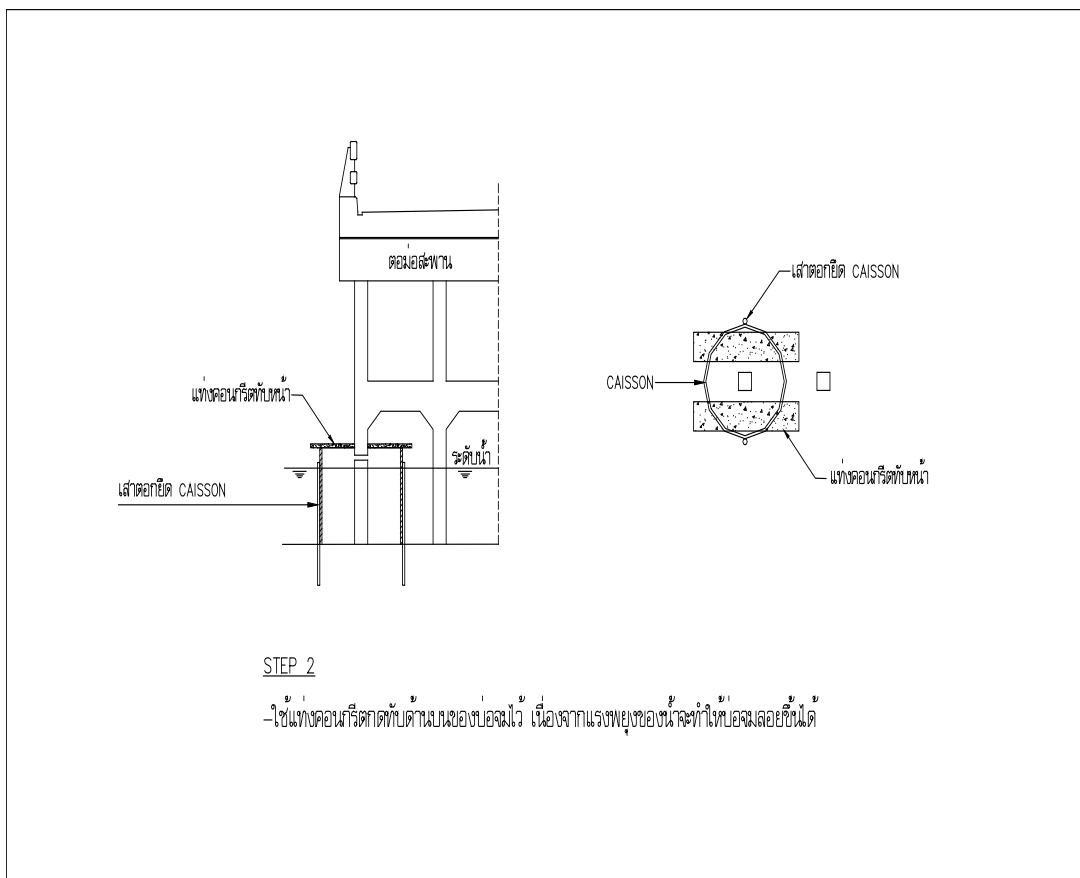
รูปที่ 9.14 แสดงทำค้ำยันและการตัดเสาค้ำมือที่ซำรูปดอก

ข้อแนะนำ กรณีบริเวณพื้นที่ต้องการซ่อมแซมของตอม่ออยู่ใต้น้ำให้ดำเนินการดังนี้

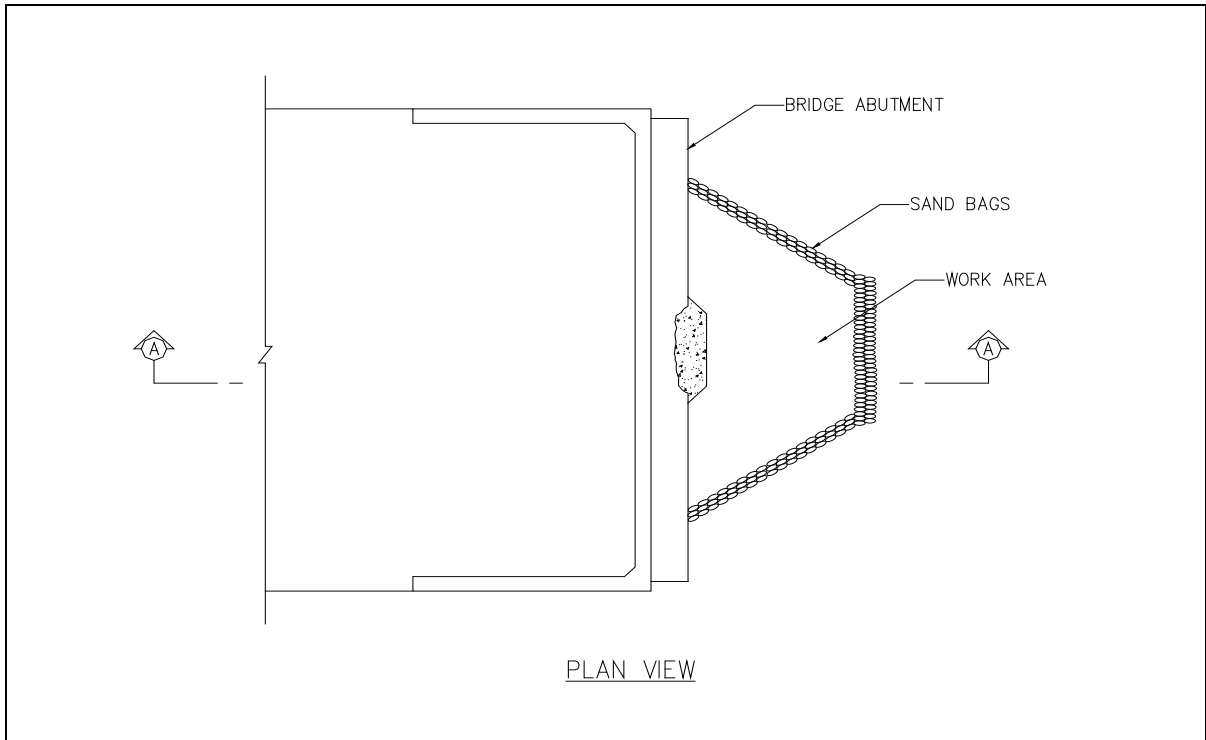
1. ติดตั้งแบบหล่อเสาคอนกรีตซึ่งมีลักษณะเป็นบ่อครึ่งวงกลม 2 ชั้น เมื่อประกบกันแล้วมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.5 - 1.8 เมตร
2. ดอกเสาไม้ คอนกรีตหรือเหล็ก ยึดบ่อไว้ไม่ให้เกิดการเคลื่อนที่อย่างน้อย 2 ต้น ดังแสดงในรูปที่ 9.15
3. ใช้แท่งคอนกรีตกดทับด้านบนไว้ไม่ให้เกิดการลอยตัว ดังแสดงในรูปที่ 9.16
4. ใช้กระสอบทรายวางไว้ที่พื้นภายในบ่อเพื่อกันน้ำซึมเข้า
5. ในกรณีที่พื้นที่ซ่อมแซมเป็น ตอม่อตัวริมให้ใช้กระสอบทรายวางกันไว้โดยรอบ ดังแสดงในรูปที่ 9.17 และรูปที่ 9.18



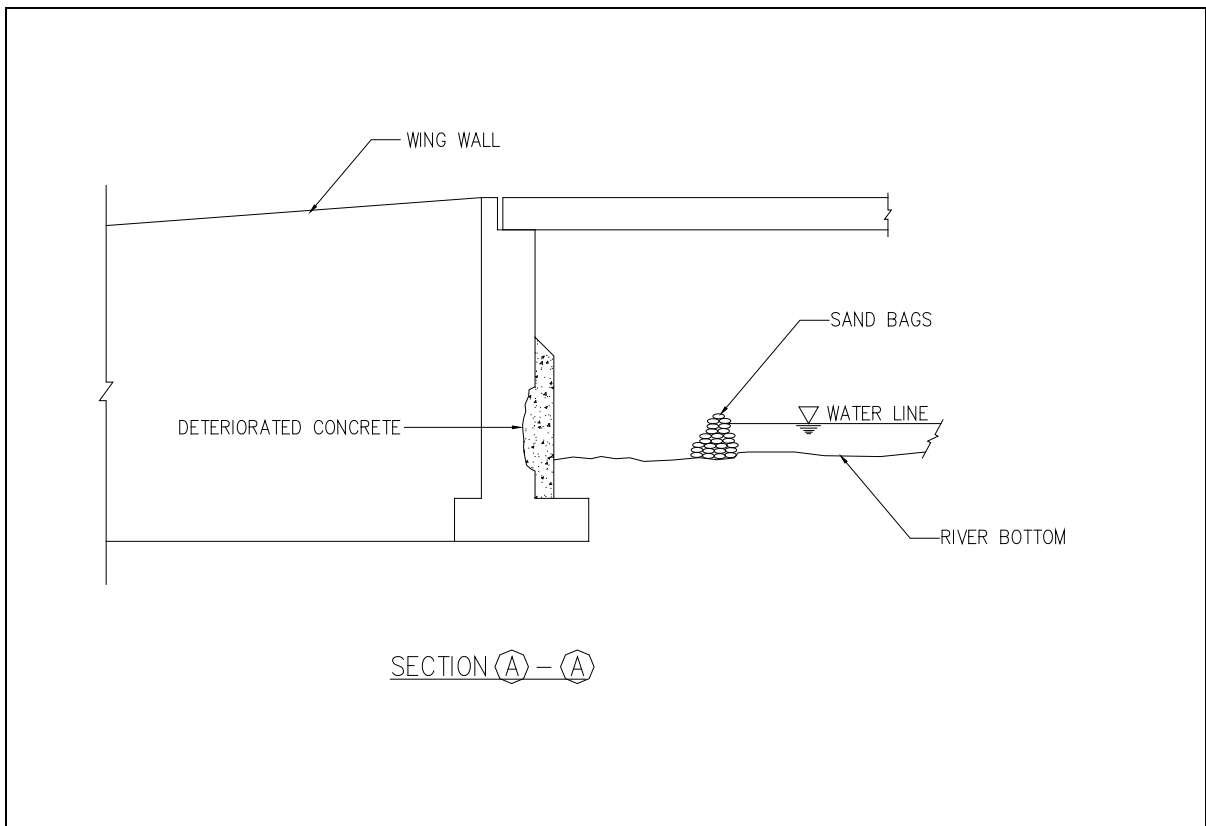
รูปที่ 9.15 แสดงการติดตั้งบ่อกันน้ำ



รูปที่ 9.16 แสดงการติดตั้งบ่อกันน้ำ



รูปที่ 9.17 แสดงรูปแปลนการกั้นน้ำบริเวณที่ซ่อมของตอม่อตัวริม



รูปที่ 9.18 แสดงรูปตัดการกั้นน้ำบริเวณที่ซ่อมของตอม่อตัวริม

9.4 อุปกรณ์เครื่องมือเครื่องจักร

อุปกรณ์ในการซ่อมแซมตอม่อประกอบด้วย เครื่องมือ เครื่องจักร ในการก่อสร้างสะพาน เช่น โป๊ะ หรือเรือสำหรับขนส่งวัสดุและอุปกรณ์ เครื่องอัดลม โม้ผสมคอนกรีต เครื่องสกัดคอนกรีต เครื่องขัดสนิมเหล็ก ดังแสดงในรูปที่ 9.19



รูปที่ 9.19 แสดงตัวอย่างอุปกรณ์เครื่องมือเครื่องจักร

9.5 ปัญหาและอุปสรรค

การซ่อมเสาตอม่อที่ชำรุดเนื่องจากคลอไรด์ในน้ำทะเล หรือจากสาเหตุอื่นๆ จะมีปัญหาและอุปสรรคพอสรุปได้ดังนี้

1. เนื่องจากบริเวณดังกล่าวจะมีน้ำทะเลขึ้น-ลง ตลอดเวลา ความเสียหายของตอม่อจะเกิดในช่วงระหว่างระดับน้ำสูงสุดและระดับน้ำต่ำสุด
2. ปัญหาช่วงเวลาที่ปฏิบัติงาน ต้องรอรระดับน้ำลด ซึ่งอาจจะเป็นช่วงเวลากลางคืนและเมื่อติดตั้งเหล็กเสริมใหม่แล้ว จะต้องใช้น้ำสะอาดฉีดล้างเหล็กเสริมก่อนเทคอนกรีต

9.6 ข้อควรระวังและความปลอดภัยในการทำงาน

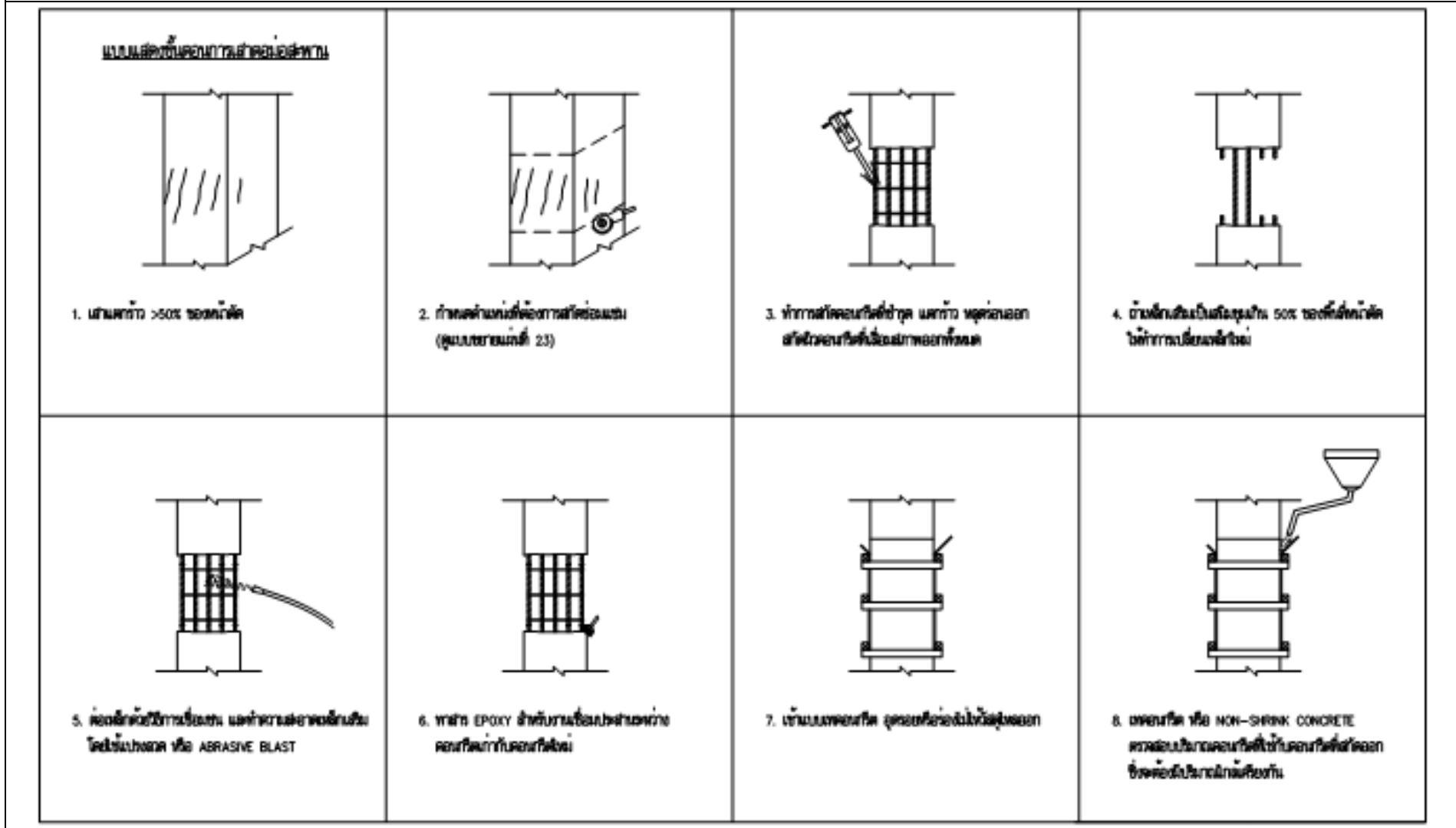
การซ่อมแซมเสาตอม่อคอนกรีต ที่มีความเสียหาย ระดับที่ต้องเข้าไปทำการซ่อม บำรุงหรือเฝ้าติดตาม (C) หรือต้องมีการซ่อมแซมโดยเร่งด่วน/ มีมาตรการควบคุมการใช้งาน (D) นั้น ต้องคำนึงถึงความปลอดภัย ด้วยโครงสร้างดังกล่าวมีผลต่อการรับน้ำหนักขององค์รวมของสะพาน และในการซ่อมแซมผู้ปฏิบัติงานต้องทำในพื้นที่สูงและอยู่ในลำน้ำ ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานต้องมีความพร้อมและทักษะในการทำงาน และป้องกันการเกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานได้ อาทิเช่น

1. บุคลากรต้องสวมใส่เครื่องป้องกันอันตราย
2. บุคลากรต้องแต่งตัวให้มิดชิดป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้น
3. ต้องมีการติดตั้งเครื่องมือช่วย เช่น เข็มขัดนิรภัย ให้มีความแข็งแรงทนทานต่อการเข้าทำการตรวจสอบ

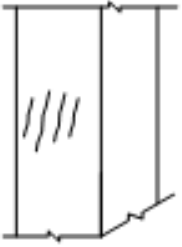
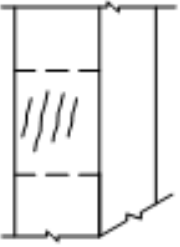
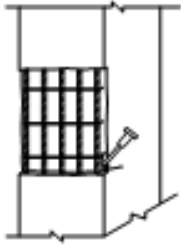

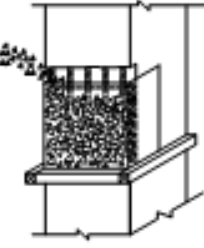
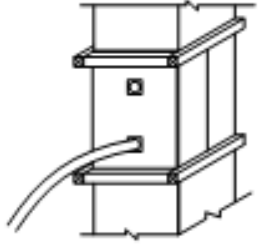
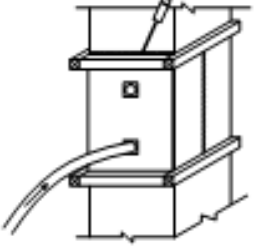
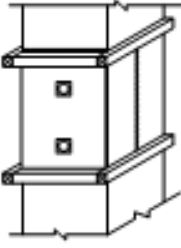
4. ต้องให้ความสำคัญกับชิ้นส่วนที่มีผลต่อการรับน้ำหนักบรรทุกของโครงสร้างสะพาน
5. มีการฝึกทักษะและเตรียมความพร้อมก่อนทำงานทุกครั้ง ในส่วนของบุคคลากรละ เครื่องมือเป็นต้น

ทฤษฎีและความรู้ที่ใช้สนับสนุนในการออกแบบซ่อมแซมสะพานที่เสาดอม่อชำรุดเนื่องจาก คลอไรด์ในน้ำทะเล และน้ำกร่อย โดยส่วนมากจะมีโครงสร้างในส่วนอื่นๆ เช่น คานรองรับ พื้นสะพาน ทางเท้าและราวสะพานอยู่ในสภาพดี ดังนั้น งานซ่อมแซมเสาดอม่อจึงเป็นการคงความแข็งแรงของ โครงสร้าง ให้สามารถรับน้ำหนักได้ดีเช่นเดิม ซึ่งช่วยยืดอายุการใช้งานของสะพานให้ยาวนาน ดังนั้น การซ่อมแซมคอนกรีตที่เสื่อมสภาพจึงเป็นกระบวนการที่จำเป็น เพื่อคืนความแข็งแรงและสภาพการใช้ งานของโครงสร้างสะพานการซ่อมแซมคอนกรีตให้มีประสิทธิภาพต้องพิจารณาทั้งวัสดุและ กระบวนการที่ใช้ ซึ่งอาจสรุปสาเหตุและขั้นตอนการซ่อมแซมสั้นๆได้ 6 ขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 9.20 ก 9.20 ข และตารางที่ 9.1

รูปที่ 9.20 ก สรุปลำดับขั้นตอนการซ่อมแซมตอม่อ



รูปที่ 9.20 ข. สรุปลำดับขั้นตอนการซ่อมแซมตอม่อ

แบบแสดงขั้นตอนการซ่อมแซมตอม่อ			
 <p data-bbox="235 678 526 710">1. ฝนครากว้างส่วน <math>< 50\%</math> ของหน้าตัด</p>	 <p data-bbox="705 678 1041 750">2. ทำการตั้งตำแหน่งขอบเขตที่ต้องการซ่อมแซม (ดูแบบขยายแนวลำที่ 23)</p>	 <p data-bbox="1164 678 1523 750">3. สกัดคอนกรีตที่ชำรุดออกไป จนถึงคอนกรีตชั้นดี มีความหนา 2.5 ซม.</p>	 <p data-bbox="1624 678 2027 821">4. ทำความสะอาดเหล็กเสริมกำจัดสนิมและสิ่งสกปรกออกไป โดยใช้แปรงเหล็ก หรือ ABRASIVE BLAST -กรณีเหล็กเสริมเป็นสนิมชนิดที่ 2 ให้กัดไม่น้อยกว่า 50% ให้จัดเหล็กเสริมที่เสียหายออก แล้วทำการเสริมเหล็กใหม่</p>
 <p data-bbox="235 1228 526 1300">5. นำหินและทรายที่ผ่านการกรองที่ตรงตามน้ำหนักปริมาตรตามแบบหล่อ</p>	 <p data-bbox="705 1228 996 1260">6. ทำการฉีกละอองผิวหน้าชั้นผิวหน้า Epoxy</p>	 <p data-bbox="1164 1228 1500 1300">7. ฉีดทรายที่วางไว้ให้เรียบรอย แล้วจึงฉีกละออง Epoxy หรือ Non-Shrink</p>	 <p data-bbox="1624 1228 2027 1260">8. ทำการบ่มสารซ่อมเวลาที่กำหนด แล้วจึงถอดแบบหล่อออก</p>

ตารางที่ 9.1 สรุปสาเหตุความเสียหายและการแก้ไข

สาเหตุ	การแก้ไข
คลอไรด์ซึมเข้าไปในเนื้อคอนกรีตทำให้เหล็กเกิดสนิม	<ol style="list-style-type: none"> 1. ลด w/c ratio เพื่อเพิ่มความทึบน้ำ 2. ใช้ส่วนผสมคอนกรีตที่มีส่วนละเอียดสูงขึ้นเพื่อลดการซึมเข้า เช่นผสม ถั่วลอย ตะกรัน ปูนเอล์ม ใช้ซีเมนต์มากขึ้น 3. ใช้สารผสมเพิ่มเพื่อลดน้ำ
ระยะหุ้มเหล็กน้อย (< 2.5) ทำให้น้ำ/คลอไรด์ซึมเข้าไปถึงเหล็กได้ง่าย	<ol style="list-style-type: none"> 1. เพิ่มระยะหุ้ม 2. ขยายขนาดตอม่อ 3. เน้นการควบคุมงานให้มีประสิทธิภาพ
ต้องการใช้งานเร็ว/ระดับน้ำขึ้นลงทุกวัน	<ol style="list-style-type: none"> 1. ใช้ปูนชนิดพิเศษ ประเภทสาม แข็งตัวเร็ว 2. ใช้สารเร่งการแข็งตัวของคอนกรีต
ปัญหาการเกาะกันระหว่างคอนกรีตเก่าและใหม่	<ol style="list-style-type: none"> 1. ใช้วัสดุเชื่อมประสาน 2. เหล็กกันแรงเฉือน
ให้ผู้รับเหมาท้องถิ่นทำงานได้	<ol style="list-style-type: none"> 1. วัสดุหาซื้อได้ง่าย 2. เทคโนโลยีไม่สูงนักทำให้ไม่ต้องลงทุนสูง
คุณภาพงานไม่ดี	<ol style="list-style-type: none"> 1. เน้นการควบคุมงานให้มีประสิทธิภาพ
มูลค่างานไม่สูง	<ol style="list-style-type: none"> 1. ต้องให้ผู้รับเหมาท้องถิ่น

2.1 การตรวจสอบสะพานด้วยสายตา

การตรวจสอบ สะพานด้วยสายตา มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจหารอยแตก ร้าว และการชำรุดเสียหายอื่นๆที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจน โดยจะให้ความสำคัญต่อ ความเสียหายที่เกิดกับชิ้นส่วนที่สำคัญๆ ของโครงสร้างสะพาน มีผลต่อความมั่นคงแข็งแรงของสะพาน มีความเสี่ยงที่จะเกิดการวิบัติ เช่น การแตกร้าวบริเวณฐานรองรับ หรือกึ่งกลางความยาวช่วง ของชิ้นส่วนโครงสร้าง คานและพื้นคอนกรีต ซึ่งมีโมเมนต์ดัดสูงสุด การแตกร้าวของคอนกรีต การกะเทาะของผิวคอนกรีต โดยผู้ตรวจสอบสมควรต้องมีความรู้พื้นฐานทางวิศวกรรมโยธา ในการทำการตรวจสอบจึงควรมีวิศวกรหรือช่างเทคนิคที่ผ่านการฝึกอบรม เข้าร่วมทำการตรวจสอบด้วย โดยจะต้องตรวจสอบเพื่อค้นหาอาการผิดปกติหรือความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น เช่น

1. รอยแตกร้าว
2. พื้นผิวที่มีการกะเทาะของคอนกรีต
3. การรั่วซึมของน้ำที่บริเวณรอยต่อ
4. การเคลื่อนตัวหรือแอ่นตัวของโครงสร้าง
5. การกัดกร่อนเป็นสนิม
6. การพองตัวของคอนกรีตและอื่นๆ

2.2 การตรวจสอบทางกายภาพโดยใช้เครื่องมือพื้นฐาน

การใช้เครื่องมือ พื้นฐานช่วยในการตรวจสอบสะพานอย่างเหมาะสม ทำให้การตรวจสอบมีความถูกต้องและครอบคลุมรายละเอียดได้ครบถ้วน มากขึ้น เช่นการใช้ค้อน เคาะหรือโซ่ลาก เพื่อฟังความแตกต่างของเสียงสะท้อน จะทำให้ทราบถึงตำแหน่งของโพรงหรือรูกลวงในเนื้อคอนกรีตนั้นได้

2.6 เครื่องมือพื้นฐานที่ใช้ในการตรวจสอบ

ในการตรวจสอบโครงสร้างสะพานนั้น วิศวกรและทีมงานผู้ทำการตรวจสอบจะต้องจัดเตรียมเครื่องมือและ อุปกรณ์ในการ ตรวจสอบให้ครอบคลุมและเพียงพอต่อการใช้งาน ซึ่ง เครื่องมือ และ อุปกรณ์พื้นฐานนั้นควรประกอบด้วย

1. เครื่องมือทำความสะอาด เช่น ไม้กวาด แปรงลวด
2. เครื่องมือตรวจสอบ เช่น ค้อน โซ่เหล็ก Rebound Hammer
3. เครื่องมือช่วยสังเกต เช่น ไฟฉาย กล้องส่องทางไกล กล้องขยาย
4. เครื่องมือสำหรับวัด เช่น เทปวัดระยะ Crack Width Ruler
5. เครื่องมือสำหรับบันทึก เช่น กล้องถ่ายรูปดิจิทัล กล้องวิดีโอ
6. เครื่องมือพิเศษ เช่น Ultrasonic Pulse Velocity, Data Logger
7. เครื่องมือทดสอบทางเคมี เช่น สารละลายที่ทำปฏิกิริยากับกรด ที่นิยมใช้คือสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน (Phenolphthalein) ในแอลกอฮอล์ เข้มข้น 1%
8. เครื่องมือช่วยความปลอดภัย เช่น หมวกนิรภัย เข็มขัดนิรภัย กรวยยาง

9. เครื่องมือช่วยตรวจสอบ เช่น เรือยาง บันได รถกระเช้า



2.7 การตรวจสอบสะพานในสนาม

ขั้นตอนการตรวจสอบสะพานในสนามด้วยสายตาและการตรวจสอบด้วยเครื่องมือพื้นฐานสามารถดำเนินการตามขั้นตอนได้ดังนี้

1) การตรวจสอบพื้นสะพาน

หลังจากการกำหนดรหัสเพื่อการตรวจสอบแล้ว จึงเริ่ม ทำการตรวจสอบ สะพานด้วยสายตา และเครื่องมือพื้นฐานที่ใช้ในการตรวจสอบ โดยมีขั้นตอนดังนี้

ใช้การลาก โซ่เหล็ก เพื่อ ตรวจสอบ ตำแหน่ง การหลุดล่อนออกเป็นแผ่น และหาโพรงในคอนกรีต การลากโซ่เป็นวิธีการวิเคราะห์เชิงคุณภาพซึ่งทำได้ง่ายและราคาถูก ซึ่งทดสอบโดยฟังจากเสียงโซ่ที่ลากผ่านบริเวณที่มีการกะเทาะหรือหลุดลอกเป็นแผ่น (Spalling and Delamination) จะได้ยินเสียงที่ไม่แน่น (Hollow Sound) ซึ่งแตกต่างจากเสียงที่แน่น (Solid Sound) เมื่อทำการลากโซ่ผ่านคอนกรีตคุณภาพดี โดยมีมาตรฐานการทดสอบ ASTM D4580-86 ดังแสดงในรูปที่ 2.10 (เมื่อพบบริเวณที่เสียหายถ้ามีเครื่องมือการตรวจสอบพิเศษ ควร จะต้องทำการทดสอบเพิ่มเติมเพื่อตรวจสอบขอบเขตการกักร่อนของเหล็กเสริมและตำแหน่งที่แท้จริงของการหลุดออกเป็นแผ่น (Delamination)



VDO

ทำการหาขอบเขตพื้นที่เสียหายโดยละเอียดด้วยการใช้ค้อนเคาะเพื่อเปรียบเทียบเสียงสะท้อน พร้อมทำเครื่องหมายกำหนดขอบเขต วิธีการเคาะด้วยค้อนเป็นเทคนิคที่ง่ายสามารถให้ข้อมูลพื้นที่บริเวณที่มีการหลุดลอกเป็นแผ่น(Delamination) ได้ดี ซึ่งพื้นที่บริเวณนี้เมื่อเคาะด้วยค้อนจะได้ยินเสียงที่ไม่แน่น (Hollow Sound) เมื่อเปรียบเทียบกับเสียงแน่น (Solid Sound) เมื่อเคาะคอนกรีตคุณภาพด้วยค้อน



VDO

1. ดำเนินการประเมินพื้นที่ความเสียหายจากการหลุดลอกและความเสียหายอื่นๆ
 - ตีกริดเพื่อกำหนดขนาดพื้นที่โดยให้มีขนาดประมาณ 2×2 เมตร สำหรับประเมินพื้นที่การหลุดลอกของพื้นผิวคอนกรีต
 - ประเมินพื้นที่ความเสียหายจากการหลุดลอกและจากความเสียหายลักษณะอื่นๆ
2. กรณีที่เหล็กเสริมเกิดสนิม ต้องทำความสะอาดเหล็กเสริม และบริเวณที่เกิดสนิมก่อนดำเนินการเก็บรายละเอียด โดยการวัดขนาดเหล็กเสริมจริง ณ ปัจจุบันโดยใช้เวอร์เนีย
3. ในการตรวจสอบความเสียหาย ผู้ทำการตรวจสอบจะต้องทำการเก็บข้อมูลและบันทึกลักษณะความเสียหาย ลงในแบบฟอร์มที่ 4 เช่น ขนาดความกว้าง ความลึก และความยาวของรอยแตกร้าว ลักษณะการแตกร้าวเป็นแนวตามยาว ตามขวาง หรือแผ่กระจาย (ไม่มีทิศทาง) เพื่อนำไปใช้ประเมินระดับความเสียหาย



3) การตรวจสอบทางเท้า

ทำการตรวจสอบทางเท้าสะพานตามรหัสที่กำหนดไว้ ในการตรวจสอบมีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดพิกัดและสัญลักษณ์ของทางเท้าตามลำดับ ตามข้อ 1. ของการตรวจสอบพื้นสะพานโดยใช้แบบฟอร์มที่ 1 และ แบบฟอร์มที่ 2
2. เก็บข้อมูลลักษณะทางกายภาพของทางเท้า เช่น ความยาวและความกว้างทางเท้า
3. ทำการตรวจสอบทางเท้าด้วยสายตาและใช้เครื่องมือในการตรวจสอบ
 - ใช้ไซ้เหล็กลาก เพื่อตรวจสอบการหลุดลอกเป็นแผ่น หรือโพรงในเนื้อคอนกรีต โดยการเปรียบเทียบเสียง
 - ทำการหาขอบเขตพื้นที่เสียหายโดยละเอียดด้วยการใช้ค้อนเคาะเปรียบเทียบเสียงพร้อมทำเครื่องหมายกำหนดขอบเขต
 - ตรวจสอบขนาดของรอยแตกร้าว และวัดความกว้างรอยแตกร้าวด้วย Crack Width Ruler
4. ดำเนินการประเมินพื้นที่ความเสียหายจากการหลุดลอกและความเสียหายอื่นๆ
5. กรณีที่เหล็กเสริมเกิดสนิม ต้องทำความสะอาดเหล็กเสริมและบริเวณที่เกิดสนิม ก่อนดำเนินการเก็บรายละเอียด เช่น วัดขนาดเหล็กเสริมจริง ณ ปัจจุบัน โดยใช้เวอร์เนีย
6. ในการตรวจสอบความเสียหาย ผู้ทำการตรวจสอบจะต้องทำการเก็บข้อมูลและลักษณะความเสียหายทุกลักษณะ เช่น ขนาดความกว้าง ความลึก และความยาวของ

รอยแตกร้าว ลักษณะการแตกร้าวเป็นแนวตามยาว ตามขวาง หรือแผ่กระจาย (ไม่มีทิศทาง) เพื่อนำไปประเมินระดับความเสียหาย

7. ทุกขั้นตอนทำการบันทึกภาพด้วยกล้องถ่ายภาพดิจิทัลหรือกล้องวิดีโอ

4) การตรวจสอบราวสะพาน

ทำการตรวจสอบราวสะพานด้วยสายตา และเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบโดยมีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดลำดับของพิกัดและสัญลักษณ์ของราวสะพานตามข้อ 1. ของการตรวจสอบพื้นสะพานโดยใช้แบบฟอร์มที่ 1 และแบบฟอร์มที่ 2
2. เก็บข้อมูลลักษณะทางกายภาพของราวสะพาน เช่น ความยาวของช่วงสะพาน ความกว้างและความลึกของคานราวสะพาน พร้อมบันทึกข้อมูลลงในแบบฟอร์มที่ 3
3. ทำการตรวจสอบด้วยสายตาและใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบ ลงในแบบฟอร์มที่ 4 ดังนี้
 - ใช้ค้อนเคาะเพื่อตรวจโพรง หรือการหลุดลอกเป็นแผ่น โดยการเปรียบเทียบเสียง
 - ใช้ Crack Width Ruler วัดขนาดของรอยแตกร้าว และวัดความยาวของรอยแตก
 - ใช้ Rebound Hammer ตรวจสอบความสมบูรณ์ของคอนกรีตด้านการรับกำลัง
4. ประเมินพื้นที่ความเสียหายในลักษณะอื่นๆ
5. กรณีที่เหล็กเสริมเกิดสนิม ต้องทำความสะอาดเหล็กเสริมและบริเวณที่เกิดสนิม ก่อนดำเนินการ เก็บรายละเอียด เช่น ขนาดเหล็กเสริมจริง ณ ปัจจุบันโดยใช้เวอร์เนีย
6. ในการตรวจสอบความเสียหาย ผู้ทำการตรวจสอบจะต้องทำการเก็บข้อมูลและลักษณะความเสียหายทุกลักษณะ เช่น ขนาดความกว้าง ความลึก และความยาวของรอยแตกร้าว ลักษณะการแตกร้าวเป็นแนวตามยาว ตามขวาง หรือแผ่กระจาย (ไม่มีทิศทาง) เพื่อนำไปประเมินระดับความเสียหาย
7. ทุกขั้นตอนทำการบันทึกภาพด้วยกล้องถ่ายภาพดิจิทัลหรือกล้องวิดีโอ

5) การตรวจสอบตอม่อตัมบริม – คานตัวกลาง

ทำการตรวจสอบ สะพานด้วยสายตา และ เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบ มีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดพิกัดและสัญลักษณ์ตามข้อ 1. ของการตรวจสอบพื้นโดยใช้แบบฟอร์มที่ 1 และแบบฟอร์มที่ 2
2. เก็บข้อมูลลักษณะทางกายภาพของสะพาน เช่น ความยาวของช่วงสะพาน ความกว้างของถนน ลงในแบบฟอร์มที่ 3
3. ทำการตรวจสอบด้วยสายตาและใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบ ลงในแบบฟอร์มที่ 4 ดังนี้
 - ใช้ค้อนเคาะเพื่อตรวจโพรง หรือการหลุดลอกเป็นแผ่น โดยการเปรียบเทียบเสียง

- ใช้ Crack Width Ruler วัดขนาดของรอยแตกกว้าง และวัดความกว้างของรอยแตก
 - ใช้ Rebound Hammer ตรวจสอบความสมบูรณ์ของคอนกรีตด้านการรับกำลังในแต่ละชั้นส่วนโครงสร้าง
4. ประเมินพื้นที่ความเสียหายในลักษณะอื่นๆ
 5. กรณีที่เหล็กเสริมเกิดสนิม ต้องทำความสะอาดเหล็กเสริมและบริเวณที่เกิดสนิม ก่อนดำเนินการ เก็บรายละเอียด เช่น ขนาดเหล็กเสริมจริง ณ ปัจจุบัน โดยใช้เวอร์เนีย
 6. ในการตรวจสอบความเสียหาย ผู้ทำการตรวจสอบจะต้องทำการเก็บข้อมูลและลักษณะความเสียหาย เช่น ขนาดความกว้าง ความลึก และความยาวของรอยแตกกว้าง ลักษณะการแตกกว้างเป็นแนวตามยาว ตามขวางหรือแผ่กระจาย (ไม่มีทิศทาง) เพื่อประเมินระดับความเสียหาย
 7. ทดสอบการเกิดปฏิกิริยาคาร์บอนเนชั่น โดยใช้สารละลายฟีนอล์ฟทาไลน์ เข้มข้น 1 % ฉีดพ่นไปบนคอนกรีตที่ทำความสะอาดแล้ว ถ้าพบว่าผิวคอนกรีตเป็นสีชมพูแสดงว่าเนื้อคอนกรีตเกิดปฏิกิริยาคาร์บอนเนชั่นแล้ว
 8. ทุกขั้นตอนทำการบันทึกด้วยกล้องถ่ายรูปดิจิทัลหรือกล้องวิดีโอ

6) การตรวจสอบเสาตอม่อ

ทำการตรวจสอบเสาตอม่อ สะพานด้วยสายตาและ เครื่องมือ พื้นฐานที่ใช้ในการตรวจสอบ มีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดลำดับ พิกัดและสัญลักษณ์ ของเสาตอม่อ ตามข้อ 1. ตามการตรวจสอบพื้นสะพานโดยใช้แบบฟอร์มที่ 1 และแบบฟอร์มที่ 2
2. เก็บข้อมูลลักษณะทางกายภาพของสะพาน เช่น ความสูงของตอม่อสะพาน ขนาดความกว้างของตอม่อ พร้อมบันทึกข้อมูลลงในแบบฟอร์มที่ 3
3. ทำการตรวจสอบ ตอม่อด้วยสายตาและใช้เครื่องมือในการตรวจสอบ พร้อมบันทึกข้อมูลลงในแบบฟอร์มที่ 4 ดังนี้
 - ใช้ค้อนเคาะเพื่อตรวจโพรง หรือการหลุดลอกเป็นแผ่น โดยการเปรียบเทียบเสียง
 - ใช้ Crack Width Ruler ตรวจสอบขนาดของรอยแตกกว้าง และวัดความกว้าง ของรอยแตก
 - ใช้ Rebound Hammer ตรวจสอบความสมบูรณ์ของคอนกรีตด้านการรับกำลังดังแสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 ทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตด้วย Rebound hammer

4. ประเมินพื้นที่ความเสียหายในลักษณะอื่นๆ
5. กรณีที่เหล็กเสริมเกิดสนิม ต้องทำความสะอาดเหล็กเสริมและบริเวณที่เกิดสนิม ก่อนดำเนินการ เก็บรายละเอียด เช่น วัดขนาดเหล็กเสริมจริง ที่เหลือ ณ ปัจจุบัน โดยใช้เวอร์เนีย
6. ในการตรวจสอบความเสียหาย ผู้ทำการตรวจสอบจะต้องทำการเก็บข้อมูลและลักษณะความเสียหายในทุกลักษณะ เช่น ขนาดความกว้าง ความลึก และความยาวของรอยแตกร้าว ลักษณะการแตกร้าวเป็นแนวตามยาว ตามขวาง หรือแผ่กระจาย (ไม่มีทิศทาง) เพื่อประเมินระดับความเสียหาย
7. ทดสอบการเกิดปฏิกิริยาคาร์บอนเนชั่น โดยใช้สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน เข้มข้น 1% (ถ้าทำได้)
8. ทดสอบการแทรกซึมของปริมาณคลอไรด์ (ถ้าทำได้)
9. ทุกขั้นตอนทำการบันทึกภาพด้วยกล้องถ่ายภาพรูปดิจิทัลหรือกล้องวิดีโอ

ข้อแนะนำ กรณีที่หน่วยงานของกรมทางหลวงชนบทมีเครื่องมือตรวจสอบพิเศษ ควรใช้การตรวจสอบหาความลึกของรอยแตกและสภาพการเกิดสนิมของเหล็กและควรทำการตรวจสอบความเสียหายที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีดังนี้

การทดสอบหาปริมาณคลอไรด์และซัลเฟต

การทดสอบนี้เหมาะสำหรับประเมินสภาพโครงสร้างสะพานคอนกรีตของกรมทางหลวงชนบท ในส่วนของตอม่อและพื้นด้านล่าง โดยเฉพาะพื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและจังหวัดที่ติดชายทะเล ที่คาดว่าเกิดการแทรกซึม จากสารเคมีรุนแรงและเกิดการกัดกร่อนของเหล็กเสริมคอนกรีต หากคลอไรด์แทรกซึมเข้าไปในแผ่นพื้นคอนกรีต จะนำไปสู่การกัดกร่อนของเหล็กเสริมและรอยร้าวในคอนกรีต ในการทดสอบเพื่อตรวจสอบปริมาณคลอไรด์ในคอนกรีตจะต้องทำลายเนื้อคอนกรีต

บางส่วน เพราะต้องเก็บตัวอย่างโดยการเจาะคอนกรีต (Core Sampling) แล้วนำตัวอย่างคอนกรีตไปทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อได้ข้อมูลที่ต้องการ

คลอไรด์ในรูปของคลอไรด์ไอออนเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ความเป็นด่างของคอนกรีตลดลง เมื่อคอนกรีตมีปริมาณน้ำและออกซิเจนเพียงพอจะทำให้เหล็กเสริมในคอนกรีตเกิดสนิม และถูกกัดกร่อนตามปฏิกิริยา Anodic and Cathodic โดยมากแล้วคลอไรด์ที่มีผลต่อการกัดกร่อนจะมาจากสภาพแวดล้อม เช่น น้ำเกลือ น้ำกร่อย หรือดิน นอกจากนี้ ในส่วนของ คอนกรีตอาจมีส่วนประกอบของคลอไรด์ได้ เช่น คลอไรด์ในน้ำที่ผสมคอนกรีต หรือ คลอไรด์ในทรายหรือหิน (โดยเฉพาะอย่างยิ่งแหล่งใกล้ทะเล)

การวิเคราะห์ผลการทดสอบตามหลักเกณฑ์ของสถาบันคอนกรีตอเมริกา (ACI) กำหนดปริมาณคลอไรด์เพื่อมิให้มีปริมาณเพียงพอที่จะก่อให้เกิดกระบวนการกัดกร่อนของเหล็กเสริมในโครงสร้าง ดังนี้

- สำหรับโครงสร้างคอนกรีตอัดแรง (Prestress Concrete) ไม่เกินร้อยละ 0.08 ของน้ำหนักซีเมนต์
- สำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ไม่เกินร้อยละ 0.08 ของน้ำหนักซีเมนต์

วิธี Chloride 90-day Ponding Test

วิธีการนี้ต้องขังสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3% บนแผ่นคอนกรีตเป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 4 เดือน หลังจากนั้นจะต้องเก็บตัวอย่างโดยการเจาะคอนกรีต (Core Sampling) แล้วนำตัวอย่างคอนกรีตไปทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อหาปริมาณคลอไรด์ไอออน

การนำไปใช้: สามารถทดสอบได้ทุกพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการแทรกซึมของคลอไรด์ไอออน

ข้อดี: สามารถตรวจสอบความเสี่ยงในการแทรกซึมของคลอไรด์ไอออน

ข้อเสีย: ต้องใช้เวลานานในการทดสอบและวิเคราะห์ และต้องเก็บตัวอย่างคอนกรีตเพื่อนำไปทดสอบในห้องปฏิบัติการ

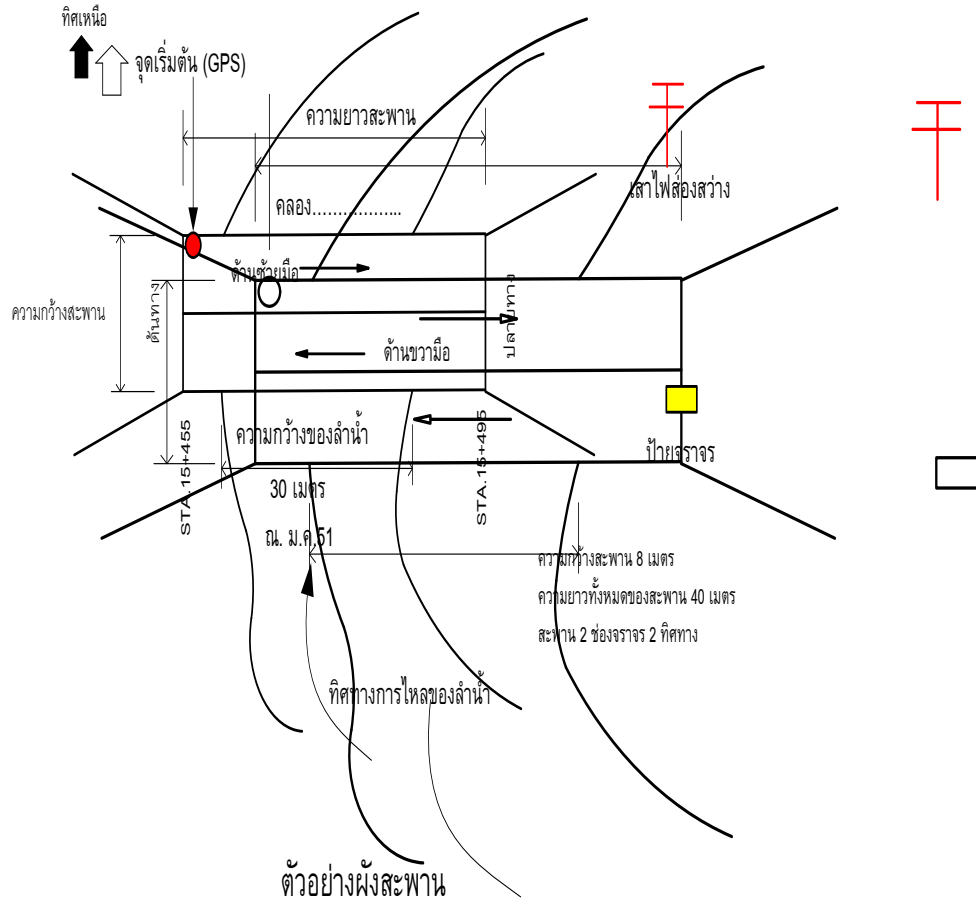
2.8 รูปแบบการรายงานและฟอร์มการตรวจสอบ

แบบฟอร์มที่ใช้ในการตรวจสอบสะพาน แบ่งออกเป็น 5 แบบฟอร์มคือ

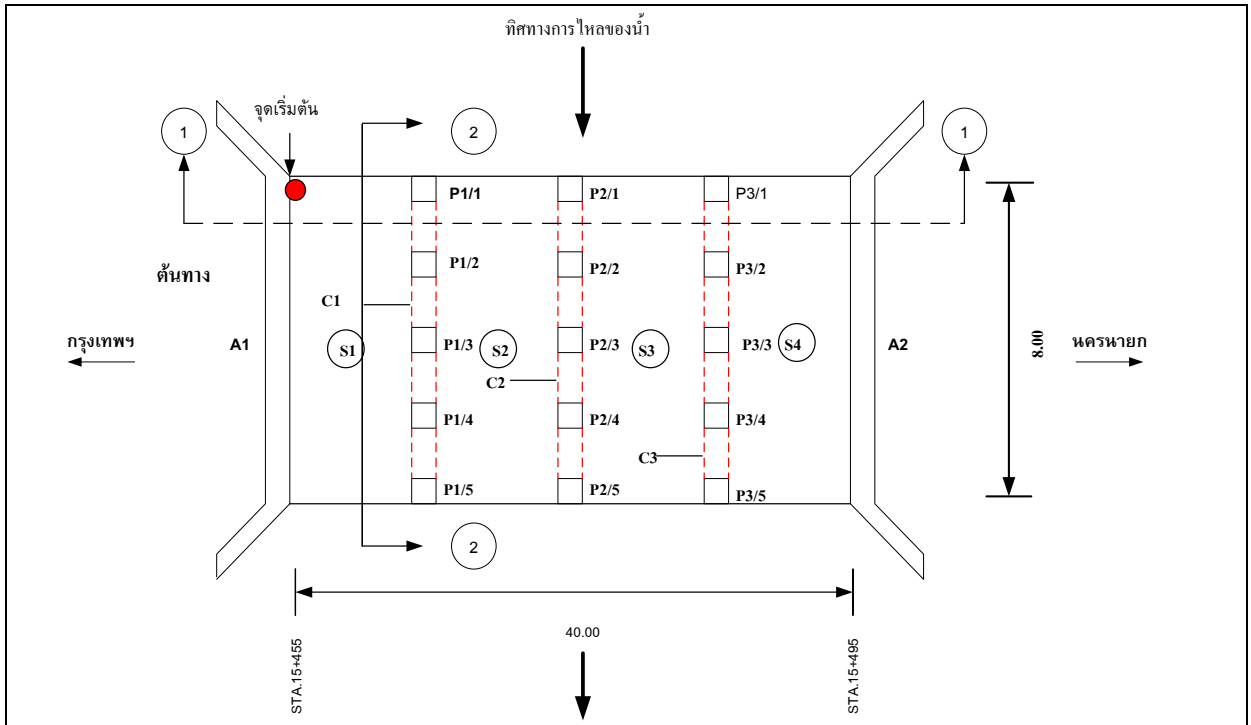
1. แบบฟอร์มที่ 1 ผังแสดงตำแหน่งสะพาน
2. แบบฟอร์มที่ 2 ผังแสดงรูปตัดสะพาน
3. แบบฟอร์มที่ 3 แบบฟอร์มบันทึกลักษณะโครงสร้างสะพาน
4. แบบฟอร์มที่ 4 แบบฟอร์มบันทึกความเสียหาย
5. แบบฟอร์มที่ 5 แสดงตำแหน่งและรูปภาพความเสียหาย

แบบฟอร์มที่ 1 ผังแสดงตำแหน่งสะพาน

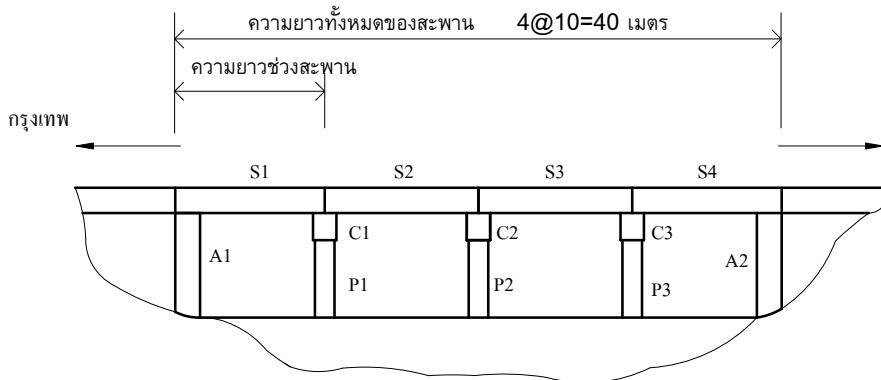
แบบฟอร์มที่ 1 ผังแสดงตำแหน่งสะพาน



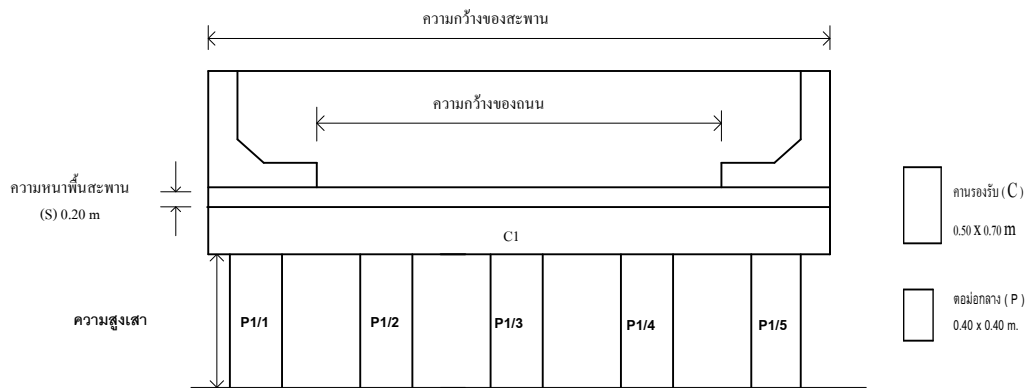
แบบฟอร์มที่ 2 ผังแสดงรูปตัดสะพาน



แบบร่างแปลนสะพาน



รูปตัดตามยาว 1-1



รูปตัดตามขวาง 2-2

ตัวอย่างผังแสดงรูปตัดสะพาน

แบบฟอร์มที่ 3 แบบฟอร์มบันทึกลักษณะโครงสร้างสะพาน

ชื่อสะพาน..... วันที่ทำการสำรวจ.....
 เวลาสำรวจ เริ่ม..... เสร็จ.....
 สภาพอากาศ..... วิธีการสำรวจ.....
 หน่วยงานรับผิดชอบ.....

ข้อมูลทั่วไปของสะพาน				ข้อมูลโครงสร้างสะพาน			
1	จังหวัด		รหัสจังหวัด	10	โครงสร้างหลัก		
2	รหัสสายทาง				วัสดุประเภท		
3	หลักกิโลเมตร			11	โครงสร้างช่วง Approach		
4	ชื่อสะพาน				วัสดุประเภท		
5	ชื่อลำน้ำ			12	จำนวนช่วงสะพาน		
6	หมู่บ้าน			13	จำนวนช่วงสะพาน Approach		
7	ตำบล			14	โครงสร้างพื้นสะพาน		
8	อำเภอ			15.	ผิวจราจร		
9	ตำแหน่ง GPS	E	N				

ข้อมูลการใช้งานสะพาน				ข้อมูลทางเรขาคณิต			
16	ปีที่สร้าง			20	ความยาวช่วงสะพานสูง (m.)		
17	ปีที่ทำการซ่อมแซมล่าสุด			21	ความยาวสะพานทั้งหมด(m.)		
18	ประเภทการใช้งาน			22	ความกว้างทางเท้า (m.)		
19	ทิศทางการจราจร		จำนวนเลน		ซ้าย		ขวา
				23	ความกว้างถนน (m.)		
				24	ความกว้างโครงสร้างสะพาน (m.)		
				25	ความกว้างช่วงApproach (m.)		
				26	แนวเอียงของสะพาน (องศา)		
				27	ระยะน้อยที่สุดเหนือสะพาน (m.)		
				28	ระยะน้อยที่สุดใต้สะพาน (m.)		

ข้อมูลทางน้ำ	
29	ลักษณะทางน้ำ
30	การป้องกันตอม่อ
31	ความสูงคมนาคมใต้สะพาน (m.)
32	ความกว้างคมนาคมใต้สะพาน (m.)

หมายเหตุ

.....

แบบฟอร์มที่ 4 แบบฟอร์มบันทึกความเสียหาย

ชื่อสะพาน.....คลอง.....กม.....ตำบล.....อำเภอ.....จังหวัด.....													
ลำดับ	สะพาน	ตำแหน่ง	แตกร้า	กระเทาะ	หลุดลอก	หลุดออกเป็นแผ่น	รื้อปูน	ควาบเกลือ , สูญเสียน้ำ	สึกกร่อน	เป็นสนิม	รายละเอียดความเสียหาย	สภาพ	หมายเลขรูปอ้างอิง
1	พื้นสะพานคอนกรีต												
2	ระบบระบายน้ำ												
3	ทางเท้า												
4	ราวสะพาน												
5	คานคอนกรีตตามยาว												
6	ตอม่อตัมบริม												
7	คาน												
8	แผ่นรองคาน												
9	เสาตอม่อคอนกรีต												
10	คานยึด												
11	Slope protection												
12	อื่นๆ (ระบุ)												

ตัวอย่าง แบบฟอร์มที่ 4 แบบฟอร์มบันทึกความเสียหาย

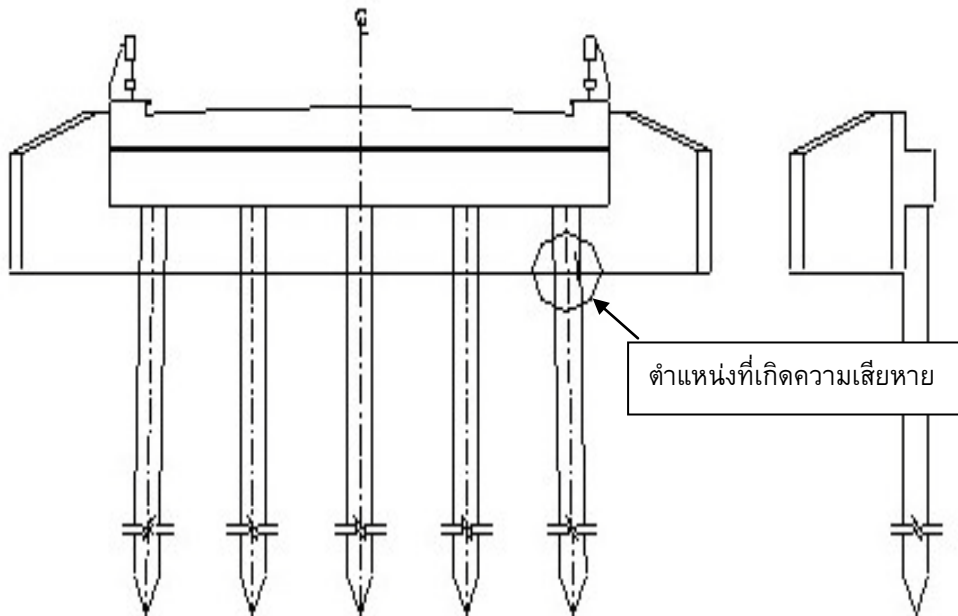
ชื่อสะพาน.....คลองใหญ่.....คลอง.....คลองใหญ่.....กม.....1+100.....ตำบล.....ทรายมูล.....อำเภอ.....องค์กรักษ์..... จังหวัด.....นครนายก.....													
ลำดับ	สะพาน	ตำแหน่ง	แตกร้าว	กระเทาะ	หลุดลอก	หลุดออกเป็นแผ่น	รพูน	คราบเกลือ , สุกเสียหาย	สึกกร่อน	เป็นสนิม	รายละเอียดความเสียหาย	สภาพ	หมายเลข รูปอ้างอิง
1	พื้นสะพานคอนกรีต	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	ระบบระบายน้ำ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	ทางเท้า	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	ราวสะพาน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	คานคอนกรีตตามยาว	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	ตอม่อตัมบริม (A1	1	-	-	-	-	-	-	-	เกิดรอยแตกร้าวขนาดใหญ่ กว้างมากกว่า 2.0 มม.	แย้	2.17
7	คาน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	แผ่นรองคาน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	เสาทอม่อคอนกรีต	P1/1	1	1	-	-	-	-	-	1	เกิดรอยแตกร้าวขนาดใหญ่ กว้างมากกว่า 2.0 มม. มีการกระเทาะลึกเกินกว่า 25 มม. และขนาดกระเทาะกว้างมากกว่า 150มม. เป็นสนิมเหล็กยื่น ขนาด DB 20(18) มม.ยาวประมาณ 30 ซม. และเหล็กปลอก ขนาด RB 9(6) มม.ยาวประมาณ 20 ซม.	แย้	2.18 2.19 2.20

ตัวอย่าง แบบฟอร์มที่ 4 แบบฟอร์มบันทึกความเสียหาย (ต่อ)

ชื่อสะพาน.....คลองใหญ่.....คลอง.....คลองใหญ่.....กม.....1+100.....ตำบล.....ทรายมูล.....อำเภอ.....องค์กรฯ..... จังหวัด.....นครนายก.....													
ลำดับ	สะพาน	ตำแหน่ง	แตกร้า	กระเทาะ	หลุดลอก	หลุดออกเป็นแผ่น	รูปทรง	คราบเกลือ , สุกุญเสียหาย	สีกร่อน	เป็นสนิม	รายละเอียดความเสียหาย	สภาพ	หมายเลขรูปอ้างอิง
		P1/2	1	1	-	-	-	-	-	1	เกิดรอยแตกร้าขนาดใหญ่ กว้างมากกว่า 2.0 มม. มีการกระเทาะลึกเกินกว่า 25 มม. และขนาดกระเทาะกว้างมากกว่า 150 มม. เป็นสนิมเหล็กยื่น ขนาด DB 20(17) มม.ยาวประมาณ 45 ซม.และเหล็ก ปลอก ขนาด RB 9(7) มม.ยาวประมาณ 40 ซม.	แย้	2.18 2.19 2.20
		P1/3	1	-	-	-	-	-	-	-	เกิดรอยแตกร้าขนาดใหญ่ กว้างมากกว่า 2.0 มม.	แย้	2.21
		P1/4	1	1	-	-	-	-	-	1	เกิดรอยแตกร้าขนาดใหญ่ กว้างมากกว่า 2.0 มม. มีการกระเทาะลึกเกินกว่า 25 มม. และขนาดกระเทาะกว้างมากกว่า 150มม. เป็นสนิมเหล็กยื่น ขนาด DB 20(17) มม.ยาวประมาณ 40 ซม.และเหล็ก ปลอก ขนาด RB 9(6) มม.ยาวประมาณ 20 ซม.	แย้	2.18 2.19 2.22
		P1/5	1	1	-	-	-	-	-	1	เกิดรอยแตกร้าขนาดใหญ่ กว้างมากกว่า 2.0 มม. มีการกระเทาะลึกเกินกว่า 25 มม. และขนาดกระเทาะกว้างมากกว่า150 มม. เป็นสนิมเหล็กยื่น ขนาด DB 20(18) มม.ยาวประมาณ 30 ซม.และเหล็ก ปลอก ขนาด RB 9(6) มม.ยาวประมาณ 20 ซม.	แย้	2.18 2.19 2.23
10	คานยึด	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-
11	Slope protection	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-
12	อื่นๆ (ระบุ)	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-

แบบฟอร์มที่ 5 แสดงตำแหน่งและรูปภาพความเสียหาย

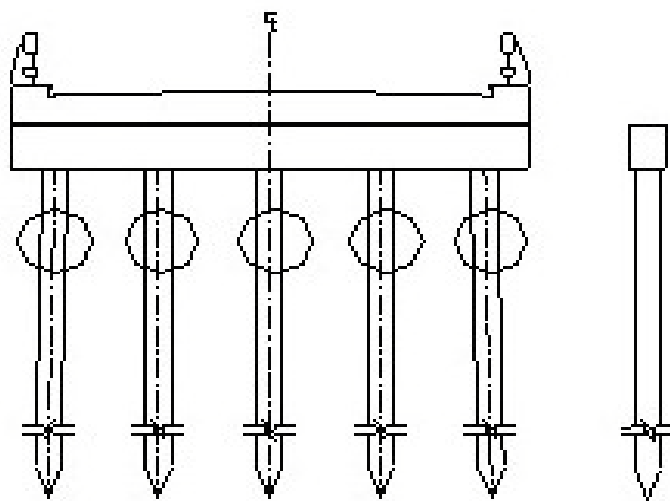
ตัวอย่าง แบบฟอร์มที่ 5 แสดงตำแหน่งและรูปภาพความเสียหาย



รูปที่ 2.15 แสดงตำแหน่งความเสียหายที่ ตอม่อดัดบรีม (A1)

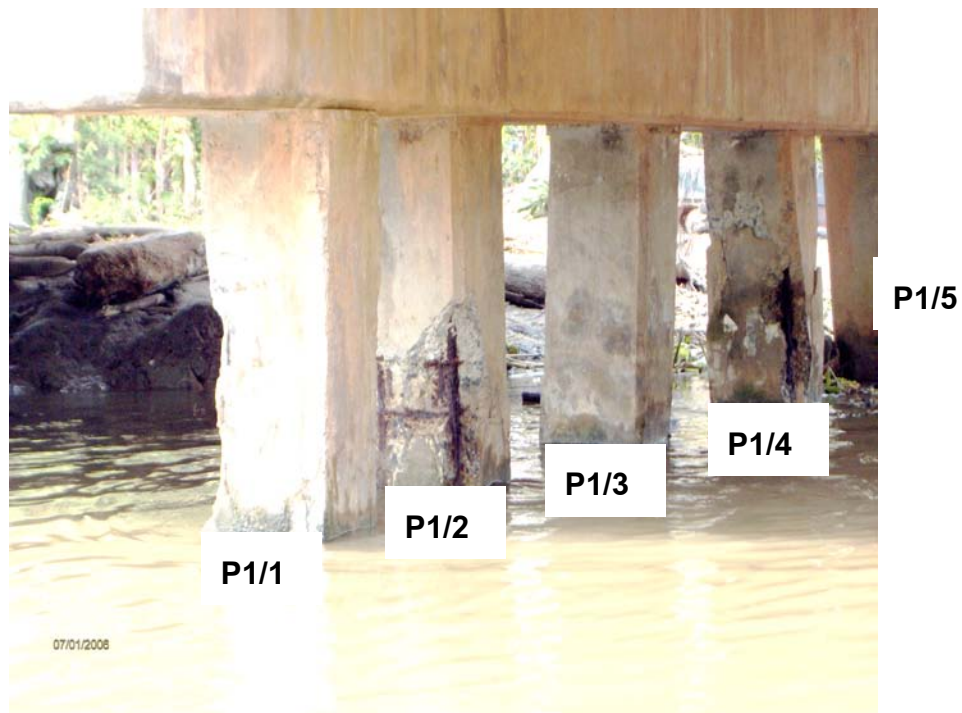


รูปที่ 2.16 แสดงภาพความเสียหาย



P1/1 P1/2 P1/3 P1/4 P1/5

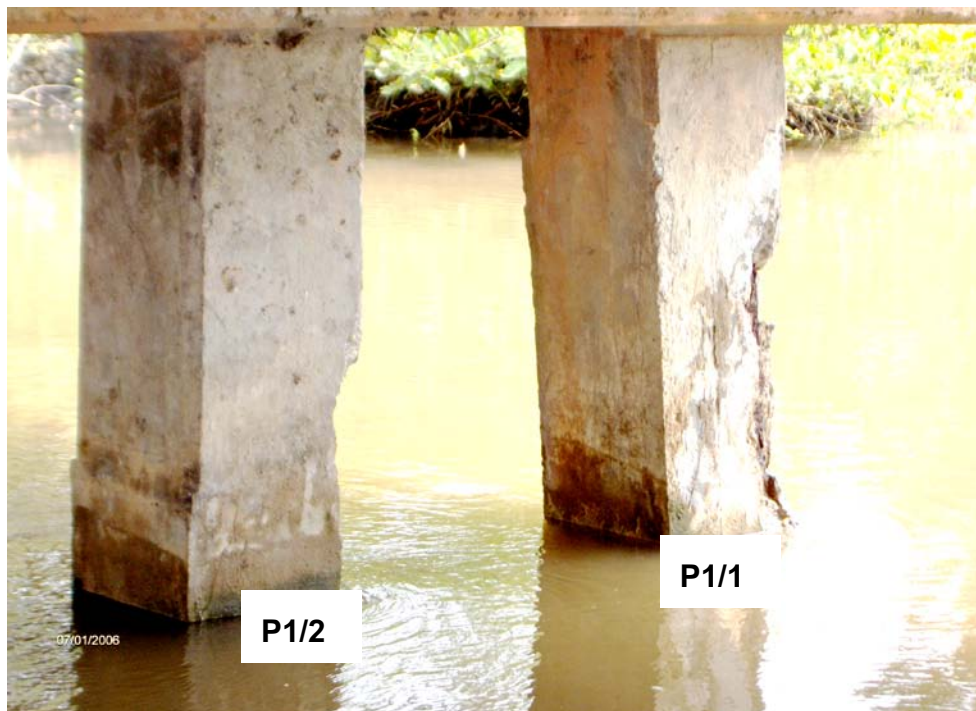
รูปที่ 2.17 แสดงตำแหน่งความเสียหายที่ P1/1-P1/5



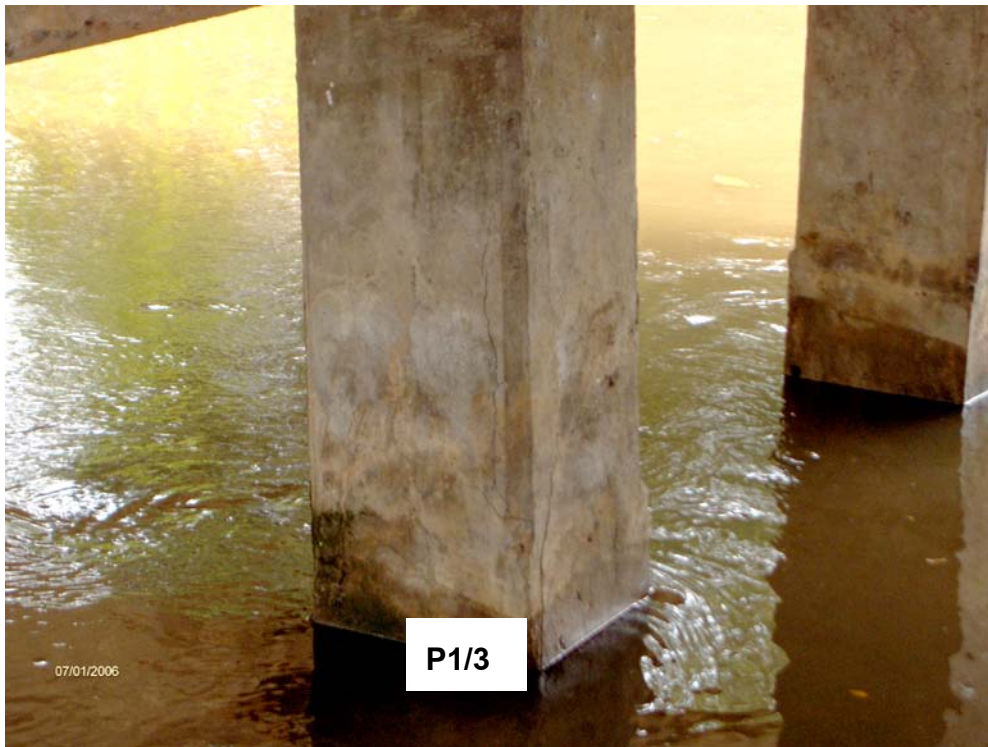
รูปที่ 2.18 แสดงภาพความเสียหายของเสาตอม่อ P1/1-P1/5



รูปที่ 2.19 แสดงภาพความเสียหายของเสาตอม่อ P1/1-P1/5



รูปที่ 2.20 ภาพแสดงความเสียหายของเสาตอม่อ P1/1 และ P1/2



รูปที่ 2.21 ภาพแสดงความเสียหายของเสาตอม่อ P1/3



รูปที่ 2.22 ภาพแสดงความเสียหายของเสาตอม่อ P1/4



รูปที่ 2.23 ภาพแสดงความเสียหายของเสาตอม่อ P1/5