



งานจ้างที่ปรึกษาเพื่อจัดทำระบบบริหารทรัพย์สินโครงสร้างพื้นฐานงานสะพาน
(Bridge Management System)



คู่มือการสำรวจ ตรวจสอบสะพาน
และซ่อมบำรุงสะพาน
(M-Bridge Inspection & Maintenance Manual)

มกราคม 2566





สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 บทนำ.....	1-1
1.1 ความเป็นมา.....	1-1
1.2 องค์ประกอบของคู่มือ	1-2
บทที่ 2 การเตรียมตัวก่อนออกภาคสนาม.....	2-1
2.1 หน้าที่ของผู้ตรวจสอบ	2-1
2.2 แผนการตรวจสอบ	2-2
2.3 การเตรียมความพร้อมสำหรับการตรวจสอบ	2-2
2.4 เอกสารที่ใช้ในการตรวจสอบ	2-3
2.5 การพัฒนาลำดับการตรวจสอบ.....	2-4
2.6 กำลังคน	2-6
2.7 ผู้ตรวจสอบและความปลอดภัยในการตรวจสอบ	2-6
2.8 สภาพที่เป็นอันตรายสามารถบรรเทาได้ด้วยข้อควรระวังง่าย ๆ คือ.....	2-6
2.9 อุปกรณ์ความปลอดภัยที่จำเป็นที่ต้องใช้ในการตรวจสอบได้แก่.....	2-7
2.10 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการสำรวจ.....	2-8
2.11 ข้อควรระวังทั่วไป.....	2-10
2.12 การใช้อุปกรณ์.....	2-11
2.13 การควบคุมการจราจร.....	2-12
บทที่ 3 ขั้นตอนการตรวจสอบสะพาน.....	3-1
3.1 การกำหนดทิศทางของที่ทำงานและของสะพาน.....	3-1
3.2 การกำหนดหมายเลขชิ้นส่วน (Element Identification).....	3-2
3.2.1 การกำหนดหมายเลขชิ้นส่วนของพื้นสะพาน (Deck).....	3-3
3.2.2 การกำหนดหมายเลขชิ้นส่วนของโครงสร้างส่วนบน (Superstructure)	3-4
3.2.3 การกำหนดหมายเลขชิ้นส่วนของโครงสร้างส่วนล่างของสะพาน (Substructure).....	3-5
3.3 แบบร่างและบันทึกการตรวจสอบ (Inspection Notes and Sketches).....	3-6
3.4 ขนาดชิ้นส่วน (Element Dimensions)	3-7
3.5 การระบุความเสียหาย (Deficiency Identification).....	3-8



สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 การตรวจสอบสะพาน.....	4-1
4.1 ส่วนพื้นสะพาน (Deck).....	4-2
4.1.1 ส่วนประกอบโครงสร้างพื้นสะพาน.....	4-2
4.1.2 รูปแบบของความเสียหาย.....	4-6
4.1.3 วิธีการตรวจสอบ.....	4-20
4.1.4 พื้นที่ที่พบความเสียหายบ่อย.....	4-20
4.1.5 การประเมินความเสียหาย.....	4-25
4.1.6 การบันทึกความเสียหาย.....	4-30
4.2 โครงสร้างส่วนบนของสะพาน (Superstructures).....	4-34
4.2.1 ส่วนประกอบโครงสร้างส่วนบนของสะพาน.....	4-36
4.2.2 รูปแบบของความเสียหาย.....	4-37
4.2.3 วิธีการตรวจสอบ.....	4-37
4.2.4 พื้นที่ที่พบความเสียหายบ่อย.....	4-37
4.2.5 การประเมินความเสียหาย.....	4-41
4.3 แผ่นรองรับคาน (Bridge Bearing).....	4-43
4.3.1 ส่วนประกอบของแผ่นรองรับคาน.....	4-43
4.3.2 ประเภทและการใช้งานของแผ่นรองรับคาน.....	4-44
4.3.3 วิธีการตรวจสอบและตำแหน่งการเสื่อมสภาพที่พบได้บ่อย Inspection Methods and Locations.....	4-50
4.3.4 การประเมินความเสียหายและเสื่อมสภาพ.....	4-58
4.4 โครงสร้างส่วนล่างของสะพาน (Substructures).....	4-58
4.4.1 ส่วนประกอบโครงสร้างส่วนล่างของสะพาน.....	4-59
4.4.2 รูปแบบของความเสียหาย.....	4-60
4.4.3 วิธีการตรวจสอบ.....	4-60
4.4.4 พื้นที่ที่พบความเสียหายบ่อย.....	4-61
4.4.5 การประเมินความเสียหาย.....	4-63



สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.5 โครงสร้างส่วนลำน้ำและส่วนป้องกันลำน้ำ (Channel).....	4-64
4.5.1 ส่วนประกอบโครงสร้างส่วนลำน้ำและส่วนป้องกันลำน้ำ.....	4-64
4.5.2 รูปแบบของความเสียหาย.....	4-65
4.5.3 วิธีการตรวจสอบ	4-66
4.5.4 พื้นที่ที่พบความเสียหายบ่อย	4-66
4.5.5 การประเมินความเสียหาย	4-69
4.6 โครงสร้างส่วนท่อลอดหรือช่องระบายน้ำ (Culvert).....	4-70
4.6.1 ส่วนประกอบโครงสร้างส่วนท่อลอดหรือช่องระบายน้ำ.....	4-70
4.6.2 รูปแบบของความเสียหาย	4-71
4.6.3 วิธีการตรวจสอบ.....	4-71
4.6.4 พื้นที่ที่พบความเสียหายบ่อย	4-72
4.6.5 การประเมินความเสียหายและเสื่อมสภาพ.....	4-74
4.7 การค้นพบวิกฤต Critical Findings และความเสียหายที่ร้ายแรง	4-76
4.7.1 การบังคับใช้การค้นพบวิกฤต.....	4-77
4.7.2 การสังเกตภาคสนาม	4-77
4.7.3 ขั้นตอนการค้นพบวิกฤต	4-78
4.8 การตรวจสอบกรณีพิเศษ (In – Depth Inspection).....	4-80
4.9 การตรวจสอบฉุกเฉิน (Emergency Inspection).....	4-105
4.9.1 คอนกรีตเสริมเหล็ก	4-105
4.9.2 อุปกรณ์เพื่อความปลอดภัย.....	4-105
4.9.3 ป้ายและไฟส่องสว่าง.....	4-105
4.9.4 อื่น ๆ	4-106



สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 ขั้นตอนหลังการตรวจสอบ.....	5-1
5.1 การจัดทำรายงานสำหรับการตรวจสอบหลัก	5-1
5.1.1 สารบัญ.....	5-2
5.1.2 แผนที่ที่ตั้ง	5-2
5.1.3 ข้อมูลประวัติของสะพาน	5-3
5.1.4 บทสรุปผู้บริหาร	5-3
5.1.5 ขั้นตอนการตรวจสอบ.....	5-3
5.1.6 ผลการตรวจสอบ	5-3
5.1.7 บทสรุปและคำแนะนำ	5-4
5.1.8 ภาคผนวก.....	5-4
5.2 การจัดทำรายงานสำหรับการตรวจสอบกรณีพิเศษ.....	5-5
บทที่ 6 การซ่อมบำรุงสะพาน	6-1



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2-1 แสดงตัวอย่างลำดับขั้นตอนการตรวจสอบ	2-5
ตารางที่ 2-2 อุปกรณ์มาตรฐานสำหรับการตรวจสอบ	2-9
ตารางที่ 2-3 อุปกรณ์เสริม	2-10
ตารางที่ 4-1 เกณฑ์การแบ่งระดับการเสื่อมสภาพของโครงสร้างส่วนพื้นสะพาน	4-26
ตารางที่ 4-2 เกณฑ์การแบ่งระดับการเสื่อมสภาพของโครงสร้างพื้นสะพานส่วนรอยต่อ / อุปกรณ์ เพื่อการขยายตัว	4-27
ตารางที่ 4-3 เกณฑ์การแบ่งระดับการเสื่อมสภาพของโครงสร้างพื้นสะพานส่วนราวสะพาน	4-27
ตารางที่ 4-4 เกณฑ์การแบ่งระดับการเสื่อมสภาพของการวางแนวของโครงสร้างส่วนคอสะพาน	4-28
ตารางที่ 4-5 เกณฑ์การแบ่งระดับการเสื่อมสภาพของโครงสร้างส่วนระยะลำน้ำที่เพียงพอ	4-29
ตารางที่ 4-6 สัญลักษณ์และ hatch มาตรฐานสำหรับการบันทึกรูปแบบความเสียหาย	4-32
ตารางที่ 4-7 เกณฑ์การแบ่งระดับการเสื่อมสภาพของโครงสร้างส่วนบน ของสะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก	4-41
ตารางที่ 4-8 เกณฑ์การแบ่งระดับการเสื่อมสภาพของโครงสร้างส่วนบน ของสะพานคอนกรีตอัดแรง	4-42
ตารางที่ 4-9 แสดงความเสียหายที่พบบ่อยของแต่ละส่วนประกอบของแผ่นรองรับคาน	4-57
ตารางที่ 4-10 เกณฑ์การแบ่งระดับการเสื่อมสภาพของแผ่นรองรับคานในสะพาน	4-58
ตารางที่ 4-11 เกณฑ์การแบ่งระดับการเสื่อมสภาพของโครงสร้างส่วนล่างของสะพาน	4-63
ตารางที่ 4-12 เกณฑ์การแบ่งระดับการเสื่อมสภาพของโครงสร้างส่วนลำน้ำ และส่วนป้องกันลำน้ำ	4-69
ตารางที่ 4-13 เกณฑ์การแบ่งระดับการเสื่อมสภาพของโครงสร้างส่วนท่อลอด หรือช่องระบายน้ำในสะพาน	4-75
ตารางที่ 4-14 ระบุรหัสชิ้นส่วนสะพานตามชนิดของวัสดุและโครงสร้าง	4-82
ตารางที่ 4-15 ระบุความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับชิ้นส่วนสะพานตามชนิดของวัสดุ และโครงสร้าง	4-86
ตารางที่ 4-16 รายละเอียดการประเมินความเสียหายแบบแยกเป็นรายชิ้นส่วน ของสะพานตามสภาพความเสียหาย	4-94
ตารางที่ 4-17 ตารางสรุปการบันทึกรายละเอียดความเสียหายสำหรับการตรวจสอบกรณีพิเศษ	4-101



สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 6-1 การซ่อมบำรุงปกติ และราคาต่อหน่วย.....	6-4
ตารางที่ 6-2 การซ่อมบำรุงตามกำหนดเวลา และราคาต่อหน่วย	6-5
ตารางที่ 6-3 การซ่อมบำรุงพิเศษ และราคาต่อหน่วย	6-5
ตารางที่ 6-4 วิธีซ่อมแซมการซ่อมแซมคอนกรีตเสื่อมสภาพเนื่องจากความเสียหายต่าง ๆ	6-6



สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2-1	แสดงตัวอย่างอุปกรณ์ความปลอดภัยที่จำเป็นที่ต้องใช้ในการตรวจสอบ.....	2-8
รูปที่ 3-1	การกำหนดตัวเลขให้แก่ชิ้นส่วนต่าง ๆ ของสะพาน	3-2
รูปที่ 3-2	การระบุรหัสชิ้นส่วนต่าง ๆ สำหรับพื้นสะพาน (มุมมองจากด้านบน)	3-3
รูปที่ 3-3	การระบุรหัสชิ้นส่วนต่าง ๆ สำหรับโครงสร้างส่วนบน (มุมมองจากด้านล่าง).....	3-4
รูปที่ 3-4	การระบุรหัสชิ้นส่วนต่าง ๆ สำหรับการตรวจสอบโครงสร้างส่วนล่าง (รูปตัด).....	3-5
รูปที่ 3-5	รายละเอียดภาพร่าง (Sketches) สำหรับบันทึกการตรวจสอบภาคสนาม.....	3-6
รูปที่ 3-6	ตัวอย่างการวัดระยะของคานตามยาว.....	3-7
รูปที่ 4-1	แสดงองค์ประกอบหลักของสะพาน (a) โครงสร้างส่วนพื้นสะพาน โครงสร้างส่วนบน และโครงสร้างส่วนล่าง (b) โครงสร้างส่วนลำน้ำและส่วนป้องกันลำน้ำ และโครงสร้างที่ลอดหรือช่องระบายน้ำ.....	4-1
รูปที่ 4-2	ส่วนประกอบโครงสร้างส่วนพื้นสะพาน (Deck).....	4-3
รูปที่ 4-3	ตัวอย่างภาพร่างแสดงข้อมูลต่าง ๆ ในการตรวจสอบส่วนของพื้นสะพาน (Deck)	4-5
รูปที่ 4-4	แสดงรอยแตกโดยการดึงและโดยแรงเฉือน	4-6
รูปที่ 4-5	การหลุดและเล็กน้อย.....	4-8
รูปที่ 4-6	การหลุดและปานกลาง	4-8
รูปที่ 4-7	การหลุดและสูง	4-9
รูปที่ 4-8	การหลุดและรุนแรง.....	4-9
รูปที่ 4-9	แสดงการหลุดล่อนของคอนกรีต	4-11
รูปที่ 4-10	แสดงการเกิดเชื้อราหรือคราบสีขาวบนผิวคอนกรีต.....	4-12
รูปที่ 4-11	แสดงปฏิกิริยาอัลคาไล-ซิลิกา Alkali Silica Reactivity (ASR).....	4-13
รูปที่ 4-12	แสดงการเป็นโพรงแบบรังผึ้งของคอนกรีต	4-15
รูปที่ 4-13	แสดงความเสียหายจากการชนของเสาคอนกรีต	4-16
รูปที่ 4-14	แสดงความเสียหายจากการสึกกร่อน	4-17
รูปที่ 4-15	แสดงความเสียหายที่เกิดจากการบรรทุกเกินน้ำหนัก.....	4-18
รูปที่ 4-16	การกัดกร่อนของเหล็กเสริม.....	4-19
รูปที่ 4-17	มุมมองด้านล่างของรอยแตกพื้นตามยาว	4-22
รูปที่ 4-18	แสดงบริเวณที่สามารถพบความเสียหายบริเวณพื้นสะพาน.....	4-22
รูปที่ 4-19	สรุปข้อบกพร่องและตำแหน่งที่เป็นไปได้บริเวณพื้นสะพาน	4-24



สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4-20 แสดงรอยแตกและตำแหน่งที่เป็นไปได้บริเวณโครงสร้างสะพาน	4-25
รูปที่ 4-21 การถ่ายภาพความเสียหายในกรณีที่ไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่ที่เสียหายได้	4-31
รูปที่ 4-22 ตัวอย่างภาพร่างแสดงข้อมูลต่าง ๆ ในการตรวจสอบส่วนของพื้นสะพาน (Deck)	4-33
รูปที่ 4-23 ตัวอย่างภาพร่างแสดงข้อมูลต่าง ๆ ในการตรวจสอบโครงสร้างส่วนบนของสะพาน (Superstructures).....	4-35
รูปที่ 4-24 แสดงส่วนประกอบโครงสร้างส่วนบนของสะพาน (Superstructures)	4-36
รูปที่ 4-25 แสดงรอยแตกร้าวในแนวทแยงใกล้กับปลายสะพานพื้น	4-38
รูปที่ 4-26 บริเวณที่เกิดแรงเฉือนที่ด้านล่างของสะพานพื้นต่อเนื่องใกล้เสา	4-38
รูปที่ 4-27 แสดงบริเวณที่เกิดแรงดึงของแผ่นพื้นคอนกรีต: การหลุดลอก คราบสีขาว สนิม และคราบ	4-39
รูปที่ 4-28 แสดงหน้าที่หลัก 3 อย่างของแผ่นรองรับคาน	4-43
รูปที่ 4-29 แสดงตัวยกแบบหมุด (Pinned Rocker Bearings)	4-47
รูปที่ 4-30 แสดงแผ่นรองรับคานแบบยึดคงที่	4-49
รูปที่ 4-31 แสดงการเคลื่อนตัวของแผ่นรองรับคาน (Sliding Plate Bearings)	4-53
รูปที่ 4-32 การวัดการหมุนของแผ่นรองรับคานแบบเบ้า	4-54
รูปที่ 4-33 แสดงรายการตรวจสอบแผ่นรองรับคานแบบยางยึด	4-55
รูปที่ 4-34 แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของโครงสร้างส่วนล่างของสะพาน (Substructure)	4-59
รูปที่ 4-35 แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของโครงสร้างส่วนลำน้ำและส่วนป้องกันลำน้ำ	4-64
รูปที่ 4-36 ตัวอย่างภาพร่างแสดงข้อมูลต่าง ๆ ในการตรวจสอบโครงสร้างส่วนล่างของสะพาน (Substructures) และช่องทางน้ำ (Channel).....	4-68
รูปที่ 4-37 แสดงส่วนประกอบโครงสร้างส่วนที่ลอดหรือช่องระบายน้ำ	4-70
รูปที่ 4-38 แสดงเอกสารในการบันทึกค้นพบวิกฤต Critical Findings	4-79
รูปที่ 4-39 แสดงชิ้นส่วนของสะพานที่ต้องได้รับการตรวจสอบ	4-81
รูปที่ 4-40 แสดงตัวอย่างการบันทึกรายละเอียดความเสียหายสำหรับการตรวจสอบกรณีพิเศษ	4-102
รูปที่ 4-41 แสดงแบบฟอร์มการบันทึกการตรวจสอบฉุกเฉิน	4-107
รูปที่ 5-1 ภาพตัวอย่างการแนบแผนที่ตั้งในรายงานการตรวจสอบสะพาน	5-2
รูปที่ 6-1 แสดงการบำรุงรักษาและการประเมินมูลค่าสะพาน	6-2

1.1 ความเป็นมา

กองทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง กรมทางหลวง ปัจจุบันมีทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองในความรับผิดชอบอยู่ 2 เส้นทาง ได้แก่ ทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 7 และทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 9 คิดเป็นระยะทางรวม 260 กิโลเมตร โดยทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองเป็นเส้นทางสำหรับการเดินทางด้วยความเร็วและความปลอดภัยของผู้ใช้ทาง จึงมีความสำคัญและมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องบำรุงรักษาสะพานบนโครงข่ายทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองทั้งหมดให้อยู่ในสภาพที่พร้อมให้บริการประชาชนอยู่ตลอดเวลา กองทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองซึ่งมีหน้าที่ต้องรับผิดชอบการบริหารจัดการและบำรุงรักษาบูรณะสะพานบนโครงข่ายทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง การจัดลำดับความสำคัญของบริเวณที่มีความจำเป็นต้องบูรณะก่อนหลัง การตรวจสอบและบูรณะสะพานทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองที่อยู่ในความรับผิดชอบ ดังนั้น เพื่อให้การบริหารงานบำรุงรักษาทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองทั้งหมดเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่กองทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองต้องมีระบบงานบริหารโครงสร้างพื้นฐานงานสะพานบนโครงข่ายทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองที่มีประสิทธิภาพและทันสมัย รวมทั้งการตรวจสอบความแข็งแรงของโครงสร้างสะพานในความรับผิดชอบ

ระบบงานบริหารโครงสร้างพื้นฐานงานสะพาน (Bridge Management) เป็นระบบงานที่ใช้ในการบริหารจัดการบำรุงรักษาสะพานบนโครงข่ายทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองซึ่งเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญของโครงข่ายการคมนาคมขนส่ง เพื่อช่วยให้การทำงานมีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยช่วยในการเก็บรวบรวมข้อมูลสภาพความเสียหายสะพาน การวางแผนซ่อมบำรุง การวางแผนงบประมาณในแต่ละปี การจัดลำดับความสำคัญ และการจัดสรรเงินงบประมาณบูรณะหรือซ่อมบำรุงสะพานบนโครงข่ายทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง ครอบคลุมส่วนระบบงานฐานข้อมูลสภาพสะพาน และส่วนระบบงานการประมวลผล เพื่อเป็นการลดภาระการบริหารจัดการของบุคลากรภาครัฐ และส่งเสริมให้ภาคเอกชนที่มีศักยภาพได้นำทักษะ ความรู้ เทคโนโลยี และวิธีการบริหารจัดการสมัยใหม่ มาประยุกต์ใช้ในงานบริหารงานบำรุงรักษาสะพานบนโครงข่ายทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง กองทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองจึงมีความประสงค์ว่าจ้างที่ปรึกษาเพื่อจัดทำระบบงานบริหารโครงสร้างพื้นฐานงานสะพานบนโครงข่ายทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง (Motorway-Bridge Management and Maintenance System, M-BMMS) เพื่อดำเนินการจัดทำระบบสำหรับการบริหารโครงสร้างพื้นฐานงานสะพาน ทางแยกต่างระดับ และทางยกระดับ ในความรับผิดชอบของกองทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง กรมทางหลวง



การศึกษาจัดทำระบบงานบริหารโครงสร้างพื้นฐานงานสะพานบนโครงข่ายทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง (M-BMMS) ครอบคลุมการจัดทำขั้นตอนและดำเนินการตรวจสอบสะพาน ทางแยกต่างระดับ และทางยกระดับ ให้สอดคล้องกับสภาพหรือหลักการทำงานของโครงข่ายทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง กรมทางหลวง โดยนำวิธีการ และเครื่องมือที่ทันสมัยมาใช้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน และเพื่อพัฒนาระบบงานบริหารโครงสร้างพื้นฐานงานสะพาน ที่ใช้กันตามมาตรฐานสากล พร้อมทั้งจัดให้มีการอบรมการใช้ระบบงานบริหารโครงสร้างพื้นฐานงานสะพานบนโครงข่ายทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง (M-BMMS) และวิธีปฏิบัติงานให้แก่บุคลากรของโครงข่ายทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง กรมทางหลวง

คู่มือการตรวจสอบสะพานนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการการจัดทำระบบสำหรับการบริหารโครงสร้างพื้นฐานงานสะพาน ทางแยกต่างระดับ และทางยกระดับ ในความรับผิดชอบของโครงข่ายทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง กรมทางหลวง (M-BMMS) เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ตรวจสอบภาคสนามทราบถึงกระบวนการเก็บข้อมูล การตรวจสอบสภาพโครงสร้าง การจัดการพื้นที่เพื่อทำการตรวจสอบสะพาน ทางแยกต่างระดับ และทางยกระดับ การประเมินความเสียหาย รวมถึงการจัดทำรายงานเพื่อสรุปผลการตรวจสอบสะพาน และการซ่อมบำรุงสะพานเบื้องต้น

1.2 องค์ประกอบของคู่มือ

สาระสำคัญของคู่มือการตรวจสอบสะพาน มีรายละเอียดของเนื้อหา ดังนี้

บทที่ 1 ความเป็นมาของคู่มือการตรวจสอบสะพาน

บทที่ 2 การเตรียมตัวก่อนออกภาคสนาม

บทที่ 3 ลำดับขั้นตอนการตรวจสอบสะพาน

บทที่ 4 การตรวจสอบภาคสนาม

บทที่ 5 ขั้นตอนหลังการตรวจสอบ

บทที่ 6 การซ่อมบำรุงสะพาน

ก่อนเริ่มการตรวจสอบ ผู้ตรวจสอบต้องตรวจสอบให้แน่ใจว่าเอกสารที่เกี่ยวข้อง อุปกรณ์ตรวจสอบ และอุปกรณ์ความปลอดภัยทั้งหมดอยู่ในสถานที่ตรวจสอบ โดยมีการสำรวจพื้นที่หรือจากแผนที่เพื่อยืนยันเส้นทางและตำแหน่งตรวจสอบ พร้อมกับการจัดเตรียมที่เหมาะสมกับถนน ทางรถไฟ หรือหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องสำหรับการตรวจสอบชั่วคราวตามความจำเป็นในการดำเนินการตรวจสอบ จะต้องปรึกษากับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องโดยมีแผนการดำเนินงาน แผนความปลอดภัยที่ได้รับการอนุมัติก่อนที่จะดำเนินการตรวจสอบ

2.1 หน้าที่ของผู้ตรวจสอบ

- วางแผนการตรวจสอบ
- การเตรียมความพร้อมสำหรับการตรวจสอบ
- ดำเนินการตรวจสอบ
- จัดทำรายงาน
- ระบุรายการสำหรับการซ่อมแซมและบำรุงรักษา
- การติดตามผลทันทีเมื่อตรวจสอบความเสียหายที่ร้ายแรง

บทบาทและความรับผิดชอบของผู้ตรวจสอบสะพาน

- 1) ผู้จัดการในการตรวจสอบสะพาน (Program Manager) - รับผิดชอบหน่วยขององค์กรที่รับผิดชอบในการตรวจสอบสะพานการรายงานและข้อมูลเบื้องต้น
- 2) หัวหน้าทีมสำรวจ (Team Leader) - มีหน้าที่รับผิดชอบในการวางแผน จัดเตรียม และดำเนินการตรวจสอบสะพานแต่ละแห่ง NBIS เรียกร้องให้หัวหน้าทีมต้องอยู่ที่สำรวจตลอดเวลาในระหว่างการตรวจสอบเบื้องต้น ตามปกติ หลัก พิเศษ วิกฤตการณ์แตกหัก และได้นำ
- 3) ผู้ช่วยสำรวจ (Assistant Inspector) - อาจมาพร้อมกับหัวหน้าทีมสำรวจในระหว่างการตรวจสอบสะพาน หน้าที่โดยทั่วไป ได้แก่ การช่วยจัดการการเดินทางตรวจสอบสะพาน การวัด รวบรวม บันทึก และถ่ายภาพ ผู้ช่วยผู้ตรวจสอบมีส่วนร่วมในกระบวนการตรวจสอบอย่างเต็มที่และจัดทำรายงานการตรวจสอบภายใต้การกำกับดูแลโดยตรงของหัวหน้าทีม



2.2 แผนการตรวจสอบ

การวางแผนมีความจำเป็นต่อการตรวจสอบที่ปลอดภัย มีประสิทธิภาพ และคุ้มค่า ซึ่งส่งผลให้มีการตรวจสอบสะพานอย่างละเอียดและครบถ้วน กิจกรรมพื้นฐานในแผนการตรวจสอบ ได้แก่

- การกำหนดประเภทของการตรวจสอบ เช่น การจัดเก็บข้อมูลเบื้องต้น การตรวจสอบปกติ การตรวจสอบหลัก การตรวจสอบพิเศษ และการตรวจสอบฉุกเฉิน
- การเลือกทีมตรวจสอบ ซึ่งรวมถึงหัวหน้าทีมที่มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับการตรวจสอบเบื้องต้น ปกติ พิเศษ วิกฤตการณ์แตกหัก และได้น้ำ แม้ว่า NBIS จะไม่ได้บังคับแต่ควรจัดหาหัวหน้าทีมสำหรับการตรวจสอบความเสียหาย
- การประเมินกิจกรรมที่จำเป็น เช่น การประเมินแบบไม่ทำลาย การควบคุมการจราจร รวมถึงการใช้ผู้ให้สัญญาณจราจร สาธารณูปโภค พื้นที่แคบ ใบอนุญาต วัสดุอันตราย เช่น มูลนกพิราบ สีตะกั่ว และการกำจัดแร่ใยหิน เป็นต้น
- การจัดทำตารางเวลาซึ่งรวมถึงระยะเวลาการตรวจสอบ

2.3 การเตรียมความพร้อมสำหรับการตรวจสอบ

- ตรวจสอบข้อมูลโครงสร้างสะพาน
- ระบุส่วนประกอบและองค์ประกอบของสะพาน
- พัฒนาลำดับการตรวจสอบ
- จัดเตรียมและจัดระเบียบบันทึก แบบฟอร์ม และภาพร่าง
- จัดให้มีการควบคุมการจราจรชั่วคราว
- จัดพื้นที่สำหรับวางอุปกรณ์และจุดทางเข้า
- ทบทวนข้อควรระวังเพื่อความปลอดภัย
- การจัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์
- พิจารณากรณีพิเศษอื่น ๆ



2.4 เอกสารที่ใช้ในการตรวจสอบ

- แผนการตรวจสอบ
- ข้อมูลเบื้องต้นของสะพาน Bridge inventory
- ประวัติการซ่อมบำรุงสะพาน
- ประวัติภัยพิบัติ
- ข้อมูลการตรวจสอบครั้งล่าสุดโดยเฉพาะ 'ความคิดเห็นพิเศษสำหรับการตรวจสอบครั้งต่อไป' 'คำแนะนำในการบำรุงรักษา' และ 'คำอธิบายเกี่ยวกับสภาพ'
- แบบก่อสร้างสะพาน แบบการทำงาน และแบบที่สร้างเสร็จ
- ข้อกำหนดเฉพาะต่าง ๆ
- รูปถ่ายและเอกสารบันทึกภาพถ่าย (photographs and Photo Log Form)
- วัสดุและการทดสอบ รวมถึงการรับรองวัสดุ ข้อมูลการทดสอบวัสดุ และข้อมูลการทดสอบการรับน้ำหนัก
- คู่มือหรือข้อกำหนดในการตรวจสอบ / ปฏิบัติการอื่น ๆ เฉพาะสำหรับโครงสร้าง
- ประวัติการเคลื่อนผิวสะพาน
- ข้อมูลบันทึกอุบัติเหตุ
- ป้ายจำกัดน้ำหนักบรรทุก
- น้ำหนักที่โครงสร้างสามารถรับได้
- ข้อมูลน้ำท่วมและกัดเซาะ
- ข้อมูลการจราจร
- บันทึกการให้คะแนนความเสียหาย
- เอกสารประเมินและแสดงข้อมูลโครงสร้างโดยรวมของสะพาน (Structure Inventory & Appraisal Sheet, SI&A)
- ข้อกำหนดในการป้อนข้อมูลสำหรับเอกสารประเมินและแสดงข้อมูลโครงสร้างโดยรวมของสะพาน (Data SI&A Entry Requirements)
- ข้อมูลการค้นพบวิกฤต (Critical Findings Data)
- บันทึกย่อ และภาพร่าง



2.5 การพัฒนาลำดับการตรวจสอบ

การจัดลำดับการตรวจสอบนั้นมีหลายปัจจัยที่ต้องพิจารณาเมื่อวางแผนลำดับการตรวจสอบสะพาน ซึ่งได้แก่

- ประเภทของสะพาน
- สภาพของส่วนประกอบสะพาน
- สภาพโดยรวม
- ข้อกำหนดของหน่วยงานตรวจสอบ
- ขนาดและความซับซ้อนของสะพาน
- สภาพการจราจร
- ข้อพิจารณาพิเศษ



ตารางที่ 2-1 แสดงตัวอย่างลำดับขั้นตอนการตรวจสอบ

1) องค์ประกอบถนน - คอสะพาน - คุณลักษณะด้านความปลอดภัยการจราจร - การวางตำแหน่งทั่วไป - การวางตำแหน่งคอสะพาน - การโค้งตัว - ฐานที่ตั้ง	4) องค์ประกอบโครงสร้างส่วนล่าง - ตอม่อริม - ตอม่อ - ฐานราก - เสาค้ำ - ผนังรอบ - คานโค้ง - ลาดป้องกันตลิ่ง
2) องค์ประกอบพื้นสะพาน พื้นสะพาน: บนและล่าง - รอยต่อขยาย - ผิวทาง - ระบบระบายน้ำ - ป้ายต่าง ๆ - ไฟส่องสว่าง - ราวสะพาน	5) องค์ประกอบของลำน้ำ - รูปด้านข้างลำน้ำและการวางตำแหน่ง - พื้นของลำน้ำ - กำแพงกันลำน้ำ - ที่ป้องกันกำแพงกันลำน้ำ - กันชน - ที่วัดระดับความลึกของน้ำ - ไฟนำทางและอุปกรณ์ช่วยเหลือ - หลักลำน้ำ - อุปกรณ์ควบคุมลำน้ำ
3) องค์ประกอบโครงสร้างส่วนบน - คานตามยาว - ชิ้นส่วนรองและค้ำยัน - ฐานรอง	



2.6 กำลังคน

ข้อกำหนดด้านกำลังคนสำหรับการตรวจสอบภาคสนามขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ประเภทและขนาดของโครงสร้าง ตำแหน่งของโครงสร้าง ปริมาณและประเภทของการจราจร และสภาพอากาศที่คาดการณ์ไว้ระหว่างการตรวจสอบ ผู้ตรวจต้องมีสุขภาพร่างกายที่ดีและมีความรู้เกี่ยวกับอุปกรณ์มาตรฐานที่จำเป็นสำหรับการตรวจ รวมทั้งต้องมีทักษะในการสื่อสารที่ดีและเคารพกฎและข้อบังคับด้านความปลอดภัยเพื่อป้องกันตนเองและผู้อื่น

2.7 ผู้ตรวจสอบและความปลอดภัยในการตรวจสอบ

ผู้ตรวจสอบต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของสาธารณะและของตนเอง การใช้มาตรการป้องกันความปลอดภัยอย่างเพียงพอมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการลดความเสี่ยงและความไม่สะดวกต่อสาธารณะซึ่งเกี่ยวข้องกับการใช้สัญญาณเตือนและที่กั้น หรือการมีผู้ควบคุมการจราจรเพื่อควบคุมการจราจรและคนเดินเท้าหากจำเป็น การตรวจสอบสะพานมักทำให้ผู้ตรวจสอบต้องเผชิญกับสภาวะที่เป็นอันตราย เช่น การจราจรหนาแน่น การเข้าถึงยาก กระแสน้ำเชี่ยวกราก สัตว์ และสัตว์เลื้อยคลาน

2.8 สภาวะที่เป็นอันตรายสามารถบรรเทาได้ด้วยข้อควรระวังง่าย ๆ คือ

- การใช้ป้าย ที่กั้น และการควบคุมการจราจร เพื่อลดความเร็วของการจราจร และให้การสัญจรไปมาอย่างปลอดภัยรอบ ๆ บริเวณที่ทำการตรวจสอบบนสะพาน
- สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (PPE)
- การใช้สายรัดนิรภัย บันไดที่แข็งแรง และนั่งร้านแบบพิเศษเมื่อเข้าถึงสถานที่สูงหรือเข้าถึงได้ยาก
- การใช้เรือ เสื้อชูชีพ และสายโยง เมื่อทำงานในลำธารไหลเร็ว
- ตรวจสอบบู๊ต แอมมูม และสัตว์ ก่อนเข้าพื้นที่อับอากาศ โดยเฉพาะใต้สะพาน
- ต้องแน่ใจว่ามีความช่วยเหลืออย่างเพียงพอและมีอุปกรณ์ที่เหมาะสมตลอดเวลา



2.9 อุปกรณ์ความปลอดภัยที่จำเป็นต้องใช้ในการตรวจสอบได้แก่

- ระหว่างการตรวจสอบ ผู้ตรวจสอบจำเป็นต้องสวมใส่หมวกกันน็อคพร้อมสายรัดคอกเพื่อป้องกันและลดอันตรายจากการบาดเจ็บที่ศีรษะ
- ถุงมือ
- รองเท้าบูททำงานพร้อมพื้นกันลื่นเพื่อการป้องกันการลื่นและการทรงตัว
- ผู้ตรวจสอบควรใช้วิจารณญาณและความระมัดระวังอย่างยิ่งเมื่อใช้สะพาน/หน้าอกเพื่อตรวจสอบท่อระบายน้ำและใต้สะพาน ผู้ตรวจสอบไม่ควรใช้ชุดเอี๊ยมกันน้ำเพื่อความปลอดภัย เว้นแต่ในน้ำนิ่งหรือเมื่อทราบระดับความลึกของน้ำ และผู้ตรวจสอบต้องไม่ทำงานเพียงลำพัง
- ชุดกันฝนสำหรับตรวจสอบในช่วงฤดูฝน
- เข็มขัดนิรภัยเพิ่มเติมเพื่อป้องกันการตกจากที่สูง
- เสื้อกั๊กทัศนวิสัยสูง
- เสื้อชูชีพเมื่อทำการตรวจสอบในกรณีที่ถ้าหกล้มแล้วอาจทำให้ตกน้ำได้
- อุปกรณ์ป้องกันดวงตาเมื่อปฏิบัติงานที่อาจทำให้เกิดเศษซากที่ปลิวได้



Figure 1.4 Inspection Gear

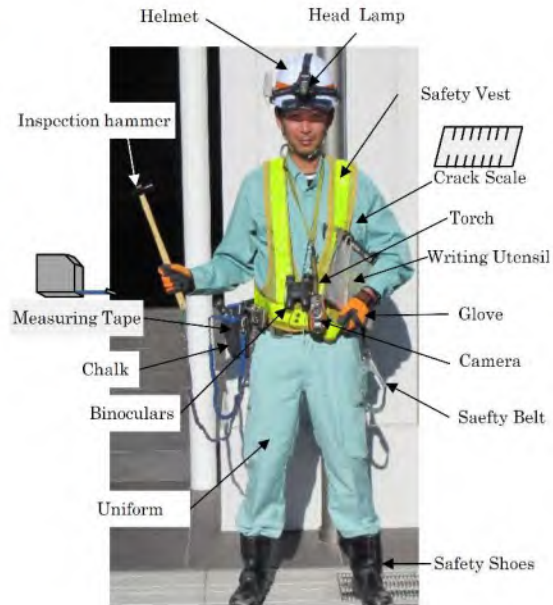


Figure 1.5 Gear and Protective Clothes

รูปที่ 2-1 แสดงตัวอย่างอุปกรณ์ความปลอดภัยที่จำเป็นที่ต้องใช้ในการตรวจสอบ

2.10 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการสำรวจ

ผู้ตรวจสอบต้องมีอุปกรณ์มาตรฐานครบชุดระหว่างการตรวจสอบ อุปกรณ์ต้องได้รับการตรวจสอบเพื่อให้มั่นใจว่าอยู่ในสภาพที่ดีและเพียงพอกับประเภทของสะพานที่จะตรวจสอบ ในบางสภาพอากาศอาจจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ส่วนตัวพิเศษ ดังนั้น ควรตรวจสอบพยากรณ์อากาศก่อนออกสำรวจ



คู่มือการสำรวจ ตรวจสอบสะพาน และซ่อมบำรุงสะพาน

(M-Bridge Inspection & Maintenance Manual)

งานจ้างที่ปรึกษาเพื่อจัดทำระบบบริหารทรัพย์สิน

โครงสร้างพื้นฐานงานสะพาน (Bridge Management System)

ตารางที่ 2-2 อุปกรณ์มาตรฐานสำหรับการตรวจสอบ

ลำดับที่	อุปกรณ์	การใช้งาน
1	เอกสารรายงาน, หนังสือ ภาคสนาม, คลิปบอร์ด, และ ปากกา/ดินสอ	บันทึกข้อมูลการตรวจสอบ
2	เทปผ้า (30 ม.) และน้ำหนักร เหล็ก	วัดพื้นที่ขนาดใหญ่ เช่น ความสูงของสะพาน ความลึกของ การกัดเซาะ ความกว้างของถนน
3	ตลับเมตร (5 ม.)	วัดขนาดของส่วนประกอบสะพาน ขนาดความเสียหาย ฯลฯ
4	ค้อนทุบ	ตรวจสอบความสมบูรณ์ของไม้และคอนกรีต การกำจัด คอนกรีตที่เสื่อมสภาพ สีและการเกิดสนิม ฯลฯ
5	เกรียงเหล็ก / แปรงลวด	กำจัดเปลือกหุ้ม สีเสื่อมสภาพและการกัดกร่อนเล็กน้อย
6	มีดพก / น้ำแข็งหยิบ	ตรวจสอบการเน่าของไม้ การเสื่อมสภาพของสี และ คอนกรีต ฯลฯ
7	ไฟฉาย	ตรวจสอบในที่มืด
8	กระจก	ตรวจพื้นที่ที่มองไม่เห็น
9	กล้องส่องทางไกล	ตรวจพื้นที่ไกลเกินกว่าจะมองเห็นได้ชัดเจน
10	กล้องที่มีเลนส์และแฟลชที่ เหมาะสม	บันทึกการเสื่อมสภาพ ความเสียหาย และข้อบกพร่อง
11	ระดับน้ำ	กำหนดแนวตั้ง ความชันข้าง ฯลฯ
12	ลูกดิ่ง	กำหนดปริมาณความเอียง เอน หรือออกจากลูกดิ่ง
13	เครื่องวัดระยะ (40 ม.)	วัดระยะทางโดยประมาณ
14	เครื่องวัดอุณหภูมิ	วัดอุณหภูมิของอากาศขณะตรวจสอบแผ่นรองรับคานและ การขยายตัวของรอยต่อ
15	อุปกรณ์ส่วนตัว (หมวกแข็ง เสื้อ กั๊ก รองเท้าบูท อุปกรณ์กันฝน เข็มขัดนิรภัย เสื้อผ้าเสริม ฯลฯ)	ให้ความสะดวกสบายและความปลอดภัยส่วนบุคคล
16	เครื่องมือวัดแบบดิจิทัล	กำหนดขนาดแนวตั้งและแนวนอน



ตารางที่ 2-2 อุปกรณ์มาตรฐานสำหรับการตรวจสอบ (ต่อ)

ลำดับที่	อุปกรณ์	การใช้งาน
17	เกจวัดความกว้างรอยแตก	หาความกว้างหรือความลึกของรอยแตกในคอนกรีต เหล็ก และส่วนประกอบอื่น ๆ
18	เข็มทิศ	กำหนดทิศทาง
19	อุปกรณ์จัดสิ่งปนเปื้อน	การปนเปื้อนของร่องเท้าบูท สายรัดสะโพก และอุปกรณ์ ตามมาตรการการปนเปื้อนสำหรับเรือและอุปกรณ์ของ AEP
20	ป้ายและอุปกรณ์อื่น ๆ สำหรับ ควบคุมการจราจร	ลดโอกาสเกิดอุบัติเหตุ

ตารางที่ 2-3 อุปกรณ์เสริม

ลำดับที่	อุปกรณ์	การใช้งาน
1	เรือ	เข้าถึงพื้นที่ที่น้ำลึก
2	บันได	เข้าถึงพื้นที่ที่ปกติไม่สามารถเข้าถึงได้จากพื้นดิน
3	เกจวัดความหนาของสี	วัดความหนาของการเคลือบสี

2.11 ข้อควรระวังทั่วไป

1. โดยปกติแล้วลักษณะงานตรวจสอบมักเอื้อต่ออุบัติเหตุ ดังนั้น ทุกคนจึงต้องตื่นตัวตลอดเวลา
2. หลีกเลี่ยงการเสี่ยงโดยไม่จำเป็น
3. ใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมเพื่อความปลอดภัยส่วนบุคคลและทีม
4. อุปกรณ์ควรอยู่ในสภาพการทำงานที่ดีและมีคุณภาพดี
5. การทำงานของอุปกรณ์ควรเป็นไปตามข้อกำหนดของผู้ผลิต
6. รักษาพื้นที่ทำงานให้ปราศจากสิ่งสกปรก เศษวัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือที่ไม่จำเป็น ฯลฯ
7. ให้คิดว่าอุปกรณ์ไฟฟ้าและสิ่งอำนวยความสะดวกทั้งหมดเป็น "สิ่งมีชีวิต"
8. ระวังปัญหาและข้อจำกัดเมื่อสวมแว่นตาชนิดซ้อน (เลนส์สองชั้น) ระหว่างการตรวจสอบ
9. ห้ามเข้าไปในพื้นที่อับอากาศที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ อาจกำหนดให้ผู้ตรวจได้รับการฝึกอบรมเฉพาะทาง และ/หรือ ปฏิบัติตามขั้นตอนเฉพาะทาง ต้องปฏิบัติตามกฎเกณฑ์ การเข้าพื้นที่อับอากาศที่บังคับใช้ทั้งหมด



10. ระมัดระวังในการตรวจสอบหรือเดินใกล้ราวสะพาน ใช้กฎ "จุดสัมผัสสามจุด" เพื่อป้องกันการตกจากสะพาน
11. ผู้ตรวจสอบควรมีอุปกรณ์สื่อสาร วิธีใช้งาน และควรทราบหมายเลขโทรศัพท์ฉุกเฉินที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ที่ทำงาน
12. ผู้ตรวจสอบควรแจ้งแผนการตรวจสอบให้ผู้อื่นทราบ รวมถึงพื้นที่และไซด์ที่จะตรวจสอบ และเวลาที่คาดว่าจะกลับมา

2.12 การใช้อุปกรณ์

อุบัติเหตุและการบาดเจ็บจำนวนมากมักเกิดจากการใช้อุปกรณ์อย่างไม่เหมาะสม การใช้อุปกรณ์ที่ไม่ถูกต้องสำหรับงาน และ/หรือการไม่สวมใส่อุปกรณ์ความปลอดภัยส่วนบุคคลที่เหมาะสม ดังนั้นผู้ตรวจสอบต้องปฏิบัติตามข้อควรระวังด้านความปลอดภัยเมื่อใช้อุปกรณ์ดังต่อไปนี้

- **บันไดแบบพกพา** บันไดส่วนต่อขยายต้องมีตัวล็อก และส่วนที่ทับซ้อนกันต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของผู้ผลิต หรือในกรณีที่ไม่มีข้อกำหนดของผู้ผลิตให้ใช้น้อยกว่า 1 เมตร ไม่ทำงานจากสองชั้นบน ติดตั้งบันไดบนฐานที่มั่นคงและไม่ลื่นไถล ห้ามวางบันไดที่เป็นโลหะทับอุปกรณ์ไฟฟ้าและสิ่งอำนวยความสะดวกอื่น ๆ
- **นั่งร้าน** ควรยึดฐานให้เรียบร้อย โครงนั่งร้านควรออกแบบให้รองรับน้ำหนักบรรทุกได้อย่างน้อยสี่เท่า ควรตรวจสอบส่วนประกอบทั้งหมดของโครงนั่งร้านเป็นประจำ
- **อุปกรณ์ทั่วไป** อุปกรณ์นี้ต้องถูกเก็บไว้ในสภาพที่ไม่กระทบต่อความปลอดภัยของคนที่ใช้หรือในการขนย้าย ควรใช้อุปกรณ์ตามหน้าที่ที่ตั้งใจไว้หรือที่ได้รับการออกแบบการใช้งาน
- **สายรัดนิรภัย** ผู้ตรวจสอบที่ใช้สายรัดนิรภัยต้องได้รับการฝึกอบรมและรับรองการใช้งาน ควรปรับให้พอดี แน่นหนาและยึดกับจุดยึดหรือเส้นชีวิต โดยต้องตรวจสอบอย่างละเอียดก่อนใช้งาน



2.13 การควบคุมการจราจร

- ในกรณีที่จำเป็นต้องมีการจัดการจราจร การประสานงานกับตำรวจท้องที่ล่วงหน้าเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการรักษาความปลอดภัยและการควบคุมการจราจรอย่างมีประสิทธิภาพ และจำเป็นต้องติดตั้งป้ายและอุปกรณ์อื่น ๆ ที่แจ้งกิจกรรมการตรวจสอบหรืองานซ่อมแซมแก่ผู้ใช้นถนนอย่างชัดเจน
- กำหนดการตรวจสอบในช่วงเวลาที่มีการจราจรน้อยและมีทัศนวิสัยสูง
- แจ้งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเนื่องจากการปิดการจราจรที่ได้นำเสนอเมื่อมีการปิดช่องจราจร ขณะดำเนินการตรวจสอบ
- รถตรวจสอบทุกคันต้องจอดในที่ปลอดภัยห่างจากพื้นผิวการขับขี่ หากไม่สามารถทำได้เนื่องจากทางลาดชัน ฯลฯ ให้จอดรถโดยเว้นระยะห่างอย่างน้อย 1 เมตรระหว่างรถกับขอบด้านนอกของไหล่รถ มิฉะนั้นให้จอดรถในที่ปลอดภัยและผู้ตรวจสอบจะต้องเดินไปสถานที่ตรวจสอบ
- รถตรวจสอบทุกคันต้องติดตั้งแถบไฟ/บิคอน LED สีเหลืองอำพันคลาส 1 หรือ คลาส 2 และเปิดอยู่ตลอดเวลาในระหว่างการตรวจสอบ
- ป้ายแม่เหล็ก (ไวนิลสะท้อนแสงขนาด 24" x 15" พร้อมลามิเนตด้าน) หรือที่คล้ายกัน จะต้องติดไว้ที่ด้านหลังของรถของผู้ตรวจที่มีข้อความว่า "กำลังดำเนินการตรวจสอบสะพาน" ตลอดเวลาในระหว่างการตรวจสอบ
- ผู้ตรวจสอบต้องสวมเสื้อกั๊กทัศนวิสัยสูงตลอดเวลาระหว่างการตรวจสอบ
- ผู้ตรวจสอบและอุปกรณ์ควรถูกจำกัดให้อยู่ในพื้นที่คุ้มครองในขณะที่ดำเนินการตรวจสอบ

โดยปกติแล้วหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบจะประกอบด้วยการรักษาการวางแผนโครงสร้างและระบบการป้องกันประกอบของสะพาน และการปฏิบัติตามขั้นตอนการตรวจสอบที่เหมาะสม ขั้นตอนที่ใช้ในการตรวจสอบสะพานจะขึ้นอยู่กับประเภทของสะพาน วัสดุที่ใช้ และสภาพทั่วไปของสะพาน ดังนั้น ควรทำความเข้าใจความคุ้นเคยกับขั้นตอนการตรวจสอบพื้นฐานสำหรับสะพานที่หลากหลาย

ลำดับขั้นตอนของการตรวจสอบสะพานเป็นกระบวนการที่ช่วยให้ผู้ตรวจสอบเข้าใจและเห็นภาพเกี่ยวกับขั้นตอนทั้งหมดที่จะต้องปฏิบัติเมื่อไปทำการตรวจสอบสะพาน ทำให้ผู้ตรวจสอบสามารถทำงานได้อย่างราบรื่นและครบถ้วน รวมถึงลดความผิดพลาดในการทำงานและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้มากขึ้น

รายละเอียดและขั้นตอนในการตรวจสอบสะพานได้แบ่งเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

- 3.1 การกำหนดทิศทางของที่ทำงานและของสะพาน
- 3.2 การกำหนดหมายเลขชิ้นส่วน (Element Identification)
- 3.3 แบบร่างและบันทึกการตรวจสอบ (Inspection Notes and Sketches)
- 3.4 ขนาดของชิ้นส่วน (Element Dimensions)
- 3.5 การระบุความเสียหาย (Deficiency Identification)

3.1 การกำหนดทิศทางของที่ทำงานและของสะพาน

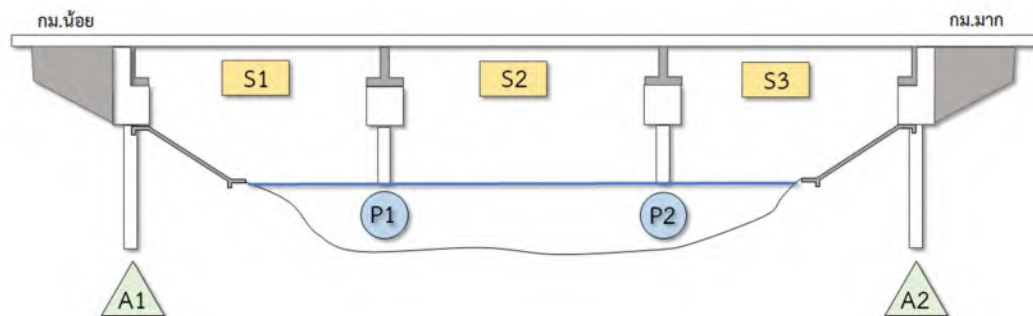
ขั้นตอนแรกในกระบวนการตรวจสอบ คือ การกำหนดทิศทางของที่ทำงานและของสะพาน รวมถึงทิศทางของเข็มทิศ ทิศทางการไหลของน้ำ และทิศทางของเส้นทางการขนส่งสินค้า รวมไปถึงการบันทึกสมาชิกทีมตรวจสอบ อุณหภูมิอากาศ สภาพอากาศ และเวลา การกำหนดทิศทางของสะพานนั้น จะกำหนดให้สะพานมีทิศทางเริ่มจากตำแหน่งหลักกิโลเมตรน้อยไปหาตำแหน่งหลักกิโลเมตรมาก ซึ่งเมื่อนำมาเขียนบนแบบแปลน ตำแหน่งหลักกิโลเมตรจะอยู่บริเวณด้านล่างของกระดาษ และตำแหน่งหลักกิโลเมตรมากจะอยู่บริเวณด้านบนของกระดาษ ทั้งนี้ ต้องระบุทิศทางของเข็มทิศลงบนแบบแปลนด้วยเพื่อใช้ในการอ้างอิงทิศทาง

การตรวจสอบควรมีความรอบคอบ มีการสังเกตอย่างระมัดระวังและเอาใจใส่ และบันทึกข้อบกพร่องทุกอย่าง เพื่อให้การเก็บบันทึกได้อย่างละเอียดและครบถ้วน การวางตัวเลขหรือตัวอักษรบนสะพานโดยใช้ดินสอสีหรือสีเพื่อระบุรหัสชิ้นส่วนและองค์ประกอบของโครงสร้าง มีจุดประสงค์เพื่อติดตามตำแหน่งของผู้ตรวจสอบและเพื่อป้องกันการมองข้ามส่วนใดส่วนหนึ่งของโครงสร้าง



3.2 การกำหนดหมายเลขชิ้นส่วน (Element Identification)

การกำหนดหมายเลขชิ้นส่วนตามมาตรฐานสำหรับองค์ประกอบและชิ้นส่วนต่าง ๆ ของสะพานเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญ ขั้นตอนนี้เป็นการระบุการเรียกชื่อและตำแหน่งขององค์ประกอบและชิ้นส่วนต่าง ๆ ของโครงสร้างของสะพานให้ตรงกับเอกสารที่ใช้ในหน่วยงาน หากสะพานมีการตรวจสอบมาแล้วก่อนหน้านี้ ผู้ตรวจสอบควรจะกำหนดให้มีระบบการระบุชื่อและตำแหน่งให้ตรงกับรูปแบบเดิมที่ได้กำหนดไว้ใน การตรวจสอบก่อนหน้านี้ กรณีที่สะพานยังไม่เคยได้รับการตรวจสอบ ผู้ทำการตรวจสอบจะต้องกำหนดระบบ การระบุชื่อและตำแหน่งขึ้นมาใหม่ การกำหนดหมายเลขสามารถทำได้โดยการกำหนดหมายเลขช่วงของ สะพาน (Span) จากตำแหน่งหลักกิโลเมตรน้อยไปยังตำแหน่งหลักกิโลเมตรมาก (เช่นเดียวกับการกำหนด ทิศทางของสะพาน) โดยใช้รหัส S ตามด้วยตัวเลขที่แสดงลำดับของช่วงสะพาน ตัวอย่างเช่น รหัส S1 หมายถึง สะพานช่วงที่ 1 และกำหนดหมายเลขแนวตอม่อ (Pier) โดยใช้รหัส P ตามด้วยตัวเลขที่บอกลำดับ ตัวอย่าง เช่น แนวตอม่อที่เริ่มจากฝั่งที่หลักกิโลเมตรน้อยกำหนดรหัสเป็น P1 และแนวถัดไปเป็น P2 และแนวตอม่อริม (Abutment) จะกำหนดรหัสแยกกับแนวตอม่อ โดยใช้รหัส A1 สำหรับตอม่อริมฝั่งที่หลักกิโลเมตรน้อย และ A2 สำหรับตอม่อริมฝั่งที่หลักกิโลเมตรมาก ดังรูปที่ 3-1

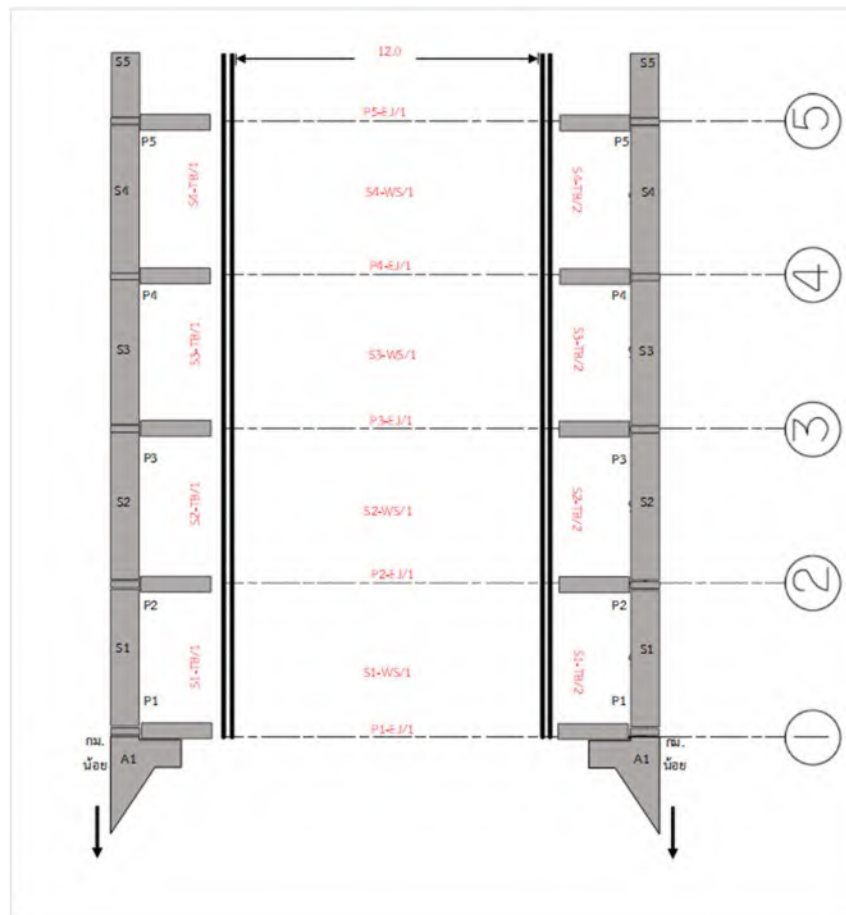


รูปที่ 3-1 การกำหนดตัวเลขให้แก่ชิ้นส่วนต่าง ๆ ของสะพาน



3.2.1 การกำหนดหมายเลขชิ้นส่วนของพื้นสะพาน (Deck)

การกำหนดหมายเลขชิ้นส่วนบริเวณพื้นสะพาน ผู้ตรวจสอบจำเป็นต้องใช้แบบที่แสดงมุมมองจากด้านบนเป็นหลักเพื่อใช้ดูประกอบ ชุดรหัสจะแบ่งเป็น 2 ส่วนที่ถูกขึ้นด้วยเครื่องหมายขีดกลาง ส่วนแรกคือการระบุ Section ของพื้นสะพานที่ถูกแบ่งด้วย Span ของเสา ส่วนที่ 2 คือรหัสตัวย่อขึ้นส่วนที่เป็นโครงสร้างส่วนพื้นสะพาน ได้แก่ พื้นสะพาน (DK), ผิวสะพาน (WS), รอยต่อเพื่อขยาย (EJ) โดยตามแนวตั้งของแบบตัวเลขจะเรียงจากจุดเริ่มต้น (หลักกิโลเมตรน้อย) ไปยังจุดสิ้นสุดของสะพาน (หลักกิโลเมตรมาก) และตามแนวนอนของแบบหากผู้ตรวจสอบหันหน้าไปทางหลักกิโลเมตรมากตัวเลขจะเรียงจากจุดซ้ายมือไปยังขวามือ ดังรูปที่ 3-2

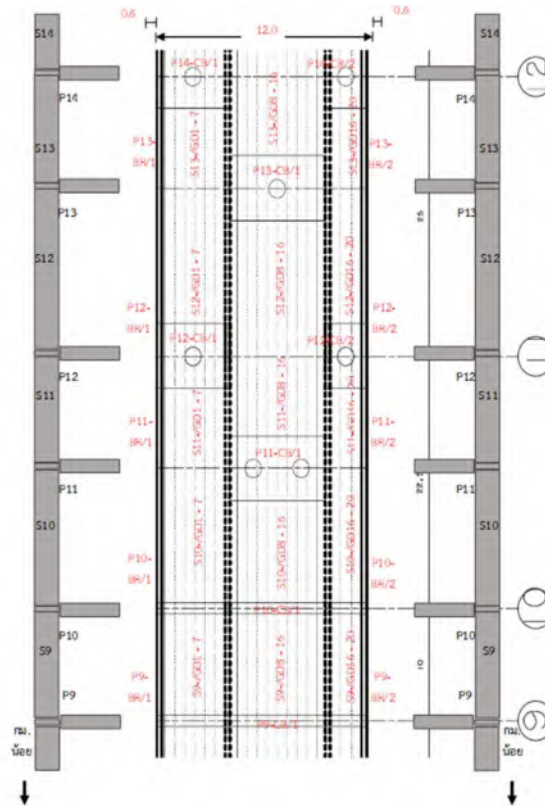


รูปที่ 3-2 การระบุรหัสชิ้นส่วนต่าง ๆ สำหรับพื้นสะพาน (มุมมองจากด้านบน)



3.2.2 การกำหนดหมายเลขชิ้นส่วนของโครงสร้างส่วนบน (Superstructure)

การกำหนดหมายเลขชิ้นส่วนของโครงสร้างส่วนบนของสะพาน ผู้ตรวจสอบจำเป็นต้องใช้แบบที่แสดงมุมมองจากด้านล่างเป็นหลักเพื่อใช้ดูประกอบ ชุดรหัสและรูปแบบการลำดับตัวเลข จะใช้วิธีเดียวกับการกำหนดหมายเลขชิ้นส่วนของพื้นสะพาน รหัสตัวย่อชิ้นส่วนที่อยู่บริเวณโครงสร้างส่วนบนได้แก่ คานตามยาว (GD), ค้ำยันคานตามยาว (DP) และแผ่นรองรับคาน (BR) ดังรูปที่ 3-3

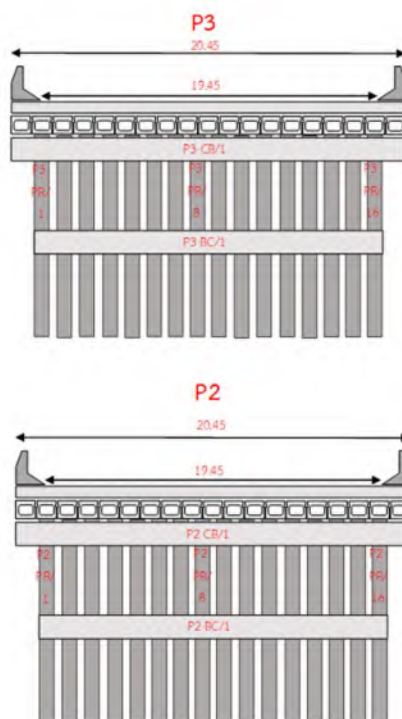


รูปที่ 3-3 การระบุรหัสชิ้นส่วนต่าง ๆ สำหรับโครงสร้างส่วนบน (มุมมองจากด้านล่าง)



3.2.3 การกำหนดหมายเลขชิ้นส่วนของโครงสร้างส่วนล่างของสะพาน (Substructure)

การกำหนดหมายเลขชิ้นส่วนของโครงสร้างส่วนล่างของสะพาน ผู้ตรวจสอบจำเป็นต้องใช้แบบที่แสดงมุมมองจากด้านล่างควบคู่กับแบบรูปตัดในแต่ละ Span เพื่อดูประกอบ ชุดรหัสและรูปแบบการลำดับตัวเลข โดยจะใช้วิธีเดียวกับการกำหนดหมายเลขชิ้นส่วนของพื้นสะพาน และโครงสร้างส่วนบน รหัสตัวย่อชิ้นส่วนทั้งหมดที่อยู่บริเวณโครงสร้างส่วนล่าง ได้แก่ คานรัดหัวเสา (CB), เสาตอม่อ (PR), ค้ำยันตอม่อ (BC) เสาเข็ม, ฐานราก (FT) และหูช้าง (WW) ดังรูปที่ 3-4



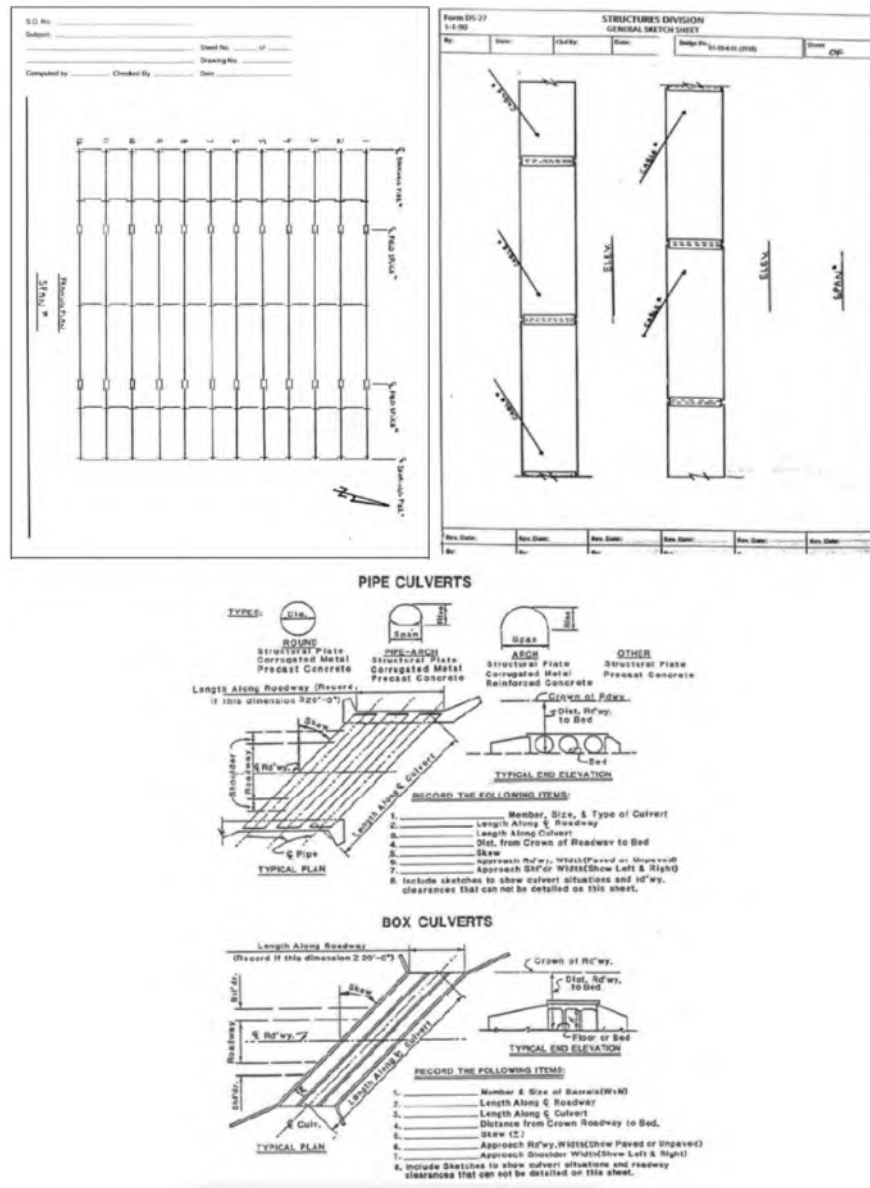
รูปที่ 3-4 การระบุรหัสชิ้นส่วนต่าง ๆ สำหรับการตรวจสอบโครงสร้างส่วนล่าง (รูปตัด)

ในกรณีที่การกำหนดหมายเลขชิ้นส่วนของพื้นสะพานที่ใช้ในระหว่างการตรวจสอบแตกต่างไปจากรูปแบบเดิมที่เคยใช้กับที่ใช้ในเอกสารที่มีอยู่ ผู้ตรวจสอบจำเป็นต้องระบุความแตกต่างเหล่านี้อย่างชัดเจนในบันทึกการตรวจสอบ



3.3 แบบร่างและบันทึกการตรวจสอบ (Inspection Notes and Sketches)

ผู้ตรวจสอบสามารถแบบแบบ (Plan) ที่ถูกกำหนดหมายเลขชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่เคยทำการสำรวจมาแล้ว ก่อนหน้านี้จากฐานข้อมูลที่มีอยู่ของแต่ละหน่วยงานเพื่อใช้สำหรับบันทึกการตรวจสอบได้ อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่สะพานนั้นได้รับการตรวจสอบครั้งแรกและไม่มีแบบสะพาน ผู้ตรวจสอบจำเป็นต้องวาดภาพร่าง โดยอาจทำการวาดภาพร่างล่วงหน้าในสำนักงานและนำไปกรอกข้อมูลเพิ่มเติมในสนาม ดังรูปที่ 3-5



รูปที่ 3-5 รายละเอียดภาพร่าง (Sketches) สำหรับบันทึกการตรวจสอบภาคสนาม

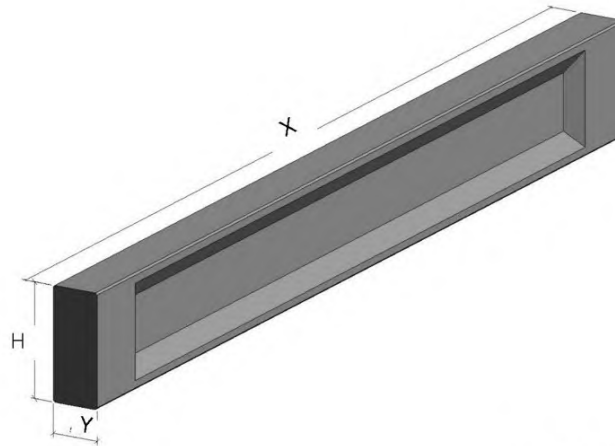


โดยปกติจะแสดงเค้าโครงทั่วไปของข้อมูลสะพานและสถานที่ แบบแปลนโครงสร้าง และข้อมูลระดับความสูง พื้นที่ใกล้เคียงลำธารหรือสิ่งกีดขวางทางภูมิประเทศ แบบสาธิตรูปโมเดลหลักและรายละเอียดอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องรวมอยู่ด้วย

3.4 ขนาดชิ้นส่วน (Element Dimensions)

ผู้ตรวจสอบจะต้องจัดทำเอกสารกำหนดขนาด, ภาพตัดขวาง และขนาดอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องขององค์ประกอบสะพาน รวมถึงตรวจสอบขนาดชิ้นส่วนของสะพานเพื่อใช้ในการคำนวณ load-rating analysis ตัวอย่างการวัดระยะของชิ้นส่วนคานตามยาวโดยระบุความยาว (X) ความลึก (H) และความกว้าง (Y) แสดงดังรูปที่ 3-6

- ชิ้นส่วนของ Deck: ระบุ ความยาว, ความกว้างและความหนา
- ชิ้นส่วนของ Superstructure: ระบุ ความยาว, ความลึก และความกว้าง
- ชิ้นส่วนของ Substructure: ระบุ ความกว้างและความลึก (สำหรับรูปทรงสี่เหลี่ยม), เส้นผ่านศูนย์กลาง (สำหรับเสากลม), ความยาว, ระยะห่างของเสาเข็ม เป็นต้น



ภาพประกอบการวัดระยะ

โครงสร้างส่วนบน :คานคอนกรีตอัดแรง (GD)

ประเภท I Girder (IG) / Multi Beam (MG)

รูปที่ 3-6 ตัวอย่างการวัดระยะของคานตามยาว



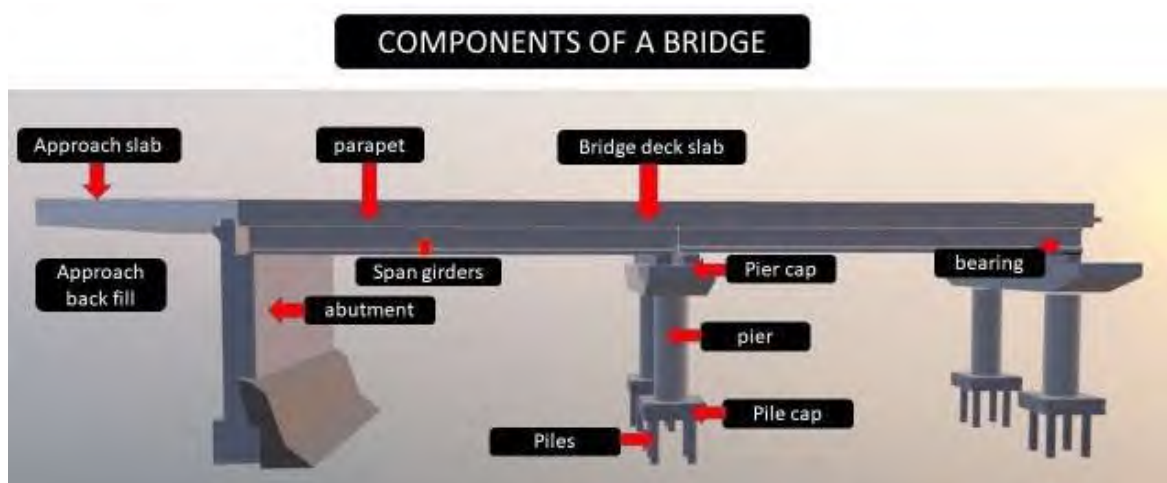
3.5 การระบุความเสียหาย (Deficiency Identification)

ระบุความเสียหายตามประเภทของวัสดุ ตำแหน่งและชิ้นส่วนที่เกิดความเสียหาย สภาพความเสียหาย ปริมาณความเสียหาย ขอบเขตของความเสียหาย และรูปร่างประกอบการสำรวจ เพื่อใช้ในการคำนวณ คำนวณความเสียหายในภาพรวมของสะพานสำหรับการตรวจสอบหลัก และในรายชิ้นส่วนของสะพาน สำหรับการตรวจสอบกรณีพิเศษ

- ประเภทความเสียหาย (Deficiency Qualification) อธิบายถึงชนิดของความเสียหาย และระดับความรุนแรงของความเสียหาย
- ปริมาณความเสียหาย (Deficiency Quantification) อธิบายถึงปริมาณของความเสียหายที่เกิดขึ้น
- ตำแหน่งที่เกิดความเสียหาย (Deficiency Location) ตำแหน่งที่แน่นอนของความเสียหาย ในองค์ประกอบหรือชิ้นส่วนของสะพาน

ในการกำหนดจุดอ้างอิงให้หลีกเลี่ยงบริเวณระดับน้ำหรือระดับพื้นดินโดยเฉพาะบริเวณที่ใกล้กับน้ำ เนื่องจากจุดเหล่านี้มีโอกาสเปลี่ยนแปลงไประหว่างการตรวจสอบ

ในการตรวจสอบสะพานนั้นสามารถแบ่งได้ตามลักษณะขององค์ประกอบหลักของสะพาน ได้แก่ โครงสร้างส่วนพื้นสะพาน โครงสร้างส่วนบน โครงสร้างส่วนล่าง โครงสร้างส่วนลำน้ำและส่วนป้องกันลำน้ำ และโครงสร้างส่วนท่อลอดหรือช่องระบายน้ำ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



(a)



(b)

รูปที่ 4-1 แสดงองค์ประกอบหลักของสะพาน (a) โครงสร้างส่วนพื้นสะพาน โครงสร้างส่วนบน และโครงสร้างส่วนล่าง (b) โครงสร้างส่วนลำน้ำและส่วนป้องกันลำน้ำ และโครงสร้างท่อลอดหรือช่องระบายน้ำ

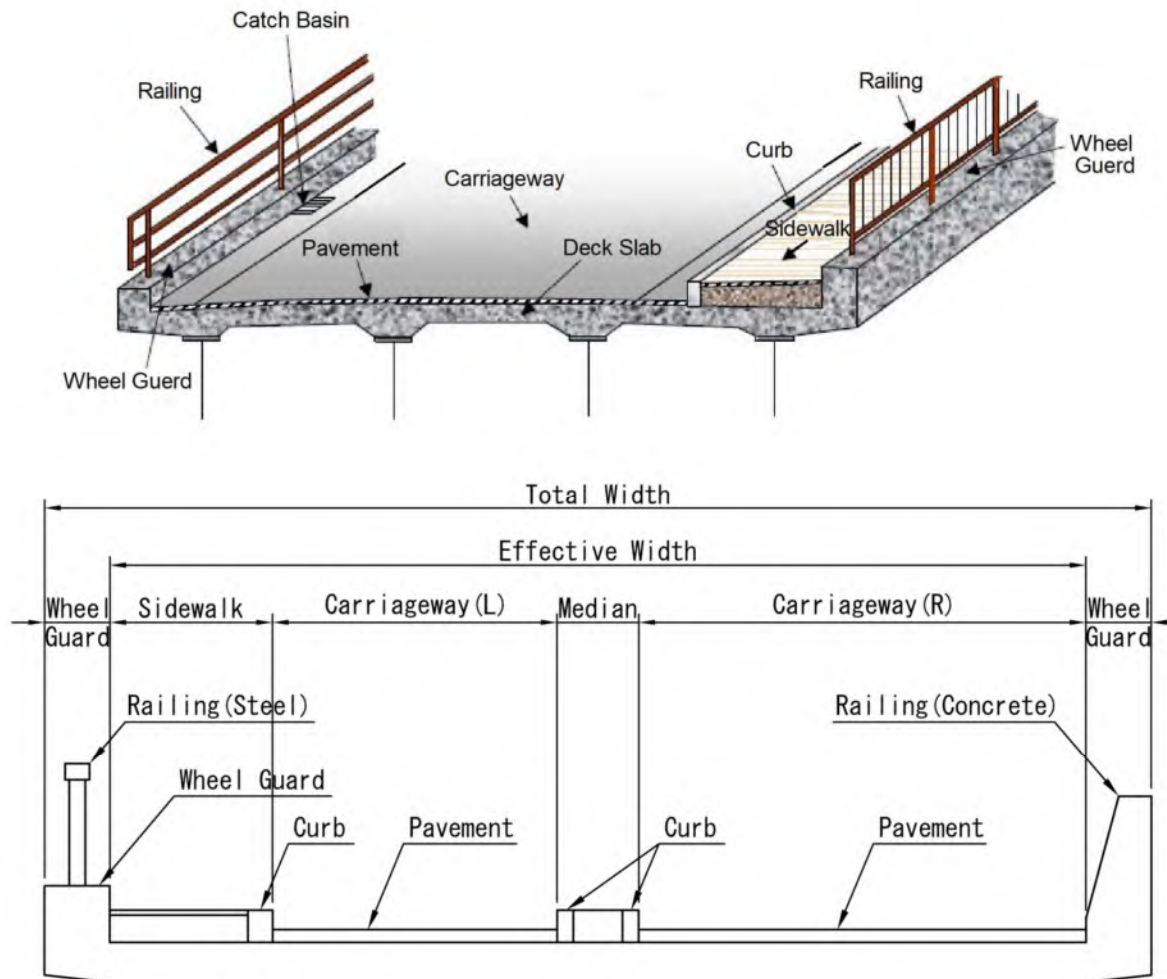


4.1 ส่วนพื้นสะพาน (Deck)

โครงสร้างส่วนพื้นสะพานเป็นส่วนประกอบของสะพานที่ทำหน้าที่รับน้ำหนักบรรทุกโดยตรง โดยจุดประสงค์ของพื้นสะพานคือเพื่อให้ผู้ใช้สะพานมีการขับขี่ยวารป็นและปลอดภัย หน้าที่ของพื้นสะพาน คือ การถ่ายโอนน้ำหนักพื้นสะพาน น้ำหนักบรรทุกจรและน้ำหนักบรรทุกคงที่บนพื้นสะพานไปยังโครงสร้างส่วนบน

4.1.1 ส่วนประกอบโครงสร้างพื้นสะพาน

- 1) พื้นสะพาน (Deck)
- 2) คอสะพาน (Approach roadway)
- 3) ผิวทาง (Wearing surface)
- 4) ระบบป้องกัน (Protective system)
- 5) รอยต่อ (Joint)
- 6) อุปกรณ์เพื่อการขยายตัว (Expansion device)
- 7) ขอบถนน (Curb)
- 8) ทางเท้า (Sidewalk)
- 9) แผงบัง (Parapet and Fascia)
- 10) เกาะกลางถนน (Median)
- 11) ราวสะพาน (Bridge rail)
- 12) ช่องระบายน้ำ (Scupper)
- 13) ป้ายสัญลักษณ์ต่าง ๆ (Signs)
- 14) ไฟส่องสว่าง (Lighting)

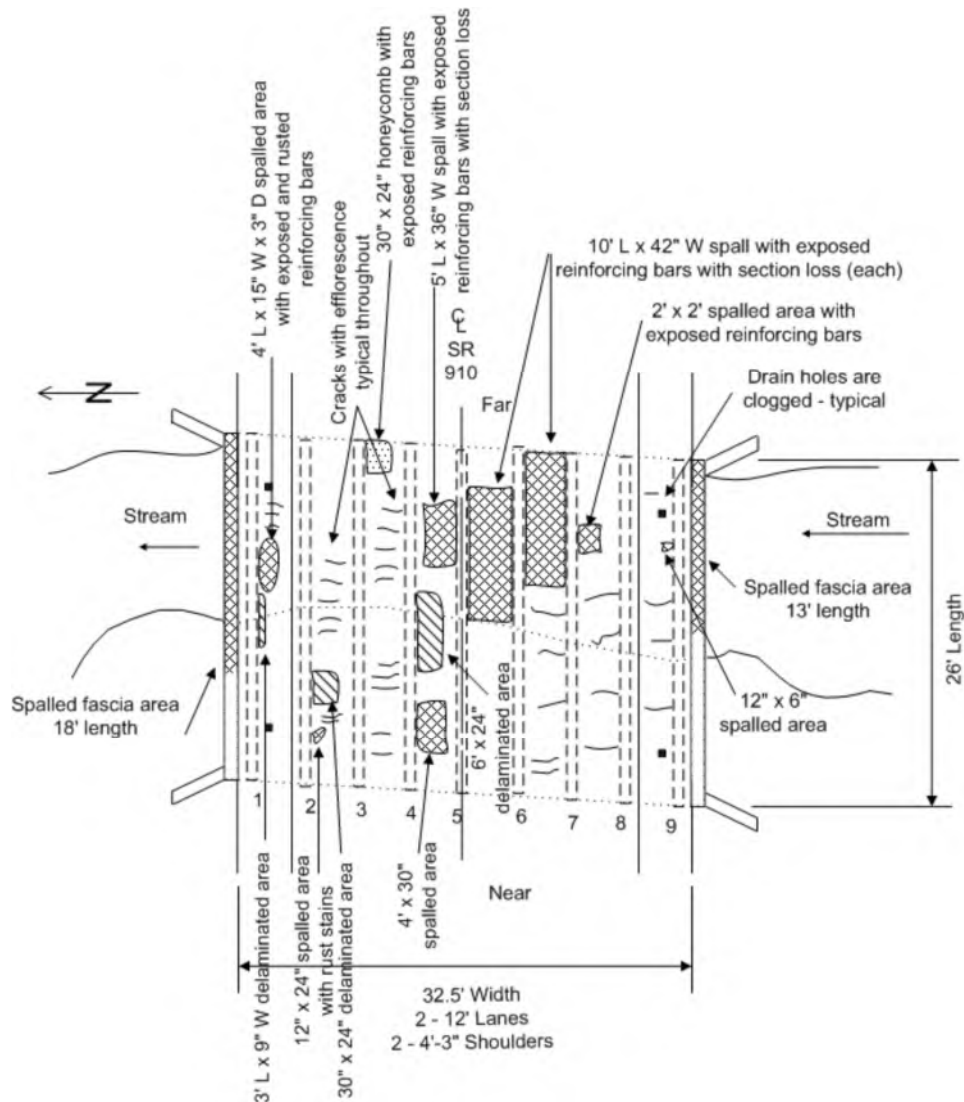


รูปที่ 4-2 ส่วนประกอบโครงสร้างส่วนพื้นสะพาน (Deck)



ลำดับขั้นตอนการตรวจสอบส่วนของส่วนพื้นสะพาน (Deck)

- 1) คอสะพาน (Approach roadway) ต้องตรวจสอบว่าพื้นทางช่วงก่อนขึ้นสะพานมีความไม่เรียบ (Unevenness) การทรุดตัว (Settlement) หรือความขรุขระ (Roughness) หรือไม่
- 2) ลำดับถัดไปคือการตรวจสอบสภาพของไหล่ทาง (Shoulder) เชิงลาด (Slope) และราวกันตกก่อนขึ้นสะพาน (Approach guardrail)
- 3) ส่วนพื้นสะพานและทางเท้าต้องได้รับการตรวจสอบเพื่อหาร่องรอยชำรุดต่าง ๆ โดยระบุประเภท ความเสียหาย, ปริมาณความเสียหาย และตำแหน่งที่เกิดความเสียหายอย่างละเอียด
- 4) จากนั้นตรวจสอบราวกันตก การระบายน้ำ ตรวจสอบรอยต่อเพื่อการขยาย Expansion Joint ว่ามีระยะห่างที่เหมาะสมและมีการอุดกันรั่วซึม (Seal) ที่เพียงพอ โดยให้บันทึกความกว้างของรอยต่อที่เปิดอยู่ที่เส้นขอบทางทั้งสอง
- 5) ลำดับสุดท้ายคือการตรวจสอบสิ่งต่าง ๆ ที่ช่วยให้เกิดความปลอดภัย เช่น ป้ายสัญลักษณ์ต่าง ๆ และระบบไฟส่องสว่างที่มีอยู่ โดยให้ระบุสภาพของสิ่งต่าง ๆ โดยละเอียด ดังรูปที่ 4-3 ตัวอย่างภาพร่างแสดงข้อมูลต่าง ๆ ในการตรวจสอบส่วนของพื้นสะพาน (Deck)



รูปที่ 4-3 ตัวอย่างภาพร่างแสดงข้อมูลต่าง ๆ ในการตรวจสอบส่วนของพื้นสะพาน (Deck)



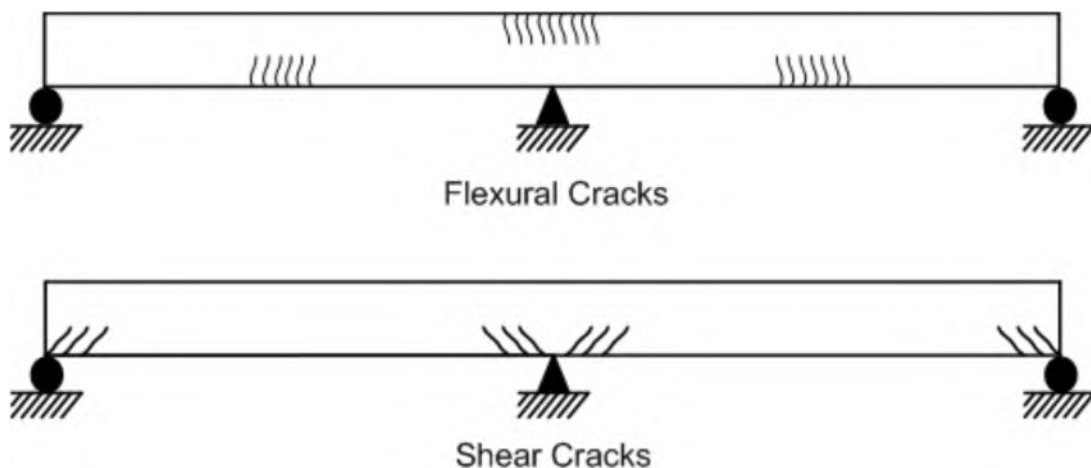
4.1.2 รูปแบบของความเสียหาย

เนื่องจากโครงสร้างส่วนพื้นสะพานส่วนมากของทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองเป็นโครงสร้างคอนกรีต ดังนั้นการเสื่อมสภาพของโครงสร้างจะอยู่ในลักษณะดังต่อไปนี้

- รอยแตก (Cracking)

รอยแตกหรือรอยร้าว คือการแตกเป็นเส้นในคอนกรีต อาจแตกบางส่วนหรือทั้งหมดของชิ้นส่วนสะพาน โดยทั่วไปรอยแตกมีสองประเภทคือ รอยแตกโครงสร้าง (Structural crack) และรอยแตกที่ไม่ได้เกิดจากโครงสร้าง (Non-structural crack) รอยแตกโครงสร้างเกิดจากน้ำหนักบรรทุกทุกครั้งที่และความเค้นของน้ำหนักบรรทุกทุกจร การแตกร้าวถือเป็นเรื่องปกติสำหรับคอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไป トラバドที่รอยแตกมีขนาดเล็กและไม่มีคราบสนิมหรือสัญญาณการเสื่อมสภาพอื่น ๆ ปรากฏอยู่

รอยแตกโครงสร้างที่ใหญ่ขึ้นบ่งชี้ถึงปัญหาร้ายแรง เนื่องจากมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับความสามารถเชิงโครงสร้างของส่วนประกอบ เมื่อสังเกตเห็นรอยแตกเปิดและปิดภายใต้น้ำหนัก จะเรียกว่ารอยแตกที่ "ทำงาน" รอยแตกโครงสร้างสามารถแบ่งได้สองประเภทหลัก ๆ คือ รอยแตกเนื่องจากการดัดงอ (Flexure) และรอยแตกเนื่องจากแรงเฉือน (Shear) ดังรูปที่ 4-4 รอยแตกที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงขนาดเนื่องจากการหดตัว (Shrinkage) หรือ อุณหภูมิ (Temperature) ถือเป็นรอยแตกที่ไม่ได้เกิดจากโครงสร้าง



รูปที่ 4-4 แสดงรอยแตกโดยการดัดงอและโดยแรงเฉือน

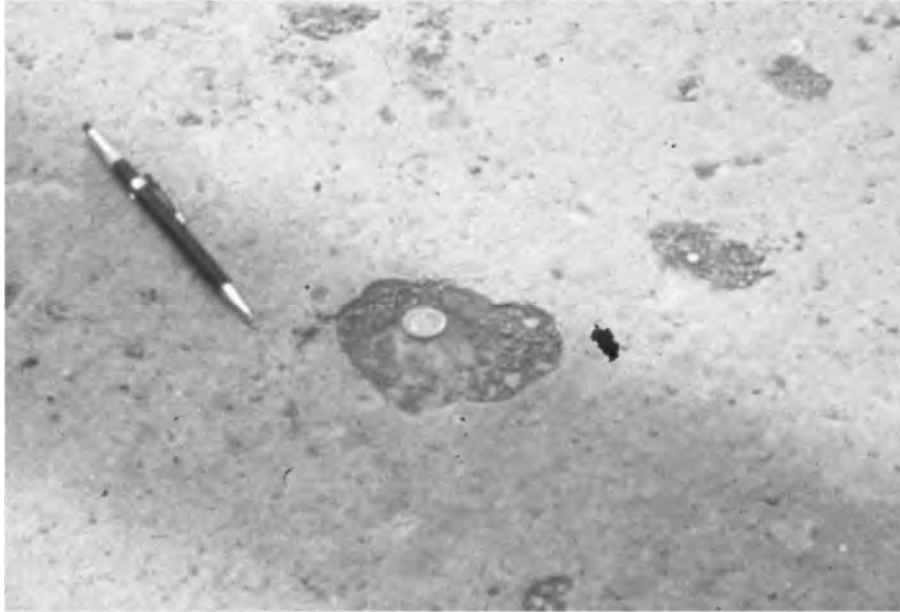


การวางแผนรอยร้าว รอยแตกของโครงสร้างมักจะตั้งฉากกับความเค้น (เช่น แรงดึง หรือ แรงเฉือน) รอยแตกที่ไม่ใช่โครงสร้าง เช่น อุณหภูมิและรอยแตกจากการหดตัวสามารถเกิดขึ้นได้ทั้งในทิศทางตามขวางและตามยาว ในการยึดผนังและตอม่อด้วยริมรอยแตก มักจะเป็นแนวตั้ง และในคานคอนกรีตรอยแตกจะเกิดขึ้นในแนวตั้งหรือตามขวางบนชิ้นส่วน อย่างไรก็ตาม เนื่องจากอุณหภูมิและการหดตัวมีอยู่ในทุกทิศทาง รอยแตกอาจมีในทิศทางอื่น

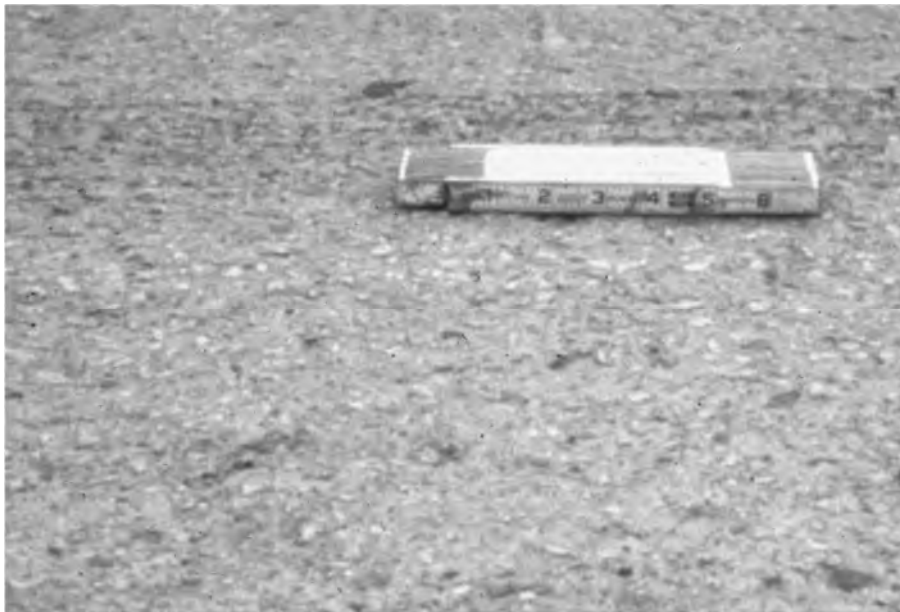
● การหลุดและ Scaling

การหลุดและ หรือที่เรียกว่าการพังทลายของพื้นผิวคือการสูญเสียพื้นผิวปูน และส่วนประกอบคอนกรีตของพื้นผิวที่ค่อยเป็นค่อยไปและต่อเนื่องเนื่องจากการสลายตัวทางเคมีของพันธะซีเมนต์ การหลุดและจะรวดเร็วขึ้นเมื่อชิ้นส่วนสัมผัสกับสภาพแวดล้อมที่รุนแรง ในรายงานจะต้องระบุตำแหน่ง ขนาด และประเภทของการหลุดและ การหลุดและแบ่งออกเป็น 4 ประเภทดังต่อไปนี้

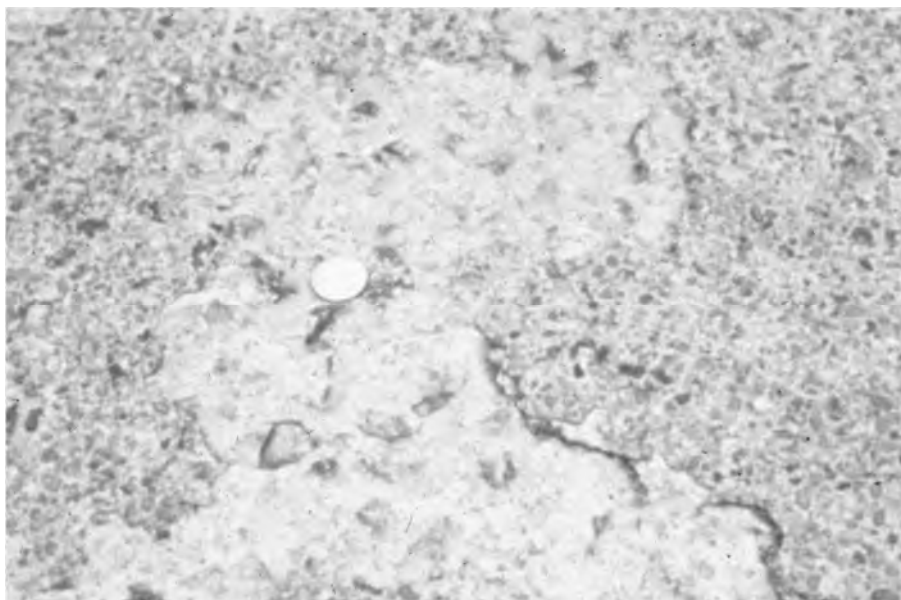
- ระดับเล็กน้อย - การสูญเสียของพื้นผิวปูนที่มีความลึกไม่เกิน 1/4 นิ้ว และเริ่มเห็นมวลรวมหยาบ ดังรูปที่ 4-5
- ระดับปานกลาง - การสูญเสียพื้นผิวจากความลึก 1/4 นิ้วถึง 1/2 นิ้ว โดยมีการสูญเสียปูนระหว่างมวลรวมหยาบ ดังรูปที่ 4-6
- ระดับสูง - สูญเสียพื้นผิวปูนจากความลึก 1/2 นิ้ว ถึง 1 นิ้ว เห็นมวลรวมหยาบ ชัดเจน ดังรูปที่ 4-7
- ระดับรุนแรง - การสูญเสียอนุภาคมวลรวมหยาบ รวมถึงสูญเสียปูนที่พื้นผิวและปูนที่อยู่รอบ ๆ มวลรวมหยาบ ความลึกของการสูญเสียเกิน 1 นิ้ว และมักจะเห็นเหล็กเสริมโผล่ ดังรูปที่ 4-8



รูปที่ 4-5 การหลุดแฉะเล็กน้อย



รูปที่ 4-6 การหลุดแฉะปานกลาง



รูปที่ 4-7 การหลุดชะสูง



รูปที่ 4-8 การหลุดชะรุนแรง



- การหลุดแยกออกเป็นแผ่น ๆ (Delamination)

การหลุดแยกออกเป็นแผ่น ๆ เกิดขึ้นเมื่อชั้นของคอนกรีตแยกออกจากกันที่หรือใกล้ระดับของชั้นนอกสุดของเหล็กเสริมแรง สาเหตุหลักของการหลุดแยกออกเป็นแผ่น ๆ คือ การขยายตัวของเหล็กเสริมที่สึกกร่อนทำให้เกิดการแตกหักระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริม ซึ่งมักเกิดจากการบุกรุกของคลอไรด์หรือเกลือ อีกสาเหตุหนึ่งของการแยกส่วนคือ ความเครียดมากเกินไปในชั้นส่วนสะพาน พื้นที่ที่แยกเป็นชั้นจะทำให้เกิดเสียงเมื่อเคาะด้วยค้อนหรือโซ่ลาก เมื่อพื้นที่ที่แยกออกเป็นชั้น ๆ แยกออกจากกันอย่างสมบูรณ์จะเรียกว่าการหลุดล่อน เมื่อรายงานการหลุดแยกออกเป็นแผ่น ๆ ให้ระบุที่ตำแหน่งและขนาดของพื้นที่

- การหลุดล่อน (Spalling)

การหลุดล่อน คือบริเวณที่ต่ำกว่าบริเวณอื่นของผิวคอนกรีต ดังรูปที่ 4-9 การหลุดล่อนเป็นผลมาจากการแยกตัวและการหลุดออกของส่วนหนึ่งของพื้นผิวคอนกรีต เผยให้เห็นการแตกร้าวที่ขนานกับพื้นผิว การหลุดล่อนอาจเกิดจากการเสริมแรงที่สึกกร่อน การสึกกร่อนจากการเคลื่อนตัวเนื่องจากความร้อน และแรงกดมากเกินไป เหล็กเสริมแรงมักจะโผล่ออกมาให้เห็นและเกิดหลุมบ่อต้นทั่วไปในพื้นคอนกรีต ในทำนองเดียวกัน เมื่อคอนกรีตมีแรงกดมากเกินไป เป็นเรื่องปกติที่พื้นผิวจะแตกและหลุดล่อน เมื่อรายงานการหลุดล่อนให้ระบุตำแหน่ง ขนาดของพื้นที่ และความลึกของข้อบกพร่อง การหลุดล่อนสามารถจำแนกได้ดังนี้

- การแตกเป็นชั้นขนาดเล็ก - ลึกไม่เกิน 1 นิ้วหรือเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 6 นิ้ว
- การแตกเป็นชั้นขนาดใหญ่ - ลึกมากกว่า 1 นิ้วหรือเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 6 นิ้ว



รูปที่ 4-9 แสดงการหลุดล่อนของคอนกรีต

- การปนเปื้อนคลอไรด์ (Chloride contamination)

การปนเปื้อนคลอไรด์ในคอนกรีตคือการที่เกลือละลายน้ำและได้ตกผลึกใหม่ คอนกรีตสัมผัสกับคลอไรด์ในรูปของน้ำเกลือ ฝนกรด และในบางกรณี น้ำปนเปื้อนที่ใช้ในการผสมคอนกรีต ในช่วงทศวรรษ 1960 เกลือถูกเติมลงในน้ำเพื่อป้องกันไม่ให้เป็นน้ำแข็งในระหว่างการผสมและการผลิต การปฏิบัติเช่นนี้ไม่เป็นที่ยอมรับอีกต่อไป สารผสมต่าง ๆ ถูกรวมเข้าด้วยกันเพื่อพิจารณาสภาพอากาศที่ไม่เอื้ออำนวย แนวปฏิบัตินี้ทำให้เกิดการกัดกร่อนของวัสดุเสริมแรงแบบแรงดึงซึ่งนำไปสู่การแตกร้าวของคอนกรีต

- การเกิดซีเกลือหรือคราบสีขาวบนผิวคอนกรีต (Efflorescence)

รอยแตกช่วยให้คอนกรีตสามารถดูดซับความชื้นและเพิ่มการไหลภายในคอนกรีต ซึ่งเห็นได้จากคราบสกปรกที่พื้นผิวสีขาว คราบสีขาวบนผิวคอนกรีตเป็นการรวมกันของแคลเซียมคาร์บอเนตที่ชะออกจากซีเมนต์เพสต์และสารประกอบคาร์บอเนตและคลอไรด์ที่ตกผลึกใหม่ ดังรูปที่ 4-10



รูปที่ 4-10 แสดงการเกิดซึ่เกลือหรือคราบสีขาวบนผิวคอนกรีต

- ปฏิกริยาอัลคาไล-ซิลิกา (Alkali Silica Reactivity, ASR)

ปฏิกริยาอัลคาไล-ซิลิกา (ASR) เป็นปฏิกริยาขยายตัว ก่อตัวเป็นเจล ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการบวมตัวและการขยายตัวของคอนกรีต ดังรูปที่ 4-11 กระบวนการนี้เกี่ยวข้องกับปฏิกริยาระหว่างโพแทสเซียมและโซเดียมอัลคาไล (ทั่วไปในซีเมนต์) และซิลิกา (โดยทั่วไปในมวลรวม) อัลคาไลพบในดิน สารละลายน้ำแข็ง และการบำบัดทางเคมีสามารถนำไปสู่การเกิดปฏิกริยาอัลคาไล-ซิลิกา นอกจากนี้ เกลือยังเป็นที่รู้จักกันในการเร่งปฏิกริยาอัลคาไล-ซิลิกา ความชื้นยังสามารถส่งเสริมการขยายตัวของโครงสร้างที่ได้รับผลกระทบจากปฏิกริยาอัลคาไล-ซิลิกาอยู่แล้ว

ตัวชี้วัดทั่วไปของปฏิกริยาอัลคาไล-ซิลิกาคือการแตกร้าวแบบแผนที่หรือตาราง และในกรณีที่ขั้นสูงกว่า รอยต่อแบบปิดและพื้นผิวคอนกรีตที่หลุดลอกเป็นตัวอย่างทั่วไป อาจเกิดการแตกร้าวในบริเวณที่มีความชื้นบ่อยครั้ง ไม่มีการบ่งชี้ปฏิกริยาอัลคาไล-ซิลิกาในระยะเริ่มต้น ดังนั้นการทดสอบในห้องปฏิบัติการจะเป็นการยืนยันว่ามีปฏิกริยาอัลคาไล-ซิลิกาหรือไม่



การบ่งชี้ปฏิกิริยาอัลคาไล-ซิลิกาสามารถแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ 1) สอบสวนระดับ 1 ซึ่งประกอบด้วยการสำรวจสภาพที่ดำเนินการเพื่อประเมินความทุกข์ (Distress) หากจำเป็นต้องมีการตรวจสอบเพิ่มเติม จะมีการดำเนินการสอบสวนระดับ 2) ซึ่งประกอบด้วยการจัดทำเอกสารข้อมูล การวัดค่าดัชนีรอยแตกร้าว การเก็บตัวอย่าง และการดำเนินการตรวจสอบทางปิโตรกราฟ หลังจากการตรวจสอบสองระดับแรกเสร็จสิ้น และจำเป็นต้องมีการตรวจสอบเพิ่มเติม การตรวจสอบระดับ 3) จะรวมถึงการกำหนดการขยายตัวจนถึงปัจจุบัน อัตราการขยายตัวในปัจจุบัน และศักยภาพสำหรับการขยายตัวในอนาคต จำเป็นต้องทำการทดสอบโครงสร้างที่ตำแหน่งของปฏิกิริยาอัลคาไล-ซิลิกาเพื่อรวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่จำเป็นในการพิจารณาการเติบโตของปฏิกิริยาอัลคาไล-ซิลิกา



รูปที่ 4-11 แสดงปฏิกิริยาอัลคาไล-ซิลิกา Alkali Silica Reactivity (ASR)



- การก่อตัวของเอทริงไนต์ (Ettringite formation)

การเกิดเอทริงไนต์เป็นการบกร่องภายในที่เกิดขึ้นในคอนกรีตจากปฏิกิริยาของซัลเฟต แคลเซียมอะลูมิเนต และน้ำ จากปฏิกิริยานี้เอทริงไนต์ซึ่งเป็นแร่ที่เป็นผลึกจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นถึงแปดเท่าเมื่อเทียบกับปริมาณของไตรแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (C_3A) การก่อตัวของเอทริงไนต์จะก่อตัวขึ้นเมื่อเติมน้ำลงในซีเมนต์ แต่ก่อนที่จะตั้งค่าเริ่มต้นของคอนกรีต การก่อตัวเบื้องต้นไม่เป็นอันตรายต่อคอนกรีต การเกิดเอทริงไนต์จะเกิดช้าลงหลังจากที่คอนกรีตแข็งตัวแล้ว การก่อตัวนี้จะสร้างแรงที่สูงมากในคอนกรีตและเป็นสาเหตุของการเสื่อมสภาพ วิธีเดียวที่จะระบุงการเกิดเอทริงไนต์อันเป็นสาเหตุของการเสื่อมสภาพของคอนกรีตก่อนกำหนดคือผ่านวิธีการตรวจสอบขั้นสูง เช่น การวิเคราะห์ทางพีโดกราฟิการศึกษาเมื่อเร็ว ๆ นี้แสดงให้เห็นว่าการก่อตัวของเอทริงไนต์เชื่อมโยงกับปฏิกิริยาอัลคาไล-ซิลิกาแต่ยังจำเป็นต้องมีการวิจัยเพิ่มเติม

- การเกิดรูพรุนเหมือนรังผึ้ง (Honeycombs)

หากคอนกรีตไม่ได้รับการสั่นสะเทือนอย่างเหมาะสม การตกตะกอนภายในของส่วนผสมคอนกรีตอาจทำให้พื้นผิวแตกร้าวเหนือเหล็กเสริมแรงได้ เนื่องจากส่วนผสมตกลงไปรอบๆ เหล็ก รังผึ้งหรือโพรงก่อสร้างเป็นช่องว่างที่อาจมีอยู่ภายในคอนกรีต การเป็นโพรงแบบรังผึ้งเป็นข้อบกพร่องในการก่อสร้างที่เกิดจากการสั่นสะเทือนที่ไม่เหมาะสมระหว่างการเทคอนกรีต ส่งผลให้มีการแยกมวลรวมหยาบออกจากมวลรวมละเอียดและซีเมนต์เพสต์ อาจเกิดจากการสั่นสะเทือนที่มากเกินไป ในบางกรณีการเป็นโพรงแบบรังผึ้งเป็นผลมาจากการสั่นสะเทือนไม่เพียงพอ โดยที่ส่วนผสมคอนกรีตทั้งหมดไม่ถึงพื้นผิวแบบหล่อคอนกรีต ดังรูปที่ 4-12



รูปที่ 4-12 แสดงการเป็นโพรงแบบรังผึ้งของคอนกรีต

- การหลุดออกเป็นเม็ด ๆ (Pop-outs)

การหลุดออกเป็นเม็ด ๆ เป็นชิ้นส่วนรูปกรวยที่แตกออกจากพื้นผิวคอนกรีต ทำให้เกิดรูเล็กๆ โดยทั่วไป จะพบอนุภาคมวลรวมที่แตกเป็นเสี่ยงๆ ที่ด้านล่างของรู โดยที่ส่วนหนึ่งของชิ้นส่วนยังคงเกาะติดกับปลายด้านเล็ก ๆ ของกรวย การหลุดออกเป็นเม็ด ๆ เกิดจากมวลรวมที่ขยายตัวตามการดูดซับความชื้น สาเหตุอื่น ๆ ของการแตกร้าว ได้แก่ การใช้สารมวลรวมที่เกิดปฏิกิริยาและซีเมนต์ที่เป็นค่าสูง

- การสึกหรอ (Wear)

การสึกหรอ คือ การขจัดคราบมอร์ตาร์ออกทีละน้อยเนื่องจากการสึกกร่อน และเกิดขึ้นกับพื้นผิวคอนกรีต เช่น พื้นสะพานเมื่อสัมผัสกับการจราจร การสึกหรอขั้นสูง แสดงถึงมวลรวมขัดเงา ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อความปลอดภัยเมื่อพื้นสะพานเปียก การขีดของเครื่องกวาดพื้นถนนยังทำให้พื้นผิวสะพาน ขอบถนน และเชิงเทินเกิดความเสียหาย



- ความเสียหายจากการถูกรถชน (Collision damage)

รถบรรทุก รถรางที่ตกราง หรือการจลาจลทางน้ำอาจชนและทำให้ส่วนประกอบของสะพานคอนกรีตเสียหาย ดังรูปที่ 4-13 ความเสียหายโดยทั่วไปจะอยู่ในรูปแบบของการแตกร้าวหรือการหลุดล่อนจนเห็นเหล็กเสริมคอนกรีต คานคอนกรีตเสริมแรงมีความอ่อนไหวเป็นพิเศษต่อความเสียหายจากการชน เนื่องจากเหล็กเสริมที่โผล่ออกมาได้รับการกัดกร่อนจากความเค็มและลึ้มเหลวก่อนเวลาอันควร



รูปที่ 4-13 แสดงความเสียหายจากการชนของเสาคอนกรีต

- ความเสียหายจากการสึกกร่อน (Abrasion)

ความเสียหายจากการสึกกร่อนเป็นผลมาจากแรงภายนอกที่กระทำต่อพื้นผิวของชิ้นส่วนคอนกรีตและคล้ายกับการสึกหรอ ดังรูปที่ 4-14 การกัดเซาะของน้ำที่เกิดจากตะกอนที่ไหลผ่านพื้นผิวคอนกรีตและการไหลของน้ำแข็งในแม่น้ำอาจทำให้เกิดการสึกกร่อนอย่างมากต่อเสาคอนกรีตและเสาเข็ม นอกจากนี้พื้นผิวคอนกรีตในเขตได้คลื่นอาจได้รับความเสียหายจากการสึกกร่อนของทรายและตะกอนในน้ำ ซึ่งมักจะเกิดขึ้นใกล้แนวน้ำบนเสาคอนกรีต



รูปที่ 4-14 แสดงความเสียหายจากการสึกกร่อน

- ความเสียหายที่เกิดจากการบรรทุกเกินน้ำหนักเกิน (Overload damage)

ความเสียหายที่เกิดจากการบรรทุกเกินน้ำหนักหรือการแตกร้าวของโครงสร้างอย่างรุนแรงเกิดขึ้นเมื่อส่วนคอนกรีตรับแรงกดมากเกินไป พื้นคอนกรีต คาน และคานทั้งหมด อาจได้รับความเสียหายจากสภาวะการรับน้ำหนักเกินดังกล่าว สังเกตการณ์สันสะพานหรือการโก่งตัวที่มากเกินไปที่อาจเกิดขึ้นภายใต้การจราจรซึ่งอาจบ่งบอกถึงความเครียดมากเกินไป สัญญาณภาพอื่น ๆ ที่สามารถบ่งบอกถึงความเครียดมากเกินไปอันเนื่องมาจากความตึงเครียด ได้แก่ การหย่อนคล้อย การหลุดล่อน และ/หรือการแตกร้าวที่ช่วงกลางของโครงสร้างช่วงธรรมดาและที่ส่วนรองรับของโครงสร้างช่วงต่อเนื่อง รอยแตกในแนวทแยงใกล้กับจุดรองรับอาจเป็นสัญญาณบ่งบอกถึงแรงดันเกินเนื่องจากแรงเฉือนหรือแรงบิด การเสียรูปถาวรเป็นอีกสัญญาณหนึ่งที่บ่งบอกถึงความเสียหายที่เกิดจากความเครียดมากเกินไปในชิ้นส่วนสะพาน หากตรวจพบหรือสงสัยว่าเกิดความเสียหายเกินปกติ ให้แจ้งหัวหน้าวิศวกรสะพานทันที ดังรูปที่ 4-15



รูปที่ 4-15 แสดงความเสียหายที่เกิดจากการบรรทุกเกินน้ำหนัก

- การกัดกร่อนของเหล็กเสริม (Reinforcing steel corrosion)

เนื่องจากคุณสมบัติทางเคมีของส่วนผสมคอนกรีต เหล็กเสริมที่ฝังอยู่ในคอนกรีต จึงมักได้รับการปกป้องจากการกัดกร่อน ฟิล์มยึดติดแน่นบนเหล็กจะป้องกันการกัดกร่อน ในสภาพแวดล้อมที่เป็นด่างสูงของคอนกรีต อย่างไรก็ตามการป้องกันนี้ถูกกำจัด โดยการบุกรุกของคลอไรด์ ซึ่งทำให้น้ำและออกซิเจนสามารถทำปฏิกิริยากับเหล็กเสริม ซึ่งทำให้เกิดเหล็กออกไซด์ (เช่น สนิม) คลอไรด์ไอออนถูกนำเข้าสู่คอนกรีตโดยสเปรย์ ทางทะเล น้ำเกลืออุตสาหกรรม หรือสารละลายน้ำแข็ง คลอไรด์ไอออนเหล่านี้สามารถเข้าถึง เหล็กเสริมได้โดยการแพร่กระจายผ่านคอนกรีตหรือโดยการซึมผ่านรอยแตกในคอนกรีต ผู้ตรวจสอบอาจเห็นรอยสนิมเหล็กเส้นบนพื้นผิวคอนกรีตด้านนอกก่อนที่จะเกิดการหลุดลอก การกัดกร่อน (สนิม) สามารถกินพื้นที่ได้ถึง 10 เท่าของปริมาตรของเหล็กที่สึกกร่อน และสามารถสร้างแรงกดดันภายในสูงถึง 3000 psi ซึ่งจะส่งผลให้คอนกรีตเกิดรอยแตก ที่กว้างขึ้น การแยกตัว และการหลุดลอกออกมากขึ้น ดังรูปที่ 4-16



รูปที่ 4-16 การกัดกร่อนของเหล็กเสริม

- การเสื่อมสภาพของคอนกรีตอัดแรง (Prestressed concrete deterioration)

คอนกรีตอัดแรงเสื่อมสภาพในลักษณะเดียวกันกับคอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไป อย่างไรก็ตาม ผลกระทบต่อประสิทธิภาพของชิ้นส่วนคอนกรีตอัดแรงมักจะส่งผลเสียมากกว่าข้อบกพร่องที่สำคัญ ได้แก่ :

- รอยแตกของโครงสร้าง
- การโผล่ของเหล็กเส้นอัดแรง
- การกัดกร่อนของเหล็กเส้นอัดแรงในเขตพันธะ
- การสูญเสียแคมเบอร์ (camber) เนื่องจากคืบคอนกรีต
- การสูญเสียแคมเบอร์ (camber) เนื่องจากแรงอัดที่สูญเสียไป

- คาร์บอนเนชั่น (Carbonation)

คาร์บอนเนชั่นเป็นปฏิกิริยาเคมีระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์และแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรตในคอนกรีต คาร์บอนไดออกไซด์จะทำปฏิกิริยากับด่างในซีเมนต์ ซึ่งจะทำให้น้ำในรูปพูนมีความเป็นกรดมากขึ้น ค่า pH จะลดลง คาร์บอนไดออกไซด์จะเริ่มเป็นคาร์บอนเนตในขณะที่องค์ประกอบคอนกรีตกำลังก่อตัวขึ้น การเกิดคาร์บอนเนชั่นจะเริ่มต้นที่พื้นผิวและค่อย ๆ เคลื่อนตัวลึกเข้าไปในคอนกรีต ในที่สุดก็ถึงการเสริมแรง เมื่อถึงเหล็กเสริมแล้วการกัดกร่อนก็จะเริ่มเกิดขึ้น



4.1.3 วิธีการตรวจสอบ

4.1.3.1 การตรวจสอบด้วยสายตา (Visual Inspection) การตรวจสอบพื้นคอนกรีตเพื่อหารอยแตกของพื้นผิว การหลุดล่อน และข้อบกพร่องอื่น ๆ ส่วนใหญ่เป็นกิจกรรมที่มองเห็นได้ พื้นผิวทั้งหมดของพื้นคอนกรีตจะได้รับการตรวจสอบด้วยสายตาอย่างใกล้ชิด

4.1.3.2 การตรวจสอบทางกายภาพ ที่ใช้กันทั่วไปในการตรวจสอบคอนกรีตคือการใช้ค้อนเพื่อฟังเสียงของคอนกรีต อย่างไรก็ตาม การตรวจสอบทางกายภาพของพื้นผิวด้านบนของแผ่นคอนกรีตด้วยค้อนอาจเป็นการดำเนินการที่น่าเบื่อหน่าย การลากโซ่เพื่อระบุการหลุดล่อนของคอนกรีตเป็นวิธีที่สะดวกและรวดเร็วกว่าโดยผู้ตรวจสอบลากโซ่บนแผ่นพื้นและจดบันทึกเสียงสะท้อน พื้นที่ที่แยกเป็นชั้นจะมีเสียงที่โดดเด่นเมื่อเคาะด้วยค้อนหรือด้วยการลากโซ่

4.1.3.3 วิธีตรวจสอบขั้นสูง เช่น Acoustic wave sonic, Ground-penetrating radar, Pulse Velocity เป็นต้น

4.1.4 พื้นที่ที่พบความเสียหายบ่อย

4.1.4.1 ตำแหน่งการเสื่อมสภาพที่พบบ่อยบริเวณพื้นสะพาน

ทั้งพื้นผิวด้านบนและด้านล่างของพื้นคอนกรีตจะได้รับการตรวจสอบข้อบกพร่องที่ระบุไว้ข้างบนในทุกกรณี การมีข้อมูลรายงานการตรวจสอบครั้งก่อนจะมีประโยชน์มากเพื่อให้สามารถบันทึกความก้าวหน้าของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นได้ สำหรับการตรวจสอบพื้นคอนกรีต จะต้องให้ความสนใจเป็นพิเศษกับสถานที่ดังต่อไปนี้

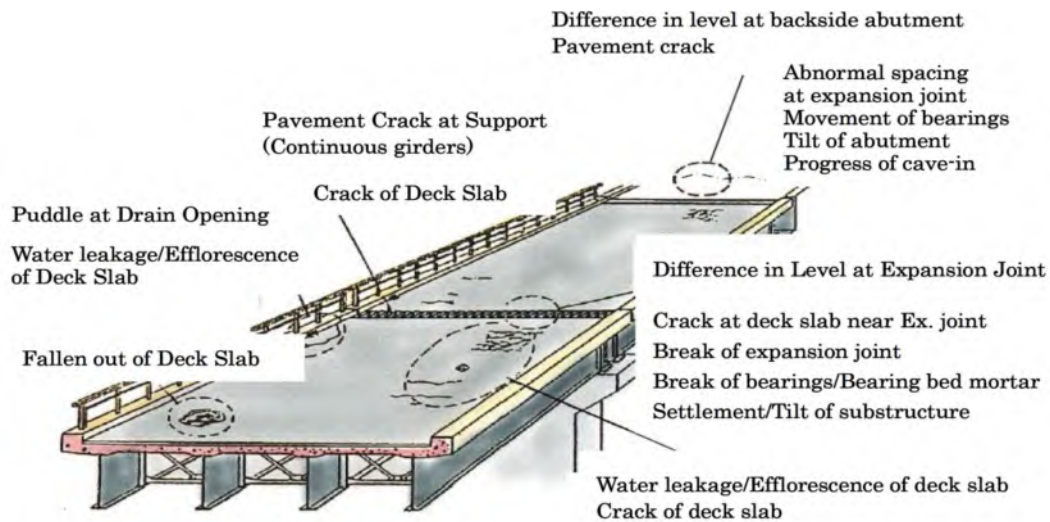
- พื้นที่ที่สัมผัสกับการจราจร – ตรวจสอบพื้นผิวและร่องล้อเนื่องจากการสึกหรอ ตรวจสอบความลาดชันเพื่อความสม่ำเสมอ ตรวจสอบว่าการซ่อมแซมเป็นไปตามที่ตั้งใจไว้
- พื้นที่สัมผัสกับการระบายน้ำ – สำรวจบริเวณที่เป็นหลุมบ่อ การเกิดสะเก็ด การหลุดลอก และการหลุดล่อน
- บริเวณแผ่นรองรับคาน (Bearing) และบริเวณที่จะเกิดความเสียหายโดยแรงเฉือน – ตรวจสอบรอยแตก การหลุดล่อน และการกระแทกใกล้แผ่นรองรับ



- แรงเฉือนรอยต่อระหว่างแผ่นพื้นสำเร็จรูป – ตรวจสอบรอยร้าว รอยแตก และสัญญาณอื่น ๆ ของการทำงานของแต่ละแผ่นพื้น
- บริเวณ Anchorage zones ของแผ่นพื้นสำเร็จรูป – ตรวจสอบบริเวณปูนยาแนว (grout) แนวที่เสื่อมสภาพหรืออุปกรณ์ลื้อคหลวม หากมีรายงานการตรวจสอบก่อนหน้านี้ จะถูกนำมาใช้เพื่อสังเกตความคืบหน้าของข้อบกพร่องใดๆ ได้หรือไม่
- บริเวณด้านบนของพื้นเหนือที่รองรับ – ตรวจสอบรอยแตกตัดซึ่งจะตั้งฉากกับการเสริมแรงดิ่งเบื้องต้น
- บริเวณด้านล่างของพื้นระหว่างที่รองรับ – ตรวจสอบรอยแตกจากการตดองซึ่งจะตั้งฉากกับการเสริมแรงดิ่งเบื้องต้น ดังรูปที่ 4-17
- การปูพื้นด้วยบิทูมินัส – ถ้ามีก็จะทำการตรวจสอบ ควรสังเกตรอยแตก การแตกร้าว และการหลุดลอก บ่อยครั้งที่น้ำซึมผ่านเข้าไปในพื้นสะพาน การปูด้วยบิทูมินัสทำให้ยากต่อการตรวจสอบพื้นผิวสะพานด้วยสายตา พื้นผิวที่สึกหรอไม่ส่งผลต่อการประเมินค่าดัชนีโครงสร้าง
- Cathodic protection เป็นการป้องกันการกัดกร่อนด้วยไฟฟ้าของโครงสร้างโลหะโดยปกติ (เช่นท่อส่ง) โดยทำให้มันทำหน้าที่เป็นแคโทดแทนที่จะเป็นขั้วบวกของเซลล์ไฟฟ้าเคมี – ในระหว่างการตรวจสอบสะพาน ให้ตรวจสอบว่าการเชื่อมต่อทางไฟฟ้าที่มองเห็นได้และการเดินสายไฟจากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าไปยังโครงสร้างคอนกรีตไม่เสียหาย ตรวจสอบวงจรเรียงกระแสหลังจากเกิดความปั่นป่วนแห่งกระแสไฟฟ้าในอากาศ เมื่อเกิดฟ้าผ่าในบริเวณใกล้เคียงจะทำให้วงจรเปิด และปิดระบบการใช้งาน หากการป้องกัน cathodic ไม่ทำงาน ให้แจ้งเจ้าหน้าที่บำรุงรักษา
- บริเวณที่ได้รับการซ่อมบำรุงก่อนหน้านี้ – ตรวจสอบการเสื่อมสภาพของการซ่อมแบบปะที่ระบุไว้ก่อนหน้านี้ ให้ตรวจสอบว่าการซ่อมแซมยังอยู่และทำงานอย่างถูกต้องหรือไม่
- พื้นทีปิดเท – ตรวจสอบหาร่องรอยของการหลุดลอกหรือการหลุดล่อนออกจากบริเวณที่ปิดเท
- บริเวณรอยต่อ – ตรวจสอบหาร่องรอยของการหลุดลอกหรือการหลุดล่อนของผิวบริเวณรอบ ๆ รอยต่อทั่วไป
- ความเสียหายจากไฟ – ตรวจสอบความเสียหายที่เกิดจากไฟไหม้



รูปที่ 4-17 มุมมองด้านล่างของรอยแตกพื้นตามยาว



รูปที่ 4-18 แสดงบริเวณที่สามารถพบความเสียหายบริเวณพื้นสะพาน



4.1.4.2 การเสื่อมสภาพทั่วไปที่พบเจอบ่อยของรอยต่อ ระบบการระบายน้ำ ไฟส่องสว่าง และป้ายสัญลักษณ์ต่างๆ ได้แก่

1) รอยต่อ

- เศษและการสะสมของสิ่งสกปรกในรอยต่อบนพื้นสะพานและรางใต้รอยต่อ
- การวางตัวของรอยต่อทั้งในแนวตั้งและแนวนอน
- การกัดกร่อนของรอยต่อและส่วนแผ่นรองรับคาน
- รอยต่อที่เสียหาย ฉีกขาด หรือขาดหายไปเนื่องจาก การจราจร หรือการสะสมของเศษต่างๆ
- ขอบหลุดตรงมุมของรอยต่อไม่มีการป้องกัน
- การหลุดล่อนที่มุมของรอยต่อเนื่องจากการวางตัวของรอยต่อทั้งสองข้างไม่ตรงแนว
- รอยต่อหักหรือวางผิดตำแหน่ง
- การรั่วไหลของระบบรอยต่อแบบปิด (หรือพบการรั่วซึม)

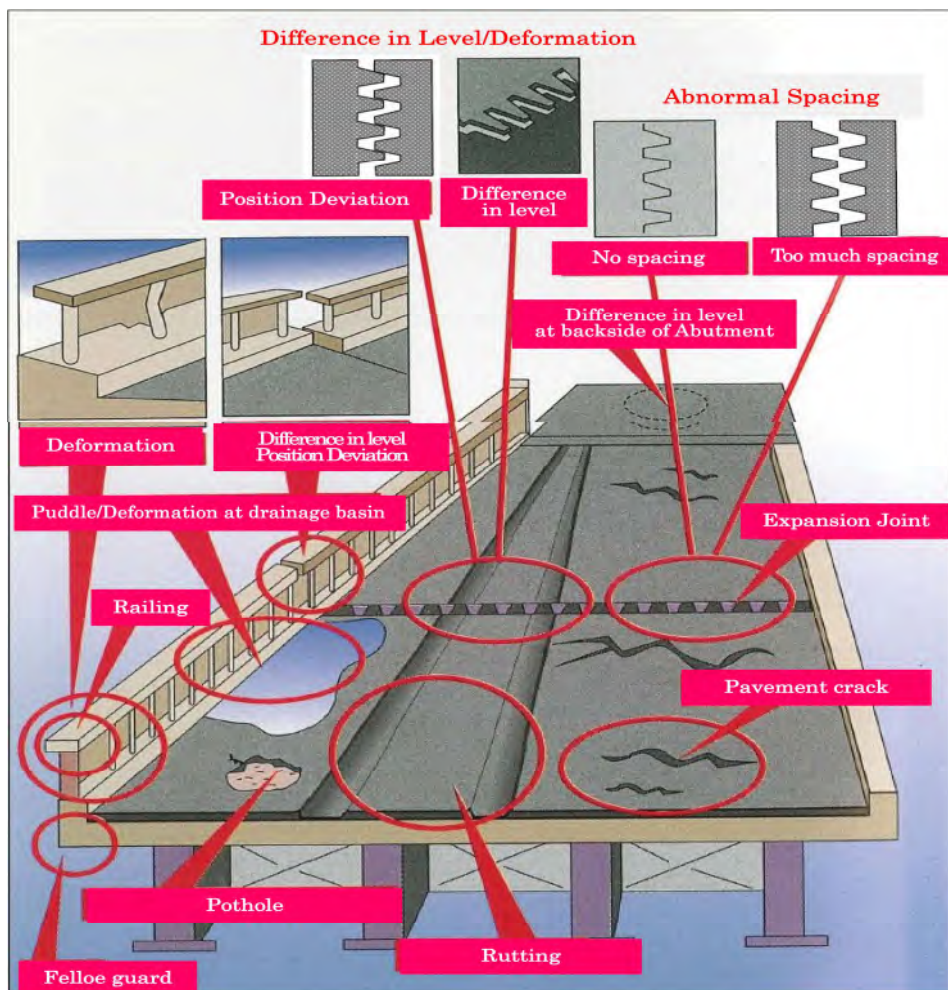
2) ระบบการระบายน้ำ

- การสะสมของเศษซากที่ตะแกรงทางเข้าของน้ำจากพื้นสะพานเข้าสู่ระบบระบายน้ำ
- ท่อระบายน้ำอุดตันหรืออุดตันบางส่วน
- ความลาดชันของระบบระบายน้ำ
- ร่องรอยต่อสะพานอุดตันหรืออุดตันบางส่วน
- ท่อน้ำทิ้งหลุดหรืออุดตัน
- ท่อแตกหรือท่อหลุดออกจากกัน
- รอยต่อหลวมหรือขาดหาย (จากท่อระบายน้ำใต้พื้นสะพานถึงท่อทางออก)
- การกัดกร่อนหรือการสูญเสียพื้นที่ในท่อโลหะ

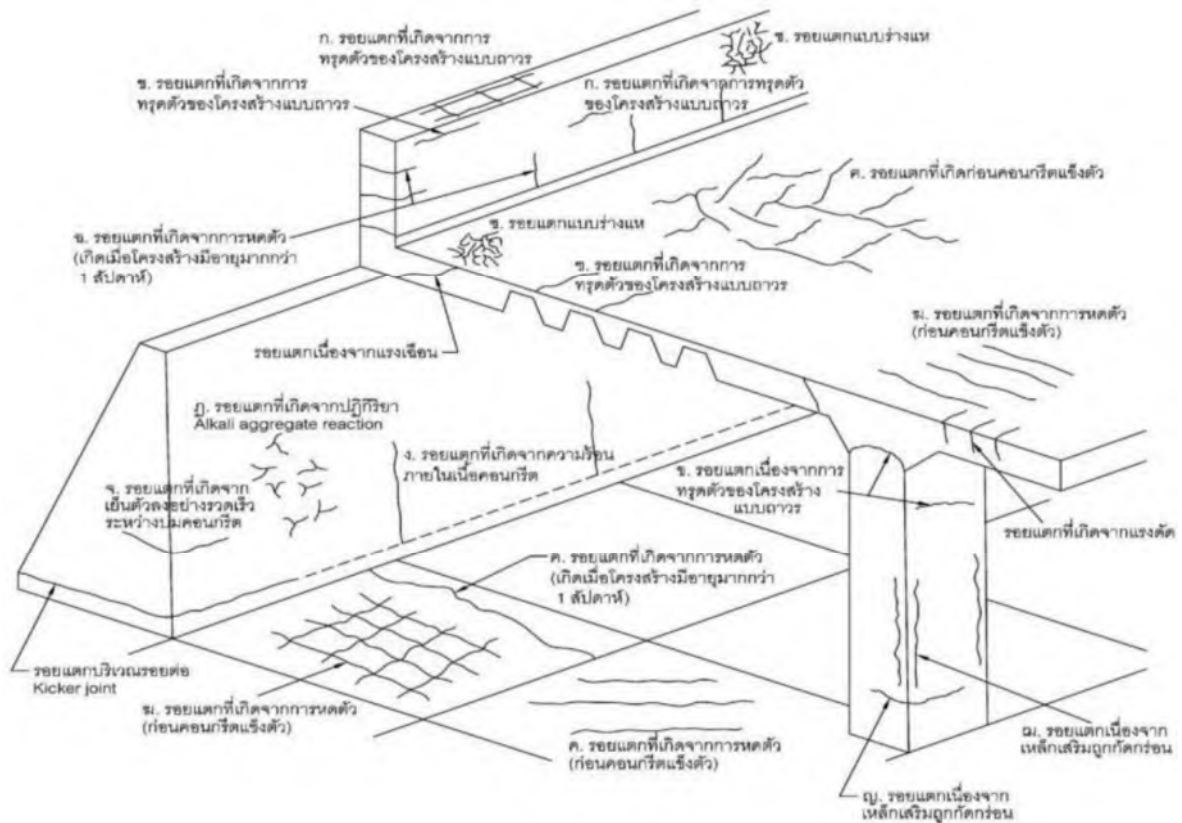


3) ไฟส่องสว่าง และป้ายสัญลักษณ์ต่างๆ

- ไฟส่องสว่างและป้ายต่างๆถูกบดบังการมองเห็นเนื่องจากต้นไม้หรือป้ายอื่น ๆ
- ไม่มีไฟส่องสว่างและป้ายที่บริเวณสะพาน
- ป้ายที่นำเสนอผิดวัตถุประสงค์หรือไม่ถูกต้อง
- ป้ายมีตำหนิหรือเคลือบด้วยกราฟิที่ดี
- การกีดกร่อนหรือการสูญเสียพื้นที่บางส่วนของไฟส่องสว่างหรือฐานรองรับป้าย
- จุดยึดหลวมหรือหายที่ฐานรองรับ
- ไฟดับ



รูปที่ 4-19 สรุปข้อบกพร่องและตำแหน่งที่เป็นไปได้บริเวณพื้นสะพาน



รูปที่ 4-20 แสดงรอยแตกและตำแหน่งที่เป็นไปได้บริเวณโครงสร้างสะพาน

4.1.5 การประเมินความเสียหาย

เกณฑ์ประเมินระดับความเสื่อมสภาพของโครงสร้างพื้นสะพาน จะแสดงตามตารางที่ 4-1 โครงสร้างพื้นสะพานส่วนรอยต่อจะแสดงตามตารางที่ 4-2 โครงสร้างส่วนพื้นสะพานส่วนราวสะพาน จะแสดงตามตารางที่ 4-3 การวางแผนของโครงสร้างส่วนคอสพานจะแสดงตามตารางที่ 4-4 และเกณฑ์การแบ่งระดับการเสื่อมสภาพของโครงสร้างส่วนระยะลำน้ำที่เพียงพอตามตารางที่ 4-5



คู่มือการสำรวจ ตรวจสอบสะพาน และซ่อมบำรุงสะพาน

(M-Bridge Inspection & Maintenance Manual)

งานจ้างที่ปรึกษาเพื่อจัดทำระบบบริหารทรัพย์สิน

โครงสร้างพื้นฐานงานสะพาน (Bridge Management System)

ตารางที่ 4-1 เกณฑ์การแบ่งระดับการเสื่อมสภาพของโครงสร้างส่วนพื้นสะพาน

ระดับ	ลักษณะความเสียหายที่พบ	
N	☐	ไม่สามารถประเมินได้ หรือท่อดูดหรือช่องระบายน้ำในสะพาน หรือโครงสร้างที่ไม่มีส่วนพื้น
9	☐	ไม่พบความเสียหายที่สังเกตได้ชัดเจน
8	☐	พบรอยแตกตามขวางขนาดเล็กกว้างไม่เกิน 3.2 มม. แต่ไม่พบการหลุดล่อน การแฉะ การเลื่อนหลุด การชะล้าง
7	☐	พบรอยแตกขนาดเล็กกว้างไม่เกิน 3.2 มม.
	☐	พบการแฉะขนาดเล็กลึกไม่เกิน 6 มม.
	☐	พบคราบน้ำไม่เกิน 10% โดยพื้นที่
6	☐	พบรอยแตกทั่วแผ่นพื้นระยะห่างไม่เกิน 1.5 ม.
	☐	พบการแฉะขนาดกลาง (ลึก 6-13 มม.)
	☐	พบการหลุดล่อนไม่เกิน 2% หรือการเลื่อนหลุดไม่เกิน 5% หรือคราบน้ำ 10-20% โดยพื้นที่
5	☐	พบรอยแตกแบบเปิด (กว้างมากกว่า 4.8 มม.) หรือการแฉะรุนแรง (ลึก 13-25 มม.)
	☐	พบการหลุดล่อน 2-5% หรือการเลื่อนหลุด 5-20% หรือคราบน้ำ 20-40% โดยพื้นที่
	☐	มีการชำรุดบางส่วน หรือตลอดความลึกของหน้าตัด
	☐	พบการชะล้างมาก
4	☐	พบการหลุดล่อนมากกว่า 5% หรือการเลื่อนหลุดมากกว่า 20% หรือคราบน้ำ 40-60% โดยพื้นที่
	☐	มีการชำรุดตลอดความลึกของหน้าตัด
	☐	พบการชะล้างทั่วพื้นสะพาน
3	☐	พบคราบน้ำมากกว่า 60% โดยพื้นที่
	☐	มีการชำรุดตลอดความลึกของหน้าตัดจำนวนมาก หรือการชะล้างทั่วพื้นสะพาน
2	☐	พบรอยแตกเนื่องจากแรงเฉือน
	☐	มีการชำรุดตลอดความลึกของหน้าตัดจำนวนมาก
1	☐	มีการสูญเสียหน้าตัดมากในส่วนที่วิกฤต หรือมีการเคลื่อนตัวแนวตั้งหรือราบที่ส่งผลต่อเสถียรภาพ
0	☐	ไม่สามารถใช้งานสะพานได้ จำเป็นต้องเปลี่ยนโครงสร้างส่วนพื้นสะพาน



คู่มือการสำรวจ ตรวจสอบสะพาน และซ่อมบำรุงสะพาน

(M-Bridge Inspection & Maintenance Manual)

งานจ้างที่ปรึกษาเพื่อจัดทำระบบบริหารทรัพย์สิน

โครงสร้างพื้นฐานงานสะพาน (Bridge Management System)

ตารางที่ 4-2 เกณฑ์การแบ่งระดับการเสื่อมสภาพของโครงสร้างพื้นสะพานส่วนรอยต่อ / อุปกรณ์เพื่อการขยายตัว

ระดับ	ลักษณะความเสียหายที่พบ	
N	☐	ไม่สามารถประเมินได้ หรือตลอดหรือช่องระบายน้ำในสะพาน หรือโครงสร้างที่ไม่มีส่วนพื้น
9	☐	ไม่พบความเสียหายที่สังเกตได้ชัดเจน
8	☐	มีการสะสมของเศษดินหรือหินเล็กน้อยในรอยต่อ
7	☐	พบรอยแตกเส้นบาง หรือการหลุดล่อนตื้นใกล้รอยต่อ แต่ไม่พบคราบน้ำที่ผิวด้านล่าง
6	☐	พบรอยแตก หรือการหลุดล่อนตื้นใกล้รอยต่อ แต่ไม่พบคราบน้ำที่ผิวด้านล่าง
	☐	อุปกรณ์เพื่อการขยายตัวมีการเคลื่อนตัวไม่เสมอกันหรือมีการเสียแนว
5	☐	พบรอยแตก หรือการหลุดล่อนตื้นใกล้รอยต่อ
	☐	พบคราบน้ำเล็กน้อยเนื่องจากวัสดุกันซึมเสียหายหรืออุปกรณ์เพื่อการขยายตัวชำรุด
4	☐	พบรอยแตก หรือการหลุดล่อนที่ทำให้เหล็กเสริมโผล่ใกล้รอยต่อ
3	☐	พบรอยแตก หรือการหลุดล่อนใต้เหล็กเสริมที่โผล่ และอาจมีการชำรุดตลอดความลึก
	☐	อุปกรณ์เพื่อการขยายตัวร้าวซึม หลวม หรือทำงานไม่ปกติ
2	☐	อุปกรณ์เพื่อการขยายตัวหรือคอนกรีตใกล้รอยต่อเสียหายรุนแรง และอาจต้องซ่อมแซมฉุกเฉิน
1	☐	ปิดช่องเดินรถเพื่อแก้ไขซ่อมแซม
0	☐	ไม่สามารถใช้งานสะพานได้

ตารางที่ 4-3 เกณฑ์การแบ่งระดับการเสื่อมสภาพของโครงสร้างพื้นสะพานส่วนราวสะพาน

ระดับ	ลักษณะความเสียหายที่พบ	
N	☐	ไม่สามารถประเมินได้
9	☐	ไม่พบความเสียหายที่สังเกตได้ชัดเจน
8	☐	มีการเสื่อมสภาพเล็กน้อย
7	☐	พบรอยแตกเส้นบาง หรือการแฉกเล็กน้อย หรือเคลือบผิวชำรุดเล็กน้อย
6	☐	พบรอยแตก และการหลุดล่อนหรือการแฉกหรือเคลือบผิวชำรุดน้อยกว่า 2% ของพื้นที่ผิว
5	☐	พบรอยแตก และการหลุดล่อนหรือการแฉกหรือเคลือบผิวชำรุดน้อยกว่า 5% ของพื้นที่ผิว
4	☐	พบรอยแตก และการหลุดล่อนหรือการแฉกหรือเคลือบผิวชำรุด 5-10% ของพื้นที่ผิว
3	☐	พบรอยแตก และการหลุดล่อนหรือการแฉกหรือเคลือบผิวชำรุดมากกว่า 10% ของพื้นที่ผิว
2	☐	มีการเสื่อมสภาพหรือการชำรุดจากการชนที่ราวสะพานและอาจวิบัติถ้ามีการกระแทกซ้ำ
1	☐	ปิดช่องเดินรถหรือไหลทางเพื่อแก้ไขซ่อมแซม
0	☐	ไม่สามารถใช้งานสะพานได้



คู่มือการสำรวจ ตรวจสอบสะพาน และซ่อมบำรุงสะพาน

(M-Bridge Inspection & Maintenance Manual)

งานจ้างที่ปรึกษาเพื่อจัดทำระบบบริหารทรัพย์สิน

โครงสร้างพื้นฐานงานสะพาน (Bridge Management System)

ตารางที่ 4-4 เกณฑ์การแบ่งระดับการเสื่อมสภาพของการวางแนวของโครงสร้างส่วนคอสะพาน

ระดับ	ลักษณะความเสียหายที่พบ	
N	☐	โครงสร้างสะพานสำหรับรถไฟหรือคนข้าม
9	☐	ไม่พบปัญหาการวางแนวและรถยนต์ทั่วไปที่ใช้ถนนไม่ต้องลดความเร็ว
8	☐	รถยนต์ทั่วไปที่ใช้ถนนไม่ต้องลดความเร็ว
7	☐	มีปัญหาระยะการมองเห็นเล็กน้อยแต่รถยนต์ทั่วไปที่ใช้ถนนไม่จำเป็นต้องลดความเร็ว
6	☐	ต้องลดความเร็วลงเล็กน้อยไม่เกิน 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมงสำหรับรถยนต์ทั่วไปที่ใช้ถนน
5	☐	ต้องลดความเร็วลงปานกลางประมาณ 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมงสำหรับรถยนต์ทั่วไปที่ใช้ถนน
4	☐	ต้องลดความเร็วลง 8 - 16 กิโลเมตรต่อชั่วโมงสำหรับรถยนต์ทั่วไปที่ใช้ถนน
3	☐	พบการวางแนวที่ไม่เอื้ออำนวยทำให้ต้องลดความเร็วลง 16 - 32 กิโลเมตรต่อชั่วโมงสำหรับรถยนต์ทั่วไปที่ใช้ถนน
2	☐	พบปัญหาการวางแนวในแนวตั้งหรือแนวนอนที่รุนแรง เช่น ระดับแนวตั้งหรือแนวนอนบริเวณทางโค้งที่มีมุมซึ่งอยู่ติดกับสะพาน ทำให้ต้องลดความเร็วลงมากกว่า 32 กิโลเมตรต่อชั่วโมงสำหรับรถยนต์ทั่วไปที่ใช้ถนน
1	☐	คะแนนนี้ไม่ควรถูกใช้
0	☐	ปิดสะพาน



คู่มือการสำรวจ ตรวจสอบสะพาน และซ่อมบำรุงสะพาน

(M-Bridge Inspection & Maintenance Manual)

งานจ้างที่ปรึกษาเพื่อจัดทำระบบบริหารทรัพย์สิน

โครงสร้างพื้นฐานงานสะพาน (Bridge Management System)

ตารางที่ 4-5 เกณฑ์การแบ่งระดับการเสื่อมสภาพของโครงสร้างส่วนระยะลำน้ำที่เพียงพอ

ชนิดของเส้นทาง			ลักษณะความเสียหายที่พบ	
ทางหลวง หรือทางด่วน	ถนนสายหลัก หรือสายรอง	ถนนสาย ย่อย		
N	N	N	☐	สะพานไม่ได้ข้ามลำน้ำ
9	9	9	☐	พื้นสะพานและคอสสะพานอยู่สูงกว่าระดับน้ำท่วม โอกาสน้ำท่วมถึงมีน้อย
8	8	8	☐	พื้นสะพานอยู่สูงกว่าคอสสะพาน โอกาสน้ำท่วมถึงคอสสะพานมีน้อย ระยะเหื่อน้ำมากกว่า 3 ฟุต
6	6	7	☐	พื้นสะพานอยู่สูงกว่าคอสสะพาน โอกาสน้ำท่วมถึงพื้นสะพานและคอสสะพานมีน้อย ระยะเหื่อน้ำระหว่าง 2 - 3 ฟุต
4	5	6	☐	พื้นสะพานอยู่สูงกว่าคอสสะพาน โอกาสน้ำท่วมถึงคอสสะพานเกิดขึ้นเป็นครั้งคราวไม่กระทบกับการจราจรมาก ระยะเหื่อน้ำระหว่าง 1 - 2 ฟุต
3	4	5	☐	พื้นสะพานอยู่สูงกว่าคอสสะพาน โอกาสน้ำท่วมถึงคอสสะพานเกิดขึ้นเป็นครั้งคราวและกระทบการจราจร ระยะเหื่อน้ำน้อยกว่า 1 ฟุต
2	3	4	☐	มีโอกาสน้ำท่วมพื้นสะพานและคอสสะพานเป็นครั้งคราว และส่งผลกระทบต่อจราจร
2	2	3	☐	มีโอกาสน้ำท่วมคอสสะพานบ่อยครั้ง โดยมีการจราจรติดขัดเป็นจำนวนมาก
2	2	2	☐	มีโอกาสน้ำท่วมพื้นสะพานและคอสสะพานบ่อยครั้ง โดยมีการจราจรติดขัดเป็นจำนวนมาก
0	0	0	☐	ปิดสะพาน

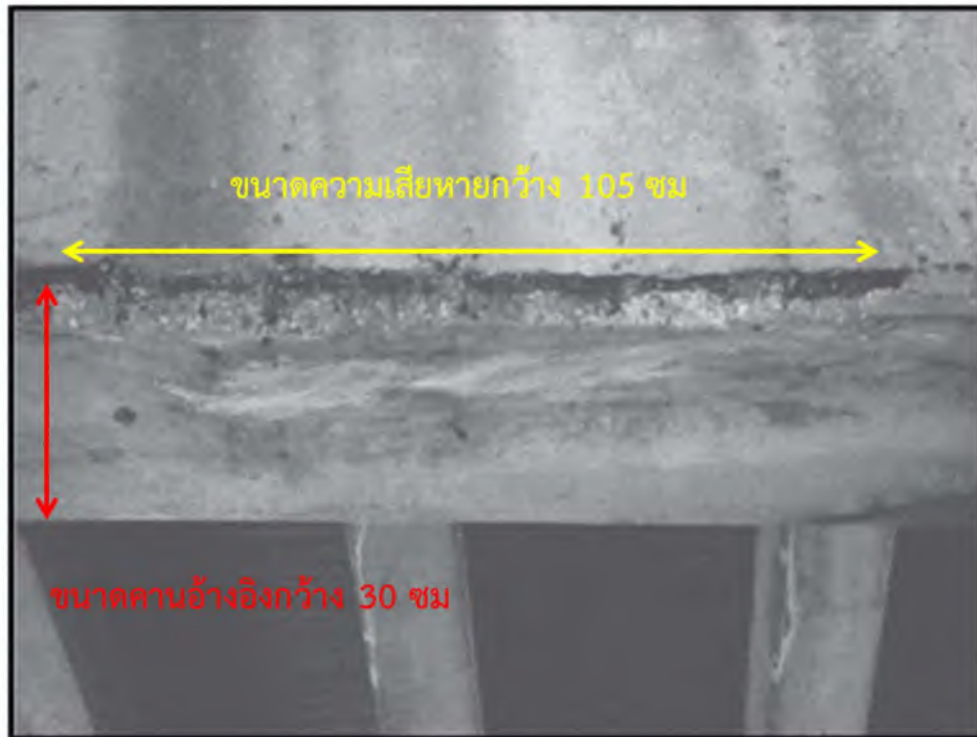
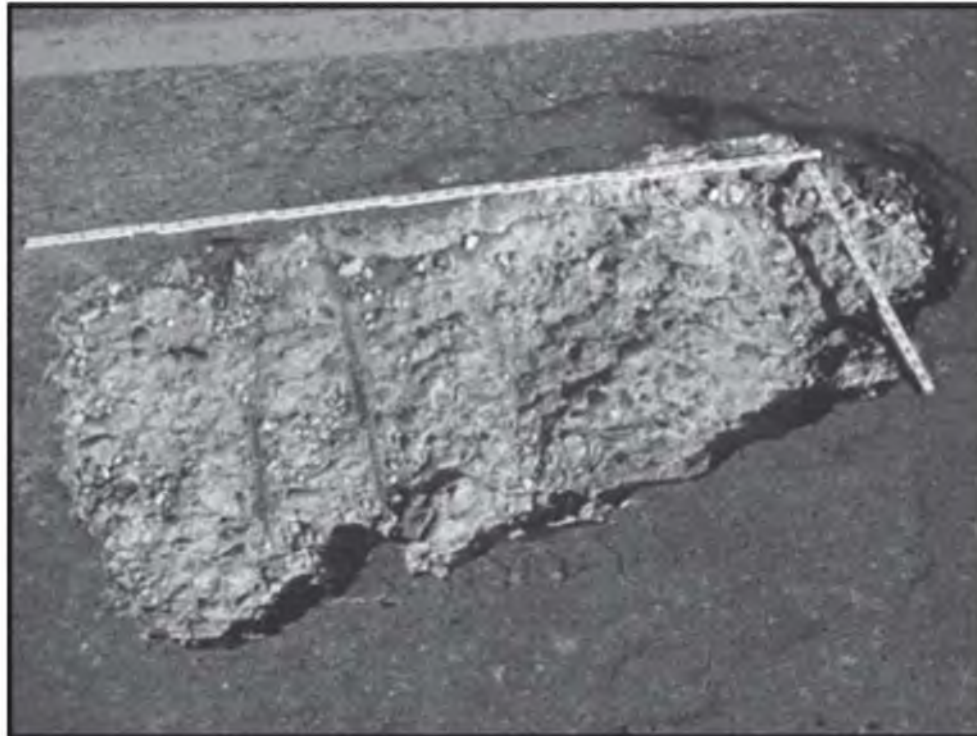


4.1.6 การบันทึกความเสียหาย

ในระหว่างการสำรวจ เมื่อผู้ทำการสำรวจตรวจพบความเสียหายหนึ่ง ๆ ให้ผู้ทำการสำรวจทำการประเมินความเสียหายนั้นและบันทึกความเสียหายลงในแบบฟอร์มทันที โดยการบันทึกความเสียหายนั้นอาจทำได้โดยบันทึกความเสียหายเชิงปริมาณ เช่น ปริมาณโดยขนาดพื้นที่ ปริมาณโดยความกว้างหรือความยาว หรือบันทึกความเสียหายเชิงคุณภาพโดยการบรรยาย ซึ่งขึ้นอยู่กับรูปแบบของความเสียหายที่พบเจอว่าต้องทำการประเมินแบบใด นอกจากนี้ ผู้ทำการสำรวจต้องทำการกำหนดหมายเลขของความเสียหายนั้น ๆ ด้วย

4.1.6.1 วิธีการวัดปริมาณความเสียหายเชิงปริมาณ

ในการบันทึกความเสียหายโดยพื้นที่ ได้แก่ การบันทึกความเสียหายของการหลุดร่อน การแฉะ เป็นต้น หากความเสียหายนั้นอยู่ในระยะทำการ ผู้ทำการสำรวจต้องทำการหาความกว้างและความยาวของพื้นที่ที่เสียหาย โดยการใช้เครื่องมือวัด เช่น ตลับเมตร หรือสายวัด เพื่อวัดขนาดโดยตรง พร้อมทั้งทำการถ่ายภาพเพื่อแนบลงในแบบบันทึกความเสียหาย ตัวอย่างการถ่ายภาพแสดงในรูปที่ 4-20 หากความเสียหายนั้นอยู่นอกระยะทำการแต่อาจเข้าถึงพื้นที่ที่เสียหายได้โดยใช้อุปกรณ์เพื่อช่วยเหลือในการเข้าถึงพื้นที่ที่เสียหาย เช่น บันได หรือรถกระเช้า ให้ผู้ทำการสำรวจทำการบันทึกความเสียหายเช่นเดียวกับที่กล่าวมาข้างต้น หากพื้นที่ที่เสียหายนั้นไม่สามารถเข้าถึงได้โดยวิธีใดก็ตาม ให้ผู้ทำการสำรวจทำการถ่ายภาพพื้นที่ความเสียหายนั้นโดยภาพในภาพต้องมีสิ่งที่รู้ขนาดแน่นอน เช่น หน้าตัดคาน, ความลึกคาน เป็นต้น เพื่อใช้ในการอ้างอิงและหาขนาดพื้นที่ของความเสียหายนั้นต่อไป ตัวอย่างการถ่ายภาพดังรูปที่ 4-21



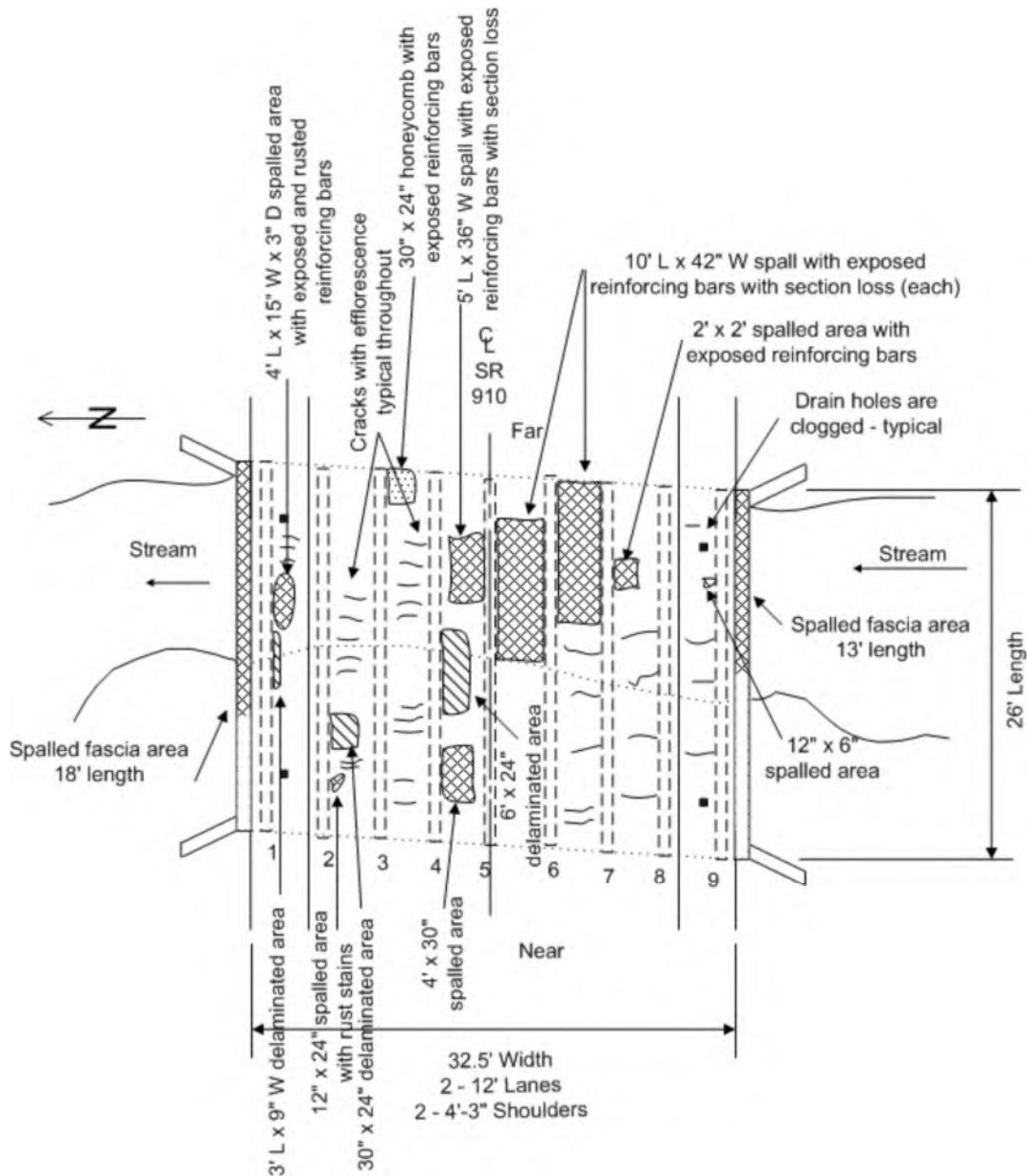
รูปที่ 4-21 การถ่ายภาพความเสียหายในกรณีที่ไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่ที่เสียหายได้



ในการร่าง (Sketch) ความเสียหายลงบนแบบแปลนในแบบฟอร์มบันทึกความเสียหายนั้น ให้ผู้ทำการสำรวจใช้ Hatch มาตรฐานที่ได้กำหนดไว้แล้วเท่านั้น (ตารางที่ 4-6) หากไม่ได้กำหนดไว้ให้ผู้ทำการสำรวจใช้ Hatch อย่างหนึ่งอย่างใดที่ไม่ได้ถูกใช้ไปแล้ว ใน Hatch ตัวอย่างการบันทึกความเสียหายถูก ดังรูปที่ 4-22

ตารางที่ 4-6 สัญลักษณ์และ hatch มาตรฐานสำหรับการบันทึกรูปแบบความเสียหาย

สัญลักษณ์และ hatch มาตรฐาน	ความเสียหาย
	การหลุดแยกออกเป็นแผ่น ๆ (Delamination)
	การหลุดล่อน (Spalling)
ลายเส้น	รอยแตก (Crack)



รูปที่ 4-22 ตัวอย่างภาพร่างแสดงข้อมูลต่าง ๆ ในการตรวจสอบส่วนของพื้นสะพาน (Deck)

4.1.6.2 วิธีบันทึกความเสียหายเชิงคุณภาพ

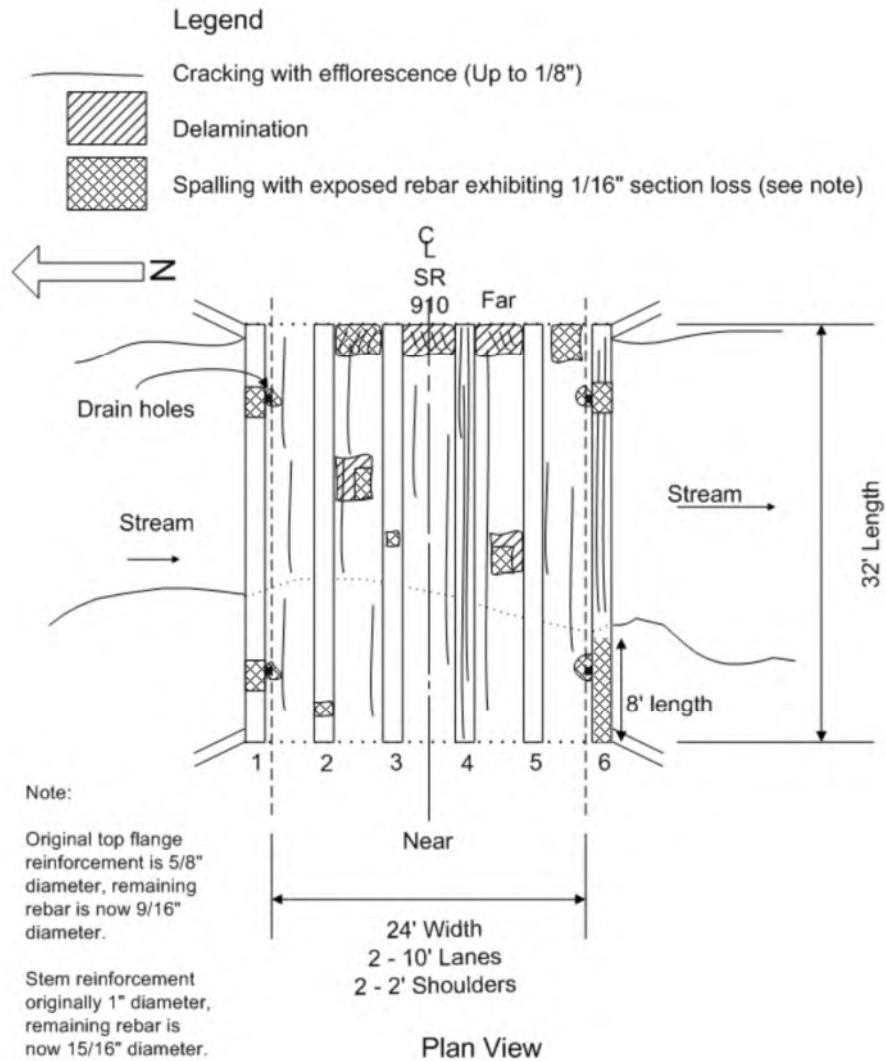
ในการบันทึกความเสียหายโดยการบรรยาย ผู้ทำการสำรวจต้องทำการบรรยายสภาพของความเสียหายนั้น ๆ โดยละเอียด



4.2 โครงสร้างส่วนบนของสะพาน (Superstructures)

โครงสร้างส่วนบนของสะพานมีหน้าที่รับน้ำหนักบรรทุกทุกจากโครงสร้างพื้นสะพานและถ่ายน้ำหนักไปยังโครงสร้างส่วนล่าง โดยมากสะพานจะถูกแบ่งตามประเภทโครงสร้างส่วนบน โครงสร้างส่วนบนอาจมีลักษณะเฉพาะตามหน้าที่ (เช่น วิธีการถ่ายน้ำหนักไปยังโครงสร้างส่วนล่าง) น้ำหนักอาจส่งผ่านความตึง การบีบอัด การดัด หรือการรวมกันของทั้งสามสิ่งนี้

ผู้ตรวจสอบจะต้องทำการตรวจสอบโครงสร้างส่วนบนของสะพาน (Superstructures) อย่างละเอียดและทั่วถึง เพราะว่าถ้าองค์ประกอบหลักได้พังลง อาจส่งผลให้สะพานพังทลายลงมาได้ รูปแบบโดยทั่ว ๆ ไปขององค์ประกอบหลักที่เป็นตัวรับน้ำหนัก ได้แก่ คานประเภทต่าง ๆ คาน (Beam/Girder) คานแบบกล่อง (Box Girder) คานย่อย (Stinger) คานโค้ง (Arch) คานพื้น (Floor Beam) รวมถึง แผ่นรองรับคาน (Bearings) ที่จำเป็นต้องได้รับการตรวจสอบอย่างถี่ถ้วน เนื่องจากเป็นส่วนสำคัญที่เป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างโครงสร้างส่วนบนและโครงสร้างส่วนล่าง โดยระบุประเภทความเสียหาย, ปริมาณความเสียหาย และตำแหน่งที่เกิดความเสียหายอย่างละเอียด ดังรูปที่ 4-23

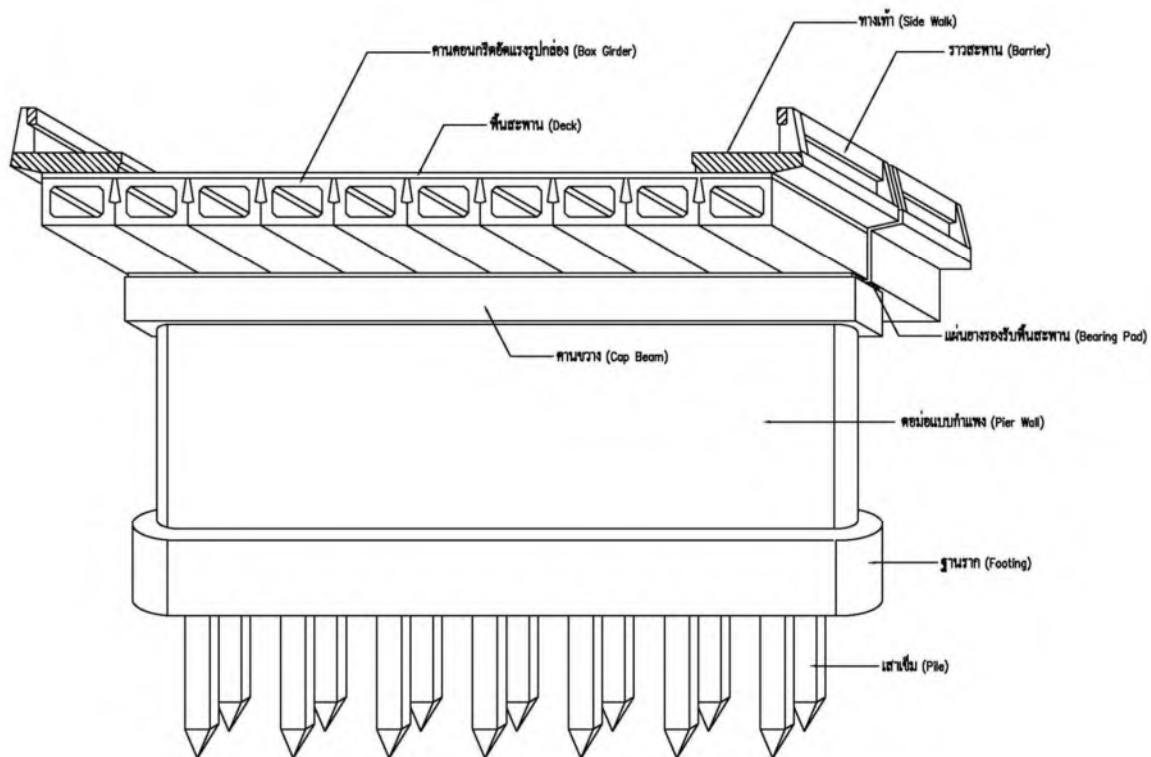


รูปที่ 4-23 ตัวอย่างภาพร่างแสดงข้อมูลต่าง ๆ ในการตรวจสอบโครงสร้างส่วนบนของสะพาน (Superstructures)



4.2.1 ส่วนประกอบโครงสร้างส่วนบนของสะพาน

- 1) คานตามยาว (Girder)
- 2) คานรับพื้น (Floor Beam)
- 3) แผ่นรองรับคาน (Bearing)
- 4) ค้ำยันคานตามยาว (Diaphragm)
- 5) รอยต่อ (Joint)
- 6) ระบบสี (Paint System)



รูปที่ 4-24 แสดงส่วนประกอบโครงสร้างส่วนบนของสะพาน (Superstructures)



4.2.2 รูปแบบของความเสียหาย

เนื่องจากโครงสร้างส่วนบนของสะพานส่วนมากของทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองเป็นโครงสร้างคอนกรีต ดังนั้น การเสื่อมสภาพของโครงสร้างจะอยู่ในลักษณะดังต่อไปนี้ รอยแตก (Cracking) การหลุดชะ (Scaling) การหลุดแยกออกเป็นแผ่น ๆ (Delamination) การหลุดล่อน (Spalling) การปนเปื้อนคลอไรด์ (Chloride contamination) คราบสีขาวบนผิวคอนกรีต (Efflorescence) ปฏิกิริยาอัลคาไล-ซิลิกา Alkali Silica Reactivity (ASR) การก่อตัวของเอทริงไนด์ (Ettringite formation) การเกิดรูพรุนเหมือนรังผึ้ง (Honeycombs) การหลุดออกเป็นเม็ด ๆ (Pop-outs) การสึกหรอ (Wear) ความเสียหายจากการถูกชน (Collision damage) ความเสียหายจากการสึกกร่อน (Abrasion) ความเสียหายที่เกิดจากการบรรทุกเกินน้ำหนักเกิน (Overload damage) การกัดกร่อนของเหล็กเสริม (Reinforcing steel corrosion) การเสื่อมสภาพของคอนกรีตอัดแรง (Prestressed concrete deterioration) คาร์โบเนชัน (Carbonation) ซึ่งได้อธิบายอย่างละเอียดในหัวข้อที่ 4.1.2

4.2.3 วิธีการตรวจสอบ

4.2.3.1 วิธีการสำรวจทางสายตา ให้ตรวจสอบพื้นผิวของคอนกรีตว่ามีรอยแตก การหลุดชะ การหลุดล่อน การสึกหรอ และการเสื่อมสภาพแบบอื่น ๆ

4.2.3.2 การตรวจสอบทางกายภาพ ที่ใช้กันทั่วไปในการตรวจสอบคอนกรีต คือ การใช้ค้อนเพื่อฟังเสียงของคอนกรีต อย่างไรก็ตาม การตรวจสอบทางกายภาพของพื้นผิวด้านบนของแผ่นคอนกรีตด้วยค้อนอาจเป็นการดำเนินการที่น่าเบื่อหน่าย การลากโซ่เพื่อระบุการหลุดล่อนของคอนกรีตเป็นวิธีที่สะดวกและรวดเร็วกว่า โดยผู้ตรวจสอบลากโซ่บนแผ่นพื้นและจดบันทึกเสียงสะท้อน พื้นที่ที่แยกเป็นชั้นจะมีเสียงที่โดดเด่นเมื่อเคาะด้วยค้อนหรือด้วยการลากโซ่

4.2.3.3 วิธีตรวจสอบขั้นสูง เช่น Acoustic wave sonic, Ground-penetrating radar, Pulse Velocity เป็นต้น

4.2.4 พื้นที่ที่พบความเสียหายบ่อย

- **แผ่นรองรับคาน (Bearing)** - ตรวจสอบแผ่นรองรับคานสำหรับการแตกร้าว การแยกตัว และการหลุดลอกที่เกิดจากความเสียดทานจากการเคลื่อนที่ด้วยความร้อน หรือแรงกดของแผ่นรองรับคานที่อาจทำให้คอนกรีตรับแรงกดทับได้ รวมทั้งการตรวจสอบสภาพและการทำงานของแผ่นรองรับคาน ซึ่งจะมีการอธิบายเพิ่มเติมในหัวข้อถัดไป



- บริเวณที่เกิดแรงเฉือน (Shear zone) - สำรวจพื้นที่ใกล้กับแผ่นรองรับแรงเฉือน การเกิดรอยแตกตามขวางที่ด้านล่างใกล้กับแผ่นรองรับหรือรอยแตกในแนวทแยง ที่ด้านข้างของแผ่นพื้นบ่งบอกถึงแรงกดที่มากเกินไปสำหรับแรงเฉือน ดังรูปที่ 4-25 ถึง รูปที่ 4-26



รูปที่ 4-25 แสดงรอยแตกร้าวในแนวทแยงใกล้กับปลายสะพานพื้น



รูปที่ 4-26 บริเวณที่เกิดแรงเฉือนที่ด้านล่างของสะพานพื้นต่อเนื่องใกล้เสา



- **บริเวณที่เกิดแรงดึง (Tension zone)** - ตรวจสอบบริเวณที่เกิดแรงดึงเพื่อหารอยแตกจากการดึง ซึ่งจะตั้งฉากกับแรงดึงและแนวตั้งที่ด้านข้างและขวางตามแผ่นพื้น บริเวณที่เกิดแรงดึงจะอยู่ที่ช่วงกลางที่ด้านล่างของแผ่นพื้นสำหรับสะพานที่มีช่วงต่อแบบธรรมดาและแบบต่อเนื่อง บริเวณที่เกิดแรงดึงอีกตำแหน่งจะตั้งอยู่ที่ด้านบนของแผ่นพื้นเหนือเสาสำหรับช่วงต่อเนื่อง รอยแตกที่มีความกว้างมากกว่า $1/16$ นิ้ว บ่งชี้ว่าเกิดแรงกดมากเกินไปเนื่องจากแรงดึงที่เกิดจากความเค้นดัด ตรวจสอบคราบสี ขาวบนผิวคอนกรีตจากรอยแตกและการเปลี่ยนสีของคอนกรีตที่เกิดจากคราบสนิมจากเหล็กเสริม ในกรณีที่รุนแรงเหล็กเสริมอาจโผล่เนื่องจากการหลุดล่อนบันทึกภาพตัดขวางที่เหลื่อของเหล็กเสริมเนื่องจากการสูญเสียพื้นที่หน้าตัด ซึ่งจะลดความสามารถในการรับน้ำหนักของโครงสร้าง ให้มีการตรวจสอบการเสื่อมสภาพของคอนกรีตใกล้บริเวณที่เกิดแรงดึง ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดการแตกหักของการเสริมแรงดึง ซึ่งรวมถึงการแยกชั้น การหลุดลอก และการบวมเป่งของคอนกรีต ดังรูปที่ 4-27 สะพานพื้นที่ใช้ตะขอในการเสริมแรงดึงเบื้องต้นนั้นไม่ไวต่อการหลุดลอกเนื่องจากการเสื่อมสภาพของคอนกรีต



รูปที่ 4-27 แสดงบริเวณที่เกิดแรงดึงของแผ่นพื้นคอนกรีต: การหลุดลอก คราบสีขาว สนิม และคราบ



- **ชิ้นส่วนที่สอง (Secondary Members)** – ตรวจสอบไดอะแฟรมเพื่อหาแรงดัดและรอยแตกจากแรงเฉือน ตลอดจนข้อบกพร่องของคอนกรีตทั่วไป ข้อบกพร่องในไดอะแฟรมอาจเป็นข้อบ่งชี้ของการทรุดตัวที่แตกต่างกันของโครงสร้างส่วนล่างหรือการโก่งตัวของก้านของคานรูปตัวที
- **รอยต่อ (Joints)** ตรวจสอบรอยต่อระหว่างคานที่อยู่ติดกันสำหรับการบดอัดและการเคลื่อนที่ของสลักรับแรงเฉือน ต้องมีการบันทึกถ้ารอยต่อเปิดหรือหลวม พื้นที่ที่ต้องใช้รอยต่อแบบปิดหรือที่ต้องเทในที่จะต้องให้ความสนใจอย่างใกล้ชิด
- **บริเวณที่มีการระบายน้ำ (Areas Exposed to Drainage)** – ถ้าผิวถนนเป็นคอนกรีตให้ตรวจสอบการหลุดลอก การหลุดล่อน และการหลุดลอก อาจพบการหลุดลอกหรือการหลุดล่อนตามขอบถนน โดยเฉพาะอย่างยิ่งรอบ ๆ ท่อระบายน้ำ ถ้าพื้นสะพานเป็นแอสฟัลต์ให้ตรวจสอบการเสื่อมสภาพของคอนกรีต เช่น การแตกร้าวและหลุมบ่อ
- **พื้นที่ที่มีการจราจร (Areas Exposed to Traffic)** - ให้ตรวจสอบพื้นที่ที่มีการจราจรผ่านเพื่อหาความเสียหายที่เกิดจากการชน ความเสียหายดังกล่าวโดยทั่วไปจะประกอบด้วย การหลุดจากมุมและอาจรวมถึงเหล็กเส้นที่เปลือยเปล่า ตรวจสอบพื้นผิวด้านบนเพื่อหาการสึกหรอที่เกิดจากการจราจรของยานพาหนะ
- **พื้นที่ที่ซ่อมแซมก่อนหน้านี้ (Areas Previously Repaired)** - ตรวจสอบพื้นที่ที่ได้รับการซ่อมแซมก่อนหน้านี้ ว่าการซ่อมแซมอยู่ในสภาพที่ดีและทำงานอย่างถูกต้องหรือไม่
- **มุมแหลมบนสะพานเอียง (Acute Angles on Skewed Bridges)** – ตรวจสอบสะพานเอียงสำหรับการเคลื่อนตัวด้านข้างและการแตกร้าวของมุมแหลมเนื่องจากการโหลดที่จุดและการเสริมแรงไม่เพียงพอ
- **บริเวณที่ได้รับความเสียหายจากภายนอก (Other Areas Exposed to External Damage)** – เศษซากที่มาจากทางน้ำ ไฟ การกระแทกของเครื่องมืออุปกรณ์ การเคลื่อนตัวของโครงสร้างส่วนบนเนื่องจากน้ำท่วม คลื่นพายุ ฯลฯ
- **บริเวณที่โครงสร้างโก่งตัว (Camber)** - ใช้เชือกในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งแนวตั้ง (การโก่งตัว) จากสภาพที่สร้างขึ้นของแผ่นคอนกรีต การโก่งตัวที่น้อยลงมักจะบ่งบอกถึงการรับน้ำหนักที่ลดลง การโก่งตัวขึ้นมักบ่งบอกถึงการหดตัว



- ผลกระทบจากความร้อน (Thermal Effects) - รอยแตกเกิดจากอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงระหว่างสองพื้นผิวของแผ่นพื้น โดยทั่วไปการแตกร้าวจะเป็นแนวขวางในบริเวณที่บางกว่าของแผ่นคอนกรีตและตามยาวใกล้บริเวณที่มีของความหนาของหน้าตัดมากขึ้น

4.2.5 การประเมินความเสียหาย

เกณฑ์ประเมินระดับความเสื่อมสภาพของโครงสร้างส่วนบนของสะพาน จะแสดงตามตารางที่ 4-7 และ ตารางที่ 4-8

ตารางที่ 4-7 เกณฑ์การแบ่งระดับการเสื่อมสภาพของโครงสร้างส่วนบนของสะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก

ระดับ	ลักษณะความเสียหายที่พบ	
N	☐	ไม่สามารถประเมินได้ หรือท่อลอดหรือช่องระบายน้ำในสะพาน
9	☐	สภาพเหมือนใหม่
8	☐	ไม่พบความเสียหายที่สังเกตได้ชัดเจน
7	☐	พบรอยแตกเส้นบางที่ไม่เกี่ยวกับโครงสร้าง
6	☐	พบรอยแตกทางโครงสร้างเส้นบาง หรือการหลุดล่อนเล็กน้อยกว้างไม่เกิน 150 มม.
	☐	พบคราบน้ำเล็กน้อย
	☐	ไม่พบขี้เกลือ หรือพบขี้เกลือเล็กน้อย
5	☐	พบรอยแตกเส้นบางทางโครงสร้างจำนวนมาก หรือการหลุดล่อนที่ทำให้เหล็กเสริมโผล่
	☐	พบคราบน้ำหรือการซำรุดที่ส่วนปลายของพื้น คานตามยาว ขึ้นส่วนหล่อสำเร็จ หรือส่วนบนของคานคอนกรีตขนาดใหญ่
4	☐	พบการซำรุดและการหลุดล่อนขนาดใหญ่
	☐	สามารถสังเกตเหล็กเสริมที่เกิดสนิมได้ชัดเจนและมีการสูญเสียหน้าตัดบางส่วน
	☐	ไม่พบรอยแตกจากแรงดัด หรือพบรอยแตกจากแรงดัดขนาดเล็กแต่ไม่พบรอยแตกจากแรงเฉือน
3	☐	พบการหลุดล่อน การแฉะ หรือการเลื่อนหลุดของชิ้นส่วนหลักฐานแรง
	☐	พบรอยแตกจากแรงดัด
	☐	เหล็กเสริมหลักโผล่และเกิดสนิมมาก
2	☐	คอนกรีตแตกหลุดออกบริเวณรอบเหล็กเสริมหลัก
	☐	เหล็กเสริมไม่ยึดเกาะกับคอนกรีตและเกิดสนิมมาก
	☐	พบรอยแตกเนื่องจากแรงดัดขนาดกว้างกว่า 4.8 มม. จำนวนมาก
	☐	พบรอยแตกจากแรงเฉือน
	☐	อาจมีการวิบัติเฉพาะจุดบริเวณที่รับแรงแบกทาน
1	☐	มีการสูญเสียหน้าตัดมากที่ชิ้นส่วนหลัก หรือมีการเคลื่อนตัวแนวตั้งหรือราบที่ส่งผลต่อเสถียรภาพ
0	☐	ไม่สามารถใช้งานสะพานได้



คู่มือการสำรวจ ตรวจสอบสะพาน และซ่อมบำรุงสะพาน

(M-Bridge Inspection & Maintenance Manual)

งานจ้างที่ปรึกษาเพื่อจัดทำระบบบริหารทรัพย์สิน

โครงสร้างพื้นฐานงานสะพาน (Bridge Management System)

ตารางที่ 4-8 เกณฑ์การแบ่งระดับการเสื่อมสภาพของโครงสร้างส่วนบนของสะพานคอนกรีตอัดแรง

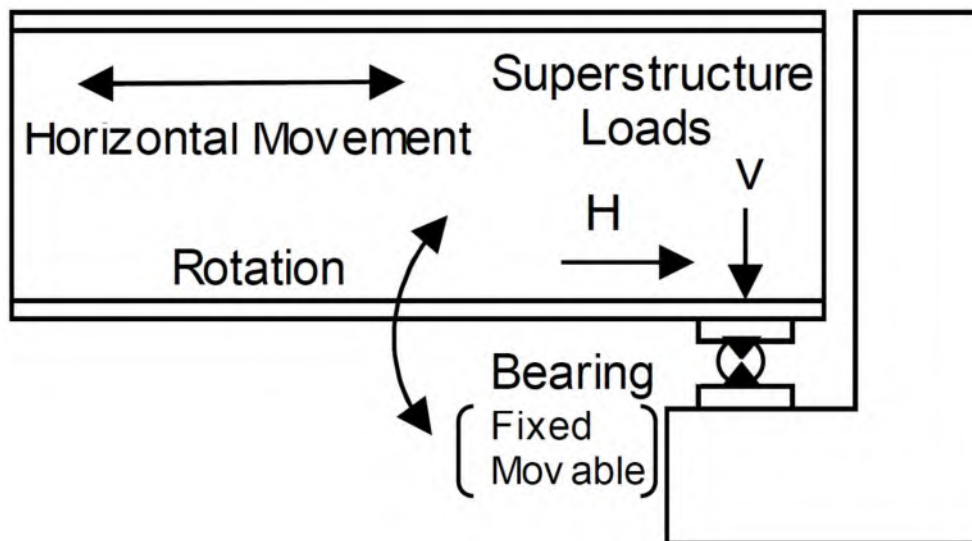
ระดับ	ลักษณะความเสียหายที่พบ	
N	☐	ไม่สามารถประเมินได้ หรือท่อลอดหรือช่องระบายน้ำในสะพาน
9	☐	สภาพเหมือนใหม่
8	☐	ไม่พบความเสียหายที่สังเกตได้ชัดเจน
7	☐	พบรอยแตกที่ไม่เกี่ยวกับโครงสร้างขนาดกว้างไม่เกิน 0.4 มม.
6	☐	คอนกรีตชำรุดหรือเสื่อมสภาพเล็กน้อยทำให้เห็นมวลรวมหยาบของพื้นผิว
	☐	พบรอยแตกที่ไม่เกี่ยวกับโครงสร้างขนาดกว้างกว่า 0.4 มม.
	☐	ไม่พบเหล็กเสริมโผล่ หรือมีเหล็กเสริมโผล่น้อย
5	☐	พบรอยแตกทางโครงสร้าง แต่ไม่มีคราบสนิมหรือมีเล็กน้อย
	☐	ไม่พบลวดอัดแรงโผล่ หรือมีลวดอัดแรงโผล่น้อย
	☐	ไม่พบการหลุดล่อน หรือมีการหลุดล่อนเล็กน้อยกว้างไม่เกิน 150 มม.
4	☐	คอนกรีตชำรุดหรือเสื่อมสภาพปานกลาง
	☐	เหล็กเสริมหรือลวดอัดแรงโผล่ และสูญเสียแรงยึดเหนี่ยว
	☐	พบรอยแตกและมีคราบสนิมปานกลางถึงมาก
3	☐	คอนกรีตและเหล็กเสริมชำรุดรุนแรง
	☐	ลวดอัดแรงชำรุดรุนแรง หรือสามารถสังเกตการณ์เสียรูปของลวดอัดแรงได้
	☐	มีการสูญเสียหน้าตัดคอนกรีตมากที่ปีกล่างของคาน
	☐	มีการสูญเสียหน้าตัดคอนกรีตมากที่เอวของคาน
	☐	มีการเสียนวในแนวราบขององค์อาคาร หรือแคมเบอร์เป็นลบ
2	☐	พบรอยแตกยาวพาดผ่านปีกล่างและอาจขยายถึงเอว
	☐	มีการยื่นออกทางด้านข้างตามแนวปีกล่าง หรือลวดอัดแรงที่โผล่มีการบิดออกทางด้านข้าง
	☐	คานคอนกรีตอัดแรงสูญเสียแรงอัดมากจนไม่สามารถแก้ไขได้
	☐	มีการเสียนวในแนวตั้งมากเกินไป
	☐	พบรอยแตกตามยาวระหว่างผิวหน้าของเอวและปีกบน
1	☐	มีการชำรุดขั้นวิกฤต จำเป็นต้องเปลี่ยนองค์อาคาร
0	☐	ไม่สามารถใช้งานสะพานได้



4.3 แผ่นรองรับคาน (Bridge Bearing)

แผ่นรองรับคานเป็นองค์ประกอบส่วนต่อประสานระหว่างโครงสร้างส่วนบนและโครงสร้างส่วนล่าง หน้าที่หลัก 3 อย่างของแผ่นรองรับคาน คือ

- เพื่อส่งน้ำหนักจากโครงสร้างส่วนบนไปยังโครงสร้างส่วนล่าง
- เพื่อให้การหมุนที่เกิดจากการโก่งตัวถาวร (น้ำหนักบรรทุกคงที่) และชั่วคราว (น้ำหนักบรรทุกจร)
- เพื่อให้เกิดการเคลื่อนตัวในแนวนอนของโครงสร้างส่วนบนเนื่องจากการขยายตัวและหดตัวจากความร้อน



รูปที่ 4-28 แสดงหน้าที่หลัก 3 อย่างของแผ่นรองรับคาน

4.3.1 ส่วนประกอบของแผ่นรองรับคาน

- 1) Sole Plate
- 2) Bearing or Bearing Device
- 3) Masonry Plate
- 4) Anchor Bolts



4.3.2 ประเภทและการใช้งานของแผ่นรองรับคาน

1) แผ่นรองรับคานแบบเคลื่อนไหวได้ (Movable Bearings) ได้ถูกพัฒนาขึ้น เพื่อรองรับการเคลื่อนที่ของโครงสร้างส่วนบนอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิแวดล้อมสูงสุดและต่ำสุด แผ่นรองรับคานแบบเคลื่อนไหวได้มีหน้าที่ทำให้เคลื่อนที่ได้เนื่องจากความผันผวนของอุณหภูมิ ประเภทของแผ่นรองรับคานแบบเคลื่อนไหวได้ ได้แก่

- **Sliding Plate Bearings** - โดยส่วนมากจะใช้กับโครงสร้างที่มีความยาวช่วงน้อยกว่า 40 ฟุต ซึ่งจะเป็นการเคลื่อนที่ตามยาวของแผ่นหนึ่งเลื่อนบนอีกแผ่นหนึ่ง ความแตกต่างของประเภทของแผ่นรองรับคานแบบนี้คือวิธีการหล่อลื่น ซึ่งมีลักษณะดังต่อไปนี้
 - แผ่นเหล็กหล่อลื่น (Lubricated Steel Plates) – รุ่นแรกของแผ่นเหล็กหล่อลื่นประกอบด้วยแผ่นเหล็กเรียบสองแผ่นวางซ้อนกัน การหล่อลื่นระหว่างแผ่นเหล็กประกอบด้วยจารบี กราไฟต์ และไข น้ำมันหล่อลื่นที่น้ำมันหล่อลื่นมักจะเก็บสิ่งสกปรกซึ่งดูดซับความชื้นและสึกกร่อนทำให้แข็งตัวและไม่สามารถเคลื่อนที่หรือหมุนได้ตามต้องการ แผ่นเหล็กหล่อลื่นรุ่นต่อไปประกอบด้วยแผ่นขนาดเล็กเลื่อนบนแผ่นที่ใหญ่กว่ามาก ทฤษฎีเบื้องหลังคือ ถ้าพื้นที่สัมผัสมีขนาดเล็กลง แรงที่ส่งผ่านจะเอาชนะแรงเสียดทานในการใช้งาน แผ่นที่เล็กกว่านั้นสวมร่องในแผ่นที่ใหญ่กว่า แต่ในที่สุดน้ำมันหล่อลื่นก็แข็งตัวอยู่ดี
 - แผ่นตะกั่วระหว่างแผ่นเหล็ก (Lead Sheets Between Steel Plates) - การวางแผ่นตะกั่วบาง ๆ ไว้ระหว่างแผ่นเหล็ก ทำให้แผ่นเหล็กไม่แข็งตัวเมื่อแผ่นเหล็กสึกกร่อน แผ่นตะกั่วถูกใช้เพื่อลดการกัดกร่อนระหว่างแผ่นเหล็ก จึงให้อิสระในการเคลื่อนไหวยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม ในแผ่นรองรับคานประเภทนี้ ตะกั่วมีแนวโน้มที่จะเคลื่อนตัวออกจากระหว่างแผ่นเหล็ก
 - แผ่นทองแดง (Bronze Bearing Plates) – แผ่นทองแดงถูกนำมาใช้เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการกัดกร่อนของแผ่นเหล็กที่สัมผัสกัน เนื่องจากทองแดงไม่เป็นสนิมจึงใช้เพื่อรักษาอิสระในการเคลื่อนไหว แม้ว่าการกัดกร่อนจะลดลง แต่ทองแดงซึ่งเป็นวัสดุที่อ่อนนุ่มจะสึกหรอเนื่องจากสิ่งสกปรกที่ติดอยู่และการขยายตัวและการหดตัว



- การบรรจุแผ่นใยหินระหว่างแผ่นเหล็ก (Asbestos Sheet Packing Between Metal Plates) - แผ่นใยหินที่ซุบด้วยกราไฟต์ถูกนำมาใช้ระหว่างแผ่นเหล็กเพื่อให้มีการเคลื่อนไหวในช่วงสะพานที่น้อยกว่า 40 ฟุต
- แผ่นทองแดงหล่อลื่นในตัวเอง (Self-Lubricating Bronze Bearings) แผ่นทองแดงหล่อลื่นในตัวเองได้รับการพัฒนาเพื่อให้แน่ใจว่ามีสารหล่อลื่นกราไฟท์ระหว่างแผ่นเหล็กโดยไม่คำนึงถึงการสึกหรอ ส่วนของผิวหน้าของแผ่นเหล็กถูกถอดออกและแทนที่ด้วยสารประกอบกราไฟท์ ซึ่งจะหล่อลื่นพื้นผิวอย่างต่อเนื่อง ผู้ผลิตบางรายอ้างว่าแผ่นรองรับคานแบบนี้ทนต่อการกัดกร่อนและไม่ต้องการการบำรุงรักษาใด ๆ หากปราศจากสิ่งสกปรกและฝุ่นละออง
- กระดาษสักหลาดหรือผ้าใบกันน้ำ (Roofing Felt or Tar Paper) – เป็นแผ่นรองรับคานอีกประเภทหนึ่งที่ประกอบด้วยกระดาษสักหลาดหรือน้ำมันทาร์ที่เคลือบด้วยกราไฟต์เล็กน้อยหลายชั้นวางอยู่บนแผ่นรองโครงสร้างส่วนบนของสะพาน นี่เป็นแผ่นรองรับคานที่เรียบง่ายแต่มีประสิทธิภาพซึ่งมักใช้กับแผ่นพื้นคอนกรีตช่วงสั้นและคานที่ยึดกับต่อม่อัดบริมคอนกรีต แผ่นรองประเภทนี้มีการเคลื่อนไหวในแนวนอนที่จำกัด
- PTFE บนแผ่นสแตนเลส - สารประกอบที่เรียกว่า “โพลีเตตระฟลูออโรเอทิลีน” (PTFE) มีค่าสัมประสิทธิ์การเสียดสีต่ำสุดของวัสดุที่มีอยู่ทั่วไป ทำให้เป็นที่ต้องการสำหรับใช้ในแผ่นรองรับคาน
- **Roller Bearings** – แผ่นรองรับแบบลูกกลิ้งประกอบด้วยท่อนทรงกระบอกวางอยู่ระหว่างแผ่นพื้นรองและแผ่นอิฐเมื่อโครงสร้างส่วนบนขยายและหดตัว แผ่นรองรับแบบลูกกลิ้งถูกนำมาใช้ในหลากหลายรูปแบบรวมทั้งลูกกลิ้งเดี่ยวและลูกกลิ้งหลายอัน



- ลูกกลิ้งเดี่ยว - เป็นหนึ่งในแผ่นรองรับคานแบบเคลื่อนไหวยาวได้ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายมากที่สุด ลูกกลิ้งอาจมีขนาดแตกต่างกัน โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางที่กำหนดตั้งแต่ 6 ถึง 15 นิ้ว แม้ว่าลูกกลิ้งขนาดใหญ่จะไวต่อปัญหาการกัดกร่อนน้อยกว่า แต่สิ่งสกปรกอาจติดอยู่ในบริเวณสัมผัสที่ด้านบนและด้านล่างซึ่งช่วยให้ดูดซับความชื้น และทำให้พื้นผิวแผ่นรองรับคานเสื่อมสภาพในที่สุด อย่างไรก็ตาม เนื่องจากมีเพียงส่วนเล็ก ๆ ของลูกกลิ้งเท่านั้นที่สึกกร่อน ลูกกลิ้งที่สึกกร่อนสามารถหมุนได้และสามารถใช้ส่วนอื่นของพื้นผิวลูกกลิ้งได้ ลูกกลิ้งเดี่ยวส่วนมากทำจากเหล็กที่ทนต่อการกัดกร่อน ลูกกลิ้งที่ไม่ถูกยึดอาจค่อย ๆ เคลื่อนตัวออกมาจากใต้โครงสร้างส่วนบนของสะพาน ด้วยเหตุนี้จึงใช้หมุดเพื่อยึดลูกกลิ้งให้เข้าที่ หมุดเหล่านี้นพอดีกับลูกกลิ้งอย่างแน่นหนา แต่จะหลวมเข้าไปในแผ่นด้านบนและด้านล่างช่วยให้โครงสร้างเคลื่อนไหวยาวได้
- ลูกกลิ้งหลายอัน - แต่ละอันมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.5 ถึง 2 นิ้ว เมื่อทำความสะอาดลูกกลิ้งทำงานได้ดีมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ลูกกลิ้งขนาดเล็กมีที่สำหรับเก็บสิ่งสกปรกและความชื้นจำนวนมาก ส่งผลให้เกิดการสึกหรอและการกัดกร่อนของลูกกลิ้ง และส่งผลให้เกิดความเสียหายในที่สุด
- **Rocker Bearings** – แผ่นรองรับคานแบบโยกทำงานในลักษณะเดียวกันกับแผ่นรองรับแบบลูกกลิ้งและโดยทั่วไปจะใช้ในกรณีที่ต้องมีการเคลื่อนไหวยาวเป็นจำนวนมาก แผ่นรองรับคานแบบโยกมีหลายรูปแบบ เช่น ตัวโยกแบบแบ่งส่วน ตัวโยกหลายตัว และตัวโยกแบบหมุด
 - แผ่นรองรับคานโยกแบบแบ่งส่วน - แผ่นรองรับคานโยกแบบแบ่งส่วนพัฒนาจากการใช้ลูกกลิ้งขนาดใหญ่ เมื่อลูกกลิ้งมีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 20 นิ้ว จะมีน้ำหนักมากและจุกยาก เนื่องจากมีเพียงส่วนเล็ก ๆ ของแบร์ริงลูกกลิ้งเท่านั้นที่สัมผัสกันระหว่างแผ่นพื้นและแผ่นอิฐ ส่วนที่ไม่ได้ใช้อาจถูกตัดออกและช่วยลดน้ำหนักได้มาก ตัวโยกแบบแบ่งส่วนขนาดใหญ่มักถูกประดิษฐ์ขึ้นจากบล็อกสี่เหลี่ยม ปลายทั้งสองโค้งมน ซึ่งช่วยให้แผ่นรองรับคานหมุนและเคลื่อนที่ในแนวนอนได้
 - แผ่นรองรับคานโยกแบบหลายอัน – จะประกอบด้วยตัวโยกหลายอัน ซึ่งพื้นที่ว่างระหว่างตัวโยกจะมีสิ่งสกปรกและความชื้น ความชื้นอาจทำให้เกิดการกัดกร่อนซึ่งอาจส่งผลให้เกิดการชำรุดได้



- ตัวโยกแบบหมุด - เป็นที่นิยมใช้มากที่สุดในปัจจุบัน ด้านบนเป็นหมุดขนาดใหญ่และช่วยให้แผ่นรองรับคานอยู่ในแนวที่ถูกต้อง การเคลื่อนที่ตามยวดยานมาจากการหมุนโดยหมุดและการกลิ้งของตัวโยก อย่างไรก็ตาม เมื่อพบกับสภาพแวดล้อมที่ไม่เอื้ออำนวย หมุดสามารถกัดกร่อนและแข็งตัวได้ ตัวโยกแบบหมุดอาจมีขนาดค่อนข้างใหญ่และมักใช้สำหรับช่วงสะพานที่ค่อนข้างยาวและหนักสูง รูในส่วนรัศมีของแผ่นรองรับคานอาจเจาะรูเพื่อรองรับการเคลื่อนที่ตามยาว ดังรูปที่ 4-29



รูปที่ 4-29 แสดงตัวโยกแบบหมุด (Pinned Rocker Bearings)



2) แผ่นรองรับคานแบบยางยืด (Elastomeric Bearings) – มีทั้งแผ่นนีโอพรีน (Neoprene) แบบธรรมดาและแบบลามิเนต นีโอพรีนเป็นวัสดุคล้ายยาง ซึ่งจะบิดเบี้ยวเล็กน้อยภายใต้แรงกดหรือแรงเฉือน

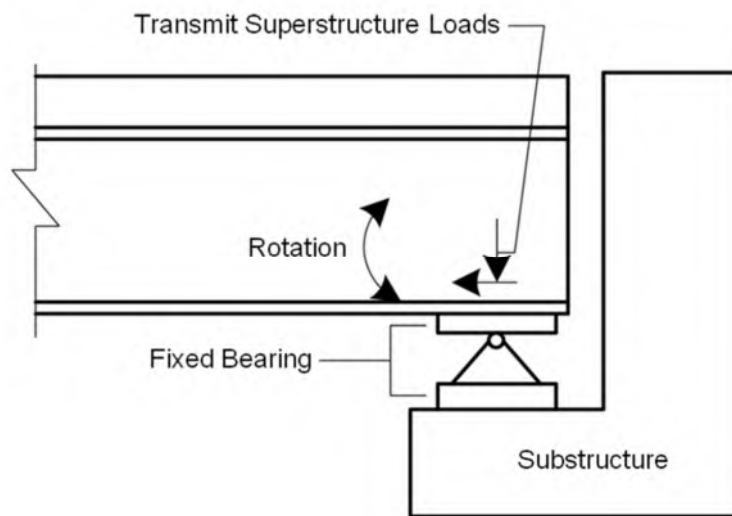
- **Plain Neoprene Pads** - แผ่นนีโอพรีนแบบธรรมดาประกอบด้วยแผ่นนีโอพรีนบริสุทธิ์รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าหรือวงกลม และส่วนใหญ่ใช้บนโครงสร้างคอนกรีตอัดแรงช่วงสั้น แผ่นนีโอพรีนเป็นที่นิยมสำหรับสะพานคานเหล็กเช่นกัน การขยายตัวและการหดตัวทำได้โดยการเปลี่ยนรูปแบบการเฉือนของนีโอพรีน โดยทั่วไปแผ่นนีโอพรีนมีความหนาสม่ำเสมอ มีการใช้วิธีการต่าง ๆ เพื่อป้องกันไม่ให้แผ่นนีโอพรีนเคลื่อนตัวออกจากตำแหน่งจากใต้คาน มีการใช้สารประกอบอีพ็อกซีเพื่อยึดแผ่นกับคานและที่ฐานรับคาน แต่ก็ไม่ประสบความสำเร็จเสมอไป
- **Laminated Neoprene Pads** - แผ่นนีโอพรีนเคลือบลามิเนตเป็นแผ่นนีโอพรีนวางซ้อนกันที่มีแผ่นเหล็กหรือไฟเบอร์กลาสอยู่ระหว่างกลาง ไม่สามารถมองเห็นแผ่นได้หากทั้งหมดหุ้มด้วยนีโอพรีน แผ่นนีโอพรีนเคลือบลามิเนตใช้ในโครงสร้างที่ยาวกว่าที่ต้องการการขยายตัวและการหดตัวและการรับน้ำหนักของโครงสร้างเสริมในแนวตั้งมากกว่า แม้ว่าแผ่นรองแผ่นเดียวที่หนากว่าน่าจะใช้งานได้ แต่การบดและการสึกหรอของแผ่นรองมากเกินไปจะลดอายุการใช้งานได้อย่างมาก แผ่นลามิเนตช่วยจัดการโป่งส่วนเกินนี้ และช่วยให้ขยายตัวและหดตัวได้โดยไม่เกิดการสึกหรอมากเกินไป

3) แผ่นรองรับคานแบบเบ้า (Pot Bearings) - ช่วยให้โครงสร้างสามารถหมุนได้หลายมิติ

- **Neoprene Pot Bearings** - แผ่นรองรับคานแบบเบ้านีโอพรีนมีแผ่นเหล็กสแตนเลสติดอยู่ที่แผ่นพื้น แผ่นเหล็กสแตนเลสนี้เลื่อนบนแผ่นโพลีเตตราฟลูออโรเอทิลีน (PTFE) แผ่น PTFE ติดอยู่กับลูกสูบเหล็กซึ่งวางอยู่บนแผ่นนีโอพรีน เพื่อให้โครงสร้างสามารถหมุนได้ แผ่นวางอยู่ในกระบอกเหล็กตันที่ติดกับแผ่นก่ออิฐ กระบอกนี้เรียกว่าเบ้า ไกด์บาร์ในแผ่นรองรับคานแบบหม้อจำกัดการเคลื่อนไหวตามขวาง แผ่นรองรับคานแบบเบ้านีโอพรีนที่ยึดกับที่จะไม่มีแผ่นสแตนเลสหรือแผ่น PTFE



- 4) **แผ่นรองรับคานแบบแผ่น (Disk Bearings)** - โดยทั่วไปมีความสูงที่ต่ำมาก เช่นเดียวกับแผ่นรองรับคานแบบเบ้า แผ่นรองรับคานแบบแผ่นเป็นการทำงานที่สามารถรับน้ำหนักได้สูงสำหรับสะพาน ความแตกต่างระหว่างแผ่นรองรับคานทั้งสองชนิดนี้คือ อุปกรณ์ต่าง ๆ แผ่นรองรับคานแบบแผ่นรองรับการหมุนผ่านการเสียดสีของแผ่นพลาสติกแข็งที่ไม่จำกัด อาจมีการกำหนดค่าแผ่นรองรับคานแบบแผ่นเพื่อจำกัดการเคลื่อนที่หรือให้การเคลื่อนที่ในทิศทางเดียวหรือหลายทิศทางผ่านพื้นผิว PTFE แผ่นเหล็กสแตนเลสและแถบนำทาง (ถ้ามี)
- 5) **แผ่นรองรับคานแบบยึดคงที่ (Fixed Bearings)** - ให้เคลื่อนที่แบบหมุนรอบหมุดได้เท่านั้น แผ่นรองรับคานแบบยึดคงที่ที่ยังจำกัดการเคลื่อนที่ในแนวนอน และสามารถถ่ายแรงจากโครงสร้างส่วนบนไปสู่โครงสร้างส่วนล่างทั้งแรงในแนวตั้งและแนวนอน ดังรูปที่ 4-30 แสดงแผ่นรองรับคานแบบยึดคงที่



รูปที่ 4-30 แสดงแผ่นรองรับคานแบบยึดคงที่

- 6) **แผ่นรองรับคานแบบปิด (Enclosed or Concealed Bearings)** - สำหรับแผ่นรองรับคานบางชนิดที่แนวสายตาระหว่างผู้ตรวจสอบกับตัวลูกปืนอาจมีน้อย แผ่นรองรับคานเหล่านี้เรียกว่าแผ่นรองรับคานแบบปิดหรือซ่อนไว้ และไม่สามารถประเมินได้อย่างเพียงพอผ่านการตรวจสอบด้วยสายตา ตัวอย่างเช่น สะพานที่มีไดอะแฟรมส่วนปลายในตัว สิ่งสำคัญคือต้องสังเกตความแตกต่างระหว่างสะพานที่มีแผ่นรองรับคานที่ซ่อนอยู่และสะพานที่มีตอม่อดัดบริมที่ไม่มีแผ่นแผ่นรองรับคาน



7) แผ่นรองรับคานแบบอื่น ๆ (Uncommon Bearings) – แผ่นรองรับคานแบบอื่น ๆ ที่ไม่ได้กำหนดโดย AASHTO ซึ่งบางประเภทที่ยังคงใช้งานอยู่ แต่ไม่ได้ใช้ในการก่อสร้างสะพานสมัยใหม่อีกต่อไป เช่น

- Pin and Link Bearings (Moveable or Enclosed/Concealed Bearings)
- Restraining Bearings (Moveable, Pot, Disk, Fixed or Enclosed/Concealed Bearings)
- Isolation Bearings (Moveable, Elastomeric or Pot Bearings)
- Lead Core Bearings (Elastomeric Bearings)
- Friction Pendulum Bearings (Moveable or Pot Bearings)
- High-Damping Rubber Bearings (Elastomeric Bearings)
- Spherical Pot Bearings (Pot Bearings)

4.3.3 วิธีการตรวจสอบและตำแหน่งการเสื่อมสภาพที่พบได้บ่อย Inspection Methods and Locations

ข้อบกพร่องส่วนใหญ่จะตรวจพบโดยการตรวจด้วยสายตา ก่อน วิธีการตรวจสอบนี้ เป็นการตรวจสอบแบบลงมือปฏิบัติหรือการตรวจสอบโดยที่ผู้ตรวจสอบอยู่ใกล้พอที่จะสัมผัสบริเวณที่กำลังตรวจสอบ นอกจากนี้ ยังสามารถใช้การสังเกตที่แม่นยำยิ่งขึ้นโดยใช้แว่นขยายหลังจากทำความสะอาด

ผู้ตรวจสอบจะพิจารณาก่อนว่าแผ่นรองรับคานนั้นถูกออกแบบให้เป็นแบบยึดคงที่หรือเคลื่อนไหวได้ หากได้รับการออกแบบมาเพื่อให้โครงสร้างส่วนบนสามารถเคลื่อนไหวได้ ถ้ามีแบบโครงสร้างก็สามารถช่วยได้ ที่สำคัญคือผู้ตรวจสอบต้องสามารถประเมินได้ว่าแผ่นรองรับคานที่เคลื่อนไหวได้ยังคงสามารถเคลื่อนที่ในแนวนอนได้หรือไม่



ต้องตรวจสอบการวางตัวในแนวนอนและแนวตั้งว่าเหมาะสมหรือไม่ โดยให้พื้นผิวต้องสะอาด และสัมผัสกันอย่างเต็มที่ หากสัมผัสเพียงบางส่วนความเสียหายอาจเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ต่าง ๆ โครงสร้างส่วนบน หรือโครงสร้างส่วนล่าง ความเสียหายนี้สามารถเกิดขึ้นได้เมื่อคานเคลื่อนที่ในแนวนอนเพื่อให้แบริงวางอยู่บนแผ่นรองรับเพียงบางส่วนเท่านั้น ในกรณีนี้น้ำหนักทั้งหมดของโครงสร้างส่วนบนจะถ่ายลงบนพื้นที่ขนาดเล็ก และส่งผลให้เกิดความเค้นที่สูงขึ้นซึ่งอาจทำให้แผ่นรองรับสะพานพังได้ นอกจากนี้ การกระจายน้ำหนักดังกล่าวอาจทำให้เกิดการโก่งตัวในคานของโครงสร้างส่วนบน การเสื่อมสภาพในรูปแบบของการแตกร้าวหรือการหลุดล่อนของแผ่นรองรับคานอาจเป็นสัญญาณบ่งชี้ว่าแผ่นรองรับคานไม่รองรับการเคลื่อนที่ในแนวนอนตามที่คาดการณ์ไว้ของโครงสร้างส่วนบน

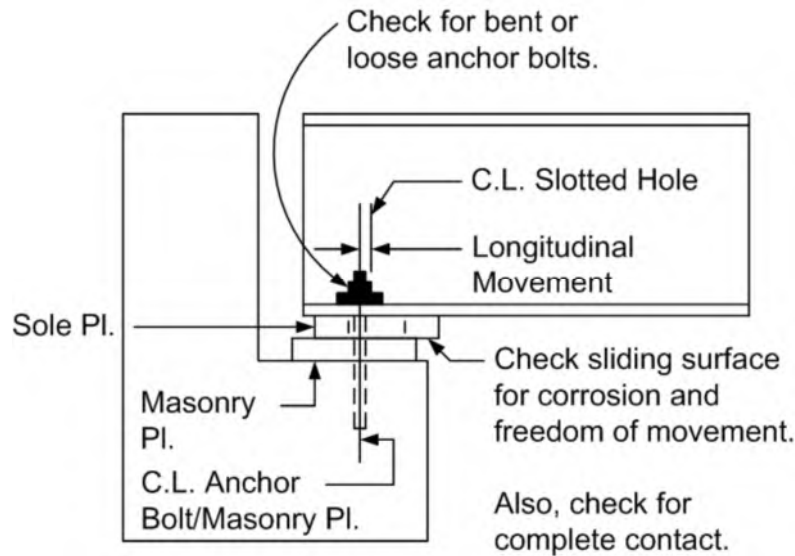
แผ่นรองรับคานต้องมีการรองรับที่เหมาะสม มีระยะห่างหลายนิ้วระหว่างขอบของแผ่นกับขอบของส่วนรองรับ หรือตอม่อ สังเกตการณ์สูญเสียต่าง ๆ ต่อส่วนรองรับใกล้กับแผ่นรองรับคาน ให้บันทึกอุณหภูมิระหว่างการตรวจสอบ มีเทอร์โมมิเตอร์แบบพิเศษพร้อมแม่เหล็กเพื่อวัดอุณหภูมิที่แท้จริงของโครงสร้างส่วนบนและแบริง วัดการเคลื่อนที่ของแผ่นรองรับคานและเปรียบเทียบกับอุณหภูมิที่บันทึกไว้ แผ่นรองรับคานต้องอยู่ในตำแหน่งที่ขยายสำหรับอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิที่ออกแบบ (หรือค่าเฉลี่ย) และอยู่ในตำแหน่งที่หดตัวสำหรับอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่ออกแบบ (หรือค่าเฉลี่ย) อุณหภูมิในการออกแบบ คือ 20 องศาเซลเซียส เว้นแต่จะระบุไว้เป็นอย่างอื่น

ปัญหาการบำรุงรักษาเล็กน้อยของแผ่นรองรับคานอาจรุนแรงขึ้นเรื่อย ๆ หากละเลย และจะส่งผลให้เกิดปัญหาใหญ่กับสะพานในที่สุด แผ่นรองรับคานที่ไม่สามารถใช้งานได้จะถ่ายโอนความเครียดที่มากเกินไปไปยังโครงสร้างส่วนบนหรือโครงสร้างส่วนล่างได้

- **การตรวจสอบแผ่นรองรับคานแบบเหล็ก (Inspection of Steel Bearings)** - ข้อบกพร่องส่วนใหญ่ของแผ่นรองรับคานแบบเหล็ก จะตรวจพบได้ในขั้นแรก โดยการประเมินด้วยสายตา จำเป็นต้องมีการตรวจสอบด้วยมือหรือการตรวจสอบที่ผู้ตรวจสอบอยู่ใกล้พอที่จะสัมผัสพื้นที่ที่กำลังประเมิน ใช้แปรงลวด เครื่องบด หรือ ค้อน เพื่อเอาเหล็กที่หลุดหรือหลุดล่อนออก ใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่เหมาะสมเมื่อมีสารเคลือบและวัสดุที่อาจเป็นอันตราย อาจต้องใช้วิธีการตรวจสอบหลายแบบในการประเมินแผ่นรองรับคานแบบเหล็ก เช่น การทดสอบแบบใช้เสียง (Acoustic emissions testing) สีย้อม (Dye penetrant) อนุภาคแม่เหล็ก (Magnetic particle) การทดสอบด้วยภาพรังสี (Radiography testing) การทดสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (Ultrasonic testing) กระแสไฟฟ้า (Eddy current)



- **การกัดกร่อน (Corrosive Forces)** - ตรวจสอบองค์ประกอบของแผ่นรองรับคานทั้งหมดว่ามีรูพรุน การสูญเสียพื้นที่หน้าตัด การเสื่อมสภาพ และการสะสมของเศษซาก ซึ่งอาจทำให้แผ่นรองรับคานเกาะติดหรือแข็งตัว สังเกตการดัด การโก่ง การจัดตำแหน่งชิ้นส่วนที่ไม่เหมาะสม หรือการแตกร้าว ตรวจสอบสลักเกลียวว่าหักหรือขาดหายไป
- **หลวม (Looseness)** - แผ่นรองรับคานที่หลวมสามารถระบุได้โดยเสียงหรือสังเกตการณ์เคลื่อนไหวเมื่อมีแรงมากระทำ การหลวมอาจเกิดจากสิ่งต่อไปนี้
 - การหลุดตัวหรือการเคลื่อนตัวของแผ่นรองรับออกจากส่วนรองรับของสะพาน
 - การเกิดสนิมหรือการกัดกร่อนที่มากเกินไปซึ่งส่งผลให้แผ่นรองรับคานสูญเสียวัสดุในตัวเอง
 - การโก่งตัวหรือการสั่นสะเทือนมากเกินไปในสะพาน
 - ที่ยึดกับโครงสร้างส่วนบนหรือโครงสร้างส่วนล่างหลวม ขาด หรือหัก
 - องค์ประกอบแผ่นรองรับคานที่สึกหรอ
 - การยกตัวของโครงสร้างส่วนบนของสะพานโค้ง
 - แรงกดพื้นถนนซึ่งผลักดันผนังกันดินเข้าไปในคาน
- **การเคลื่อนตัวของแผ่นรองรับคาน (Sliding Plate Bearings)** - จะวัดเทียบกับการวางตัวครั้งแรกตั้งแต่การก่อสร้าง สำหรับแผ่นเพลตที่มีขนาดเท่ากัน ปริมาณการขยายตัวหรือการเคลื่อนที่ตามยาวที่เกิดขึ้นคือระยะห่างจากด้านหน้าหรือด้านหลังของแผ่นบนถึงด้านหน้าหรือด้านหลังของแผ่นด้านล่าง หรืออีกทางหนึ่ง คือ ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของแผ่นบนกับแผ่นด้านล่าง สำหรับแผ่นเพลตที่มีขนาดไม่เท่ากัน ปริมาณการขยายคือครึ่งหนึ่งของความแตกต่างระหว่างระยะห่างด้านหน้าและด้านหลังระหว่างเพลตด้านบนและด้านล่าง อีกวิธีหนึ่งและอาจวัดได้ง่ายกว่า การขยายตัวคือระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของแผ่นด้านบนและด้านล่าง ระยะการเคลื่อนตัวจำเป็นต้องวัดให้ละเอียดในระดับ 1/8 นิ้ว และ ต้องวัดอุณหภูมิองค์ประกอบสะพานในขณะทำการตรวจสอบด้วย ดังรูปที่ 4-31



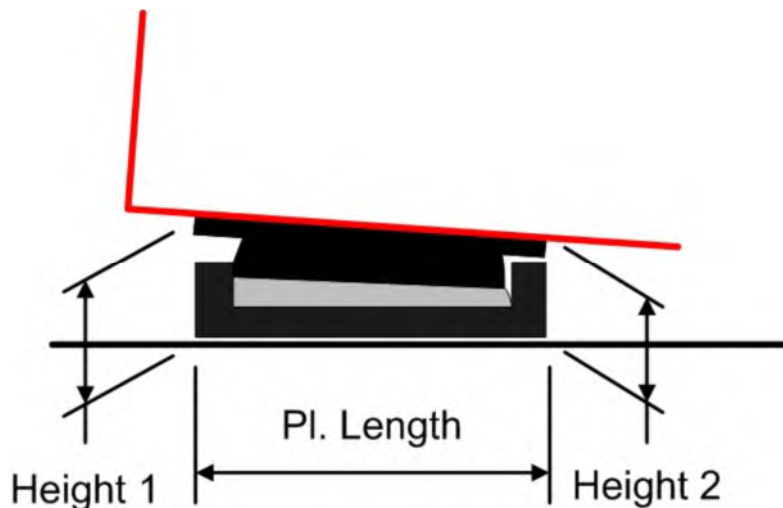
รูปที่ 4-31 แสดงการเคลื่อนตัวของแผ่นรองรับคาน (Sliding Plate Bearings)

- **แผ่นรองรับแบบลูกกลิ้ง (Roller Bearings)** – แผ่นรองรับแบบลูกกลิ้งมีความคล้ายคลึงกับการเคลื่อนตัวของแผ่นรองรับคาน โดยที่ชุดลูกกลิ้งจะต้องอยู่กึ่งกลางบนแผ่นรองรับที่อุณหภูมิของการออกแบบ ดังนั้น การขยายตัว (หรือการหดตัว) จึงเป็นครึ่งหนึ่งของความแตกต่างระหว่างระยะห่างระหว่างแผ่นกับลูกกลิ้ง และด้านหลังของระยะห่างระหว่างแผ่นกับลูกกลิ้ง อีกวิธีหนึ่งที่อาจวัดได้ง่ายกว่า คือ ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของลูกกลิ้ง (จุดที่สัมผัสกับแผ่นรองรับ) และจุดศูนย์กลางของแผ่นรองรับ ต้องบันทึกอุณหภูมิในขณะที่ทำการตรวจสอบ
- **แผ่นรองรับคานแบบโยก (Rocker Bearings)** – จะมีเครื่องหมายบนแผ่นโยกและแผ่นรองรับ ถ้าไม่มีการขยายหรือหดตัวเครื่องหมายเหล่านี้จำเป็นต้องเรียงในแนวเดียวกัน ปริมาณการเคลื่อนที่ตามยาวสามารถกำหนดได้โดยการวัดระยะห่างตามแผ่นรองรับระหว่างเครื่องหมายทั้งสอง หากไม่มีเครื่องหมายการขยายสามารถกำหนดได้โดยการวัดระยะห่างระหว่างจุดสัมผัสปัจจุบันระหว่างตัวโยกกับแผ่นรองรับกับจุดสัมผัสเดิมซึ่งถือว่าเป็นจุดกึ่งกลางตามพื้นผิวโค้งของตัวโยก การวัดต้องละเอียดระดับ 1/8 นิ้ว และต้องมีการบันทึกอุณหภูมิขณะการตรวจสอบ ตรวจสอบสภาพของสลักเกลียวและน็อตสำหรับการกัดกร่อนและอิสระในการเคลื่อนที่ของแผ่นรองรับคาน



- แผ่นรองรับคานแบบเบ้า (Pot Bearings) – สามารถวัดการเคลื่อนที่ตามยาวได้ ในลักษณะเดียวกับแผ่นรองรับคานแบบแผ่นเลื่อน การเคลื่อนไหวเป็นครั้งหนึ่งของความแตกต่างระหว่างระยะห่างด้านหน้าและด้านหลังของแผ่นด้านบนและด้านล่าง หากแผ่นรองรับคานแบบเบ้าสามารถเคลื่อนที่ได้สองทิศทาง ผู้ตรวจสอบจำเป็นต้องตรวจสอบการเคลื่อนที่ตามขวางด้วย และบันทึกอุณหภูมิขณะการตรวจสอบด้วย โดยทั่วไปแล้วจะไม่มีมาตรวัดการหมุนของแผ่นรองรับคาน แต่จำเป็นต้องวัดการหมุนหากดูเหมือนว่ามากเกินไป แผ่นด้านบนและด้านล่างมักจะออกแบบให้ขนานกันหากไม่มีการหมุน การหมุนสามารถกำหนดได้โดยการวัดความยาวของแผ่นด้านล่างและระยะห่างระหว่างแผ่นทั้งสองที่ด้านหน้าและด้านหลังของตั้บลูกปืน มุมของการหมุนที่วัดจากแนวนอนสามารถคำนวณได้โดยใช้สมการต่อไปนี้ ดังรูปที่ 4-32

$$\text{การหมุน (องศา)} = \tan^{-1} [(Height_1 - Height_2) / \text{ความยาวของแผ่นรอง}]$$



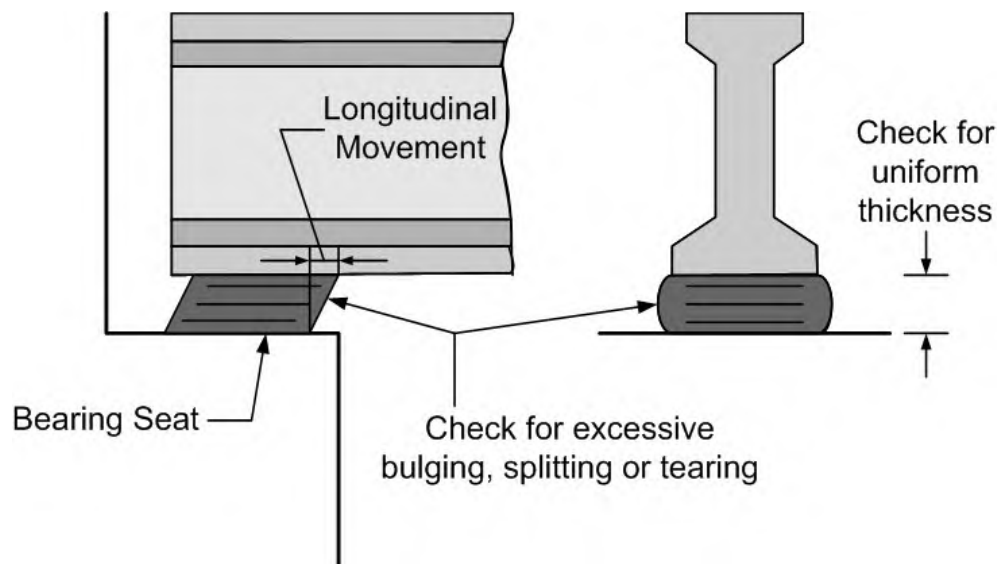
รูปที่ 4-32 การวัดการหมุนของแผ่นรองรับคานแบบเบ้า

ตรวจสอบว่าองค์ประกอบนีโอพรีนยังอยู่ที่เดิมหรือไม่ ตรวจสอบไคด์บาร์สำหรับการสึกหรอ การแตกร้าว และการเสื่อมสภาพ ตรวจสอบรอยเชื่อมเพื่อหารอยแตก และตรวจสอบการแยกระหว่าง PTFE กับพื้นผิวเหล็กที่เชื่อมเข้าด้วยกัน ให้ตรวจสอบส่วนที่มองเห็นขององค์ประกอบนีโอพรีน สำหรับการแตกหรือฉีกขาด มองหาสิ่งสกปรกและเศษซากที่สะสมอยู่ในและรอบ ๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อการทำงานได้



○ แผ่นรองรับคานแบบอื่น ๆ (Pin and Link Bearings) – ให้ตรวจสอบปริมาณการกัดกร่อนและความสามารถในการเชื่อมต่อเพื่อให้หมุดสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับสะพานแขวน ปริมาณการกัดกร่อนของหมุดและส่วนภายในของตัวเชื่อมที่อยู่ติดกันนั้นไม่สามารถตรวจจับได้ด้วยตาเปล่า จำเป็นต้องมีการทดสอบอัลตราโซนิกหรือถอดชิ้นส่วนการเชื่อมต่อเพื่อกำหนดขอบเขตที่แท้จริงของการเสื่อมสภาพ

- แผ่นรองรับคานแบบยางยืด (Inspection of Elastomeric Bearings) – องค์ประกอบที่ต้องตรวจสอบ ได้แก่ แผ่นรองรับ แผ่นอิฐ และสลักเกลียว ให้ตรวจสอบระยะการเคลื่อนตัวในแนวตั้งและแนวนอน ดังรูปที่ 4-32 แสดงรายการตรวจสอบแผ่นรองรับคานแบบยางยืด



รูปที่ 4-33 แสดงรายการตรวจสอบแผ่นรองรับคานแบบยางยืด



- **แผ่นนีโอพรีน (Neoprene Bearings)** - จำเป็นต้องตรวจสอบแผ่นนีโอพรีนสำหรับการนูนที่มากเกินไป (ประมาณมากกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ของความหนา) สิ่งนี้บ่งชี้ว่าแผ่นรองรับคานอาจอยู่สูงเกินไปสำหรับการใช้งานหรือออกแบบอย่างไม่เหมาะสม อาจมีการโปนเล็กน้อยที่ด้านข้างของแผ่นรอง ไม่ว่าจะมากเกินไปหรือไม่ อาจเป็นเรื่องยากที่จะตัดสิน แต่ถ้าความสูงหรือความหนาของแผ่นรองมากเกินไป ก็ต้องสังเกต เมื่อมีการขยายและการหดตัวของโครงสร้าง ส่วนที่นูนมักจะม้วนตัวบนคานหรือที่นั่งสะพาน ต้องตรวจสอบการแตกหรือฉีกขาดและต้องให้ความสนใจเป็นพิเศษกับแผ่นโอพรีนแบบเคลือบ การผลิตที่ไม่เหมาะสมในบางครั้งอาจทำให้เกิดความล้มเหลวในพื้นที่ที่แผ่นเสริมนีโอพรีนและแผ่นเหล็กภายในถูกเชื่อมติดกัน แผ่นรองยังต้องได้รับการตรวจสอบความหนาที่แปรผันได้นอกเหนือจากที่มาจากการหมุนตามปกติของ จำเป็นต้องตรวจสอบแผ่นธรรมดา (ไม่เคลือบ) เพื่อดูการขยายตามยาวของแผ่นเทียบกับแผ่นรองข้างล่าง การขยายตามยาวนี้บ่งบอกถึงความเครียดที่มากเกินไปในแผ่นรอง นี่ไม่ใช่สภาวะปกติและมักบ่งชี้ถึงปัญหาในการออกแบบหรือการผลิต หากภาวณี้ยังคงอยู่แผ่นจะประสบกับความล้มเหลวจากแรงเฉือนในที่สุด การขยายตามยาวของแผ่นรองมักไม่มีปัญหากับแผ่นรองรับคานแบบเคลือบ ต้องมีการวัดระยะการเคลื่อนตัวออกจากแนวเดิมในแนวนอนและแนวตั้ง
- **แผ่นรองรับคานแบบแยก (Isolation Bearings)** - แผ่นรองรับคานแบบแยก (แกนตะกั่วและยางที่รับแรงสั่นสะเทือนสูง) โดยพื้นฐานแล้วจะเหมือนกับแผ่นรองรับคานแบบนีโอพรีนธรรมดาหรือเคลือบลามิเนต องค์ประกอบเฉพาะของแผ่นรองรับคานแบบแยก คือแกนตะกั่วและเดือยเหล็ก ซึ่งทั้งสองอย่างนี้ถูกซ่อนจากการมองเห็นและไม่สามารถตรวจสอบได้ แกนตะกั่วจะทำงานระหว่างเกิดแผ่นดินไหว หลังจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวต้องตรวจสอบรูปร่างของตลับลูกปืนและการจัดแนวนอนทั้งในทิศทางตามยาวและตามขวางอย่างใกล้ชิด อาจจำเป็นต้องเปลี่ยนแกนตะกั่วหลังเกิดแผ่นดินไหว



ตารางที่ 4-9 แสดงความเสียหายที่พบบ่อยของแต่ละส่วนประกอบของแผ่นรองรับคาน

ส่วนประกอบ	ความเสียหายที่พบบ่อย
Bearing Body	- ตรวจสอบการวางตำแหน่งที่เหมาะสม ให้พื้นผิวแผ่นรองแนบอย่างสมบูรณ์ และต้องสะอาด - ตรวจสอบเพื่อให้แน่ใจว่าโยก หมุด และลูกกลิ้งไม่มีการกัดกร่อนและเศษซาก - การกัดกร่อนที่มากเกินไปอาจทำให้แผ่นรองรับคานไม่สามารถเคลื่อนที่ได้
Set Bolt Anchor Bolt	- ตรวจสอบการกัดกร่อนแบบก้าวหน้าเนื่องจากการป้องกันของระบบสีเสื่อมสภาพ - ตรวจสอบนอตยึดว่าหลวมหรือขาดหรือไม่ - ตรวจสอบแรงกระทำที่มากเกินไปเนื่องจากแผ่นดินไหวซึ่งอาจทำให้เกิดการแตกหัก
Bearing Seat	- ที่ส่วนเชื่อมแผ่นรองรับคานแบบโลหะไวต่อแรงกระทำทำให้เกิดรอยแตกจากความล้า - ที่แผ่นรองรับคานแบบปูนไวต่อแรงกดที่มากเกินไป ส่งผลให้เกิดการแตกร้าว หลุดลอก หรือแตกหักได้
Bearing Bed	ไวต่อแรงกดที่มากเกินไป ส่งผลให้เกิดการแตกร้าว หลุดลอก หรือแตกหัก
Elastomeric Pad	- การแยกหรือฉีกขาดในแนวตั้งหรือแนวนอน เนื่องจากแผ่นรองคุณภาพต่ำ - การโป่งที่เกิดจากการบีบอัดมากเกินไปเนื่องจากองค์ประกอบของวัสดุไม่ดี



4.3.4 การประเมินความเสียหายและเสื่อมสภาพ

เกณฑ์ประเมินระดับความเสื่อมสภาพของแผ่นรองรับคาน จะแสดงตามตารางที่ 4-10

ตารางที่ 4-10 เกณฑ์การแบ่งระดับการเสื่อมสภาพของแผ่นรองรับคานในสะพาน

ระดับ	ลักษณะความเสียหายที่พบ	
N	☐	ไม่สามารถประเมินได้ หรือท่อลอดหรือช่องระบายน้ำในสะพาน
9	☐	ไม่พบความเสียหายที่สังเกตได้ชัดเจน
8	☐	เคลือบผิวอยู่ในสภาพดีแต่มีสิ่งสกปรกที่แผ่นรองรับคาน
7	☐	พบการชำรุดของเคลือบผิวเล็กน้อยบนแผ่นรองรับคานที่เป็นเหล็ก
6	☐	เสื่อมสภาพเล็กน้อย หรือพบการชำรุดของเคลือบผิว
	☐	มีการเสียนวเล็กน้อยแต่ยังทำงานได้ตามปกติ
5	☐	เสื่อมสภาพปานกลาง
	☐	มีการเสียนวเล็กน้อย หรือสูญเสียหน้าตัดเล็กน้อย
4	☐	เสื่อมสภาพมาก หรือสูญเสียหน้าตัดไม่เกิน 10%
	☐	มีการเสียนว หรือสูญเสียการแบกทานแต่ยังทำงานได้ตามปกติ
3	☐	เสื่อมสภาพมาก หรือสูญเสียหน้าตัด 10-25%
	☐	จำเป็นต้องวิเคราะห์โครงสร้างและน้ำหนักบรรทุกเพื่อพิจารณาการจำกัดการใช้งานสะพาน
2	☐	เสื่อมสภาพรุนแรง จำเป็นต้องจำกัดการใช้งานสะพาน
1	☐	ปิดสะพานและหลังจากซ่อมแซมเสร็จอาจต้องจำกัดการใช้งานเมื่อเปิดใช้สะพานอีกครั้ง
0	☐	ไม่สามารถใช้งานสะพานได้

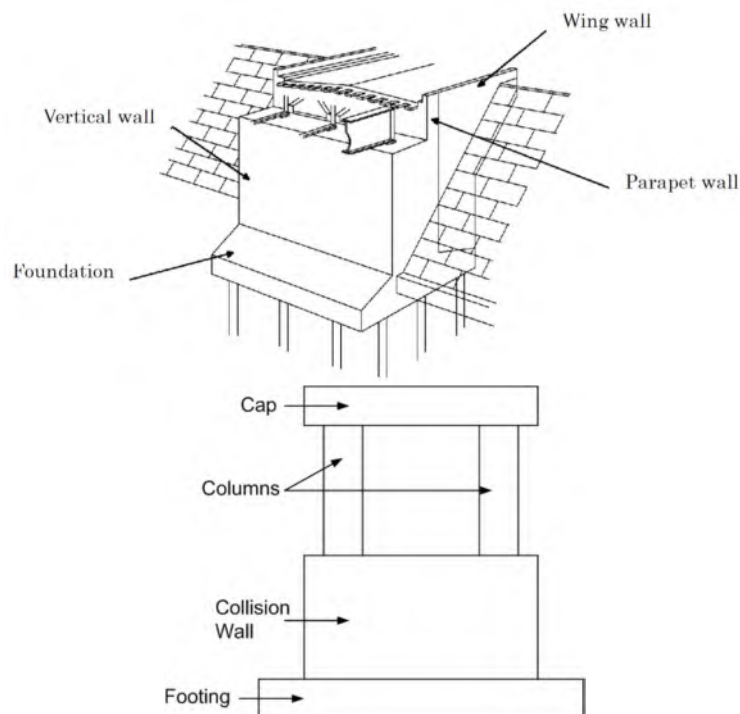
4.4 โครงสร้างส่วนล่างของสะพาน (Substructures)

โครงสร้างส่วนล่างของสะพานเป็นส่วนที่รองรับน้ำหนักของโครงสร้างส่วนบนของสะพาน (Superstructure) วัตถุประสงค์ของโครงสร้างส่วนล่างของสะพานคือการถ่ายโอนน้ำหนักจากโครงสร้างส่วนบนไปยังฐานราก แล้วกระจายน้ำหนักสู่พื้นดิน



4.4.1 ส่วนประกอบโครงสร้างส่วนล่างของสะพาน

- 1) คานรัดหัวเสา (Cap Beam)
- 2) เสาตอม่อ (Pier)
- 3) ค้ำยันตอม่อ (Bracing)
- 4) กำแพงตอม่อ (Pier Wall)
- 5) ตอม่อริม (Abutment)
- 6) หูช้าง (Wingwall)
- 7) ฐานราก (Footing)
- 8) เสาเข็ม (Pile)
- 9) ตัวกันกระแทก (Fender)



รูปที่ 4-34 แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของโครงสร้างส่วนล่างของสะพาน (Substructure)



4.4.2 รูปแบบของความเสียหาย

เนื่องจากโครงสร้างส่วนล่างของสะพานส่วนมากของกองทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองเป็นโครงสร้างคอนกรีต ดังนั้น การเสื่อมสภาพของโครงสร้างจะอยู่ในลักษณะดังต่อไปนี้ รอยแตก (Cracking) การหลุดชะ (Scaling) การหลุดแยกออกเป็นแผ่น ๆ (Delamination) การหลุดล่อน (Spalling) การปนเปื้อนคลอไรด์ (Chloride contamination) คราบสีขาวบนผิวคอนกรีต (Efflorescence) ปฏิกิริยาอัลคาไล-ซิลิกา Alkali Silica Reactivity (ASR) การก่อตัวของเอทริงไนด์ (Ettringite formation) การเกิดรูพรุนเหมือนรังผึ้ง (Honeycombs) การหลุดออกเป็นเม็ด ๆ (Pop-outs) การสึกหรอ (Wear) ความเสียหายจากการถูกชน (Collision damage) ความเสียหายจากการสึกกร่อน (Abrasion) ความเสียหายที่เกิดจากการบรรทุกเกินน้ำหนักเกิน (Overload damage) การกัดกร่อนของเหล็กเสริม (Reinforcing steel corrosion) การเสื่อมสภาพของคอนกรีตอัดแรง (Prestressed concrete deterioration) คาร์โบเนชัน (Carbonation) ซึ่งได้อธิบายอย่างละเอียดในหัวข้อที่ 4.1.2

4.4.3 วิธีการตรวจสอบ

- 4.4.3.1 การตรวจสอบด้วยสายตา ให้ตรวจสอบพื้นผิวของคอนกรีตว่ามีรอยแตก การหลุดชะ การหลุดล่อน การสึกหรอ และการเสื่อมสภาพแบบอื่น ๆ รวมถึงการทรุดตัวของโครงสร้าง
- 4.4.3.2 การตรวจสอบทางกายภาพ ที่ใช้กันทั่วไปในการตรวจสอบคอนกรีตคือการใช้ค้อนเพื่อฟังเสียงของคอนกรีต อย่างไรก็ตาม การตรวจสอบทางกายภาพของพื้นผิวด้านบนของแผ่นคอนกรีตด้วยค้อนอาจเป็นการดำเนินการที่น่าเบื่อหน่าย การลากโซ่เพื่อระบุการหลุดล่อนของคอนกรีตเป็นวิธีที่สะดวกและรวดเร็วกว่า โดยผู้ตรวจสอบลากโซ่บนแผ่นพื้นและจดบันทึกเสียงสะท้อน พื้นที่ที่แยกเป็นชั้นจะมีเสียงที่โดดเด่นเมื่อเคาะด้วยค้อนหรือด้วยการลากโซ่
- 4.4.3.3 วิธีตรวจสอบขั้นสูง เช่น Acoustic wave sonic, Ground-penetrating radar, Pulse Velocity เป็นต้น



4.4.4 พื้นที่ที่พบความเสียหายบ่อย

ความเสถียรเป็นสิ่งสำคัญจึงต้องตรวจหาการเคลื่อนที่หรือการเคลื่อนตำแหน่งของโครงสร้างในรูปแบบต่าง ๆ ระหว่างการตรวจสอบโครงสร้างส่วนล่าง ปัญหาที่พบบ่อยที่สุดระหว่างการตรวจสอบหลักค้ำยันและปีกนกเกี่ยวข้องกับ

- **พื้นที่ที่มีการเคลื่อนตัว** - ประเภทการเคลื่อนตัวที่พบบ่อยที่สุดได้แก่:
 - การเคลื่อนตัวในแนวดิ่ง - เกิดขึ้นในรูปแบบของการทรุดตัวแบบสม่ำเสมอหรือทรุดตัวที่ต่างกัน สาเหตุที่พบบ่อยที่สุดของการเคลื่อนตัวในแนวดิ่ง ได้แก่ ความล้มเหลวในการรับน้ำหนักของดิน การรวมตัวของดิน การกัดเซาะ การเกิดโพรงด้านล่าง และการทรุดตัวจากเหมืองหรือสารละลาย
 - การเคลื่อนตัวด้านข้าง - สาเหตุที่พบบ่อยที่สุดของการเคลื่อนตัวด้านข้าง ได้แก่ ความลาดเอียง การรั่วซึม การเปลี่ยนแปลงลักษณะของดิน (เช่น การแข็งตัวของน้ำและน้ำแข็ง) และการรวมตัวตามเวลาของดินเดิม
 - การเคลื่อนตัวแบบหมุน - สาเหตุที่พบบ่อยที่สุดของการเคลื่อนตัวแบบหมุนคือการทรุดตัวที่แตกต่างกัน การเกิดโพรง การกัดเซาะ ความอึดตัวของดินถม การวิบัติของแบร็งดิน การพังทลายของดินถมตามด้านข้างของตอม่อ ตับริม และการออกแบบที่ไม่เหมาะสม
- **บริเวณที่มีความเครียดสูง (stress)** - บริเวณแผ่นรองรับคาน แรงแนวนอนทำให้เกิดโซนแรงเฉือนสูงที่ด้านล่างของผนังกันดิน และด้านล่างของตอม่อริม มองหารอยแตกในแนวทแยงในคอนกรีตและอิฐ ตรวจสอบชิ้นส่วนหลักสำหรับการโก่งงอหรือบิดเบี้ยว
- **บริเวณแผ่นรองรับคาน** - ประกอบด้วยบริเวณรับโครงสร้างส่วนบนสะพาน ตอม่อริม และจุดเชื่อมต่อฐานราก และพื้นที่ที่ฐานรากรองรับด้วยดินหรือฐานลึก ให้มองหาการบดหักการแตกร้าวหรือหลุดล่อนในคอนกรีตและอิฐ ตรวจสอบชิ้นส่วนหลักสำหรับการโก่งงอหรือบิดเบี้ยว
- **บริเวณที่เกิดแรงเฉือน** - แรงในแนวนอนทำให้เกิดแรงเฉือนสูงที่ด้านล่างของผนังกันดิน (backwall) และด้านล่างของตอม่อริม มองหารอยแตกในแนวทแยงในคอนกรีตและอิฐ ตรวจสอบชิ้นส่วนหลักสำหรับการโก่งงอหรือบิดเบี้ยว



- **บริเวณที่เกิดการตึงงอ** – โมเมนต์ดัดสูงที่เกิดจากแรงในแนวนอนเกิดขึ้นที่ด้านล่างของผนังกันดิน (backwall) และส่วนต่อม่อัดบรีม โมเมนต์ดัดสูงอาจเกิดขึ้นที่ปลายฐานรากและต่อม่อัดบรีม โมเมนต์ทำให้เกิดการบีบอัดและความตึงขึ้นอยู่กับประเภทน้ำหนักและตำแหน่งของแกนกลางของชิ้นส่วน มองหาการเสื่อมสภาพที่เกิดจากแรงกดมากเกินไปเนื่องจากแรงกดหรือแรงดึงที่เกิดจากโมเมนต์ดัด ตรวจสอบพื้นที่รับแรงอัดสำหรับการบดอัดคอนกรีต หรือการโก่งงอของเหล็ก ตรวจสอบส่วนประกอบแรงดึงสำหรับการแตกร้าวหรือบิดเบี้ยว
- **บริเวณที่มีการระบายน้ำ** – น้ำสามารถรั่วไหลผ่านรอยต่อบนพื้นสะพานได้ ให้ตรวจสอบพื้นที่ต่าง ๆ เช่น ผนังด้านหลังและที่ฐานรับตัวสะพานเพื่อหาการรั่วซึม สิ่งสกปรกและเศษซากสะสม สังเกตข้อบกพร่องของวัสดุที่เกิดจากการสัมผัสกับความชื้น เช่น การกัดกร่อนและการสูญเสียพื้นที่หน้าตัดบนเหล็ก การหลุดล่อน และการหลุดลอกของคอนกรีต ตรวจสอบเสาค้ำยันที่ระดับพื้นดินหรือระดับน้ำสำหรับการเสื่อมสภาพที่คล้ายกัน
- **พื้นที่ที่มีการจราจร** – ตรวจสอบความเสียหายจากการชนกันของยานพาหนะหรือเรือที่แล่นผ่าน ความเสียหายที่เกิดกับตอม่อริมหรือเสาคอนกรีตอาจรวมถึงการหลุดล่อนและการโผล่ของเหล็กเสริม และอาจสูญเสียพื้นที่หน้าตัดของเหล็กเสริม
- **พื้นที่ที่ซ่อมแซมก่อนหน้านี้** – ให้ตรวจสอบการซ่อมแซมใด ๆ ที่ได้ทำไปก่อนหน้านี้ อย่างละเอียด ตรวจสอบว่าพื้นที่ที่ซ่อมแซมอยู่ในสภาพที่ดีและทำงานอย่างถูกต้องหรือไม่ สำหรับส่วนประกอบคอนกรีต การซ่อมแซมและการปะอย่างมีประสิทธิภาพมักจะจำกัดเฉพาะการป้องกันการเสริมแรงแบบเปิดโล่งเท่านั้น
- **กัดเซาะและเป็นโพรงด้านล่าง** – การกัดเซาะคือการที่วัสดุหลุดออกจากใต้โครงสร้างหรือลำธารซึ่งเป็นผลมาจากการกัดเซาะของน้ำไหล การกัดเซาะอาจทำให้เกิดโพรงด้านล่างหรือวัสดุรองพื้นที่หายไปจากใต้ตอม่อหรือเสาเมื่อกระแสน้ำหรือแม่น้ำไหลเข้ามาใกล้



4.4.5 การประเมินความเสียหาย

เกณฑ์ประเมินระดับความเสื่อมสภาพของโครงสร้างส่วนล่างของสะพาน จะแสดงตามตารางที่ 4-11

ตารางที่ 4-11 เกณฑ์การแบ่งระดับการเสื่อมสภาพของโครงสร้างส่วนล่างของสะพาน

ระดับ	ลักษณะความเสียหายที่พบ	
N	☐	ไม่สามารถประเมินได้ หรือท่อลอดหรือช่องระบายน้ำในสะพาน
9	☐	ไม่พบความเสียหายที่สังเกตได้ชัดเจน
8	☐	พบรอยแตกเนื่องจากการหดตัว หรือการแช่เล็กน้อย หรือการหลุดล่อนที่ไม่ลึกถึงเหล็กเสริม
	☐	พบความเสียหายเล็กน้อยจากการชนที่ไม่ทำให้เกิดการเสียแนว และยังไม่ต้องการการซ่อมแซม
7	☐	พบรอยแตกร่วมกับการชะล้างหรือการหลุดล่อน แต่ไม่กระทบบริเวณที่รับแรงแบกทาน
	☐	การรั่วที่รอยต่อสะพานเริ่มทำให้เกิดรอยแตก
6	☐	มีการเสื่อมสภาพ การหลุดล่อน รอยแตก หรือการชะล้างปานกลาง แต่บริเวณที่รับแรงแบกทานไม่เสียหายหรือเสียหายเล็กน้อย
	☐	พบการกัดเซาะตื้น ๆ เฉพาะจุดบริเวณฐานราก
5	☐	คอนกรีตได้รับความเสียหายทำให้เหล็กเสริมโผล่
	☐	พบการกัดเซาะที่ทำให้ส่วนบนของฐานรากหรือเสาเข็มเริ่มโผล่
	☐	ไม่พบการเสียแนวหรือการทรุดตัว
4	☐	พบรอยแตกทางโครงสร้าง และมีการเสื่อมสภาพมาก
	☐	พบการกัดเซาะหรือการชะล้างด้านล่างของฐานรากเป็นบริเวณกว้าง
3	☐	มีการสูญเสียหน้าตัดรุนแรงบริเวณที่มีความเค้นวิกฤต
	☐	เหล็กเสริมโผล่และเกิดสนิมกัดกร่อนรุนแรง
	☐	พื้นที่รับแรงแบกทานมีการชำรุดเสียหายรุนแรง
	☐	พบการกัดเซาะหรือการชะล้างด้านล่างของฐานรากอย่างรุนแรงและส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพ
	☐	ไม่มีการทรุดตัวหรือมีการทรุดตัวเล็กน้อย
2	☐	แท่นคอนกรีตหัวเสาหลุดล่อนทำให้เหล็กเสริมหลักโผล่และสูญเสียแรงยึดเหนี่ยวกับคอนกรีต
	☐	ส่วนบนของแท่นหัวเสาตอม่อแยกตัว หรือเสาคอนกรีตมีการวิบัติเนื่องจากแรงเฉือน
	☐	มีการกัดเซาะที่ทำให้โครงสร้างส่วนล่างของสะพานใกล้วิบัติ
	☐	ตอม่อมีการทรุดตัว
1	☐	มีการสูญเสียหน้าตัดมากในส่วนที่วิกฤต หรือมีการเคลื่อนตัวแนวตั้งหรือราบที่ส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพ
0	☐	ไม่สามารถใช้งานสะพานได้ จำเป็นต้องเปลี่ยนโครงสร้างส่วนล่างของสะพาน

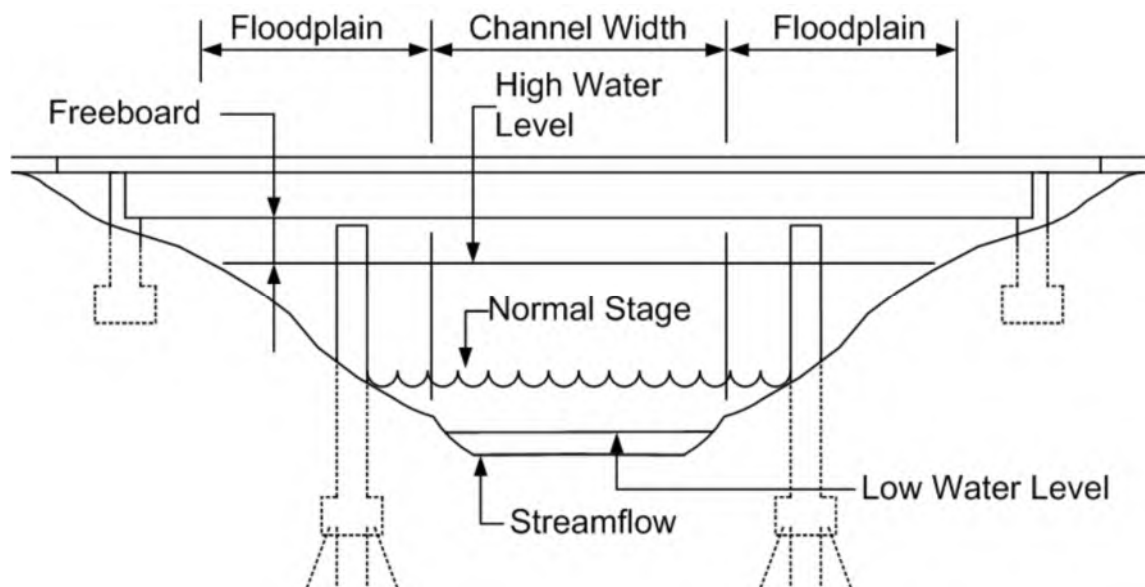


4.5 โครงสร้างส่วนลำน้ำและส่วนป้องกันลำน้ำ (Channel)

ตรวจสอบการไหลของน้ำผ่านช่องทางน้ำ ทางน้ำมีลักษณะเป็นพลวัต โดยมีปริมาณการไหลของกระแสน้ำ (Volume) และทิศทางการไหล (Path) เปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นควรตรวจสอบสะพานที่ผ่านทางน้ำอย่างรอบคอบ เพื่อหาผลกระทบจากสิ่งเปลี่ยนแปลงไปดังกล่าว การเก็บบันทึกประวัติของโปรไฟล์ร่องน้ำและภาพตัดขวาง เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับระดับปัจจุบันกับระดับเริ่มต้น โดยสังเกตการคดเคี้ยวของร่องน้ำทั้งต้นน้ำและปลายน้ำ รายงานตำแหน่งที่เอียงหรือไม่เหมาะสมของท่าเทียบเรือหรือหลักค้ำยันที่สัมพันธ์กับกระแสน้ำ

4.5.1 ส่วนประกอบโครงสร้างส่วนลำน้ำและส่วนป้องกันลำน้ำ

- 1) สภาพของลำน้ำ (Channel)
- 2) เสถียรภาพของกระแสน้ำ (Stream Stability)
- 3) หินทิ้ง (Riprap)
- 4) ลาดป้องกันตลิ่ง (Slope Protection)
- 5) อุปกรณ์ควบคุมกระแสน้ำ (Stream Control Device)
- 6) การสะสมของซากปรักหักพัง (Accumulation of drift) บนโครงสร้างส่วนบนและล่างของสะพาน



รูปที่ 4-35 แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของโครงสร้างส่วนลำน้ำและส่วนป้องกันลำน้ำ



4.5.2 รูปแบบของความเสียหาย

1. การกัดเซาะของลำน้ำ การกัดเซาะทางน้ำ คือการพัดพาวัสดุออกจากลำธารอันเป็นผลมาจากการกัดเซาะของกระแสน้ำ การกัดเซาะเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงในการประเมินผลกระทบของทางน้ำของสะพาน การหาการมีอยู่และขอบเขตของการกัดเซาะจะใช้ระบบตารางและสังเกตความลึกของร่องน้ำที่แต่ละจุดของช่องตาราง

อัตราการกัดเซาะจะแตกต่างกันไปตามวัสดุใต้น้ำ และอัตราการไหลของกระแสน้ำที่แตกต่างกัน สำหรับอัตราการไหลที่ถูกกำหนด วัสดุใต้ท้องน้ำจะถูกกัดเซาะจนถึงระดับความลึกสูงสุดในช่วงเวลาที่กำหนด ดังตัวอย่างข้างล่างที่ระบุวัสดุประเภทต่าง ๆ และอัตราการกัดเซาะที่สอดคล้องกัน

- หินแกรนิตหนาแน่น: 100 ปี
- หินปูน : ปี
- หินทรายและหินดินดาน: เดือน
- ดินเหนียว (ดินเหนียว): วัน
- ทรายและกรวด: ชั่วโมง

การกัดเซาะสะพานมี 3 รูปแบบที่พิจารณาในการประเมินความปลอดภัยของสะพาน

- 1) การรวมตัวและการสลายตัวของลำน้ำ เป็นการเปลี่ยนแปลงระดับความสูงในระยะยาวของท้องน้ำ การรวมตัวเป็นการสะสมทั่วไปและแบบก้าวหน้าของโปรไฟล์ตามยาวของท้องน้ำเนื่องจากการทับถมของตะกอน การสลายตัวของลำน้ำ คือ การลดระดับทั่วไปและแบบก้าวหน้า (หรือระยะยาว) ของท้องน้ำเนื่องจากการกัดเซาะ ตลอดความยาวของช่องน้ำ ปัจจัยที่อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับความสูงของลำธาร ได้แก่
 - การพัฒนาทรัพยากรน้ำ เช่น การผันน้ำต้นน้ำและเขื่อนต้นน้ำ
 - การเปลี่ยนแปลงการจัดตำแหน่งลำน้ำหรือขนาด
 - การทำให้เป็นเมืองของกลุ่มน้ำ (แปลงพื้นที่ทางธรรมชาติหรือเกษตรกรรมให้เป็นเมือง)



- 2) การกัดเซาะทั่วไป สามารถเกิดขึ้นได้ในเวลาอันสั้นตามเงื่อนไขที่เหมาะสม เป็นการลดระดับของท้องน้ำตลอดลำน้ำซึ่งอาจมีความสม่ำเสมอหรือไม่ก็ได้ ซึ่งหมายความว่าในบางส่วนอาจลึกกว่าในส่วนอื่น ๆ การกัดเซาะทั่วไปอาจเป็นผลมาจากการหดตัวของกรวดไหล ซึ่งจะส่งผลให้วัสดุไหลผ่านทั้งหมดหรือเกือบทั้งหมดของความกว้างของช่องหรือจากสภาวะการกัดเซาะทั่วไปอื่น ๆ เช่น การไหลรอบโค้ง ที่การกัดเซาะจะเข้มข้นใกล้ ด้านนอกของโค้ง
- 3) การกัดเซาะบริเวณตอม่อหรือเสากลางน้ำ จะเกิดขึ้นรอบ ๆ สิ่งกีดขวางที่วางอยู่ภายในลำธาร เช่น ตอม่อหรือเสากลางน้ำซึ่งทำให้เกิดความแรงของกระแสน้ำ และส่งผลให้เกิดการกัดเซาะเฉพาะที่

2. การเปลี่ยนแปลงลักษณะลำน้ำ

4.5.3 วิธีการตรวจสอบ

4.5.3.1 การตรวจสอบด้วยสายตา ให้สังเกตบริเวณใกล้สะพาน และพื้นที่น้ำท่วมขังด้วยข้อสังเกตนี้จะต้องทำในช่วงที่มีน้ำไหลมาก

4.5.3.2 การตรวจสอบทางกายภาพ หลังจากที่ผู้ตรวจสอบได้ตรวจสอบภาพทั่วไปโดยการตรวจสอบพื้นที่สะพานด้วยสายตาแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการหาการกัดเซาะโดยใช้ก้านวัดระดับ ซึ่งต้องใช้ความระมัดระวังในการกดก้านวัดลงในดินในลำธาร บางครั้งหลุมกัดเซาะจะเต็มไปด้วยตะกอนหลวม ตะกอนนี้อาจถูกชะล้างออกไปอย่างรวดเร็วในช่วงเวลาถัดไปของการไหลของกระแสน้ำสูง ทำให้เกิดการกัดเซาะเพิ่มเติม

4.5.3.3 วิธีตรวจสอบขั้นสูง เช่น การตรวจสอบใต้น้ำ (Underwater diving inspection)

4.5.4 พื้นที่ที่พบความเสียหายบ่อย

บริเวณลำน้ำใต้สะพาน

- 1) โครงสร้างส่วนล่าง
 - ความเสียหายบริเวณฐานราก
 - ตำแหน่งรอยความสูงของน้ำ
 - เศษซากบริเวณตอม่อและเสากลางน้ำ
 - ตรวจสอบความเสียหายส่วนป้องกันลำน้ำ



2) โครงสร้างส่วนบน

- สังเกตการณ์เคลื่อนตัวของโครงสร้างทั้งแนวดิ่งและแนวนอน
- ตรวจสอบดูว่าเศษซากหรือกิ่งไม้ติดโครงสร้างส่วนบนหรือไม่
- ตำแหน่งรอยความสูงของน้ำ
- ตรวจสอบเพื่อดูว่าโครงสร้างส่วนบนอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำท่วมที่ออกแบบหรือไม่

3) การป้องกันลำน้ำและมาตรการรับมือการกัดเซาะ

- ตรวจสอบความมั่นคง สภาพ และช่องว่างของอุปกรณ์ป้องกันตลิ่ง
- ตรวจสอบการแยกตัวของรอยต่อระหว่างการป้องกันเชิงลาด
- ตรวจสอบความมั่นคงและสภาพของอุปกรณ์ป้องกันตลิ่ง
- ตรวจสอบสภาพและการทำงานของหินทิ้ง (Riprap)

4) บริเวณลำน้ำ

- ตรวจสอบทางน้ำกับบริเวณน้ำท่วมถึง ถ้าทางน้ำมีความกว้างน้อยกว่าบริเวณน้ำท่วมขังและคาดว่าจะการไหลย้อนกลับจะมีขนาดใหญ่ มีโอกาสเกิดการกัดเซาะได้สูง
- ตรวจสอบการเสื่อมสภาพและประเภทของวัสดุที่ไหลผ่าน
- ตรวจสอบการกัดเซาะของลำน้ำ
- ตรวจสอบน้ำท่วมถึงบริเวณคอสะพานหรือไม่

บริเวณต้นน้ำและปลายน้ำของสะพาน

1) ตลิ่ง (Streambanks)

- เสถียร – มีความชันเล็กน้อย มีหญ้าปกคลุมด้วยต้นไม้เล็ก ๆ ตลิ่งยังอยู่ในสภาพที่ดีและไม่เสียหาย
- ไม่เสถียร – ตลิ่งถูกกัดเซาะ มีการเคลื่อนตัวด้านข้าง และการป้องกันทางลาดมีความเสียหาย

2) ลำน้ำ

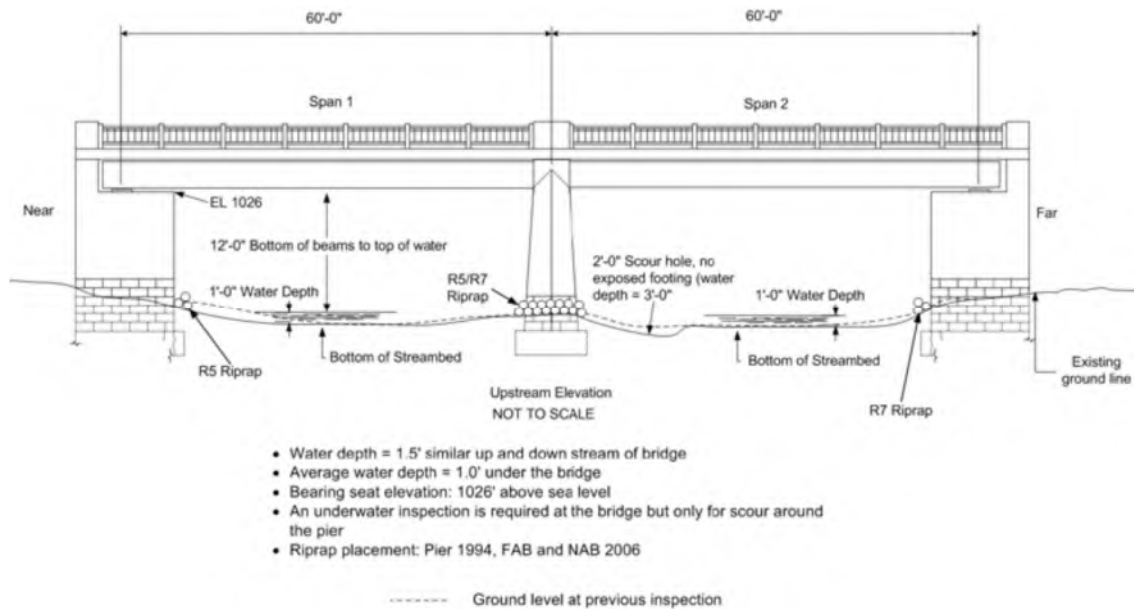
- ให้บันทึกสภาพกระแสน้ำ เช่น ระดับสูงหรือต่ำ ประมาณความเร็ว ทิศทาง และวัสดุของท้องน้ำ

3) บริเวณน้ำท่วมถึง

- ให้บันทึกขอบเขตบริเวณน้ำท่วมถึง



นอกจากนี้ให้มองหารอยระดับความสูงเดิมของน้ำ การเปลี่ยนแปลงในพื้นที่ระบายน้ำ รอยกัดเซาะ และการทรุดตัวของถนน ดังรูปที่ 4-36



รูปที่ 4-36 ตัวอย่างภาพร่างแสดงข้อมูลต่าง ๆ ในการตรวจสอบโครงสร้างส่วนล่างของสะพาน (Substructures) และช่องทางน้ำ (Channel)



4.5.5 การประเมินความเสียหาย

เกณฑ์ประเมินระดับความเสื่อมสภาพของโครงสร้างส่วนลำน้ำและส่วนป้องกันลำน้ำ
จะแสดงตามตารางที่ 4-12

ตารางที่ 4-12 เกณฑ์การแบ่งระดับการเสื่อมสภาพของโครงสร้างส่วนลำน้ำและส่วนป้องกันลำน้ำ

ระดับ	ลักษณะความเสียหายที่พบ	
N	☐	ไม่ใช่สะพานข้ามลำน้ำ
9	☐	ไม่พบความเสียหายชัดเจนที่จะกระทบต่อสภาพของลำน้ำ
8	☐	ชายฝั่งได้รับการป้องกันหรือมีพืชปกคลุมดี
	☐	เครื่องมือควบคุมลำน้ำ เช่น รอ (Spur dike) และการป้องกันดินคันทางอยู่ในสภาพปกติ
7	☐	ชายฝั่งและ/หรือลำน้ำมีปริมาณตะกอนที่ถูกพัดพามากน้อย
	☐	เครื่องมือควบคุมลำน้ำและการป้องกันดินคันทางมีความเสียหายเล็กน้อย
6	☐	ชายฝั่งเริ่มยุบตัว
	☐	เครื่องมือควบคุมลำน้ำและการป้องกันดินคันทางมีความเสียหายไม่มากแต่กระจายเป็นวงกว้าง
	☐	พบร่องรอยการเคลื่อนตัวของท้องน้ำเล็กน้อย มีซากปรักหักพังปริมาณไม่มากขวางลำน้ำ
5	☐	ชายฝั่งถูกกัดเซาะ
	☐	เครื่องมือควบคุมลำน้ำและการป้องกันดินคันทางมีความเสียหายมาก
	☐	มีต้นไม้และพุ่มไม้กีดขวางลำน้ำ
4	☐	มีการกัดเซาะรุนแรงได้ชายฝั่งและแนวการป้องกันดินคันทาง
	☐	เครื่องมือควบคุมลำน้ำมีความเสียหายรุนแรง มีการทับถมของซากปรักหักพังปริมาณมากในลำน้ำ
3	☐	การป้องกันดินคันทางวิบัติ
	☐	เครื่องมือควบคุมลำน้ำถูกทำลาย
	☐	ระดับท้องน้ำสูงขึ้น ต่ำลง หรือเคลื่อนตัวด้านข้างจนเป็นอันตรายต่อสะพานหรือถนนสะพาน
	☐	ช่องลำน้ำถูกปิดกั้นโดยเศษซากหรือตะกอน
2	☐	ขอบเขตของลำน้ำมีการเปลี่ยนแปลง
	☐	ลำน้ำมีการเสื่อมสภาพ หรือการเคลื่อนไหวด้านข้างจนถึงระดับที่สะพานใกล้วิบัติ
1	☐	ช่องลำน้ำวิบัติ การดำเนินการซ่อมบำรุงอาจทำให้สะพานสามารถกลับมาใช้งานได้
0	☐	ช่องลำน้ำวิบัติ ไม่สามารถใช้งานสะพานได้ จำเป็นต้องเปลี่ยนโครงสร้างส่วนลำน้ำ



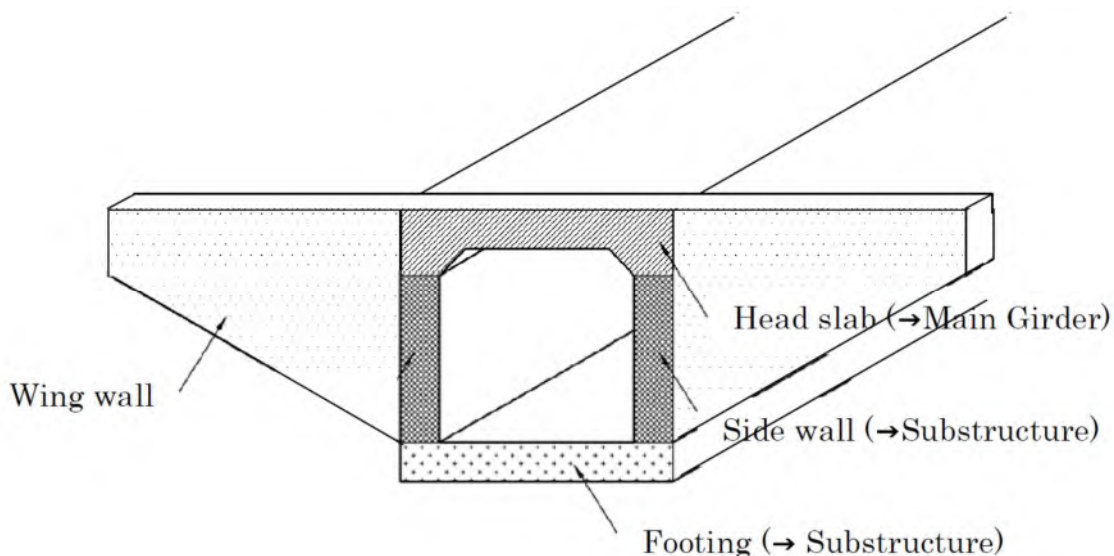
4.6 โครงสร้างส่วนท่ลอดหรือช่องระบายน้ำ (Culvert)

ท่ลอดหรือช่องระบายน้ำมักถูกมองว่าเป็นสะพานขนาดเล็ก โดยสร้างขึ้นด้านล่างทั้งหมด และเป็นอิสระกับพื้นถนน อย่างไรก็ตาม ท่ลอดไม่มีโครงสร้างพื้นสะพาน โครงสร้างส่วนบน หรือโครงสร้างส่วนล่าง ท่ลอดที่ยาว 20 ฟุตขึ้นไปถูกกำหนดให้เป็นสะพานตามคำจำกัดความของ NBIS ท่ระบายน้ำมีจุดประสงค์หลักคือเพื่อให้การไหลของน้ำเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

ในส่วนของท่ระบายน้ำ จะต้องตรวจสอบท่ระบายน้ำอย่างสม่ำเสมอเพื่อระบุปัญหาด้านความปลอดภัยที่อาจเกิดขึ้นและความจำเป็นในการบำรุงรักษา โดยจะต้องระบุตำแหน่งของท่, การทรุดตัว, รอยต่อ, สภาพชิ้นส่วน การกัดเซาะ และรายการอื่น ๆ ที่อาจเกี่ยวข้องกับท่ระบายน้ำ โดยระบุสถานการณ์ใช้งาน, ประเภทความเสียหาย และตำแหน่งที่เกิดความเสียหายอย่างละเอียด

4.6.1 ส่วนประกอบโครงสร้างส่วนท่ลอดหรือช่องระบายน้ำ

- 1) ช่องระบายน้ำ (Culvert)
- 2) หูช้าง (Integral Wingwall)
- 3) กำแพงม่าน (Curtain Wall)
- 4) ท่อ (Pipe)



รูปที่ 4-37 แสดงส่วนประกอบโครงสร้างส่วนท่ลอดหรือช่องระบายน้ำ



4.6.2 รูปแบบของความเสียหาย

เนื่องจากโครงสร้างส่วนล่างของสะพานส่วนมากของทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองเป็นโครงสร้างคอนกรีต ดังนั้นการเสื่อมสภาพของโครงสร้างจะอยู่ในลักษณะดังต่อไปนี้ รอยแตก (Cracking) การหลุดชะ (Scaling) การหลุดแยกออกเป็นแผ่น ๆ (Delamination) การหลุดล่อน (Spalling) การปนเปื้อนคลอไรด์ (Chloride contamination) คราบสีขาวบนผิวคอนกรีต (Efflorescence) ปฏิกิริยาอัลคาไล-ซิลิกา Alkali Silica Reactivity (ASR) การก่อตัวของเอทริงไนด์ (Ettringite formation) การเกิดรูพรุนเหมือนรังผึ้ง (Honeycombs) การหลุดออกเป็นเม็ด ๆ (Pop-outs) การสึกหรอ (Wear) ความเสียหายจากการถูกชน (Collision damage) ความเสียหายจากการสึกกร่อน (Abrasion) ความเสียหายที่เกิดจากการบรรทุกเกินน้ำหนักเกิน (Overload damage) การกัดกร่อนของเหล็กเสริม (Reinforcing steel corrosion) การเสื่อมสภาพของคอนกรีตอัดแรง (Prestressed concrete deterioration) คาร์บอนเนชั่น (Carbonation) ซึ่งได้อธิบายอย่างละเอียดในหัวข้อที่ 4.1.2

4.6.3 วิธีการตรวจสอบ

- 1) **การตรวจสอบด้วยสายตา** การตรวจสอบผิวคอนกรีตเพื่อหารอยแตกของพื้นผิว การหลุดล่อน และข้อบกพร่องอื่น ๆ ส่วนใหญ่เป็นกิจกรรมที่มองเห็นได้ พื้นผิวทั้งหมดของพื้นคอนกรีตจะได้รับการตรวจสอบด้วยสายตาอย่างใกล้ชิด
- 2) **การตรวจสอบทางกายภาพ** การใช้ค้อนเคาะฟังเสียงในการตรวจสอบคอนกรีตเพื่อระบุพื้นที่ที่มีการแยกตัวออกจากกัน บริเวณที่แยกเป็นแผ่นจะมีเสียงที่โดดเด่นเมื่อเคาะด้วยค้อน
- 3) **วิธีตรวจสอบขั้นสูง** เช่น Acoustic wave sonic, Ground-penetrating radar, Pulse Velocity เป็นต้น



4.6.4 พื้นที่ที่พบความเสียหายบ่อย

1) พื้นที่ที่มีการเคลื่อนตัว

- การเคลื่อนตัวในแนวดิ่ง สามารถเกิดขึ้นได้ในบริเวณที่มีการทรุดตัวสม่ำเสมอ หรือบริเวณที่มีการทรุดตัวที่แตกต่างกัน การทรุดตัวที่สม่ำเสมอมีผลเพียงเล็กน้อยต่อท่อลอด สำหรับบริเวณที่มีการทรุดตัวที่แตกต่างกันสามารถก่อให้เกิดความเสียหายอย่างรุนแรงซึ่งมีขนาดแตกต่างกันไปตามความยาวของช่วง ซึ่งอาจทำให้ท่อลอดแตกได้ สาเหตุทั่วไปของการเคลื่อนตัวในแนวดิ่ง ได้แก่ การพังทลายของดิน การรวมตัวของดิน การกัดเซาะ และการทรุดตัวจากการทำเหมืองหรือโพรงใต้ดิน สถานที่ที่จะตรวจสอบการเคลื่อนตัวในแนวดิ่ง ได้แก่
 - ราวสะพานเพื่อสังเกตการทรุดตัว
 - รอยแตกที่มีอยู่เดิมและรอยแตกใหม่บนทางเท้าหรือคอนกรีต
 - การกัดเซาะบริเวณฐานรากหรือฐานรากของท่อลอด
- การเคลื่อนตัวด้านข้าง เกิดขึ้นเมื่อแรงดันดินในแนวนอนที่กระทำกับผนังเกินแรงเสียดทานที่ยึดโครงสร้างไว้ สาเหตุทั่วไปของการเคลื่อนตัวด้านข้าง ได้แก่ ความลาดเอียง การรื้อซึม การเปลี่ยนแปลงลักษณะของดิน สถานที่ที่ตรวจสอบการเคลื่อนตัวด้านข้าง ได้แก่
 - การวางตัวทั่วไปของโครงสร้าง
 - การทรุดตัวของคอสะพาน
 - ท่อระบายน้ำอุดตันหรือไหลช้า
- การเคลื่อนตัวแบบหมุน โดยทั่วไปเป็นผลมาจากการทรุดตัวที่ไม่สมมาตรหรือการเคลื่อนตัวด้านข้างอันเนื่องมาจากแรงดันดินในแนวนอน สาเหตุทั่วไปคือ การกัดเซาะ ความอึดตัวของดิน และการออกแบบที่ไม่เหมาะสม สถานที่ที่ตรวจสอบการเคลื่อนตัวแบบหมุน ได้แก่ :
 - การวางตัวของผนังแนวดิ่ง
 - ท่อระบายน้ำอุดตันหรือไหลช้า
 - รอยแตก



- 2) **บริเวณแผ่นรองรับคาน** จะอยู่ในตำแหน่งที่พื้นดินรองรับฐานราก
- 3) **บริเวณที่เกิดแรงเฉือน** แรงแนวนอนและแนวตั้งอาจทำให้เกิดแรงเฉือนสูงในผนังท่อระบายหรือแผ่นพื้น
- 4) **บริเวณที่เกิดการคดงอ** เกิดจากแรงแนวนอนและแนวตั้งซึ่งเกิดขึ้นที่แผ่นคอนกรีตและผนังท่อลอด ช่วงเวลาเหล่านี้ทำให้เกิดแรงกดและแรงดึงขึ้นอยู่กัประเภที่น้ำหนักและตำแหน่งของแกนกลาง ให้มองหาข้อบกพร่องที่เกิดจากความเครียดมากเกินไป เนื่องจากการบีบอัดหรือความตึงเครียดที่เกิดจากโมเมนต์ดัด ตรวจสอบพื้นที่การบีบอัดสำหรับการแตก การบด หรือโก่งงอ ตรวจสอบบริเวณที่มีแรงดึงว่ามีรอยแตกร้าวหรือบิดเบี้ยวหรือไม่
- 5) **บริเวณที่มีการระบายน้ำ** ตรวจสอบการหลุดลอก การหลุดล่อน และการไหลของเหล็กเส้น นอกจากนี้ ให้ตรวจสอบส่วนบนและผนังของท่อระบายน้ำคอนกรีตด้วย เนื่องจากพื้นที่เหล่านี้มักถูกระบายน้ำที่พื้นผิวซึ่งมีเกลือจากถนน ซึ่งทำให้เสื่อมสภาพทางเคมีและทำลายผนัง
- 6) **พื้นที่ที่มีการจราจร** ตรวจสอบความเสียหายจากการชนกันของรถที่วิ่งผ่านบริเวณท่อระบายน้ำ ความเสียหายต่อท่อคอนกรีตอาจรวมถึงการหลุดล่อนและการไหลของเหล็กเสริม และอาจสูญเสียพื้นที่หน้าตัดของเหล็กเสริม
- 7) **บริเวณที่มีการกัดเซาะ** เป็นผลมาจากการกัดเซาะของน้ำไหล การกัดเซาะอาจทำให้เกิดการพังทลายของฐานรากใต้ท่อระบายน้ำ การตรวจสอบการกัดเซาะรวมถึงการตรวจสอบรอบทางเข้าและทางออกของท่อลอดเพื่อหาสัญญาณของการกัดเซาะ บางครั้งตะกอนจะเติมหลวมลงในรูกัดเซาะและไม่มีการป้องกันหรือความสามารถในการรับน้ำหนักสำหรับทางเข้าและทางออกของท่อระบายน้ำ



8) บริเวณรอยต่อ

- การกรองออก (Exfiltration) – เกิดขึ้นเมื่อรอยต่อรั่วทำให้น้ำไหลผ่านท่อระบายน้ำรั่วเข้าไปในวัสดุรองรับ การรั่วไหลเล็กน้อยอาจไม่ใช่ปัญหาสำคัญ แต่หากรอยรั่วมีส่วนทำให้เกิดหรือสูญเสียวัสดุรองรับ (เรียกอีกอย่างว่าท่อ) อาจเกิดการวางแนวที่ไม่ถูกต้องหรือการวิบัติอย่างร้ายแรง อาจตรวจพบรอยรั่วระหว่างการไหลต่ำด้วยสายตาและโดยการตรวจสอบบริเวณปลายท่อตลอด
- การซึม – เกิดขึ้นเมื่อน้ำไหลหรือซึมเข้าไปในท่อระบายน้ำผ่านรอยต่อแบบเปิด ซึ่งอาจช่วยให้ดินรองรับลงในท่อระบายน้ำได้ การแทรกซึมเกิดขึ้นเมื่อน้ำสูงกว่าช่องทางเข้าของท่อระบายน้ำ โดยที่น้ำจะซึมเข้าไปในท่อระบายน้ำ ซึ่งอาจทำให้เกิดการตกตะกอนและการเคลื่อนตัวไม่ตรงแนวได้หากน้ำมีอุณหภูมิของดินจากดินที่ถมเพิ่ม
- รอยแตก – รอยแตกหรือรอยร้าวตามขอบรอยต่อมักเป็นข้อบ่งชี้ว่ารอยต่อขยายนั้นเต็มไปด้วยวัสดุที่ไม่สามารถบีบอัดได้ หรือรอยต่อขยายหนึ่งข้อหรือมากกว่านั้นไม่ทำงาน รอยแตกยังอาจบ่งบอกถึงการจัดการที่ไม่เหมาะสมระหว่างการติดตั้งและการเคลื่อนย้ายหรือการหลุดตัวของส่วนท่อระบายน้ำ การเคลื่อนตัวระหว่างส่วนของท่อน้ำทิ้ง และรอยแตกเล็กน้อยหรือหลุดลอก อาจถือได้ว่าเป็นปัญหาเล็กน้อย การแตกร้าวอย่างรุนแรงที่รอยต่อจะคล้ายกับรอยต่อที่แยกจากกัน
- รอยต่อแยก – การตรวจสอบรอยต่อแยกให้สังเกตความกว้างของช่วงรอยต่อว่ามีความสม่ำเสมอหรือไม่ การแยกของรอยต่อมีความสำคัญเนื่องจากจะช่วยเร่งความเสียหายที่เกิดจากการกรองและการแทรกซึมของน้ำ ส่งผลให้เกิดการสึกกร่อนของดิน ให้สังเกตแนวที่วางตัวไม่ถูกต้องที่เกิดจากการเคลื่อนตัวตามยาวของดิน

9) บริเวณหุ้มข้าง ให้ตรวจสอบการหลุดตัวและการวางตัวในแนวดิ่งว่ามีลักษณะคงเดิมหรือไม่

4.6.5 การประเมินความเสียหายและเสื่อมสภาพ

เกณฑ์ประเมินระดับความเสื่อมสภาพของโครงสร้างส่วนท่อลอดหรือช่องระบายน้ำในสะพานจะแสดงตามตารางที่ 4-13



คู่มือการสำรวจ ตรวจสอบสะพาน และซ่อมบำรุงสะพาน

(M-Bridge Inspection & Maintenance Manual)

งานจ้างที่ปรึกษาเพื่อจัดทำระบบบริหารทรัพย์สิน

โครงสร้างพื้นฐานงานสะพาน (Bridge Management System)

ตารางที่ 4-13 เกณฑ์การแบ่งระดับการเสื่อมสภาพของโครงสร้างส่วนท่อลอดหรือช่องระบายน้ำในสะพาน

ระดับ	ลักษณะความเสียหายที่พบ	
N	☐	โครงสร้างที่ไม่ใช่ท่อลอดหรือช่องระบายน้ำในสะพาน
9	☐	ไม่พบความเสียหายที่สังเกตได้ชัดเจน
8	☐	พบรอยครูดเล็กน้อยจากการพัฒนา
7	☐	พบรอยร้าวจากการหดตัว การหลุดแซหรือการหลุดล่อนเล็กน้อยแต่ไม่มีการโผล่ของเหล็กเสริม
	☐	พบความเสียหายเล็กน้อยเนื่องจากการพัฒนาแต่ยังไม่เสียหายและไม่จำเป็นต้องแก้ไข
	☐	พบการกัดเซาะเล็กน้อยใกล้กำแพงด้าน ภูเขาหรือท่อ
6	☐	พบการเสื่อมสภาพหรือเริ่มสึกกร่อน หรือมีการปนเปื้อนของคลอไรด์เล็กน้อย
	☐	พบรอยแตกและการชะล้างบางส่วน หรือมีการหลุดล่อนบนกำแพงและพื้นคอนกรีต
	☐	พบการกัดเซาะเฉพาะจุดเล็กน้อยที่กำแพงด้าน ภูเขาหรือท่อ
5	☐	พบรอยแตกและการชะล้างเป็นวงกว้าง หรือมีการหลุดล่อนบนกำแพงและพื้นคอนกรีต
	☐	พบการหลุดตัว หรือพบการเสียหายเล็กน้อย
	☐	พบการกัดเซาะปานกลางที่กำแพงด้าน ภูเขาหรือท่อ
4	☐	พบรอยแตกกว้าง การหลุดล่อนขนาดใหญ่ การหลุดแซรุนแรง หรือเกิดขี้เกลือมาก
	☐	มีการสูญเสียดินถม (Backfill) ผ่านรอยต่อก่อสร้างแบบเปิด (Opened construction joint)
	☐	พบการหลุดตัวหรือการเสียหายชัดเจน หรือพบการกัดเซาะมากที่กำแพงด้าน ภูเขาหรือท่อ
3	☐	พบการเคลื่อนตัวรุนแรง การหลุดตัวไม่เท่ากันของชั้นส่วน หรือมีการสูญเสียดินถม
	☐	พบโหลงบนกำแพงหรือพื้น ภูเขาใกล้ขาดจากอุโมงค์ระบายน้ำ
	☐	พบการกัดเซาะรุนแรงที่กำแพงด้าน ภูเขาหรือท่อ
2	☐	หุบข้างวิบัติ มีการหลุดตัวรุนแรงของถนนสะพานเนื่องจากการสูญเสียดินถม
	☐	พบการกัดเซาะรุนแรงที่กำแพงด้าน ภูเขาหรือท่อ
	☐	ส่วนของท่อลอดอาจวิบัติและไม่สามารถรองรับดินคันทาง (Embankment)
1	☐	ท่อลอดวิบัติ การดำเนินการซ่อมบำรุงอาจทำให้กลับมาใช้งานได้อีกครั้ง
0	☐	ท่อลอดวิบัติ ไม่สามารถใช้งานได้ จำเป็นต้องเปลี่ยนโครงสร้างส่วนท่อลอดหรือช่องระบายน้ำ



4.7 การค้นพบวิกฤต Critical Findings และความเสียหายที่ร้ายแรง

การสำรวจเพื่อค้นหาการค้นพบวิกฤต Critical Findings โดยการค้นพบวิกฤตนี้จะระบุว่ามี ความบกพร่องที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้าง หรือ เป็นอันตรายต่อความปลอดภัยอย่างร้ายแรงหรือไม่ ซึ่งจะต้องมีการตรวจสอบหรือดำเนินการติดตามผลทันที

การค้นพบวิกฤต หมายถึง ความบกพร่องด้านโครงสร้าง หรือ ความปลอดภัยที่ค้นพบในระหว่างการตรวจสอบสะพานหลัก การตรวจสอบกรณีพิเศษ หรือการตรวจสอบแบบฉุกเฉิน ซึ่งต้องมี การติดตามผลทันทีหรือการดำเนินการติดตามผลทันที จุดประสงค์หลักของการค้นพบวิกฤต คือ การนำจุดบกพร่องเหล่านั้นมารายงานสู่ฝ่ายที่รับผิดชอบและดำเนินการทันทีเพื่อฟื้นฟูสภาพการบริการของสะพาน หรือ ปกป้องประชาชนที่เดินทางโดยใช้สะพานนั้น

การค้นพบวิกฤต คือ สภาพโครงสร้างใด ๆ ก็ตาม หากไม่แก้ไขโดยทันที อาจส่งผลให้เกิดการพังทลาย หรือความล้มเหลวบางส่วนของสะพานหรือท่อระบายน้ำ ซึ่งไม่จำกัดเฉพาะสิ่งที่พบในระหว่างการตรวจสอบตามกำหนดการ และอาจรวมถึงความเสียหายจากผลกระทบต่อการจราจรหรือความเสียหายจากน้ำท่วม อาจจำเป็นต้องจำกัดการจราจรจนกว่าจะสามารถทำการประเมินเพิ่มเติม หรือ จนกว่าสถานการณ์จะได้รับการแก้ไข การค้นพบวิกฤตควรมีการจัดทำเป็นเอกสารอย่างละเอียดต้องแจ้งให้วิศวกร และเจ้าของสะพานทราบทันที

อันตรายด้านความปลอดภัยที่ร้ายแรง หมายถึง สภาวะที่ไม่เกี่ยวกับโครงสร้างหลักแต่สามารถก่อให้เกิดอันตรายด้านความปลอดภัยและต้องได้รับการแก้ไขทันที ตัวอย่าง ได้แก่ ราว หรือ รั้วสะพานที่เสียหายอย่างรุนแรง หรือ คอนกรีตหลวมบนทางเท้า อันตรายด้านความปลอดภัยที่ร้ายแรงควรรายงานทันทีไปยังผู้ดูแล และเจ้าของสะพาน

เมื่อตรวจพบความเสียหายร้ายแรงซึ่งจำเป็นต้องดำเนินการฉุกเฉิน ความจำเป็นของการดำเนินการฉุกเฉินของสะพานดังกล่าวควรได้รับการตัดสินใจที่ไซต์ทันที การตัดสินใจดังกล่าวไม่ได้ขึ้นอยู่กับดัชนีสุขภาพ การค้นพบวิกฤตเป็นความรับผิดชอบของผู้ตรวจสอบสะพานที่จะต้องบันทึก ประเมิน และแจ้งต่อเจ้าของสะพาน

การสำรวจและรายงานต้องให้คำอธิบายโดยละเอียดและรูปภาพของการค้นพบวิกฤต ซึ่งเพียงพอต่อการบันทึกข้อกังวลด้านความปลอดภัยหรือโครงสร้าง รวบรวมบันทึกการดำเนินการเพื่อแก้ไข หรือ ติดตามการค้นพบวิกฤต และเป็นความรับผิดชอบของเจ้าของสะพานในการตอบสนอง เพื่อปกป้องประชาชน และแก้ไขข้อบกพร่องอย่างเหมาะสมและทันเวลาที่ เจ้าของสะพานต้องแจ้งกรมทางหลวงเกี่ยวกับสถานการณ์ และการดำเนินการเพื่อแก้ไขปัญหา รวมถึงการติดตามผลการค้นพบวิกฤต เจ้าของสะพานต้องรายงานความคืบหน้าให้กับกรมทางหลวงเป็นระยะ ๆ จนกว่าข้อบกพร่องจะถูกปรับปรุงแก้ไข



4.7.1 การบังคับใช้การค้นพบวิกฤต

การค้นพบวิกฤตถูกกำหนดไว้ใน NBIS ว่าเป็น "ข้อบกพร่องที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างหรือความปลอดภัยที่ต้องมีการดำเนินการติดตามผลทันทีหรือการตรวจสอบ" เกณฑ์ต่อไปนี้ใช้เพื่อกำหนดการค้นพบวิกฤต

- การจัดอันดับเงื่อนไข (Condition Rating) คะแนนเท่ากับ 3 หรือน้อยกว่าสำหรับโครงสร้างใดโครงสร้างหนึ่งของ พื้นสะพาน (58), โครงสร้างส่วนบน (59), โครงสร้างส่วนล่าง (60), โครงสร้างส่วนลำน้ำและส่วนป้องกันลำน้ำ (61) หรือโครงสร้างส่วนท่อลอดหรือช่องระบายน้ำ (62)
- คะแนนเท่ากับ 2 หรือน้อยกว่าสำหรับรายการการกัดเซาะสะพาน (113)
- คำแนะนำในการใช้ป้ายจำกัดน้ำหนักรถบรรทุกใหม่หรือปรับข้อมูลใหม่ที่ระบุน้ำหนักบรรทุกที่ต่ำกว่าเดิม หรือป้ายน้ำหนักอื่น ๆ เช่นป้ายสัญญาณขาดหายไปหรือไม่ถูกต้อง (คำแนะนำในการนำป้ายจำกัดน้ำหนักรถบรรทุกออกหรือเพิ่มน้ำหนักรถบรรทุกไม่ใช่เหตุผลสำหรับการค้นพบวิกฤต อย่างไรก็ตาม หากมีป้ายสัญญาณขาดหายไปและคำแนะนำสำหรับการจำกัดน้ำหนักรถบรรทุกที่สูงขึ้นซึ่งมาพร้อมกับสะพาน นั้นจะถือเป็นการค้นพบวิกฤต)

4.7.2 การสังเกตภาคสนาม

- 1) สะพานพังบางส่วนหรือทั้งหมด
- 2) โครงสร้างหรือข้อบกพร่องอื่น ๆ ที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อความปลอดภัยสาธารณะที่ชัดเจน
- 3) ข้อบกพร่องของการกัดกร่อนอย่างรุนแรง
- 4) การเสื่อมสภาพอย่างรุนแรงขององค์ประกอบโครงสร้างหลัก
- 5) ข้อบกพร่องด้านความปลอดภัยอื่น ๆ ที่เกิดจากการเคลื่อนตัวของโลก ภัยธรรมชาติ ผลกระทบจากการจลาจล ฯลฯ



4.7.3 ขั้นตอนการค้นพบวิกฤต

- 1) ผู้ตรวจสอบที่ค้นพบข้อค้นพบวิกฤตจะต้องรายงานการค้นพบดังกล่าวต่อผู้จัดการโครงการตรวจสอบสะพานทันที และแจ้งเจ้าของสะพานที่รับผิดชอบให้ปิดสะพานทันที หรือปิดกั้นสะพานบางส่วนโดยรอผลการตรวจสอบอย่างใกล้ชิด
- 2) ผู้ตรวจสอบต้องกรอกรายงานการตรวจสอบความเสียหายของสะพานโดยอธิบายข้อค้นพบวิกฤต และส่งสำเนาไปยังผู้จัดการโครงการตรวจสอบสะพานและเจ้าของสะพานภายใน 48 ชั่วโมง หลังจากพบ

เมื่อมีการค้นพบวิกฤตลำดับถัดไปจะต้องได้รับการตรวจสอบแบบฉุกเฉินเพื่อที่จะได้ทำการซ่อมบำรุงตามความเสียหายที่เกิดขึ้นอย่างเหมาะสม



แบบบันทึกความเสียหายวิกฤต

Critical Finding Report

ชื่อสะพาน.....รหัสสะพาน.....
ส่วนประกอบสะพาน.....รหัสส่วนประกอบสะพาน.....
ชิ้นส่วนสะพาน.....สถานะ.....
หมวด.....จังหวัด.....อื่นๆ.....

คำอธิบายลักษณะความเสียหายวิกฤตที่พบ (รวมถึงวันและเวลาที่เกิดความเสียหาย รูปภาพความเสียหาย)
การปฏิบัติการเบื้องต้นเพื่อรับรองความปลอดภัยต่อสาธารณะ
แผนปฏิบัติการ
หมายเหตุ

ผู้สำรวจ.....

วันที่สำรวจ...../...../.....

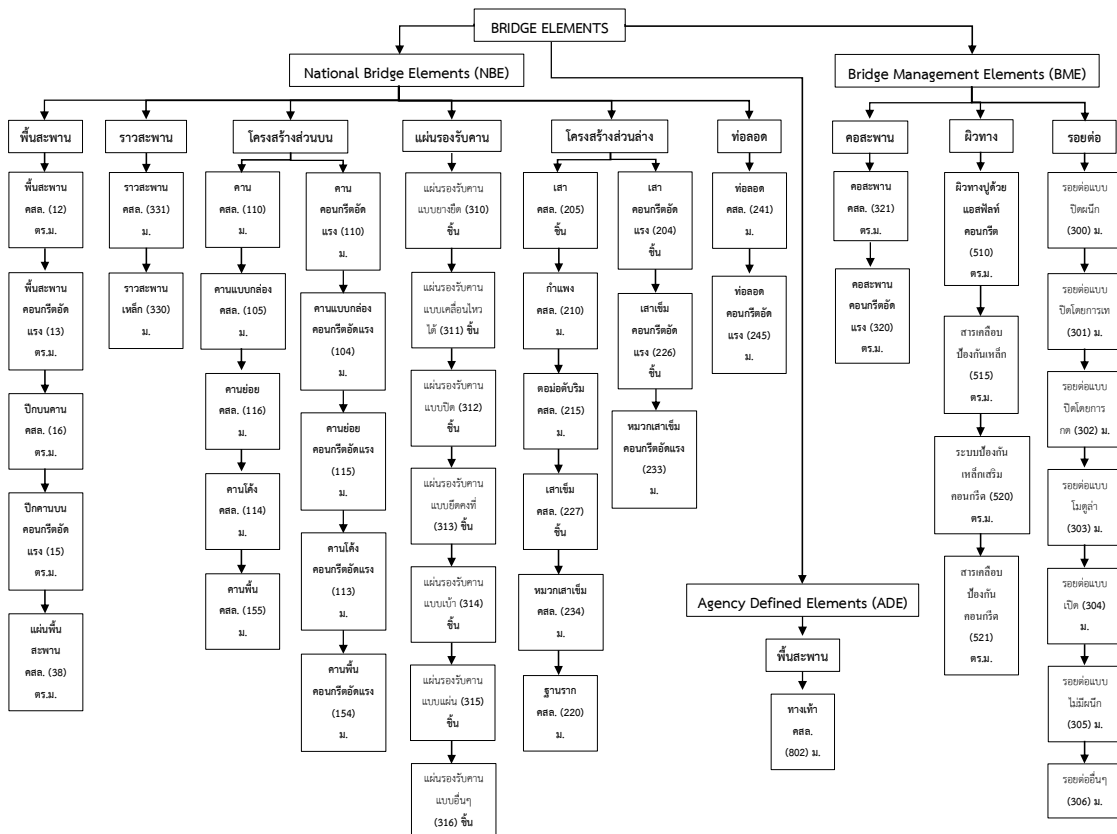
รูปที่ 4-38 แสดงเอกสารในการบันทึกค้นพบวิกฤต Critical Findings



4.8 การตรวจสอบกรณีพิเศษ (In – Depth Inspection)

การตรวจสอบกรณีพิเศษ (In – Depth Inspection) จะดำเนินการหลังจากได้ทำการตรวจสอบหลัก (Principal Inspection) แล้วพบสะพานที่มีค่า S.R. มากกว่าหรือเท่ากับ 50 แต่น้อยกว่า 80 จะถูกนำมาสำรวจความเสียหายแบบกรณีพิเศษ ซึ่งขั้นตอนต่อไปผู้ทำการสำรวจต้องนำข้อมูลเหล่านั้นมาประเมินความเสียหาย มาตรฐาน AASHTO ได้รวบรวมความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้ในแต่ละชั้นส่วนของส่วนประกอบสะพาน ทั้ง NBEs BMEs และ ADEs ในการประเมินความเสียหายนั้น AASHTO ได้แบ่งระดับความเสียหายออกเป็น 4 ระดับ คือ Condition States 1 – GOOD สภาพดี Condition States 2 – FAIR สภาพพอใช้ Condition States 3 – POOR สภาพบกพร่อง และ Condition States 4 – SEVERE สภาพรุนแรง โดยในแต่ละระดับความเสียหายมีเกณฑ์การประเมินชัดเจนซึ่งทำให้ผู้ทำการสำรวจสามารถประเมินระดับความเสียหายตามสภาพความเสียหายของแต่ละชั้นส่วนได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

การตรวจสอบแต่ละชั้นส่วนของสะพานสำหรับโครงการงานบริหารโครงสร้างพื้นฐานงานสะพานบนโครงข่ายทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง (M-BMMS) จะทำการตรวจสอบชั้นส่วนของสะพานอ้างอิงตาม National Bridge Elements, Bridge Management Elements, และ Agency Defined Elements ตามรูปที่ 4-39 ในการเก็บข้อมูลของแต่ละชั้นส่วนสะพานจะเก็บข้อมูลแยกตามประเภทวัสดุ และเก็บข้อมูลปริมาณของแต่ละชั้นส่วนสะพานดังแสดงในตารางที่ 4-14



รูปที่ 4-39 แสดงชิ้นส่วนของสะพานที่ต้องได้รับการตรวจสอบ



ตารางที่ 4-14 ระบุรหัสชิ้นส่วนสะพานตามชนิดของวัสดุและโครงสร้าง

1. National Bridge Elements

1.1 โครงสร้างส่วนพื้นสะพาน (Deck)

องค์ประกอบ	หน่วย	คอนกรีตอัดแรง	คสล.
พื้นสะพาน (Deck)	ตร.ม.	13	12
ปีกบนคาน (Deck-Top Flange)	ตร.ม.	15	16
แผ่นพื้นสะพาน (Slab)	ตร.ม.		38

1.2 ราวสะพาน (Bridge Railings)

องค์ประกอบ	หน่วย	เหล็ก	คสล.
ราวสะพาน (Bridge Railing)	เมตร	330	331

1.3 โครงสร้างส่วนบนของสะพาน (Superstructure)

องค์ประกอบ	หน่วย	คอนกรีตอัดแรง	คสล.
คาน (Beam/Girder)	เมตร	109	110
คานแบบกล่อง (Box Girder)	เมตร	104	105
คานย่อย (Stinger)	เมตร	115	116
คานโค้ง (Arch)	เมตร	143	144
คานพื้น (Floor Beam)	เมตร	154	155



ตารางที่ 4-14 ระบุรหัสขึ้นส่วนสะพานตามชนิดของวัสดุและโครงสร้าง (ต่อ)

1.4 แผ่นรองรับคาน (Bearing)

องค์ประกอบ	หน่วย	หมายเลขขององค์ประกอบ
แผ่นรองรับคานแบบยางยืด (Elastomeric Bearing)	ชิ้น	310
แผ่นรองรับคานแบบเคลื่อนไหวได้ (Moveable Bearing)	ชิ้น	311
แผ่นรองรับคานแบบปิด (Enclosed/Concealed Bearing)	ชิ้น	312
แผ่นรองรับคานแบบยึดคงที่ (Fixed Bearing)	ชิ้น	313
แผ่นรองรับคานแบบเบ้า (Pot Bearing)	ชิ้น	314
แผ่นรองรับคานแบบแผ่น (Disk Bearing)	ชิ้น	315
แผ่นรองรับคานแบบอื่น ๆ (Other Bearing)	ชิ้น	316

1.5 โครงสร้างส่วนล่างของสะพาน (Substructure)

องค์ประกอบ	หน่วย	คอนกรีตอัดแรง	คสล.
เสา (Column)	ชิ้น	204	205
กำแพงตอม่อ (Pier Wall)	เมตร		210
ตอม่อริม (Abutment)	เมตร		215
เสาเข็ม (Pile)	ชิ้น	226	227
หมวกเสาเข็ม (Pile Cap)	เมตร	233	234
ฐานราก (Footing)	เมตร		220

1.6 ท่อลอด (Culvert)

องค์ประกอบ	หน่วย	คอนกรีตอัดแรง	คสล.
ท่อลอดหรือช่องระบายน้ำ (Culvert)	เมตร	245	241



ตารางที่ 4-14 ระบุรหัสชิ้นส่วนสะพานตามชนิดของวัสดุและโครงสร้าง (ต่อ)

2. Bridge Management Elements

2.1 รอยต่อ (Joints)

องค์ประกอบ	หน่วย	หมายเลข องค์ประกอบ
รอยต่อเพื่อขยายแบบปิดผนึก (Strip seal expansion joint)	เมตร	300
รอยต่อแบบปิดโดยการเท (Pourable joint seal)	เมตร	301
รอยต่อแบบปิดโดยการกด (Compression joint seal)	เมตร	302
รอยต่อเพื่อขยายแบบโมดูลาร์ (Assembly joint/seal, Modular)	เมตร	303
รอยต่อเพื่อขยายแบบเปิด (Open expansion joint)	เมตร	304
รอยต่อแบบไม่มีผนึก (Assembly joint without seal)	เมตร	305
รอยต่ออื่น ๆ (Other joint)	เมตร	306

2.2 คอสะพาน (Approach slab)

องค์ประกอบ	หน่วย	คอนกรีตอัดแรง	คสล.
คอสะพาน (Approach slab)	ตร.ม.	320	321

2.3 ผิวทาง สารเคลือบป้องกันเหล็ก และระบบป้องกันเหล็กเสริมคอนกรีต (Wearing surfaces, Protective coatings and Concrete reinforcing steel protective systems)

องค์ประกอบ	หน่วย	หมายเลข องค์ประกอบ
ผิวทางปูด้วยแอสฟัลท์คอนกรีต (Wearing surfaces)	ตร.ม.	510
สารเคลือบป้องกันเหล็ก (Steel protective coating)	ตร.ม.	515
ระบบป้องกันเหล็กเสริมคอนกรีต (Concrete reinforcing steel protective system)	ตร.ม.	520
สารเคลือบป้องกันคอนกรีต (Concrete protective coating)	ตร.ม.	521



ตารางที่ 4-14 ระบุรหัสขึ้นส่วนสะพานตามชนิดของวัสดุและโครงสร้าง (ต่อ)

3. Agency Defined Elements (800+)

3.1 Deck and Slab

องค์ประกอบ	หน่วย	คสล.
ทางเท้า (Curbs/Sidewalk)	เมตร	802

ในการเก็บรวบรวมความเสียหายในแต่ละชิ้นส่วนของสะพานนั้นความเสียหายจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่ใช้ ยกตัวอย่าง เช่น พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กจะมีความเสียหายที่เกิดขึ้นได้แก่การหลุดล่อน การกะเทาะออกของคอนกรีต พื้นที่ย่อยปะ รอยร้าว และความเสียหายที่เกิดจากอุบัติเหตุหรือภัยธรรมชาติ เป็นต้น ตามตารางที่ 4-15 ความเสียหายในแต่ละแบบนี้ จะถูกอธิบายตามเกณฑ์ระดับความเสียหายออกเป็น 4 ระดับดังที่ได้กล่าวไว้ก่อนหน้านี้ จะแสดงดังตารางที่ 4-16



คู่มือการสำรวจ ตรวจสอบสะพาน และซ่อมบำรุงสะพาน

(M-Bridge Inspection & Maintenance Manual)

งานจ้างที่ปรึกษาเพื่อจัดทำระบบบริหารทรัพย์สิน

โครงสร้างพื้นฐานงานสะพาน (Bridge Management System)

ตารางที่ 4-15 ระบุความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับชิ้นส่วนสะพานตามชนิดของวัสดุและโครงสร้าง

โครงสร้าง	ชิ้นส่วนของสะพาน	ความเสียหาย
พื้นสะพาน (Deck)	พื้นสะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก (ELEMENT 12)	การหลุดล่อน/ การกระเทาะออกของคอนกรีต/ พื้นที่รอยปะ (1080)
		การไหลของเหล็กเสริม (1090)
		รอยเปื้อน/ คราบสนิม (1120)
		รอยแตก (1130)
		รอยลึก (1190)
		ความเสียหาย (7000)
	พื้นสะพานคอนกรีตอัดแรง (ELEMENT 13) ปีกบนคานคอนกรีตอัดแรง (ELEMENT 15)	การไหลของเหล็กเสริม (1090)
		การไหลของลวดอัดแรง (1100)
		รอยแตก (1110)
		รอยเปื้อน/ คราบสนิม (1120)
		รอยลึก (1190)
		ความเสียหาย (7000)
ราวสะพาน (Bridge railings)	ราวสะพานเหล็ก (ELEMENT 330)	การกัดกร่อน (1000)
		รอยแตกจากความล้า (1010)
		การเชื่อมต่อ (1020)
		การบิด (1900)
		ความเสียหาย (7000)
	ราวสะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก (ELEMENT 331)	การหลุดล่อน/ การกระเทาะออกของคอนกรีต/ พื้นที่รอยปะ (1080)
		การไหลของเหล็กเสริม (1090)
		รอยเปื้อน/ คราบสนิม (1120)
		รอยแตก (1130)
		รอยลึก (1190)
		ความเสียหาย (7000)



ตารางที่ 4-15 ระบุความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับชิ้นส่วนสะพานตามชนิดของวัสดุและโครงสร้าง (ต่อ)

โครงสร้าง	ชิ้นส่วนของสะพาน	ความเสียหาย
โครงสร้างส่วนบน (Superstructure)	คานคอนกรีตเสริมเหล็ก (ELEMENT 110)	การหลุดล่อน/ การกระเทาะออกของ คอนกรีต/ พื้นที่รอยปะ (1080)
	คานคอนกรีตเสริมเหล็กรูปกล่อง (ELEMENT 105)	การโผล่ของเหล็กเสริม (1090)
	คานย่อยคอนกรีตเสริมเหล็ก (ELEMENT 116)	รอยเปื้อน/ คราบสนิม (1120)
	คานพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (ELEMENT 155)	รอยแตก (1130)
		ความเสียหาย (7000)
	คานคอนกรีตอัดแรงแผ่นเอวปิด หรือ คานคอนกรีต อัดแรงรูปกล่อง (ELEMENT 104)	การหลุดล่อน/ การกระเทาะออกของ คอนกรีต/ พื้นที่รอยปะ (1080)
	คานคอนกรีตอัดแรงแผ่นเอวเปิด (ELEMENT 109)	การโผล่ของเหล็กเสริม (1090)
	คานขอยคอนกรีตอัดแรง (ELEMENT 115)	การโผล่ของลวดอัดแรง (1100)
	คานพื้นคอนกรีตอัดแรง (ELEMENT 154)	รอยแตก (1110)
		รอยเปื้อน/ คราบสนิม (1120)
		ความเสียหาย (7000)
	คานโค้งคอนกรีตอัดแรง (ELEMENT 143)	การหลุดล่อน/ การกระเทาะออกของ คอนกรีต/ พื้นที่รอยปะ (1080)
		การโผล่ของเหล็กเสริม (1090)
		การโผล่ของลวดอัดแรง (1100)
		รอยแตก (1110)
		รอยเปื้อน/ คราบสนิม (1120)
		รอยสึก (1190)
		ความเสียหาย (7000)
	คานโค้งคอนกรีตเสริมเหล็ก (ELEMENT 144)	การหลุดล่อน/ การกระเทาะออกของ คอนกรีต/ พื้นที่รอยปะ (1080)
		การโผล่ของเหล็กเสริม (1090)
		รอยเปื้อน/ คราบสนิม (1120)
		รอยแตก (1130)
		รอยสึก (1190)
		ความเสียหาย (7000)



ตารางที่ 4-15 ระบุความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับชิ้นส่วนสะพานตามชนิดของวัสดุและโครงสร้าง (ต่อ)

โครงสร้าง	ชิ้นส่วนของสะพาน	ความเสียหาย
แผ่นรองรับคาน (Bearings)	แผ่นรองรับคานแบบยางยืด (ELEMENT 310)	การกัดกร่อน (1000)
		การเชื่อมต่อ (1020)
		การเคลื่อนไหว (2210)
		การวางตำแหน่ง (2220)
		โปนออก แตกแยก หรือฉีกขาด (2230)
		การสูญเสียพื้นที่หน้าตัด (2240)
		ความเสียหาย (7000)
	แผ่นรองรับคานแบบเคลื่อนไหวได้ (ELEMENT 311)	การกัดกร่อน (1000)
		การเชื่อมต่อ (1020)
		การเคลื่อนไหว (2210)
		การวางตำแหน่ง (2220)
		การสูญเสียพื้นที่หน้าตัด (2240)
		ความเสียหาย (7000)
โครงสร้างส่วนล่าง (Substructure)	เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก (ELEMENT 205)	การหลุดล่อน/ การกระเทาะออกของคอนกรีต/ พื้นที่รอยปะ (1080)
		การไหลของเหล็กเสริม (1090)
		รอยเปื้อน/ คราบสนิม (1120)
		รอยแตก (1130)
		การเสียดสี/การสึกหรอ (PSC/RC) (1190)
		การทรุดตัว (4000)
		กัดเซาะ (6000)
		ความเสียหาย (7000)
	กำแพงคอนกรีตเสริมเหล็ก (ELEMENT 210)	การไหลของเหล็กเสริม (1090)
		รอยเปื้อน/ คราบสนิม (1120)
	ตอม่อคานคอนกรีตเสริมเหล็ก (ELEMENT 215)	การหลุดล่อน/ การกระเทาะออกของคอนกรีต/ พื้นที่รอยปะ (1080)
		การไหลของเหล็กเสริม (1090)
	เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็ก (ELEMENT 227)	การหลุดล่อน/ การกระเทาะออกของคอนกรีต/ พื้นที่รอยปะ (1080)
		การไหลของเหล็กเสริม (1090)
	ฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก (ELEMENT 220)	การหลุดล่อน/ การกระเทาะออกของคอนกรีต/ พื้นที่รอยปะ (1080)
		การไหลของเหล็กเสริม (1090)



ตารางที่ 4-15 ระบุความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับชิ้นส่วนสะพานตามชนิดของวัสดุและโครงสร้าง (ต่อ)

โครงสร้าง	ชิ้นส่วนของสะพาน	ความเสียหาย
โครงสร้างส่วนล่าง (Substructure)	หมวกเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็ก (ELEMENT 234)	การหลุดล่อน/ การกระเทาะออกของคอนกรีต/ พื้นที่รอยปะ (1080)
		การโผล่ของเหล็กเสริม (1090)
		รอยเปื้อน/ คราบสนิม (1120)
		รอยแตก (1130)
		ความเสียหาย (7000)
	เสาคอนกรีตอัดแรง (ELEMENT 204)	การหลุดล่อน/ การกระเทาะออกของคอนกรีต/ พื้นที่รอยปะ (1080)
		การโผล่ของเหล็กเสริม (1090)
		การโผล่ของลวดอัดแรง (1100)
		รอยแตก (1110)
		รอยเปื้อน/ คราบสนิม (1120)
		รอยสี (1190)
		การทรุดตัว (4000)
		กัดเซาะ (6000)
		ความเสียหาย (7000)
	เสาเข็มคอนกรีตอัดแรง (ELEMENT 226)	การหลุดล่อน/ การกระเทาะออกของคอนกรีต/ พื้นที่รอยปะ (1080)
		การโผล่ของเหล็กเสริม (1090)
		การโผล่ของลวดอัดแรง (1100)
		รอยแตก (1110)
		รอยเปื้อน/ คราบสนิม (1120)
	หมวกเสาเข็มคอนกรีตอัดแรง (ELEMENT 233)	การหลุดล่อน/ การกระเทาะออกของคอนกรีต/ พื้นที่รอยปะ (1080)
		การโผล่ของเหล็กเสริม (1090)
		การโผล่ของลวดอัดแรง (1100)
		รอยแตก (1110)
		รอยเปื้อน/ คราบสนิม (1120)
		ความเสียหาย (7000)



คู่มือการสำรวจ ตรวจสอบสะพาน และซ่อมบำรุงสะพาน

(M-Bridge Inspection & Maintenance Manual)

งานจ้างที่ปรึกษาเพื่อจัดทำระบบบริหารทรัพย์สิน

โครงสร้างพื้นฐานงานสะพาน (Bridge Management System)

ตารางที่ 4-15 ระบุความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับชิ้นส่วนสะพานตามชนิดของวัสดุและโครงสร้าง (ต่อ)

โครงสร้าง	ชิ้นส่วนของสะพาน	ความเสียหาย
ท่อลอด (Culvert)	ท่อลอดคอนกรีตเสริมเหล็ก (ELEMENT 241)	การหลุดล่อน/ การกระเทาะออกของคอนกรีต/ พื้นที่รอยปะ (1080)
		การโผล่ของเหล็กเสริม (1090)
		รอยเปื้อน/ คราบสนิม (1120)
		รอยแตก (1130)
		การเสียดสี/การสึกหรอ (PSC/RC) (1190)
		การบิดตัว (1900)
		การทรุดตัว (4000)
		กัดเซาะ (6000)
		ความเสียหาย (7000)
	ท่อลอดคอนกรีตอัดแรง (ELEMENT 245)	การหลุดล่อน/ การกระเทาะออกของคอนกรีต/ พื้นที่รอยปะ (1080)
		การโผล่ของเหล็กเสริม (1090)
		การโผล่ของลวดอัดแรง (1100)
		รอยแตก (1110)
		รอยเปื้อน/ คราบสนิม (1120)
		รอยสี (1190)
		การบิดตัว (1900)
		การทรุดตัว (4000)
		กัดเซาะ (6000)
		ความเสียหาย (7000)



ตารางที่ 4-15 ระบุความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับชิ้นส่วนสะพานตามชนิดของวัสดุและโครงสร้าง (ต่อ)

โครงสร้าง	ชิ้นส่วนของสะพาน	ความเสียหาย
รอยต่อ (Joints)	รอยต่อเพื่อการขยายแบบปิดผนึก (ELEMENT 300) รอยต่อเพื่อการขยายแบบโมดูล่า (ELEMENT 303)	การรั่วไหล (2310)
		การยึดเกาะของที่ปิดผนึก (2320)
		ความเสียหายของที่ปิดผนึก (2330)
		รอยแตกของที่ปิดผนึก (2340)
		การอัดแน่นของเศษซาก (2350)
		รอยต่อระหว่างพื้นสะพาน (2360)
		การเสื่อมสภาพหรือความเสียหายของโลหะ (2370)
		ความเสียหาย (7000)
	รอยต่อแบบปิดโดยการเท (ELEMENT 301) รอยต่อแบบปิดโดยการกด (ELEMENT 302)	การรั่วไหล (2310)
		การยึดเกาะของที่ปิดผนึก (2320)
		ความเสียหายของที่ปิดผนึก (2330)
		รอยแตกของที่ปิดผนึก (2340)
		การอัดแน่นของเศษซาก (2350)
		รอยต่อระหว่างพื้นสะพาน (2360)
		ความเสียหาย (7000)
	รอยต่อเพื่อขยายแบบเปิด (ELEMENT 304)	การอัดแน่นของเศษซาก (2350)
		รอยต่อระหว่างพื้นสะพาน (2360)
		ความเสียหาย (7000)
	รอยต่อแบบไม่มีผนึก (ELEMENT 305)	การอัดแน่นของเศษซาก (2350)
		รอยต่อระหว่างพื้นสะพาน (2360)
		การเสื่อมสภาพหรือความเสียหายของโลหะ (2370)
		ความเสียหาย (7000)



คู่มือการสำรวจ ตรวจสอบสะพาน และซ่อมบำรุงสะพาน

(M-Bridge Inspection & Maintenance Manual)

งานจ้างที่ปรึกษาเพื่อจัดทำระบบบริหารทรัพย์สิน

โครงสร้างพื้นฐานงานสะพาน (Bridge Management System)

ตารางที่ 4-15 ระบุความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับชิ้นส่วนสะพานตามชนิดของวัสดุและโครงสร้าง (ต่อ)

โครงสร้าง	ชิ้นส่วนของสะพาน	ความเสียหาย
รอยต่อ (Joints)	รอยต่ออื่น ๆ (ELEMENT 306)	การรั่วไหล (2310)
		การอัดแน่นของเศษซาก (2350)
		รอยต่อระหว่างพื้นสะพาน (2360)
		การเสื่อมสภาพหรือความเสียหายของโลหะ (2370)
		ความเสียหาย (7000)
พื้นถนนที่ติดสะพาน (Approach slabs)	พื้นถนนที่ติดสะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก (ELEMENT 321)	การหลุดล่อน/ การกระเทาะออกของคอนกรีต/ พื้นที่ย่อยปะ (1080)
		การไหลของเหล็กเสริม (1090)
		รอยแตก (1130)
		การเสียดสี/การสึกหรอ (PSC/RC) (1190)
		การทรุดตัว (4000)
		ความเสียหาย (7000)
	พื้นถนนที่ติดสะพานคอนกรีตอัดแรง (ELEMENT 320)	การหลุดล่อน/ การกระเทาะออกของคอนกรีต/ พื้นที่ย่อยปะ (1080)
		การไหลของเหล็กเสริม (1090)
		การไหลของลวดอัดแรง (1100)
		รอยแตก (1110)
		รอยสึก (1190)
		การทรุดตัว (4000)
		ความเสียหาย (7000)



ตารางที่ 4-15 ระบุความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับชิ้นส่วนสะพานตามชนิดของวัสดุและโครงสร้าง (ต่อ)

โครงสร้าง	ชิ้นส่วนของสะพาน	ความเสียหาย
ผิวทาง สารเคลือบ ป้องกันเหล็ก และ ระบบป้องกันเหล็กเสริม คอนกรีต (Wearing surfaces, Protective coatings and concrete reinforcing steel protective systems)	ผิวทางปูด้วยแอสฟัลท์คอนกรีต (ELEMENT 510)	การหลุดลอก/ พื้นที่ปะทุ/ หลุมบ่อ (พื้นผิวสึกกร่อน) (3210)
		รอยแตกของการปูผิวทาง (3220)
		ประสิทธิภาพของการปูผิวทาง (3230)
		ความเสียหาย (7000)
	สารเคลือบป้องกันเหล็ก (ELEMENT 515)	ขอล้ก (การเคลือบป้องกันเหล็ก) (3410)
		ลอก/โป่งพอง/รอยแตก (3420)
		ประสิทธิภาพของการปูผิวทาง (3440)
		ความเสียหาย (7000)
	ระบบป้องกันเหล็กเสริมคอนกรีต (ELEMENT 520)	ประสิทธิภาพ (การเคลือบระบบป้องกัน เหล็กเส้น/แคโทดิก) (3600)
		ความเสียหาย (7000)
	สารเคลือบป้องกันคอนกรีต (ELEMENT 521)	การสึกกร่อน (การเคลือบป้องกัน คอนกรีต) (3510)
		ประสิทธิภาพ (การเคลือบป้องกัน คอนกรีต) (3540)
		ความเสียหาย (7000)
ทางเท้า (Curbs/Sidewalks)	ทางเท้าคอนกรีตเสริมเหล็ก (ELEMENT 802)	การหลุดล่อน/ การกระเทาะออกของ คอนกรีต/ พื้นที่รอยปะ (1080)
		การโผล่ของเหล็กเสริม (1090)
		รอยเปื้อน/ คราบสนิม (1120)
		รอยแตก (1130)
		รอยลึก (1190)
		ความเสียหาย (7000)



คู่มือการสำรวจ ตรวจสอบสะพาน และซ่อมบำรุงสะพาน

(M-Bridge Inspection & Maintenance Manual)

งานจ้างที่ปรึกษาเพื่อจัดทำระบบบริหารทรัพย์สิน

โครงสร้างพื้นฐานงานสะพาน (Bridge Management System)

ตารางที่ 4-16 รายละเอียดการประเมินความเสียหายแบบแยกเป็นรายชิ้นส่วนของสะพานตามสภาพความเสียหาย

ลักษณะ	สภาพของสะพาน			
	1 (ดี)	2 (ปานกลาง)	3 (แย)	4 (วิกฤต)
การกัดกร่อน (1000)	ไม่มี	มีสนิมเป็นจุด ๆ การกัดกร่อนของ เหล็กได้เริ่มต้นขึ้น	มีการสูญเสียหน้า ตัดชัดเจนหรือมี สนิมเป็นแผ่น	สภาพมีความ จำเป็นต้องตรวจสอบ ทางโครงสร้างเพื่อ พิจารณาผลกระทบต่อ กำลังหรือการใช้งาน ของชิ้นส่วนของ สะพานหรือสะพาน
รอยแตกจากความล้า (1010)	ไม่มี	รอยแตกหยุดการแตก ด้วยตัวเองหรือถูก หยุดโดยการเจาะรู เพื่อชะลอการแตก การใช้แพลตฟอร์มเหล็ก สองชั้น หรืออย่างอื่น ที่คล้ายกัน	มีการระบุว่ารอย แตกไม่มีทำที่ที่จะ หยุด แต่ไม่ถึงกับ ต้องตรวจสอบ โครงสร้าง	สภาพมีความ จำเป็นต้องตรวจสอบ ทางโครงสร้าง เพื่อพิจารณา ผลกระทบต่อกำลัง หรือการใช้งานของ ชิ้นส่วนของสะพาน หรือสะพาน
การเชื่อมต่อ (1020)	การเชื่อมต่อ อยู่ใน ตำแหน่ง และทำงาน ได้ตามที่ กำหนดไว้	มีตัวยึดหลวมหรือ แผ่นสนิมโดยไม่มี การยึดไว้ แต่การ เชื่อมต่ออยู่ใน ตำแหน่งและทำงาน ได้ตามที่กำหนดไว้	นอตหาย หมุดย้ำ หาย รอยเชื่อมขาด ตัวยึดหาย หรือ สนิมที่มีรอยกัด กัดแต่ไม่ถึงกับ ต้องตรวจสอบ โครงสร้าง	สภาพมีความ จำเป็นต้องตรวจสอบ ทางโครงสร้างเพื่อ พิจารณาผลกระทบต่อ กำลังหรือการใช้งาน ของชิ้นส่วนของ สะพานหรือสะพาน
การหลุดล่อน/ การกระเทาะ ออกของคอนกรีต/ พื้นที่รอยปะ (1080)	ไม่มี	หลุดร่อนเล็กน้อยไม่เกิน 2.5 ซม.หรือเส้นผ่าน ศูนย์กลางไม่เกิน 15 ซม. พื้นที่ฉาบปิด ผิวปกติ	หลุดร่อนเล็กน้อยเกิน 2.5 ซม.หรือเส้น ผ่านศูนย์กลางเกิน 15 ซม. พื้นที่ฉาบ ปิดผิวไม่ปกติ	สภาพมีความ จำเป็นต้องตรวจสอบ ทางโครงสร้างเพื่อ พิจารณาผลกระทบต่อ กำลังหรือการใช้งาน ของชิ้นส่วนของ สะพานหรือสะพาน



คู่มือการสำรวจ ตรวจสอบสะพาน และซ่อมบำรุงสะพาน

(M-Bridge Inspection & Maintenance Manual)

งานจ้างที่ปรึกษาเพื่อจัดทำระบบบริหารทรัพย์สิน

โครงสร้างพื้นฐานงานสะพาน (Bridge Management System)

ตารางที่ 4-16 รายละเอียดการประเมินความเสียหายแบบแยกเป็นรายชิ้นส่วนของสะพานตามสภาพความเสียหาย (ต่อ)

ลักษณะ	สภาพของสะพาน			
	1 (ดี)	2 (ปานกลาง)	3 (แย)	4 (วิกฤต)
การโผล่ของเหล็กเสริม (1090)	ไม่มี	มี แต่ไม่สูญเสียหน้าตัดหรือมีน้อยมาก	มี และวัดการสูญเสียหน้าตัดได้	สภาพมีความจำเป็นต้องตรวจสอบทางโครงสร้างเพื่อพิจารณาผลกระทบต่อกำลังหรือการใช้งานของชิ้นส่วนของสะพานหรือสะพาน
การโผล่ของลวดอัดแรง (1100)	ไม่มี	มี แต่ไม่สูญเสียหน้าตัดหรือมีน้อยมาก	มี และวัดการสูญเสียหน้าตัดได้	สภาพมีความจำเป็นต้องตรวจสอบทางโครงสร้างเพื่อพิจารณาผลกระทบต่อกำลังหรือการใช้งานของชิ้นส่วนของสะพานหรือสะพาน
รอยแตก (1110)	ความกว้างน้อยกว่า 0.01 ซม. และอยู่ห่างกันมากกว่า 90 ซม.	ความกว้าง 0.01-0.02 ซม. และอยู่ห่างกันมากกว่า 30-90 ซม.	ความกว้างมากกว่า 0.02 ซม. และอยู่ห่างกันน้อยกว่า 30 ซม.	สภาพมีความจำเป็นต้องตรวจสอบทางโครงสร้างเพื่อพิจารณาผลกระทบต่อกำลังหรือการใช้งานของชิ้นส่วนของสะพานหรือสะพาน
รอยเปื้อน/ คราบสนิม (1120)	ไม่มี	พื้นผิวมีสีขาวโดยไม่มี การสะสมหรือถูกชะล้างโดยไม่เกิดคราบสนิม	เกิดคราบสนิมขึ้นอย่างหนาแน่น	สภาพมีความจำเป็นต้องตรวจสอบทางโครงสร้างเพื่อพิจารณาผลกระทบต่อกำลังหรือการใช้งานของชิ้นส่วนของสะพานหรือสะพาน



คู่มือการสำรวจ ตรวจสอบสะพาน และซ่อมบำรุงสะพาน

(M-Bridge Inspection & Maintenance Manual)

งานจ้างที่ปรึกษาเพื่อจัดทำระบบบริหารทรัพย์สิน

โครงสร้างพื้นฐานงานสะพาน (Bridge Management System)

ตารางที่ 4-16 รายละเอียดการประเมินความเสียหายแบบแยกเป็นรายชิ้นส่วนของสะพานตามสภาพความเสียหาย (ต่อ)

ลักษณะ	สภาพของสะพาน			
	1 (ดี)	2 (ปานกลาง)	3 (แย)	4 (วิกฤต)
รอยแตก (1130)	ไม่มี	รอยแตกมีความกว้างปานกลางที่เปิดผืนึกหรือการแตกร้าวแบบปานกลาง (map crack) ที่ไม่ปิดผืนึก รอยแตกที่มีความกว้าง 0.03 ถึง 0.13 ซม.	รอยแตกมีความกว้างมากหรือการแตกร้าวแบบ (map crack) รอยแตกมีความกว้างมากกว่า 0.13 ซม.	สภาพมีความจำเป็นต้องตรวจสอบทางโครงสร้างเพื่อพิจารณาผลกระทบต่อกำลังหรือการใช้งานของชิ้นส่วนของสะพานหรือสะพาน
รอยสึก (1190)	ไม่มี	การเสียดสีหรือการสึกหรอทำให้เกิดวัสดุผสมที่หยาบ แต่วัสดุผสมยังคงติดอยู่ในคอนกรีต	วัสดุผสมที่หยาบ หลวมหรือหลุดออกจากคอนกรีตเนื่องจากการเสียดสีหรือการสึกหรอ	สภาพมีความจำเป็นต้องตรวจสอบทางโครงสร้างเพื่อพิจารณาผลกระทบต่อกำลังหรือการใช้งานของชิ้นส่วนของสะพานหรือสะพาน
การบิดตัว (1900)	ไม่มี	การบิดที่ไม่ต้องการ การบรรเทาหรือทำให้การบิดลดลง	การบิดที่ต้องมีการทำให้ดีขึ้นแต่ยังไม่ได้มีการระบุ	สภาพมีความจำเป็นต้องตรวจสอบทางโครงสร้างเพื่อพิจารณาผลกระทบต่อกำลังหรือการใช้งานของชิ้นส่วนของสะพานหรือสะพาน
การเคลื่อนไหวย (2210)	เคลื่อนที่ได้ อย่างอิสระ	มีข้อจำกัดในการเคลื่อนไหวยเล็กน้อย	มีข้อจำกัดในการเคลื่อนไหวยแต่ไม่ถึงกับต้องตรวจสอบโครงสร้าง	สภาพมีความจำเป็นต้องตรวจสอบทางโครงสร้างเพื่อพิจารณาผลกระทบต่อกำลังหรือการใช้งานของชิ้นส่วนของสะพานหรือสะพาน



คู่มือการสำรวจ ตรวจสอบสะพาน และซ่อมบำรุงสะพาน

(M-Bridge Inspection & Maintenance Manual)

งานจ้างที่ปรึกษาเพื่อจัดทำระบบบริหารทรัพย์สิน

โครงสร้างพื้นฐานงานสะพาน (Bridge Management System)

ตารางที่ 4-16 รายละเอียดการประเมินความเสียหายแบบแยกเป็นรายชิ้นส่วนของสะพานตามสภาพความเสียหาย (ต่อ)

ลักษณะ	สภาพของสะพาน			
	1 (ดี)	2 (ปานกลาง)	3 (แย)	4 (วิกฤต)
การวางตำแหน่ง (2220)	วางตำแหน่งในแนวนอนและแนวตั้งตามที่ออกแบบไว้ ณ อุณหภูมิที่ถูกต้อง	วางตำแหน่งในแนวนอนและแนวตั้งที่พอรับได้ แต่ไม่สอดคล้องกับอุณหภูมิที่ถูกออกแบบ	ใกล้ถึงขีดจำกัดของการวางตำแหน่งในแนวนอนหรือแนวตั้งสำหรับแผ่นรองรับคาน แต่ไม่ถึงกับต้องตรวจสอบโครงสร้าง	สภาพมีความจำเป็นต้องตรวจสอบทางโครงสร้างเพื่อพิจารณาผลกระทบต่อกำลังหรือการใช้งานของชิ้นส่วนของสะพานหรือสะพาน
โปนออก แตกแยก หรือฉีกขาด (2230)	ไม่มี	การโปนออกมากกว่า 15% ของความหนา	การโปนออกน้อยกว่า 15% ของความหนา มีการแตกหรือฉีกขาดพื้นผิวแผ่นรองรับคานไม่ขนานกัน	สภาพมีความจำเป็นต้องตรวจสอบทางโครงสร้างเพื่อพิจารณาผลกระทบต่อกำลังหรือการใช้งานของชิ้นส่วนของสะพานหรือสะพาน
การสูญเสียพื้นที่หน้าตัด (2240)	ไม่มี	น้อยกว่า 10 %	มากกว่า 10 % แต่ไม่ถึงกับต้องตรวจสอบโครงสร้าง	สภาพมีความจำเป็นต้องตรวจสอบทางโครงสร้างเพื่อพิจารณาผลกระทบต่อกำลังหรือการใช้งานของชิ้นส่วนของสะพานหรือสะพาน
การรั่วไหล (2310)	ไม่มี	มีการรั่วไหลเล็กน้อยผ่านรอยต่อ	มีการรั่วไหลปานกลาง มากกว่าหยดน้ำและน้อยกว่าการไหลของน้ำอย่างอิสระ	การไหลของน้ำอย่างอิสระผ่านรอยต่อ
การยัดเกาะของที่ปิดผนึก (2320)	ยัดเกาะอย่างดี	ยัดเกาะมากกว่า 50% ของความสูงรอยต่อ	ยัดเกาะ 50% หรือน้อยกว่า แต่ยังยัดเกาะอยู่บ้าง	สูญเสียการยัดเกาะโดยสิ้นเชิง



คู่มือการสำรวจ ตรวจสอบสะพาน และซ่อมบำรุงสะพาน

(M-Bridge Inspection & Maintenance Manual)

งานจ้างที่ปรึกษาเพื่อจัดทำระบบบริหารทรัพย์สิน

โครงสร้างพื้นฐานงานสะพาน (Bridge Management System)

ตารางที่ 4-16 รายละเอียดการประเมินความเสียหายแบบแยกเป็นรายชิ้นส่วนของสะพานตามสภาพความเสียหาย (ต่อ)

ลักษณะ	สภาพของสะพาน			
	1 (ดี)	2 (ปานกลาง)	3 (แย)	4 (วิกฤต)
ความเสียหายของที่ปิดผนึก (2330)	ไม่มี	มีรอยขีดข่วนที่ปิดผนึก แต่ไม่ร้าว	ที่ปิดผนึกร้าวหรือฉีกขาดหรือถูกดึงออกบางส่วน	ที่ปิดผนึกร้าว ถูกดึงออกหรือหายไป
รอยแตกของที่ปิดผนึก (2340)	ไม่มี	มีรอยแตกที่ผิว	มีรอยแตกทะลุผ่านที่ปิดผนึกได้บางส่วน	รอยร้าวที่ทะลุผนึกเต็มที่
การอัดแน่นของเศษซาก (2350)	อาจมีเศษซากหลวม ๆ ที่ปกคลุมดิน ๆ แต่ไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของรอยต่อ	อัดแน่นด้วยวัสดุแข็งบางส่วน แต่ยังเคลื่อนไหวได้อย่างอิสระ	ถูกอัดแน่นและส่งผลต่อการเคลื่อนไหวของรอยต่อ	ถูกอัดแน่นและป้องกันการเคลื่อนไหวของรอยต่อ
รอยต่อระหว่างพื้นสะพาน (2360)	แข็งแรง คงทน ไม่มีหลุดลอก หรือปะติดปะต่อกัน	ขอบหลุดร่อนไม่เกิน 2.5 ซม. หรือเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 15 ซม. ไม่มีเหล็กโผล่ พื้นที่มีปะมีความคงทนแข็งแรง	ขอบหลุดร่อนเกิน 2.5 ซม. หรือเส้นผ่านศูนย์กลางเกิน 15 ซม. มีเหล็กโผล่ บริเวณที่มีการหลุดลอกหรือปะทำให้รอยต่อหลวม	การหลุดลอก พื้นที่ไม่แน่น หรือพุกรอยต่อหลวม
การเสื่อมสภาพหรือความเสียหายของโลหะ (2370)	ไม่มี	สนิมเป็นจุด ๆ โลหะไม่มีรอยร้าวหรือความเสียหายจากการกระแทก การเชื่อมต่ออาจหลวมแต่ทำงานได้ตามที่กำหนดไว้	พื้นที่หน้าตัดหายตัวยืดหายไปหรือหัก มีการแตกร้าวของโลหะ หรือความเสียหายจากการกระแทก แต่รอยต่อยังทำงานอยู่	มีการแตกร้าวของโลหะ การสูญเสียพื้นที่หน้าตัด ความเสียหายหรือความล้มเหลวในการเชื่อมต่อที่ทำให้รอยต่อไม่สามารถทำงานได้ตามที่กำหนดไว้
การหลุดลอก/ พื้นที่มีปะ/ หลุมบ่อ (พื้นผิวสึกกร่อน) (3210)	ไม่มี	พื้นที่มีปะมีความคงทนแข็งแรง หลุมลึกบางส่วน	พื้นที่มีปะไม่แข็งแรง หรือมีความเสียหายมีหลุมลึก	ผิวทางหมดประสิทธิภาพ



ตารางที่ 4-16 รายละเอียดการประเมินความเสียหายแบบแยกเป็นรายชิ้นส่วนของสะพานตามสภาพความเสียหาย (ต่อ)

ลักษณะ	สภาพของสะพาน			
	1 (ดี)	2 (ปานกลาง)	3 (แย)	4 (วิกฤต)
รอยแตกของการปูผิวทาง (3220)	รอยร้าวที่ปิดสนิท	รอยร้าวมีความกว้าง 0.6 - 1.27 ซม.	รอยร้าวกว้างกว่า 1.27 ซม.	ผิวทางหมดประสิทธิภาพ
ประสิทธิภาพของการปูผิวทาง (3230)	มีประสิทธิภาพอย่างเต็มที่ ไม่มีหลักฐานการรื้อไหลหรือการเสื่อมสภาพเพิ่มเติมขององค์ประกอบที่ได้รับการป้องกัน	มีประสิทธิภาพ การเสื่อมสภาพขององค์ประกอบที่ได้รับการป้องกันเริ่มเกิดขึ้น	มีประสิทธิภาพที่จำกัด การเสื่อมสภาพขององค์ประกอบที่ได้รับการป้องกันมีมากขึ้น	ผิวทางหมดประสิทธิภาพ
ซอก (การเคลือบป้องกันเหล็ก) (3410)	ไม่มี	พื้นผิวหมองคล้ำ	การสูญเสียเม็ดสี	ไม่สามารถใช้ได้
ลอก/โป่งพอง/รอยแตก (3420)	ไม่มี	ลอก/โป่งพอง/รอยแตกบริเวณที่เคลือบผิวชั้นนอก	ลอก/โป่งพอง/รอยแตกบริเวณที่เคลือบผิวชั้นนอกและชั้นประสานผิวเหล็ก	ไม่เหลือสารเคลือบผิวโลหะ
ประสิทธิภาพของการปูผิวทาง (3440)	มีประสิทธิภาพมาก	มีประสิทธิภาพปานกลาง	มีประสิทธิภาพที่จำกัด	ไม่มีประสิทธิภาพในการป้องกันโลหะที่อยู่ข้างใต้
การสึกหรอ (การเคลือบป้องกันคอนกรีต) (3510)	ไม่มี	คอนกรีตยังมีสารเคลือบ การเคลือบแสดงการสึกหรอจากรังสียูวี ความเสียหายหายไป	คอนกรีตยังมีสารเคลือบแต่ความหนาของสารเคลือบลดลง	ไม่เหลือสารเคลือบผิว การเคลือบป้องกันไม่ได้ผลอีกต่อไป



ตารางที่ 4-16 รายละเอียดการประเมินความเสียหายแบบแยกเป็นรายชิ้นส่วนของสะพานตามสภาพความเสียหาย (ต่อ)

ลักษณะ	สภาพของสะพาน			
	1 (ดี)	2 (ปานกลาง)	3 (แย)	4 (วิกฤต)
ประสิทธิภาพ (การเคลื่อน ป้องกันคอนกรีต) (3540)	มี ประสิทธิภาพ มาก	มีประสิทธิภาพปาน กลาง	มีประสิทธิภาพที่ จำกัด	ระบบป้องกันล้มเหลว หรือไม่มีประสิทธิภาพ อีกต่อไป
ประสิทธิภาพ (การเคลื่อนระบบ ป้องกันเหล็กเส้น/แคโทดิก) (3600)	มี ประสิทธิภาพ มาก	มีประสิทธิภาพปาน กลาง	มีประสิทธิภาพที่ จำกัด	ระบบป้องกันล้มเหลว หรือไม่มีประสิทธิภาพ อีกต่อไป
การทรุดตัว (4000)	ไม่มี	มีการทรุดตัวน้อยกว่า 1.9 ซม.	มีการทรุดตัว มากกว่า 1.9 ซม. โดยไม่ต้องการ ตรวจสอบ โครงสร้าง	สภาพมีความ จำเป็นต้องตรวจสอบ ทางโครงสร้างเพื่อ พิจารณาผลกระทบต่อ กำลังหรือการใช้งาน ของชิ้นส่วนของ สะพานหรือสะพาน
กัดเซาะ (6000)	ไม่มี	อยู่ในขอบเขตที่ ยอมรับได้หรือถูก จับกุมด้วยมาตรการ ตอบโต้ที่มี ประสิทธิภาพ	เกินขอบเขตที่ ยอมรับได้ แต่น้อย กว่าขีดจำกัดวิกฤต ที่กำหนดโดยการ ประเมินการกัด เซาะ	สภาพมีความ จำเป็นต้องตรวจสอบ ทางโครงสร้างเพื่อ พิจารณาผลกระทบต่อ กำลังหรือการใช้งาน ของชิ้นส่วนของ สะพานหรือสะพาน
ความเสียหาย (7000)	ไม่มี	องค์ประกอบมีความ เสียหายจากการ กระแทก และถูก บันทึกใน Condition State 2	องค์ประกอบมี ความเสียหายจาก การกระแทก และ ถูกบันทึกใน Condition State 3	องค์ประกอบมีความ เสียหายจากการ กระแทก และถูก บันทึกใน Condition State 4



ในการบันทึกข้อมูลความเสียหายสำหรับการตรวจสอบกรณีพิเศษนั้น สามารถใช้เอกสารการกำหนดรหัสชิ้นส่วนสะพานในการระบุตำแหน่ง ประเภทความเสียหาย ปริมาณความเสียหายและระดับความรุนแรง โดยจะต้องมีปริมาณหรือจำนวนของแต่ละชิ้นส่วนของสะพาน ประเภทหรือชนิดความเสียหาย และปริมาณความเสียหายตามระดับความรุนแรงในแต่ละชิ้นส่วนของสะพาน ตัวอย่างเช่น โครงสร้างพื้นสะพาน จะต้องระบุพื้นที่ ทั้งหมดของพื้นสะพาน และระบุระดับความเสียหายและปริมาณความเสียหายที่พบ เมื่อทำการสำรวจเสร็จเรียบร้อยแล้วให้นำข้อมูลทั้งหมดมาสรุปในตารางการบันทึกรายละเอียดความเสียหาย สำหรับการตรวจสอบกรณีพิเศษ ดังแสดงในตารางที่ 4-17 และดังรูปที่ 4-40

ตารางที่ 4-17 ตารางสรุปการบันทึกรายละเอียดความเสียหายสำหรับการตรวจสอบกรณีพิเศษ

ชิ้นส่วน/ รหัส ชิ้นส่วน	คำอธิบาย ชิ้นส่วน/โครงสร้าง	ปริมาณ ทั้งหมด	หน่วย	ระดับความเสียหาย			
				CS1	CS2	CS3	CS4



คู่มือการสำรวจ ตรวจสอบสะพาน และซ่อมบำรุงสะพาน

(M-Bridge Inspection & Maintenance Manual)

งานจ้างที่ปรึกษาเพื่อจัดทำระบบบริหารทรัพย์สิน

โครงสร้างพื้นฐานงานสะพาน (Bridge Management System)

Element/ Str. Unit No.	Element/Structure Unit Description	Total Qty	Units	Condition State Quantity			
				CS 1	CS 2	CS 3	CS 4
1	Span(s) - All						
DECK/SLAB							
12	RC Deck	11880	sq. ft.	11578		302	
1130	Cracking (RC & Other)			11578			
1080	Delamination/Spall/Patch					302	
JOINTS							
301	Pourable Joint Seal	88	ft.	48	40		
2350	Debris Impaction				40		
302	Compression Joint Seal	132	ft.	78		50	4
2360	Adjacent Deck or Header					40	
2310	Leakage *					10	4
APPROACH SLABS							
321	RC Approach Slab	1440	sq. ft.	1440			
BRIDGE RAILINGS							
330	Metal Bridge Railing	540	ft.	540			
331	Reinforced Concrete Bridge Railing	540	ft.	530		10	
1130	Cracking (RC & Other)			530			
1080	Delamination/Spall/Patch					10	
SUPERSTRUCTURE							
109	PSC Open Girder/Beam	2160	ft.	2150	2	8	
1080	Delamination/Spall/Patch				2	8	
7000	Damage				2		
BEARINGS							
310	Elastomeric Bearing	64	each	63	1		
2230	Bulging, Splitting or Tearing				1		
SUBSTRUCTURE							
205	RC Columns	9	each	8		1	
1120	Efflorescence/Rust Staining *					1	
234	RC Pier Cap	149	ft.	108	14	27	
1080	Delamination/Spall/Patch				14		
1090	Exposed Rebar *					12	
1130	Cracking (RC & Other)					1	
1120	Efflorescence/Rust Staining *					14	
215	RC Abutment	98	ft.	98			

รูปที่ 4-40 แสดงตัวอย่างการบันทึกรายละเอียดความเสียหายสำหรับการตรวจสอบกรณีพิเศษ



การคำนวณ BHI

ค่าดัชนีสุขภาพโดยรวมของสะพาน (Bridge Health Index, *BHI*) คือ ค่าที่แสดงถึงสุขภาพของสะพานที่ได้ทำการตรวจสอบ ค่า *BHI* สามารถคำนวณได้จากการคำนวณค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของค่าดัชนีสุขภาพของชิ้นส่วนสะพาน (Element Health Index, *EHI*) ตามสมการดังต่อไปนี้

$$BHI = \frac{\sum_e W_e EHI_e}{\sum_e W_e}$$

โดย W_e คือ น้ำหนักของชิ้นส่วนสะพาน e (ดูภาคผนวก จ.)

e คือ จำนวนชิ้นส่วนสะพานที่ทำการสำรวจ

ค่าดัชนีสุขภาพของชิ้นส่วนสะพาน (Element Health Index, *EHI*) คือค่าที่แสดงถึงสุขภาพของชิ้นส่วนสะพานแต่ละชิ้นส่วนที่ได้ทำการตรวจสอบ ค่า *EHI* สามารถคำนวณได้จากการคำนวณค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของปริมาณความเสียหายในแต่ละระดับความเสียหาย (Quantity, Q) ตามสมการดังต่อไปนี้

$$EHI_e = \frac{\sum_i W_i Q_i}{\sum_i W_i}$$

โดย W_i คือ น้ำหนักของระดับความเสียหาย i

i คือ จำนวนระดับความเสียหาย

ระดับความเสียหายตามมาตรฐาน AASHTO มีอยู่ 4 ระดับ และมีค่าน้ำหนักแนะนำดังต่อไปนี้

- ระดับที่ 1 ความเสียหายอยู่ในเกณฑ์ดี, $W_1 = 1.00$
- ระดับที่ 2 ความเสียหายอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง, $W_2 = 0.67$
- ระดับที่ 3 ความเสียหายอยู่ในเกณฑ์แย่, $W_3 = 0.33$
- ระดับที่ 4 ความเสียหายอยู่ในเกณฑ์วิกฤติ, $W_4 = 0.00$



จากการคำนวณ ค่า *BHI* และ *EHI* จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ซึ่งแสดงถึงสถานะของสุขภาพที่แย่ที่สุดและสุขภาพที่ดีที่สุดของสุขภาพโดยรวมของสะพานหรือสุขภาพชิ้นส่วนสะพาน โดยมีช่วงการแบ่งสถานะดังนี้

- *BHI* หรือ *EHI* มีค่าน้อยกว่า 0.25 อยู่ในสถานะ วิกฤติ
- *BHI* หรือ *EHI* มีค่ามากกว่า 0.25 แต่ไม่เกิน 0.50 อยู่ในสถานะ แย่
- *BHI* หรือ *EHI* มีค่ามากกว่า 0.50 แต่ไม่เกิน 0.70 อยู่ในสถานะ ปานกลาง
- *BHI* หรือ *EHI* มีค่ามากกว่า 0.70 แต่ไม่เกิน 0.90 อยู่ในสถานะ ดี
- *BHI* หรือ *EHI* มีค่ามากกว่า 1.00 อยู่ในสถานะ ดีมาก

ในเกณฑ์การแบ่งสถานะ หากพบว่าสะพานใดหรือชิ้นส่วนใดตรวจพบความเสียหายที่อยู่ในระดับที่ 4 (เกณฑ์วิกฤติ) ให้ถือว่าสถานะของสะพานนั้นอยู่ในชั้น วิกฤติ เนื่องจากความเสียหายในระดับที่ 4 นั้น อาจมีความต่อกำลังรับน้ำหนักของสะพานซึ่งต้องได้รับการตรวจสอบและซ่อมบำรุงโดยด่วน



4.9 การตรวจสอบฉุกเฉิน (Emergency Inspection)

หลังจากการสำรวจเบื้องต้นแล้วพบว่าสะพานมีความเสียหายร้ายแรง (Critical Finding) ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างสะพานและความไม่ปลอดภัยของผู้ใช้สะพาน และเมื่อค่า S.R. น้อยกว่า 50% แล้ว จะต้องมีการประเมินความเสียหายและการตรวจสอบแบบฉุกเฉิน

การประเมินความเสียหายนั้นสามารถอ้างอิงได้จากคำแนะนำของ FHWA ซึ่งได้แบ่งความเสียหายที่ต้องทำการตรวจสอบฉุกเฉินตามประเภทของวัสดุ ดังนี้

4.9.1 คอนกรีตเสริมเหล็ก

- การสูญเสียหน้าตัดซึ่งได้รับผลจากการใช้งานสะพาน หรือ การหลุดล่อนของพื้นผิวที่ลึกถึงเหล็กเสริมซึ่งอาจทำให้เกิดอันตรายแก่ผู้ใช้งาน
- คานคอนกรีตอัดแรงที่มีการหลุดล่อนของผิวจนถึงชั้นเหล็กและเหล็กเสริมอัดแรงขาด หรือ เกิดการสึกกร่อนอย่างรุนแรงในบริเวณที่สำคัญต่อการรับแรง
- คานคอนกรีตเสริมเหล็กหรือฐานรากที่พื้นผิวเกิดการหลุดล่อนและมีเหล็กเสริมมากกว่า 1 เส้นในบริเวณเดียวกันเกิดการสึกกร่อนอย่างรุนแรง
- ชิ้นส่วนโครงสร้างหลักที่เกิดการสึกกร่อนจนทำให้ความสามารถในการรับแรงลดลง
- โครงสร้างรับทางเท้าที่เกิดความเสียหายหรือการสึกกร่อนซึ่งอาจทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้งานทางเท้า

4.9.2 อุปกรณ์เพื่อความปลอดภัย

- ราวกันสะพานที่เสียหายหรือสึกกร่อน
- ราวกันหรือคนเดินเท้าที่หายไปบางช่วงซึ่งอาจทำให้คนตกจากทางเท้าได้

4.9.3 ป้ายและไฟส่องสว่าง

- ป้ายนำหน้าบรรทุก, ป้ายระยะห่างในแนวราบและแนวดิ่งซึ่งหายไป, เสียหาย หรือถูกติดตั้งไว้ในจุดที่ไม่เหมาะสม หรือเกิดความเสียหาย
- ป้าย หรือเสาสัญญาณไฟจราจรซึ่งมีจุดรองรับที่หลวม, ไม่เหมาะสม หรือ เกิดความเสียหาย ซึ่งอาจทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้งานสะพาน
- จุดรองรับของเสาไฟส่องสว่างที่เกิดรอยร้าวหรือหลวมซึ่งอาจล้มจากแรงลมและทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้งานสะพาน



4.9.4 อื่น ๆ

- จุดต่อเพื่อการขยายตัวของพื้นผิวถนนที่เกิดความเสียหายหรือหลวมซึ่งอาจทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้งานสะพาน

การตรวจสอบความเสียหายในกรณีฉุกเฉินนอกจากจะเป็นการตรวจสอบความเสียหายเกี่ยวกับโครงสร้างและความปลอดภัยที่ต้องการการซ่อมบำรุงด่วนที่ตรวจพบระหว่างการตรวจสอบทั่วไปแล้ว ยังรวมถึงการซ่อมบำรุงเร่งด่วนในกรณีที่เกิดความเสียหายอุบัติเหตุจากการกระทำของผู้ใช้งานสะพานและกรณีเกิดความจากภัยพิบัติทางธรรมชาติด้วย เช่น การเกิดความเสียหายจากอุบัติเหตุรถชน และการเกิดน้ำขังบนพื้นผิวจราจรที่จะก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้ เป็นต้น ซึ่งกรณีเหล่านี้จะถูกตรวจสอบ, วางแผนการซ่อมบำรุง และประเมินงบประมาณ เป็นรายการนี้

ความเสียหายที่ต้องทำการตรวจสอบฉุกเฉินนั้นเมื่อถูกตรวจพบและประเมินความเสียหายแล้วก็จะถูกทำการจัดลำดับความสำคัญต่อไปเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในการจัดทำแผนซ่อมบำรุงสะพาน เกณฑ์ความสำคัญนั้นถูกแบ่งออกเป็น 6 ลำดับ จากระดับวิกฤติมากไปถึงระดับวิกฤติน้อยดังนี้

“0-วิกฤติ” คือ เกิดความเสียหายรุนแรงซึ่งส่งผลต่อชิ้นส่วนโครงสร้างสะพานหลัก ซึ่งส่งผลทางตรง หรือ ทางอ้อมต่อการพังทลายของสะพาน หรือ อุปกรณ์ความปลอดภัยเกิดความเสียหายซึ่งอาจทำให้เกิดอันตรายหรืออุบัติเหตุอย่างร้ายแรง

“1-สำคัญมาก” คือ เกิดความเสียหายที่อาจต้องทำการปิดสะพานเพื่อการซ่อมบำรุง หรือ ต้องทำการลดน้ำหนักบรรทุกเพื่อป้องกันความเสียหายเพิ่มเติมซึ่งหากปล่อยทิ้งไว้จะทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้งาน

“2-สำคัญ” คือ ความเสียหายที่จะเกิดการรุกราน หรือมีความเสียหายเพิ่มขึ้น หากปล่อยทิ้งไว้ไม่ทำการซ่อมบำรุง ซึ่งอาจส่งผลให้ต้องทำการปิดการจราจรบางส่วนหรือปิดการจราจรทั้งหมดเพื่อทำการซ่อมบำรุง

“3-ลงตารางซ่อมบำรุง” คือ ความเสียหายไม่มากต่อชิ้นส่วนโครงสร้างหลัก หรือส่วนประกอบของสะพานที่อาจเกิดความเสียหายต่อเนื่องหากไม่ทำการซ่อมบำรุง

“4-ลงหมายเหตุ” คือ ความเสียหายเล็กน้อยของโครงสร้างหลัก โครงสร้างรอง หรือ ส่วนประกอบสะพานที่ส่งผลต่อการประเมินความเสียหายของส่วนประกอบสะพาน

“5-ซ่อมบำรุงปกติ” คือ ความเสียหายอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวกับโครงสร้างสะพาน ซึ่งหากปล่อยทิ้งไว้จะทำให้เกิดความเสียหายของโครงสร้างหลักและโครงสร้างรองต่อไป



แบบบันทึกการตรวจสอบฉุกเฉิน Emergency Inspection Report

ชื่อสะพาน.....รหัสสะพาน.....
.....ประเภทโครงสร้าง.....ตำแหน่ง
ของสะพาน.....
หมวด.....จังหวัด.....อื่น ๆ.....

ลักษณะความเสียหายที่พบ		
แนวทางการซ่อมแซมแก้ไข		
วันที่คาดว่าจะแล้วเสร็จ	ผู้บันทึก	วันที่บันทึก

งานที่ดำเนินการแล้วเสร็จ		
วันที่แล้วเสร็จ	ผู้บันทึก	วันที่บันทึก

รูปที่ 4-41 แสดงแบบฟอร์มการบันทึกการตรวจสอบฉุกเฉิน

- ตรวจสอบให้แน่ใจว่าอุปกรณ์ตรวจสอบและอุปกรณ์ควบคุมการจราจรชั่วคราวทั้งหมดถูกนำออกจากบริเวณหน้างาน
- ตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ดำเนินการติดตามผลอย่างเหมาะสม ให้แจ้งเจ้าของสะพานทันทีเมื่อพบการเสื่อมสภาพหรือข้อบกพร่องเชิงโครงสร้างที่สำคัญ เช่น รอยแตกร้าวที่เกิดจากความล้าในเหล็ก เป็นต้น และสถานะที่ไม่ปลอดภัยอื่น ๆ ทั้งหมดที่ค้นพบในสนาม
- ส่งรายการความต้องการการบำรุงรักษาให้กับทีมบำรุงรักษาเพื่อดำเนินการ
- ตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ระบุการตรวจสอบเพิ่มเติมในกรอบเวลาที่กำหนด
- ติดต่อประสานงานและรายงานติดตามผลที่จำเป็นทั้งหมด
- จัดทำรายงาน

5.1 การจัดทำรายงานสำหรับการตรวจสอบหลัก

การจัดทำรายงานเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการตรวจสอบทุกประเภท ในรายงานต้องรวบรวมข้อมูลให้เพียงพอ ครอบคลุมและครบถ้วน การเตรียมรายงานเป็นหน้าที่ซึ่งสะท้อนถึงความพยายามที่ผู้ตรวจใช้ในการตรวจสอบ รายงานเป็นบันทึกทั้งสภาพสะพานและงานของผู้ตรวจสอบ

1. กิจกรรมพื้นฐานในการจัดทำรายงานการตรวจสอบ ได้แก่
 - กรอกแบบฟอร์ม
 - ทำเอกสารผลการตรวจสอบเป็นลายลักษณ์อักษรทั้งหมด
 - แสดงภาพอ้างอิงและภาพร่าง
 - ผลการประเมินองค์ประกอบของสะพาน ถนน และทางน้ำ
 - จัดทำรายงานและสรุปผลการตรวจสอบ
2. รายงานผลการตรวจสอบสภาพ (Inspection Report) ประกอบไปด้วย
 - สารบัญ
 - แผนที่ที่ตั้ง
 - ข้อมูลประวัติของสะพาน
 - บทสรุปผู้บริหาร
 - ขั้นตอนการตรวจสอบ
 - ผลการตรวจสอบ
 - บทสรุปและคำแนะนำ
 - ภาคผนวก

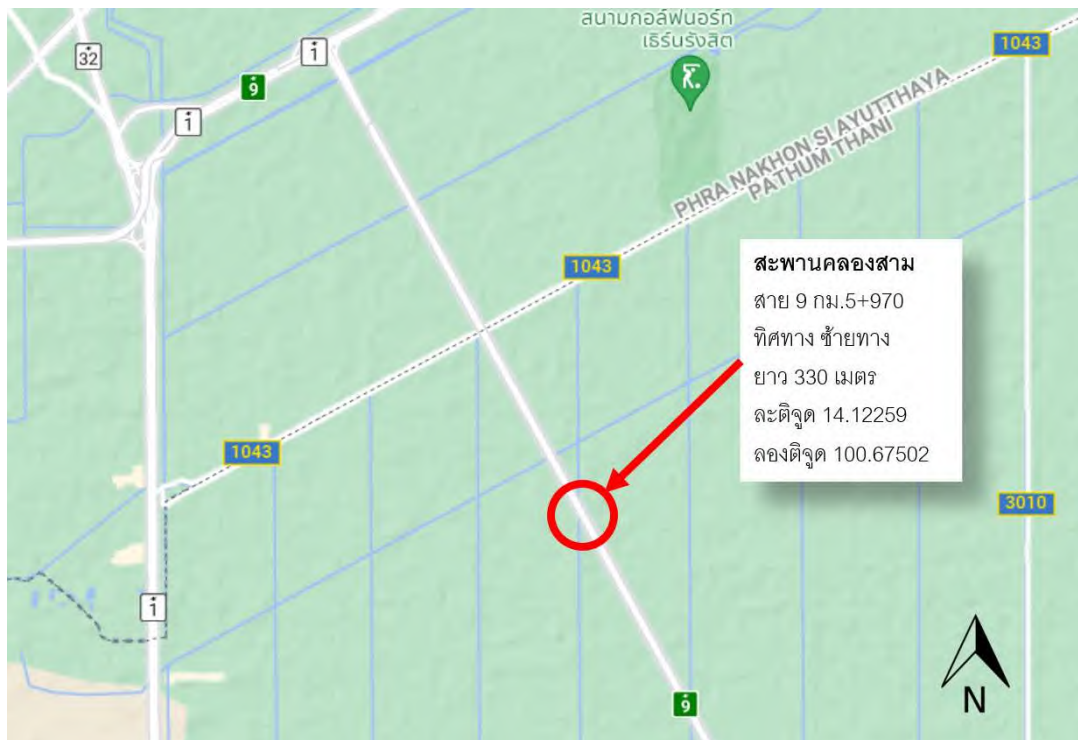


5.1.1 สารบัญ

ทำหน้าที่นำเสนอหัวข้อทั่วไปและหัวข้อของการตรวจสอบรายงานอย่างเป็นระเบียบ เพื่อให้ผู้ศึกษาสะดวกในการค้นหาแต่ละส่วนของรายงาน โดยทั่วไปจะเป็นไปตามหน้าชื่อเรื่อง และแต่ละส่วนจะแสดงรายการด้วยหมายเลขหน้าเริ่มต้นที่สอดคล้องกัน

5.1.2 แผนที่ที่ตั้ง

โดยปกติแผนที่จะต้องมีมาตราส่วนที่ใหญ่พอที่จะระบุตำแหน่งของสะพาน โดยมีเครื่องหมายและป้ายกำกับอย่างชัดเจน มีลูกศรแสดงทิศเหนือเพื่อชี้บอกแนวทิศ มีพิกัด GPS ระบุรายละเอียด ละติจูด / ลองจิจูดของตำแหน่งสะพาน ตัวอย่างแผนที่ที่ตั้งแสดงดังรูปที่ 5-1



รูปที่ 5-1 ภาพตัวอย่างการแนบแผนที่ตั้งในรายงานการตรวจสอบสะพาน



5.1.3 ข้อมูลประวัติของสะพาน

ประกอบด้วยข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมดที่ใช้ในการออกแบบ (Design Data) เช่น ประเภทของโครงสร้างส่วนบนของสะพาน (Superstructure) โครงสร้างส่วนล่างของสะพาน (Substructure) และโครงสร้างส่วนพื้นสะพาน (Deck), ข้อมูลการก่อสร้าง (Construction Data) เช่น วันที่สร้าง, แบบแปลน, ข้อมูลการให้บริการและการใช้งานของสะพานโดยทั่วไป (Service Data) เช่น ข้อมูลบริการจำนวนการจราจรเฉลี่ยต่อวัน (ADT) และปริมาณการจราจรรถบรรทุกเฉลี่ยต่อวัน (ADTT) นับรวมพร้อมกันวันที่ยกเลิก และข้อมูลประวัติการซ่อมแซมและบำรุงรักษา (Maintenance and repairs data) เช่น มาตรการการบำรุงรักษาและการซ่อมแซม ลำดับขั้นตอนการซ่อมแซม การฟื้นฟูโครงสร้าง (rehabilitation) ตลอดจนข้อมูลอื่น ๆ ที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างของสะพาน เช่น ข้อมูลน้ำท่วมในอดีต ข้อมูลระดับความสูงของน้ำ เป็นต้น

5.1.4 บทสรุปผู้บริหาร

การนำเสนอแบบบรรยายสรุปการตรวจสอบและผลการวิเคราะห์เกี่ยวกับสภาพเชิงคุณภาพและความสามารถในการรับน้ำหนักของสะพานพร้อมกับคำแนะนำ โดยระบุรายละเอียดของสะพาน (เช่น ชื่อหมายเลขและที่ตั้ง) และวันที่ตรวจสอบ รวมถึงรายการซ่อมแซมที่มีลำดับความสำคัญสูง

5.1.5 ขั้นตอนการตรวจสอบ

ขั้นตอนที่ใช้ในการตรวจสอบสะพานควรระบุลำดับในการตรวจสอบที่ใช้จริงในสนาม ข้อมูลนี้จะประโยชน์ในการวางแผนการตรวจสอบในอนาคตและยังใช้เป็นรายการตรวจสอบเพื่อให้แน่ใจว่าได้ดำเนินการตรวจสอบองค์ประกอบสะพานทั้งหมดครบถ้วนแล้ว

5.1.6 ผลการตรวจสอบ

ผลของการตรวจสอบควรมีการบรรยายสภาพความเสียหายหรือการเสื่อมสภาพของสะพานอย่างชัดเจนเป็นไปตามลำดับของการตรวจสอบสะพานและเพียงพอให้สามารถกำหนดอัตราการเสื่อมสภาพได้ ข้อมูลนี้ยังมีผลในการกำหนดอายุการใช้งานที่เหลืออยู่โดยประมาณ ตลอดจนภาพถ่ายที่แสดงข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่ตรวจพบในสนาม อาจเสริมด้วยการระบุคำอธิบาย หรือ ภาพร่าง (sketches) เพื่อความสมบูรณ์ของการตรวจสอบ



5.1.7 บทสรุปและคำแนะนำ

รายงานการตรวจสอบที่ดีจะอธิบายรายละเอียดประเภทความรุนแรงและขอบเขตของความบกพร่องที่พบบนชิ้นส่วนสะพานและชี้ให้เห็นถึงแนวโน้มของอันตรายที่อาจเกิดขึ้น ความละเอียดของรายงานมีผลต่อความสำคัญของข้อบกพร่อง และข้อบกพร่องชนิดเดียวกันเมื่อเกิดขึ้นส่วนประกอบของสะพานคนละส่วนอาจไม่ได้มีความสำคัญเท่ากัน

ผู้ทำการตรวจสอบจะต้องค้นหาเพื่อสรุปว่า ทำไม อย่างไร และข้อบกพร่องดังกล่าวเกิดขึ้นเมื่อไร ในบางครั้งอาจขอคำแนะนำจากบุคลากรที่มีประสบการณ์สูงเมื่อไม่สามารถตีความผลการตรวจสอบได้อย่างมั่นใจ คำแนะนำของผู้ตรวจสอบถือเป็นจุดที่ต้องให้ความสนใจ และควรได้รับการแก้ไขในกรณีเร่งด่วน การตรวจสอบอย่างละเอียดและการมีเอกสารที่ครบถ้วนสมบูรณ์เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์เพื่อแก้ไขหรือป้องกันข้อบกพร่องของสะพาน การตรวจสอบ การบันทึก และการรายงาน เอกสารการตรวจสอบนี้มีความจำเป็นต่อการให้คำแนะนำที่เข้าใจได้และสามารถนำไปปฏิบัติได้ เพื่อให้สามารถแก้ไขการชำรุดเสียหายได้อย่างถูกต้อง คำแนะนำสำหรับการซ่อมแซม อาจแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

- การซ่อมแซมเร่งด่วน
- การซ่อมแซมตามระยะเวลา (คือจำพวกที่สามารถทำในภายหลังได้)

5.1.8 ภาคผนวก

รายการภาคผนวกควรมีการรวบรวมข้อมูลสำรองเพื่อใช้เป็นหลักฐานยืนยัน สำหรับข้อสรุปและข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่ผู้ตรวจสอบตรวจพบ โดยปกติภาคผนวกจะต้องมีภาพถ่าย ภาพวาด ภาพร่างต่าง ๆ และแบบฟอร์มการตรวจสอบ รวมถึงบันทึกภาคสนามที่ใช้และรายงานต่าง ๆ จากผู้เชี่ยวชาญ เช่น ผลการทดสอบวัสดุ รายงานการตรวจสอบใต้น้ำการทดสอบแบบไม่ทำลาย (NDT) ข้อมูลการสำรวจ รายงานการทดสอบเกณฑ์กำลังรับน้ำหนัก เป็นต้น เนื้อหาต่าง ๆ ในรายงานภาคผนวกจะต้องมีความถูกต้องชัดเจนมีคำอธิบายรัดกุม



5.2 การจัดทำรายงานสำหรับการตรวจสอบกรณีพิเศษ

5.2.1 สารบัญ

ทำหน้าที่นำเสนอหัวข้อทั่วไปและหัวข้อของการตรวจสอบรายงานอย่างเป็นระเบียบ เพื่อให้ผู้ศึกษาสะดวกในการค้นหาแต่ละส่วนของรายงาน โดยทั่วไปจะเป็นไปตามหน้าชื่อเรื่อง และแต่ละส่วนจะแสดงรายการด้วยหมายเลขหน้าเริ่มต้นที่สอดคล้องกัน

5.2.2 แผนที่ที่ตั้ง

โดยปกติแผนที่จะต้องมีมาตราส่วนที่ใหญ่พอที่จะระบุตำแหน่งของสะพาน โดยมีเครื่องหมายและป้ายกำกับอย่างชัดเจน มีลูกศรแสดงทิศเหนือเพื่อชี้บอกแนวทิศ มีพิกัด GPS ระบุรายละเอียดละติจูด / ลองจิจูดของตำแหน่งสะพาน

5.2.3 ข้อมูลของสะพาน

ประกอบด้วยข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมดที่ใช้ในการออกแบบ (Design Data) เช่น ประเภทของโครงสร้างส่วนบนของสะพาน (Superstructure) โครงสร้างส่วนล่างของสะพาน (Substructure) และโครงสร้างส่วนพื้นสะพาน (Deck), ข้อมูลการก่อสร้าง (Construction Data) เช่น วันที่สร้าง, แบบแปลน, ข้อมูลการให้บริการและการใช้งานของสะพานโดยทั่วไป (Service Data) เช่น ข้อมูลบริการจำนวนการจราจรเฉลี่ยต่อวัน (ADT) และปริมาณการจราจรบรรทุกเฉลี่ยต่อวัน (ADTT) นับรวมพร้อมกันกับวันที่บันทึก และข้อมูลประวัติการซ่อมแซมและบำรุงรักษา (Maintenance and repairs data) เช่น มาตรการการบำรุงรักษาและการซ่อมแซม ลำดับขั้นตอนการซ่อมแซม การฟื้นฟูโครงสร้าง (rehabilitation) ตลอดจนข้อมูลอื่น ๆ ที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างของสะพาน เช่น ข้อมูลน้ำท่วมในอดีต ข้อมูลระดับความสูงของน้ำ เป็นต้น



5.2.4 บทสรุปผู้บริหาร

การนำเสนอแบบบรรยายสรุปการตรวจสอบและผลการวิเคราะห์เกี่ยวกับสภาพเชิงคุณภาพและความสามารถในการรับน้ำหนักของสะพานพร้อมกับคำแนะนำ โดยระบุรายละเอียดของสะพาน (เช่น ชื่อหมายเลขและที่ตั้ง) และวันที่ตรวจสอบ รวมถึงรายการซ่อมแซมที่มีลำดับความสำคัญสูง

5.2.5 ขั้นตอนการตรวจสอบ

ขั้นตอนที่ใช้ในการตรวจสอบสะพานควรระบุลำดับในการตรวจสอบที่ใช้จริงในสนาม ข้อมูลนี้จะเป็นประโยชน์ในการวางแผนการตรวจสอบในอนาคตและยังใช้เป็นรายการตรวจสอบเพื่อให้แน่ใจว่าได้ดำเนินการตรวจสอบองค์ประกอบสะพานทั้งหมดครบถ้วนแล้ว

5.2.6 ลักษณะความเสียหายและเกณฑ์ในการให้คะแนน

หัวข้อนี้จะเป็นการบรรยายลักษณะความเสียหายที่พบในแต่ละชิ้นส่วนของสะพาน เกณฑ์การให้คะแนนตามความรุนแรงของความเสียหาย รวมถึงสาเหตุความเสียหาย เพื่อให้เห็นรายละเอียดและเข้าใจความเสียหายที่เกิดขึ้นในแต่ละชิ้นส่วนของสะพาน

5.2.7 ผลการตรวจสอบ

ผลของการตรวจสอบควรจะมีการบรรยายสภาพความเสียหายหรือการเสื่อมสภาพของสะพานอย่างชัดเจนเป็นไปตามลำดับของการตรวจสอบสะพานและเพียงพอให้สามารถกำหนดอัตราการเสื่อมสภาพได้ ข้อมูลนี้ยังมีผลในการกำหนดอายุการใช้งานที่เหลืออยู่โดยประมาณ ตลอดจนภาพถ่ายที่แสดงข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่ตรวจพบในสนาม อาจเสริมด้วยการระบุคำอธิบาย หรือ ภาพร่าง (sketches) เพื่อความสมบูรณ์ของการตรวจสอบ

5.2.8 การคำนวณ BHI

จากผลรายงานการตรวจสอบสามารถนำมาคำนวณค่าดัชนีสุขภาพของสะพาน (BHI) เพื่อให้ทราบถึงภาพรวมความเสียหายรายชิ้นส่วนและแบบทั้งสะพาน ซึ่งจะสามารถนำมาคิดรายการการซ่อมบำรุง งบประมาณ และการจัดลำดับการให้งบประมาณต่อไป



5.2.9 บทสรุปและคำแนะนำ

รายงานการตรวจสอบที่ดีจะอธิบายรายละเอียดประเภทความรุนแรงและขอบเขตของความบกพร่องที่พบบนชิ้นส่วนสะพานและชี้ให้เห็นถึงแนวโน้มของอันตรายที่อาจเกิดขึ้น ความละเอียดของรายงานมีผลต่อความสำคัญของข้อบกพร่อง และข้อบกพร่องชนิดเดียวกันเมื่อเกิดขึ้นส่วนประกอบของสะพานคนละส่วนอาจไม่ได้มีความสำคัญเท่ากัน

ผู้ทำการตรวจสอบจะต้องค้นหาเพื่อสรุปว่า ทำไม อย่างไร และข้อบกพร่องดังกล่าวเกิดขึ้นเมื่อไร ในบางครั้งอาจขอคำแนะนำจากบุคลากรที่มีประสบการณ์สูงเมื่อไม่สามารถตีความผลการตรวจสอบได้อย่างมั่นใจ คำแนะนำของผู้ตรวจสอบถือเป็นจุดที่ต้องให้ความสนใจ และควรได้รับการแก้ไขในกรณีเร่งด่วน การตรวจสอบอย่างละเอียดและการมีเอกสารที่ครบถ้วนสมบูรณ์เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์เพื่อแก้ไขหรือป้องกันข้อบกพร่องของสะพาน การตรวจสอบการบันทึก และการรายงาน เอกสารของการตรวจสอบนี้มีความจำเป็นสำหรับการให้คำแนะนำที่เข้าใจได้และสามารถนำไปปฏิบัติได้ เพื่อการแก้ไขการชำรุดเสียหายได้อย่างถูกต้อง คำแนะนำสำหรับการซ่อมแซม อาจแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

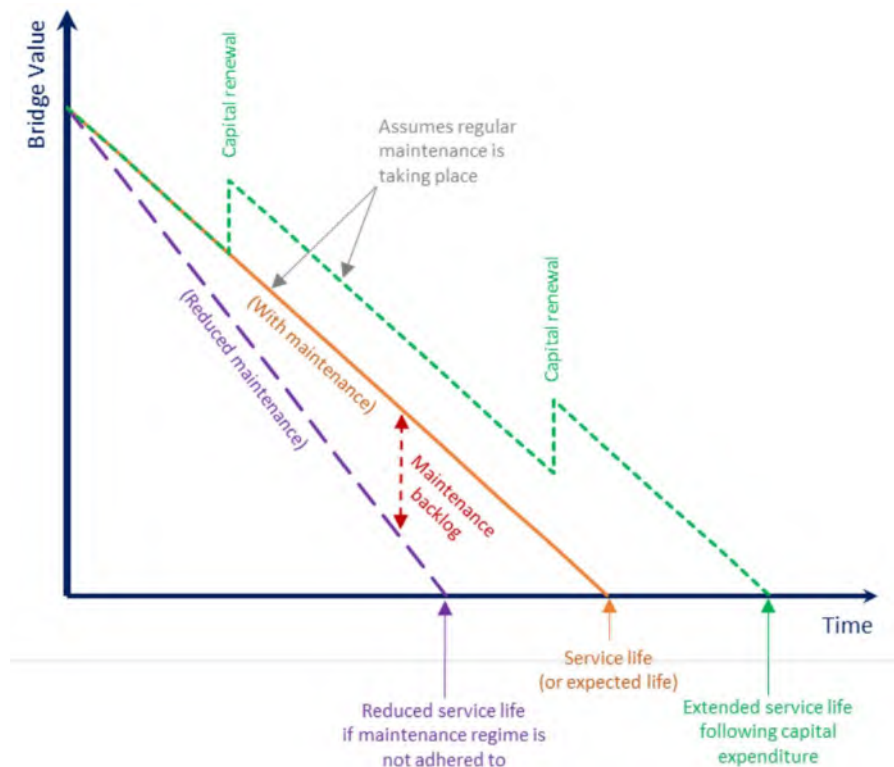
- การซ่อมแซมเร่งด่วน
- การซ่อมแซมตามระยะเวลา (คือจำพวกที่สามารถทำในภายหลังได้)

5.2.10 ภาคผนวก

รายการภาคผนวกควรมีการรวบรวมข้อมูลสำรองเพื่อใช้เป็นหลักฐานยืนยัน สำหรับข้อสรุปและข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่ผู้ตรวจสอบตรวจพบ โดยปกติภาคผนวกจะต้องมีภาพถ่าย ภาพวาด ภาพร่างต่าง ๆ และแบบฟอร์มการตรวจสอบ รวมถึงบันทึกภาคสนามที่ใช้และรายงานต่าง ๆ จากผู้เชี่ยวชาญ เช่น ผลการทดสอบวัสดุ รายงานการตรวจสอบใต้น้ำการทดสอบแบบไม่ทำลาย (NDT) ข้อมูลการสำรวจ รายงานการทดสอบเกณฑ์กำลังรับน้ำหนัก เป็นต้น เนื้อหาต่าง ๆ ในรายงานภาคผนวกจะต้องมีความถูกต้องชัดเจนมีคำอธิบายรัดกุม

การซ่อมบำรุงรักษาสะพานเป็นการดำเนินการที่จำเป็นในการรักษาทรัพย์สินให้ใกล้เคียงกับสภาพเดิม ชะลอการเสื่อมสภาพและยืดระยะเวลาการใช้งานของสะพาน รูปที่ 6-1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมูลค่าของสะพานกับอายุการใช้งานของสะพานและเปรียบเทียบกรณีที่สะพานไม่มีการซ่อมบำรุง มีการซ่อมบำรุงตามแผนการดำเนินงาน และมีการฟื้นฟูหรือบูรณะสะพาน พบว่า มูลค่าของสะพานลดลงแบบเชิงเส้นตลอดอายุการใช้งานของสะพาน ในกรณีเมื่อไม่มีการซ่อมบำรุงสะพานจะทำให้มูลค่าของสะพานมีอัตราการลดลงที่สูงกว่าส่งผลให้สะพานมีอายุการใช้งานสั้นลงเมื่อเปรียบเทียบกับสะพานที่มีการซ่อมบำรุงตามแผนงาน ส่วนเมื่อมีการฟื้นฟูหรือบูรณะสะพานจะทำให้มูลค่าของสะพานสูงขึ้น และสามารถยืดอายุการใช้งานของสะพานได้ยาวนานขึ้น (แต่ต้องมีการซ่อมบำรุงอย่างสม่ำเสมอด้วย) ดังนั้น การซ่อมบำรุงรักษาสะพานมีจุดประสงค์ คือ

- เพื่อรักษาสภาพของสะพานให้มีอายุการใช้งานตามที่คาดไว้อย่างน้อยที่สุดตลอดอายุการใช้งาน
- เพื่อรักษาสะพานให้มีระดับการให้บริการตามที่กำหนดในปัจจุบัน
- เพื่อรักษาสะพานให้มีความปลอดภัยและความยืดหยุ่นในระดับที่ยอมรับได้
- เพื่อรักษาสะพานให้เป็นไปตามข้อกำหนดทางกฎหมายและสิ่งแวดล้อม



รูปที่ 6-1 แสดงการบำรุงรักษาและการประเมินมูลค่าสะพาน

การซ่อมบำรุงสะพานขึ้นกับลักษณะการเสื่อมสภาพ หรือ ความเสียหายในลักษณะต่าง ๆ ของสะพาน ซึ่งการเสื่อมสภาพหรือความเสียหายของสะพานนั้นเกิดขึ้นจาก 2 สาเหตุหลัก ๆ คือ การเสื่อมสภาพของโครงสร้างสะพานและการเสื่อมสภาพในการใช้งาน การเสื่อมสภาพของโครงสร้างสะพานเกิดจากการกัดกร่อนหรือการเสื่อมสภาพของคอนกรีตที่เกี่ยวข้องกับการสึกหรอและสิ่งแวดล้อม ผลกระทบดังกล่าวสามารถทำให้ดีขึ้นได้ด้วยการบำรุงรักษาสะพานอย่างสม่ำเสมอ การเสื่อมสภาพของโครงสร้างอาจเกิดจากการบรรทุกเกินน้ำหนักตามที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งเป็นปัญหาที่การซ่อมบำรุงรักษาไม่สามารถทำอะไรได้นอกจากการจำกัดน้ำหนักบรรทุกและตรวจสอบขีดจำกัดการบรรทุกของสะพาน ส่วนการเสื่อมสภาพในการใช้งานเกิดจากการออกแบบหรือชนิดของโครงสร้างที่ไม่เหมาะสมที่จะรองรับการจราจรเนื่องจากปัญหาด้านขนาด หรือ รูปทรงเรขาคณิตส่วนพื้นสะพาน



หลังจากการตรวจสอบสภาพความเสียหายของสะพานเสร็จสิ้น ผู้ตรวจสอบควรระบุการซ่อมบำรุงรักษาสะพานตามความเสียหายที่พบเบื้องต้น เพื่อกำหนดการบำรุงรักษาในแบบต่าง ๆ โดยให้ข้อมูลทางวิศวกรรมที่จำเป็นเพื่อใช้ในการจัดลำดับความสำคัญสำหรับการซ่อมบำรุงสะพานต่อไป

คำแนะนำในการซ่อมบำรุง

- องค์ประกอบของสะพานที่มีคะแนน 5 หรือมากกว่าไม่จำเป็นต้องมีคำแนะนำในการบำรุงรักษาใด ๆ ยกเว้นรายการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เช่น การล้างทำความสะอาด งานกันซึม เป็นต้น
- องค์ประกอบสะพานที่มีคะแนน 3 หรือน้อยกว่าต้องมีคำแนะนำในการซ่อมบำรุงรักษา พร้อมรูปถ่ายและการประเมินปริมาณที่เกี่ยวข้องตามความเหมาะสม
- คำแนะนำในการซ่อมบำรุงที่ไม่คำนึงถึงการให้คะแนนต้องมีรูปถ่ายประกอบ
- คำแนะนำในการซ่อมบำรุงอาจรวมถึง การเปลี่ยนชิ้นส่วนหรือการซ่อมบำรุง
- ทุกคำแนะนำในการบำรุงรักษาที่เป็นประเภทงานเดียวกันควรจัดกลุ่มไว้ด้วยกัน แทนที่จะแสดงรายการแยกกัน

การซ่อมบำรุงสะพานสามารถแบ่งได้ดังนี้ การซ่อมบำรุงปกติ การซ่อมบำรุงตามกำหนดเวลา การซ่อมบำรุงพิเศษ (เฉพาะสะพานคอนกรีต) และการซ่อมแซมฉุกเฉิน โดยในแต่ละการซ่อมบำรุงมีรายละเอียด ดังนี้

- **การซ่อมบำรุงปกติ (Routine Maintenance)** หมายถึง การบำรุงรักษาสะพานอยู่เป็นประจำตลอดเวลา เพื่อให้ประชาชนผู้สัญจรไปมาได้รับความสะดวก รวดเร็ว และปลอดภัยทั้งยังเป็นการป้องกันมิให้ความเสียหายที่เกิดขึ้นขยายลุกลาม เช่น การทำความสะอาดส่วนต่าง ๆ ของสะพาน การขันน็อตหลวมให้แน่นขึ้นและเปลี่ยนน็อตที่หายไป การเปลี่ยนชิ้นส่วนที่สึกกร่อน ที่เสียหาย และที่ขาดหายไป หรือ ทาสีในกรณีที่เป็น เป็นต้น รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 6-1
- **การซ่อมบำรุงตามกำหนดเวลา (Periodic Maintenance)** หมายถึง การบำรุงรักษาตามช่วงเวลาที่กำหนด เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นและเป็นการต่ออายุให้สะพานอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้นานขึ้น รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 6-2



- **การซ่อมบำรุงพิเศษ (Special Maintenance)** หมายถึง การซ่อมแซมเสริมแต่งและปรับปรุงสะพานรวมถึงถนนเชิงลาดสะพานที่ชำรุดเสียหายเกินกว่าที่จะทำการซ่อมบำรุงโดยวิธีปกติให้กลับสู่สภาพเดิมได้ รวมทั้งแก้ไขปรับปรุงหรือเพิ่มเติมสิ่งอำนวยความสะดวกความปลอดภัย เพื่อให้การคมนาคมขนส่งสามารถกระทำได้อย่างความสะดวก รวดเร็ว และปลอดภัย รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 6-2 และ วิธีซ่อมแซมการซ่อมแซมคอนกรีตเสื่อมสภาพเนื่องจากความเสียหายต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 6-3
- **การซ่อมแซมฉุกเฉิน (Urgently Maintenance)** หมายถึง การซ่อมแซมและบำรุงรักษาสะพานเร่งด่วน เนื่องจากสะพานมีความเสียหายในระดับที่ไม่สามารถรับน้ำหนักได้อีก จึงจะมีลำดับความสำคัญในการซ่อมแซมก่อนการซ่อมบำรุงพิเศษ เพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้สะพาน

ตารางที่ 6-1 การซ่อมบำรุงปกติ และราคาต่อหน่วย

การซ่อมบำรุงรักษาปกติ				
ลำดับ	รายการ	หน่วย	ราคาวัสดุ+ค่าแรงต่อหน่วย	อายุการใช้งาน (ปี)
งานพื้นสะพานและการจราจรสะพาน				
1	งานสีสะพาน			2
	1.1 ทาสีราวสะพาน (สีพลาสติก)	ตร.ม.	60	
	1.2 ทาสีสิ้นสุดสะพาน (สีน้ำมัน)	ตร.ม.	70	
	1.3 ทาสีสิ้นสุดสะพาน (สีสะท้อนแสง)	ตร.ม.	245	
2	งานหยอดยางรอยต่อ	เมตร	20	1
3	งานซ่อมแซมผิวจราจรเชิงลาด			2
	3.1 งานปะซ่อมผิวทาง (Skin Patch)	ตร.ม.	65	
	3.2 งานชุดซ่อมผิวทาง (Deep Patch)	ตร.ม.	300	
4	งานจราจรสะพาน	ชุด	N/A	1
5	งานเปลี่ยนระบบไฟฟ้าและแสงสว่าง	ชุด	2,500	1
6	ล้างทำความสะอาดสะพาน	ตร.ม.	3	1
งานสภาพลำน้ำและการระบายน้ำ				
7	งานตัดหญ้าและทำความสะอาดทางระบายน้ำ	ตร.ม.	2	0.5
8	งานอื่น ๆ	-	-	-



ตารางที่ 6-2 การซ่อมบำรุงตามกำหนดเวลา และราคาต่อหน่วย

การซ่อมบำรุงตามกำหนดเวลา				
ลำดับ	รายการ	หน่วย	ราคาวัสดุ+ค่าแรงต่อหน่วย	อายุการใช้งาน (ปี)
1	งานปรับปรุงรอยต่อพื้นสะพาน	-	LS	5
2	งานปรับปรุงแผ่นยางรองรับพื้นสะพาน	-	LS	3
3	งานเสริมผิวลาดยางถนนต่อเชื่อมสะพาน	-	LS	2
4	งานตีเส้นจราจร	-	LS	2
5	งานเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้า	ชุด	2,500	5
6	งานอื่น ๆ	-	-	-

ตารางที่ 6-3 การซ่อมบำรุงพิเศษ และราคาต่อหน่วย

การซ่อมบำรุงพิเศษ			
ลำดับ	รายการ	หน่วย	ราคาวัสดุ+ค่าแรงต่อหน่วย
1. การซ่อมแซมคอนกรีตเสื่อมสภาพ			
2. การซ่อมแซมรอยร้าวและรูพรุนในคอนกรีต			
2.1	งาน Epoxy Injection	ม.	1,200
2.1	งาน Non-Shrink Cementitious Grout	ลบ.ม.	30,000
3. การบูรณะซ่อมแซมโครงสร้างเชิงลาด			
3.1	งานบูรณะผิวคอนกรีตเสริมเหล็ก	ตร.ม.	700
3.2	งานบูรณะผิวลาดยางแอสฟัลต์ติกคอนกรีต	ตร.ม.	410
4. งานสภาพลำน้ำและการระบายน้ำ			
4.1	แบบเรียงหินใหญ่	แห่ง	220,000
4.2	แบบคอนกรีตเสริมเหล็ก	แห่ง	300,000
5. งานติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่าง		ต้น	45,600
6	งานอื่น ๆ	-	-



ตารางที่ 6-4 วิธีซ่อมแซมการซ่อมแซมคอนกรีตเสื่อมสภาพเนื่องจากความเสียหายต่าง ๆ

การซ่อมแซมคอนกรีตเสื่อมสภาพ						
วัสดุ	ความเสียหาย	Condition States	ความรุนแรง	วิธีการซ่อมแซม	หน่วย	ราคา (บาท)
คอนกรีต	การหลุดร่อน/ การกระเทาะออก ของคอนกรีต / พื้นที่รอยปะ (1080)	Fair	มีการกระเทาะของแผ่น คอนกรีตลึกน้อยกว่า 1.5 ซม.หรือขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 7.5 ซม.	ซ่อมปะ	ตร.ม.	600
		Poor	มีการกระเทาะของแผ่น คอนกรีตลึก 1.5-3 ซม. หรือขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 7.5-15 ซม.	เทคอนกรีตทับหน้า	ตร.ม.	1,000
		Severe	มีการกระเทาะของแผ่น คอนกรีตลึกกว่า 3 ซม. หรือขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่ กว่า 15 ซม.	เทคอนกรีตใหม่	ตร.ม.	3,250



ตารางที่ 6-4 วิธีซ่อมแซมการซ่อมแซมคอนกรีตเสื่อมสภาพเนื่องจากความเสียหายต่าง ๆ (ต่อ)

การซ่อมแซมคอนกรีตเสื่อมสภาพ						
	การโผล่ของเหล็กเสริม (1090)	Fair	เหล็กเสริมโผล่แต่ยังไม่มีสนิม	เคลือบเหล็กเสริม	ม.	50
		Poor	เหล็กเสริมโผล่และมีสนิมแต่ยังไม่สูญเสียหน้าตัด	ทำความสะอาดเหล็กเสริมและเคลือบเหล็กเสริม	ม.	70
		Severe	เหล็กเสริมโผล่ มีสนิมและมีการสูญเสียหน้าตัด	ใส่เหล็กเสริมเพิ่ม	ม.	100
	รอยแตก (1130)	Fair	ความกว้างรอยแตก < 3 มม.	อัดฉีดด้วยอีพอกซี	ม.	30
		Poor	ความกว้างรอยแตก > 3 มม.	อัดฉีดด้วยซีเมนต์เกรราท์	ม.	90
		Severe	ความกว้างรอยแตก > 3 มม. และ/หรือเป็น Map Crack	ปูทับด้วยโพลีเมอร์คอนกรีต	ตร.ม.	200
	รอยสึก (1190)	Fair	ผิวทางมีรอยสึกน้อยกว่า 12 มม.	ซ่อมปะผิว	ตร.ม.	600
		Poor	ผิวทางมีรอยสึก 12-25 มม.	เทคอนกรีตทับหน้า	ตร.ม.	1,000
		Severe	ผิวทางมีรอยสึกมากกว่า 25 มม.	เทคอนกรีตใหม่	ตร.ม.	3,250

หมายเหตุ สำหรับราคาต่อหน่วยความเสียหายการซ่อมบำรุงสะพานอ้างอิงมาจากราคาการซ่อมแซมสะพานในอดีตของกรมทางหลวง กรมบัญชีกลาง จากผู้รับเหมาซ่อมแซมสะพาน และ งานวิจัยที่มีมาในอดีต ซึ่งราคาต่อหน่วยนี้สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามราคาวัสดุ แหล่งวัสดุ ค่าแรงงาน และปัจจัยอื่น ๆ