คู่มือการสำรวจและตรวจสอบสะพาน

กรมทางหลวง
DEPARTMENT OF HIGHWAYS

สำนักก่อสร้างสะพาน

ระบบการบริหารงานบำรุงรักษาสะพาน

Bridge Maintenance and Management System



โครงการศึกษาและพัฒนาระบบการบริหารงานบำรุงรักษาสะพาน

จัดทำโดย
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สิงหาคม 2555

สารบัญ

		หน้า
คำนำ		i
สารบัญ		ก
บทที่ 1	**บทนำ**	**1-1**
1.1	ความเป็นมา	1-1
1.2	ข้อจำกัดของคู่มือ	1-1
1.3	องค์ประกอบของคู่มือ	1-1
1.4	ความเป็นมาของสะพาน	1-2
1.4.1	สะพานในอาณาจักรโรมัน	1-4
1.4.2	สะพานในสมัยกลาง	1-5
1.4.3	สะพานในยุคการฟื้นฟูศิลปวิทยาในทวีปยุโรป	1-6
1.4.4	สะพานในยุโรปช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 18 ถึง คริสต์ศตวรรษที่ 19	1-7
1.4.5	สะพานในประเทศสหรัฐอเมริกายุคเริ่มต้น	1-8
1.4.6	สะพานในคริสต์ศตวรรษที่ 20	1-10
1.4.7	แนวโน้มของสะพานสมัยใหม่	1-11
1.5	ประวัติสะพานของกรมทางหลวง	1-12
บทที่ 2	**โครงสร้างและองค์ประกอบของสะพาน**	**2-1**
2.1	ประเภทของสะพานของกรมทางหลวง	2-2
2.1.1	ระบบพื้นสะพานคอนกรีตเสริมเหล็กแบบหล่อในที่ (Slab Type)	2-2
2.1.2	ระบบพื้นสะพานแบบคานคอนกรีตอัดแรงรูปตัวไอ (I-Girder)	2-2
2.1.3	ระบบพื้นสะพานคอนกรีตอัดแรงแบบตัน (Plank Girder)	2-3
2.1.4	ระบบพื้นสะพานแบบคอนกรีตอัดแรงรูปกล่อง (Box Girder)	2-4
2.1.5	ระบบพื้นสะพานแบบคานคอนกรีตวางประชิด (Multi Beam)	2-4
2.1.6	ระบบพื้นสะพานแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กรูปตัวทีหล่อในที่ (RC T-Girder)	2-5
2.1.8	ระบบพื้นสะพานแบบคอนกรีตอัดแรงรูปกล่องหล่อสำเร็จรูป (Segmental Box Girder)	2-6

หน้า

2.2 องค์ประกอบของสะพานแต่ละประเภท 2-7

2.2.1 องค์ประกอบหลัก 2-7

2.2.2 องค์ประกอบของสะพานคอนกรีตเสริมเหล็กแบบหล่อในที่ (Slab Type) 2-14

2.2.3 องค์ประกอบของสะพานแบบคานคอนกรีตอัดแรงรูปตัวไอ (I-Girder) 2-15

2.2.4 องค์ประกอบของสะพานคอนกรีตอัดแรงแบบตัน (Plank Girder) 2-16

2.2.5 องค์ประกอบของสะพานแบบคอนกรีตอัดแรงรูปกล่อง (Box Girder) 2-17

2.3 แนวทางการบริหารงานบำรุงรักษาสะพาน 2-18

บทที่ 3 การสำรวจและตรวจสอบ 3-1

3.1 คุณสมบัติของผู้ทำการตรวจสอบสะพาน 3-1

3.1.1 ความรับผิดชอบของผู้ทำการตรวจสอบสะพาน 3-1

3.1.2 หน้าที่ของผู้ทำการตรวจสอบสะพาน 3-3

3.1.3 ความสำเร็จของการตรวจสอบสะพาน 3-4

3.1.4 ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน 3-10

3.2 เครื่องมือ และอุปกรณ์ในการตรวจสอบ 3-16

3.2.1 เครื่องมือมาตรฐาน 3-16

3.2.2 อุปกรณ์พิเศษ 3-21

3.2.3 อุปกรณ์ช่วยในการเข้าไปตรวจสอบ 3-22

3.2.4 พาหนะช่วยในการเข้าไปตรวจสอบ 3-25

3.3 ขั้นตอนการตรวจสอบ 3-26

3.3.1 แนวทางพื้นฐานของการตรวจสอบ 3-27

3.3.2 การรายงานผลการตรวจสอบสภาพ 3-30

3.4 การกำหนดรหัสของส่วนประกอบที่ทำการตรวจสอบ 3-32

3.4.1 การแบ่งส่วนสะพาน 3-32

3.4.2 การเรียงลำดับชิ้นส่วน กำหนดทิศทางต่างๆ 3-35

3.4.3 แบบรายการชิ้นส่วน 3-37

3.4.4 สะพานมีความยาวหลายช่วงสะพาน 3-40

3.5 การสำรวจสะพาน 3-41

3.5.1 การสำรวจปกติ 3-41

3.5.2 การสำรวจหลัก 3-43

3.5.3 การสำรวจแบบพิเศษ 3-49

หน้า

บทที่ 4	**ประเภทความเสียหาย และเกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของชิ้นส่วนสะพาน**		**4-1**
4.1	พื้นสะพาน (Deck)		4-2
	4.1.1	รูปแบบความเสียหายของพื้นสะพาน	4-2
	4.1.2	เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของพื้นสะพาน	4-11
	4.1.3	ตัวอย่างการจัดลำดับความเสียหายของพื้นสะพาน	4-15
	4.1.4	แบบฟอร์มการตรวจสอบของพื้นสะพาน	4-30
4.2	คานตามยาว (Girder)		4-36
	4.2.1	รูปแบบความเสียหายของคานตามยาว	4-36
	4.2.2	เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของคานตามยาว	4-38
	4.2.3	ตัวอย่างการจัดลำดับความเสียหายของคานตามยาว	4-41
	4.2.4	แบบฟอร์มการตรวจสอบของคานตามยาว	4-57
4.3	ค้ำยันคานตามยาว (Diaphragm)		4-58
	4.3.1	รูปแบบความเสียหายของค้ำยันคานตามยาว	4-58
	4.3.2	เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของค้ำยันคานตามยาว	4-58
	4.3.3	ตัวอย่างการจัดลำดับความเสียหายของค้ำยันคานตามยาว	4-61
	4.3.4	แบบฟอร์มการตรวจสอบของค้ำยันคานตามยาว	4-66
4.4	คานรัดหัวเสา (Cap Beam)		4-67
	4.4.1	รูปแบบความเสียหายของคานรัดหัวเสา	4-67
	4.4.2	เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของคานรัดหัวเสา	4-68
	4.4.3	ตัวอย่างการจัดลำดับความเสียหายของคานรัดหัวเสา	4-70
	4.4.4	แบบฟอร์มการตรวจสอบของคานรัดหัวเสา	4-88
4.5	ค้ำยันตอม่อ (Bracing)		4-89
	4.5.1	รูปแบบความเสียหายของค้ำยันตอม่อ	4-89
	4.5.2	เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของค้ำยันตอม่อ	4-90
	4.5.3	ตัวอย่างการจัดลำดับความเสียหายของค้ำยันตอม่อ	4-92
	4.5.4	แบบฟอร์มการตรวจสอบของค้ำยันตอม่อ	4-102
4.6	เสาตอม่อ (Pier)		4-103
	4.6.1	รูปแบบความเสียหายของเสาตอม่อ	4-103
	4.6.2	เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของเสาตอม่อ	4-108
	4.6.3	ตัวอย่างการจัดลำดับความเสียหายของเสาตอม่อ	4-111
	4.6.4	แบบฟอร์มการตรวจสอบของเสาตอม่อ	4-127
4.7	กำแพงตอม่อ (Pier Wall)		4-128
	4.7.1	รูปแบบความเสียหายของกำแพงตอม่อ	4-128

หน้า

	4.7.2	เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของกำแพงตอม่อ	4-129
	4.7.3	ตัวอย่างการจัดลำดับความเสียหายของกำแพงตอม่อ	4-131
	4.7.4	แบบฟอร์มการตรวจสอบของกำแพงตอม่อ	4-137
4.8	ฐานราก (Footing)		4-138
	4.8.1	รูปแบบความเสียหายของฐานราก	4-138
	4.8.2	เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของฐานราก	4-138
	4.8.3	ตัวอย่างการจัดลำดับความเสียหายของฐานราก	4-141
	4.8.4	แบบฟอร์มการตรวจสอบของฐานราก	4-145
4.9	เสาเข็ม (Pile)		4-146
	4.9.1	รูปแบบความเสียหายของเสาเข็ม	4-146
	4.9.2	เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของเสาเข็ม	4-146
	4.9.3	ตัวอย่างการจัดลำดับความเสียหายของเสาเข็ม	4-148
	4.9.4	แบบฟอร์มการตรวจสอบของเสาเข็ม	4-149
4.10	หูช้าง (Wing Wall)		4-150
	4.10.1	รูปแบบความเสียหายของหูช้าง	4-150
	4.10.2	เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของหูช้าง	4-151
	4.10.3	ตัวอย่างการจัดลำดับความเสียหายของหูช้าง	4-152
	4.10.4	แบบฟอร์มการตรวจสอบของหูช้าง	4-158
4.11	เชิงลาดสะพาน (Approach)		4-159
	4.11.1	รูปแบบความเสียหายของเชิงลาดสะพาน	4-159
	4.11.2	เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของเชิงลาดสะพาน	4-159
	4.11.3	ตัวอย่างการจัดลำดับความเสียหายของเชิงลาดสะพาน	4-161
	4.11.4	แบบฟอร์มการตรวจสอบของเชิงลาดสะพาน	4-163
4.12	แผ่นรองรับคาน (Bearing)		4-164
	4.12.1	รูปแบบความเสียหายของแผ่นรองรับคาน	4-164
	4.12.2	เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของแผ่นรองรับคาน	4-165
	4.12.3	ตัวอย่างการจัดลำดับความเสียหายของแผ่นรองรับคาน	4-167
4.13	รอยต่อเผื่อการขยาย (Expansion Joint)		4-181
	4.13.1	รูปแบบความเสียหายของรอยต่อเผื่อการขยาย	4-181
	4.13.2	เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของรอยต่อเผื่อการขยาย	4-182
	4.13.3	ตัวอย่างการจัดลำดับความเสียหายของรอยต่อเผื่อการขยาย	4-183
	4.13.4	แบบฟอร์มการตรวจสอบของรอยต่อเผื่อการขยาย	4-195

หน้า

4.14 ผิวทาง (Wearing Surface) 4-196

4.14.1 รูปแบบความเสียหายของผิวทาง 4-196

4.14.2 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของผิวทาง 4-197

4.14.3 ตัวอย่างการจัดลำดับความเสียหายของผิวทาง 4-198

4.14.4 แบบฟอร์มการตรวจสอบของผิวทาง 4-207

4.15 แผงกั้นจราจร (Traffic Barrier) 4-208

4.15.1 รูปแบบความเสียหายของแผงกั้นจราจร 4-208

4.15.2 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของแผงกั้นจราจร 4-208

4.15.3 ตัวอย่างการจัดลำดับความเสียหายของแผงกั้นจราจร 4-209

4.15.4 แบบฟอร์มการตรวจสอบของแผงกั้นจราจร 4-211

4.16 ราวสะพาน (Railing) 4-212

4.16.1 รูปแบบความเสียหายของราวสะพาน 4-212

4.16.2 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของราวสะพาน 4-213

4.16.3 ตัวอย่างการจัดลำดับความเสียหายของราวสะพาน 4-213

4.16.4 แบบฟอร์มการตรวจสอบของราวสะพาน 4-227

4.17 ทางเท้า (Sidewalk) 4-228

4.17.1 รูปแบบความเสียหายของทางเท้า 4-228

4.17.2 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของทางเท้า 4-228

4.17.3 ตัวอย่างการจัดลำดับความเสียหายของทางเท้า 4-229

4.17.4 แบบฟอร์มการตรวจสอบของทางเท้า 4-234

4.18 ระบบระบายน้ำ (Drainage) 4-235

4.18.1 รูปแบบความเสียหายของระบบระบายน้ำ 4-235

4.18.2 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของระบบระบายน้ำ 4-235

4.18.3 ตัวอย่างการจัดลำดับความเสียหายของระบบระบายน้ำ 4-235

4.18.4 แบบฟอร์มการตรวจสอบของระบบระบายน้ำ 4-238

4.19 กำแพงกันดิน (Retaining Wall) 4-239

4.19.1 รูปแบบความเสียหายของกำแพงกันดิน 4-239

4.19.2 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของกำแพงกันดิน 4-240

4.19.3 ตัวอย่างการจัดลำดับความเสียหายของกำแพงกันดิน 4-241

4.19.4 แบบฟอร์มการตรวจสอบของกำแพงกันดิน 4-250

4.20 ลาดป้องกันตลิ่ง (Slope Protection) 4-251

4.20.1 รูปแบบความเสียหายของลาดป้องกันตลิ่ง 4-251

4.20.2 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของลาดป้องกันตลิ่ง 4-252

หน้า

4.20.3 ตัวอย่างการจัดลำดับความเสียหายของลาดป้องกันตลิ่ง 4-253
4.20.4 แบบฟอร์มการตรวจสอบของลาดป้องกันตลิ่ง 4-261

บทที่ 5 การประเมินผลการจัดลำดับความเสียหาย 5-1
5.1 การประเมินผลจากการสำรวจปกติ 5-1
5.2 การประเมินผลจากการสำรวจหลัก 5-4
5.3 การประเมินผลจากการสำรวจแบบพิเศษ 5-11

บทที่ 6 บทสรุปการสำรวจและตรวจสอบสะพาน 6-1

บรรณานุกรม

คำนำ

สะพานถือได้ว่าเป็นโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure) ที่มีความสำคัญในการเชื่อมโยงระบบเครือข่ายคมนาคม (Transportation Network) ให้มีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการรองรับการขยายตัวทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ ปัจจุบันสะพานที่อยู่ในความดูแลของกรมทางหลวงมีอยู่เป็นจำนวนมากกว่า 15,000 แห่ง (สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง, 2555) สะพานเหล่านี้เมื่อใช้งานไประยะหนึ่งจะเกิดการเสื่อมสภาพและชำรุดเสียหาย ทำให้ความสามารถในการรับน้ำหนักของสะพานลดลงจากที่ออกแบบไว้เบื้องต้น การตรวจสอบและบำรุงรักษาสะพานให้มีระดับการให้บริการที่ดีอยู่อย่างสม่ำเสมอ จะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาสะพาน และจะเป็นการยืดอายุการใช้งานของสะพาน รวมถึงเพิ่มความปลอดภัยในการใช้งานให้กับประชาชนอีกด้วย

คู่มือการสำรวจและตรวจสอบสะพานนี้ จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้บุคลากรที่เกี่ยวข้องในการดูแลบำรุงรักษาสะพาน หรือตรวจสอบพฤติกรรมของสะพาน ได้นำไปศึกษาเพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับการสำรวจและตรวจสอบสะพาน รวมถึงการพิจารณาการให้คะแนนและการจำแนกความเสียหายที่เกิดขึ้น เพื่อทำการวิเคราะห์และประเมินสภาพการใช้งานปัจจุบันของโครงสร้างสะพาน โดยคู่มือฉบับนี้จะช่วยเตรียมความพร้อมในด้านต่าง ๆ รวมทั้งช่วยให้ผู้อ่านมีความรู้ ความเข้าใจพื้นฐานทางพฤติกรรม ลักษณะความเสียหายส่วนใหญ่ของสะพานคอนกรีต เกณฑ์การพิจารณาความเสียหาย อีกทั้งยังช่วยแนะนำแนวทางและขั้นตอนในการสำรวจ ประเมินความเสียหาย ทั้งนี้คู่มือฉบับนี้ได้แสดงตัวอย่างการประเมินความเสียหายขององค์ประกอบต่างๆในโครงสร้างสะพานเพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ง่ายขึ้น

คณะผู้จัดทำ ขอขอบคุณ บริษัท ไอเอ็มเอ็มเอส จำกัด ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์และเอื้อเฟื้อข้อมูลต่าง ๆ เพื่อประกอบการจัดทำคู่มือฉบับนี้ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือฉบับนี้จะมีประโยชน์ต่อกรมทางหลวง ในการพิจารณาแนวทางการออกแบบและซ่อมแซมสะพาน รวมถึงแนวทางในการปฏิบัติการแก้ไขป้องกันและบำรุงรักษาสะพานได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลต่อไป

คณะผู้จัดทำ

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

สะพานถือได้ว่าเป็นโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure) ที่มีความสำคัญในการเชื่อมโยงระบบเครือข่ายคมนาคม (Transportation Network) ให้มีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการรองรับการขยายตัวทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ โดยจะเห็นได้จากจำนวนโครงการก่อสร้างสะพานและการจัดสรรงบประมาณในแต่ละปีของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งในปัจจุบันสะพานที่อยู่ในความดูแลของกรมทางหลวงมีอยู่เป็นจำนวนมากกว่า 15,000 แห่ง (สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง, 2555) สะพานเหล่านี้เมื่อใช้งานไประยะหนึ่งจะเกิดการเสื่อมสภาพและชำรุดเสียหาย ทำให้ความสามารถในการรับน้ำหนักของสะพานลดลงจากที่ออกแบบไว้เบื้องต้น

คู่มือการสำรวจและตรวจสอบสะพานนี้ ได้ถูกเรียบเรียงขึ้นโดยพิจารณาจากความเสียหายที่สามารถมองเห็นได้ด้วยสายตา เพื่อประเมินลักษณะสภาพการใช้งานของระบบโครงสร้างสะพานเบื้องต้น โดยมีเนื้อหาประกอบด้วยแนวทางการสำรวจและตรวจสอบองค์ประกอบของโครงสร้างสะพาน การจำแนกประเภทความเสียหายที่เกิดขึ้นกับสะพาน เกณฑ์การตรวจสอบสภาพความเสียหายของสะพาน รูปแบบความเสียหายเบื้องต้นที่สำรวจพบเป็นส่วนใหญ่ การจัดลำดับสภาพความเสียหายรวมทั้งการประเมินผลของโครงสร้างสะพานโดยรวม พร้อมด้วยภาพตัวอย่างเพื่อเป็นแนวทางในการประเมิน

1.2 ข้อจำกัดของคู่มือ

แนวทางในการสำรวจและตรวจสอบสะพานภายในคู่มือฉบับนี้ได้แสดงรูปแบบความเสียหายของสะพานตามลักษณะโครงสร้างสะพานที่มีอยู่ในความควบคุมดูแลของกรมทางหลวง โดยส่วนใหญ่เป็นสะพานคอนกรีต และสะพานที่เป็นโครงสร้างประกอบ (Composite Bridge) ซึ่งไม่รวมโครงสร้างสะพานขึง โดยเนื้อหาจะมุ่งเน้นเฉพาะการตรวจสอบโครงสร้างสะพานด้วยสายตา แนวทางขั้นตอนในการตรวจสอบและการประเมินสภาพของสะพานเป็นสำคัญ

1.3 องค์ประกอบของคู่มือ

สาระสำคัญของคู่มือการซ่อมแซมสะพาน มีรายละเอียดของเนื้อหาดังนี้

บทที่ 1 ความเป็นมาของการจัดทำคู่มือ ความเป็นมาของสะพาน และประวัติสะพานทางหลวง

บทที่ 2 โครงสร้างสะพาน และองค์ประกอบของสะพาน

บทที่ 3 การสำรวจและตรวจสอบ

บทที่ 4 ประเภทความเสียหาย และเกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของชิ้นส่วนสะพาน

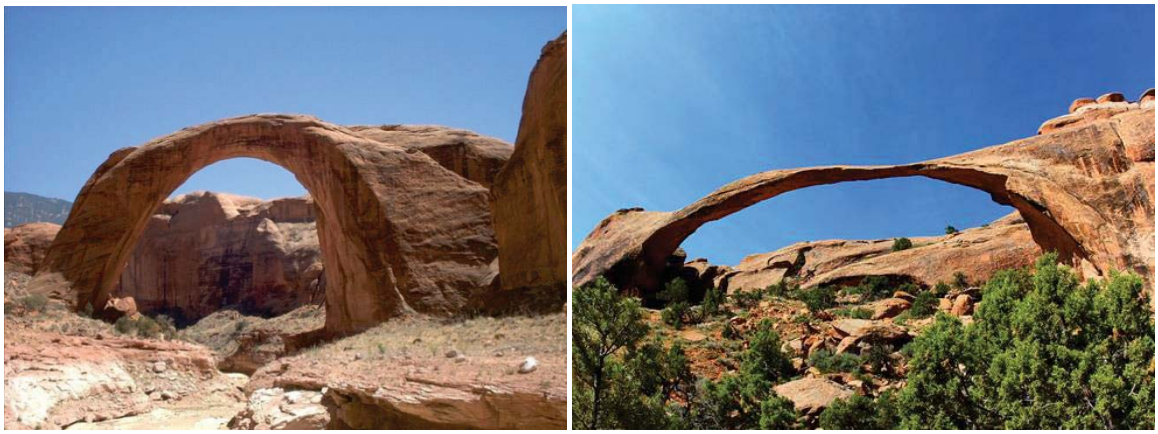
บทที่ 5 การประเมินผลการจัดลำดับความเสียหาย

บทที่ 6 บทสรุปการสำรวจ และตรวจสอบสะพาน

1.4 ความเป็นมาของสะพาน

สะพานคือ สิ่งปลูกสร้างที่ทำสำหรับข้ามแม่น้ำลำคลอง เป็นต้น บางทีทำยื่นลงในน้ำสำหรับสำหรับขึ้นลง (พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตสถาน, 2542)

สะพานในยุคเริ่มแรกเป็นสะพานทางธรรมชาติที่เกิดจากการกัดเซาะทางธรณีวิทยาเนื่องจากกระแสน้ำ ตัวอย่างของสะพานทางธรรมชาติแบบนี้ได้แก่ สะพานธรรมชาติที่มลรัฐ Utah และสะพานธรรมชาติที่มลรัฐ Virginia ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นต้น ซึ่งสะพานดังกล่าวจะมีลักษณะโค้งแบบธรรมชาติจากการกระทำของสภาพฝน ฟ้าอากาศ วัฏจักรการละลายของก้อนน้ำแข็ง และการกัดเซาะโดยกระแสลม ดังรูปที่ 1-1



รูปที่ 1-1 สะพานทางธรรมชาติ

สะพานประเภทแรกที่มนุษย์สร้างขึ้นโดยทั่วไปคือการนำต้นไม้มาพาดเพื่อข้ามทางน้ำหรือทางแคบระหว่างช่องเขา ซึ่งในปัจจุบันยังคงมีสะพานแบบนี้ใช้เพื่อเป็นทางเดินข้ามอยู่โดยทั่วไป ดังรูปที่ 1-2

รูปที่ 1-2 สะพานที่ทำจากการนำท่อนไม้มาวางพาด

ต่อมา มนุษย์ก็ได้ค้นพบว่าการวางแผ่นหินที่มีลักษณะเรียบบางเพื่อข้ามทางน้ำมีความคงทนมากกว่าสะพานที่ทำจากการพาดโดยท่อนไม้ โดยสะพานที่ใช้การวางแผ่นหินนี้เรียกว่า Clapper Bridge ตัวอย่างของสะพานประเภทนี้คือสะพานในรูปที่ 1-3

มนุษย์ได้นำการผูกเถาวัลย์และเชือกมาเป็นแนวคิดในการพัฒนาจนกลายเป็นสะพานแขวน (Suspension Bridge) ในเวลาต่อมา โดยในช่วงแรกทางเดินเท้าจะถูกสร้างจากการผูกแผ่นเสื่อที่สร้างจากไม้ไผ่อย่างแน่นหนาบริเวณด้านบนและแขวนอยู่ระหว่างสองด้านของเชือกเถาวัลย์ ดังแสดงในรูปที่ 1-4

ด้วยเหตุที่อารยธรรมได้มีการเจริญก้าวหน้าตามลำดับ ทำให้ประสิทธิภาพของการใช้วัสดุก็เพิ่มขึ้นตามด้วยเช่นกัน การใช้หินอิฐในการก่อสร้างโครงสร้างรูปโค้ง (Arch) มีมาตั้งแต่ช่วง 3,000 ปี ก่อนคริสตกาล เมื่อ Two-stone Arch ได้มีการพัฒนาขึ้นครั้งแรกที่แถบเมดิเตอร์เรเนียนด้านตะวันออก โดยเป็นโครงสร้างแบบพื้นฐาน ส่วน False Arch หรือ Corbelled Arch ได้กำเนิดขึ้นในระยะเวลาต่อมา ในช่วง 1,000 ปี ก่อนคริสตกาลโดยประมาณ โครงสร้างรูปโค้งชนิดนี้จะถูกสร้างโดยการต่อหินออกมาจากแต่ละด้านของฐานจนบรรจบกันที่ตรงกลางด้านบน ซึ่งเมื่อโครงสร้างนี้รองรับน้ำหนักกระทำในแนวดิ่ง หินที่ต่อเหล่านี้ในแต่ละก้อนจะเกิดแรงภายในเป็นแรงอัด ในกรณีที่มีวงแหวนรูปโค้ง (True Arch Ring) จะเรียกว่า False Arch ซึ่ง False Arch เหล่านี้ใช้ทำเป็นทางเข้าของหลังคาโค้งใต้ดินหรือกำแพงกันข้าศึกของพระราชวัง

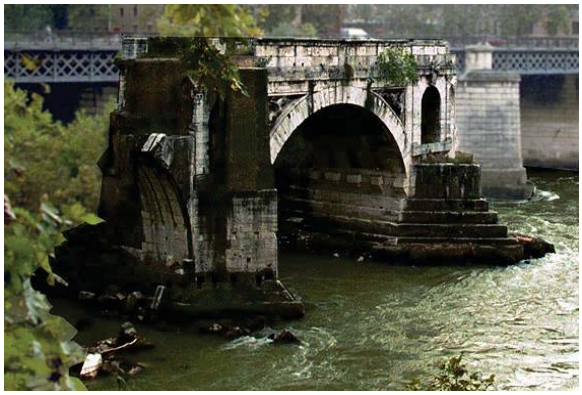
รูปที่ 1-3 สะพานหินแบบ Clapper

รูปที่ 1-4 สะพานที่ทำมาจากเชือก

ในขณะที่มีการเริ่มต้นใช้สะพานรูปโค้งที่ทำจากหินขึ้น ตามวิวัฒนาการสะพานของอาณาจักรโรมันซึ่งอยู่ทางด้านตะวันตกของโลกนั้น ได้มีหลักฐานที่แสดงให้ทราบว่าชาวจีนได้สร้างสะพานขนาดใหญ่ที่ทำขึ้นจากไม้ก่อนช่วงเวลาดังกล่าวนั้นค่อนข้างมาก นอกจากนี้ยังมีการแสดงเป็นลายลักษณ์อักษรด้วยอักขระของภาษาจีน ตั้งแต่ประมาณ 1,000 ก่อนคริสตกาล เกี่ยวกับทฤษฎีที่ว่า สะพานแบบยื่น (Cantilever Bridge) จะใช้สำหรับช่วงความยาวช่วงถึง 39 เมตร (130 ฟุต) ส่วนสะพานแบบแขวนจะใช้สำหรับสะพานที่มีความยาวช่วงถึง 75 เมตร (250 ฟุต)

1.4.1 สะพานในอาณาจักรโรมัน

ชาวอิทรูเรียผู้อาศัยอยู่ทางตอนกลางแถบเหนือของประเทศอิตาลีในช่วงปี ศตวรรษที่ 8 ถึง ศตวรรษที่ 4 ก่อนคริสตกาล เป็นผู้มีความรู้เกี่ยวกับสะพานหินรูปโค้งเป็นอย่างดีและเป็นผู้คิดวิธีการก่อสร้างสะพานดังกล่าว โดยในช่วง 300 ปีก่อนคริสตกาล ถึง 200 ปีหลังคริสตกาล ชาวโรมันได้ใช้โครงสร้างหินรูปโค้งแบบครึ่งวงกลม (Semi-circular Stone Arch) เพื่อก่อสร้างสะพานยาวและทางสัญจร ซึ่งยังคงอยู่จนถึงปัจจุบัน ไม่เพียงแต่ในประเทศอิตาลีเท่านั้น แต่มีอยู่ตลอดทั่วทั้งทวีปยุโรปซึ่งแสดงตัวอย่างไว้ในรูปที่ 1-5



รูปที่ 1-5 สะพานหินรูปโค้ง

นอกจากสะพานหินเหล่านี้แล้ว ชาวโรมันยังมีทักษะในการก่อสร้างสะพานด้วยท่อนไม้อีกด้วย โดยมีเอกสารที่บันทึกไว้ว่ามีการสร้างสะพานไม้ที่รองรับด้วยเสาเข็มเพื่อข้ามแม่น้ำไรน์ ในประเทศเยอรมนี โดย Julius Caesar ในช่วง 55 ปีก่อนคริสตกาล

ชาวโรมันมีชื่อเสียงในด้านความสำเร็จของการก่อสร้างสะพานอย่างมากมาย โดยชาวโรมันเป็นชนกลุ่มแรกที่ใช้ซีเมนต์ธรรมชาติซึ่งทำจากการผสมระหว่างหินปูนกับเถ้าจากภูเขาไฟ ซึ่งโดยมากซีเมนต์นี้จะถูกใช้สำหรับสิ่งก่อสร้างที่อยู่ใต้น้ำ ซึ่งพัฒนานวัตกรรมเป็นโครงสร้างลักษณะคล้ายกล่องเปิดที่ล้อมรอบฐานรากเพื่อสามารถสูบน้ำออกมาใช้ได้ที่เรียกว่า Cofferdam

แม้ว่าในยุคนั้นจะมีพัฒนาการก่อสร้างอย่างก้าวหน้า แต่ฐานรากที่สร้างขึ้นในยุคนั้นก็ทำให้เกิดความหายนะต่อสะพานของอาณาจักรโรมันที่สร้างข้ามทางน้ำต่าง ๆ เนื่องจากตอม่อหินที่สร้างขึ้นเพื่อต้านทานการดันตัวของโครงสร้างนั้น ขวางทางเดินของกระแสน้ำ จึงเป็นสาเหตุให้เกิดการกัดเซาะ ซึ่งเป็นเหตุผลหลักของการพังทลายของสะพาน

อย่างไรก็ตาม ก็ยังมีอยู่หลายสะพานที่เป็นมรดกตกทอดจากผู้สร้างสะพานในอดีตที่ยังคงอยู่จนถึงปัจจุบัน ซึ่งหนึ่งในสะพานเหล่านั้นที่มีชื่อเสียงและเป็นที่รู้จักอย่างมากก็คือสะพาน Pont Du Gard ในประเทศฝรั่งเศส ดังรูปที่ 1-6 ซึ่งถูกสร้างขึ้นในช่วง 27 ปีก่อนคริสตกาลโดยประมาณ

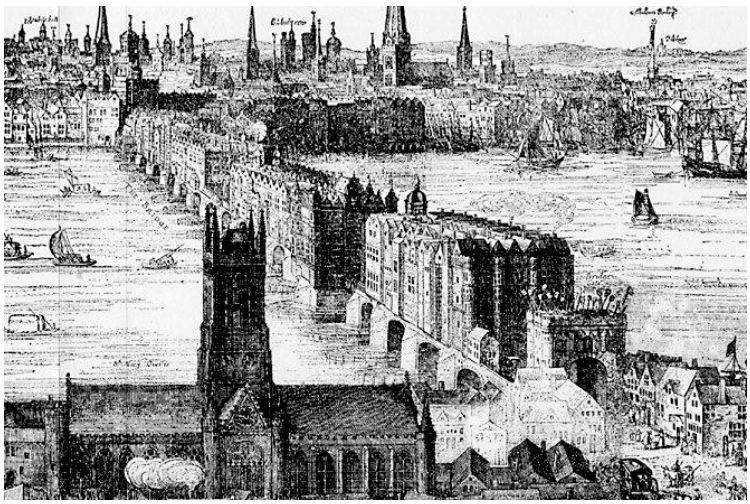
รูปที่ 1-6 สะพาน Pont Du Gard

1.4.2 สะพานในสมัยกลาง

หลังจากการล่มสลายของอาณาจักรโรมัน ทำให้การค้าและการเดินทางลดลง การสร้างสะพานในหลาย ๆ ประเทศโดยส่วนใหญ่ก็หยุดลงตามไปด้วย จนกระทั่งเข้าสู่ยุคของสงครามครูเซด การก่อสร้างสร้างจึงเริ่มมีขึ้นอีกครั้ง อย่างไรก็ตาม การก่อสร้างสะพานหินแบบรูปโค้งยังคงมีอยู่อย่างต่อเนื่องและเป็นโครงสะพานแบบพื้นฐานที่สร้างกันอยู่ทั่วไปตลอดช่วงเวลาระหว่าง คริสต์ศตวรรษที่ 12 ถึง คริสต์ศตวรรษที่ 18 ซึ่งลักษณะโครงสร้างสะพานจะเป็นแบบโค้งรูปวงรี โดยมีขนาดของตอม่อที่นอกจากจะหนาเพียงพอต่อการรองรับความดันที่ไม่สมดุล (Unbalanced

Pressure) แล้ว ยังแสดงถึงความเป็นอาณาจักรอันยิ่งใหญ่ของชาวโรมัน ตลอดจนเป็นการช่วยในการป้องกันเมืองในภาวะสงคราม เนื่องจากหากโครงสร้างส่วนหนึ่งส่วนใดของสะพานเกิดความเสียหาย การที่มีตอม่อขนาดใหญ่นี้ จะช่วยป้องกันการพังทลายของตัวสะพานทั้งหมดได้

หนึ่งในสะพานที่เป็นที่รู้จักที่สุดของยุคนี้คือ Original London Bridge ซึ่งสร้างขึ้นระหว่างปี ค.ศ. 1176 ถึง ค.ศ.1209 สะพานดังกล่าวมีจำนวนช่วงสะพานที่สั้นและมีจำนวนมากประกอบกับตอม่อมีขนาดใหญ่ขวางลำน้ำ ทำให้สะพานแทบจะเป็นเขื่อนที่ไม่สามารถให้น้ำไหลผ่านได้ ดังแสดงในรูปที่ 1-7 อย่างไรก็ดีสะพานนี้พังลงในปี ค.ศ. 1824 ซึ่งต่อมาได้ทำการสร้าง Second London Bridge ขึ้นมาใหม่อีกครั้งในปี ค.ศ.1831



รูปที่ 1-7 สะพาน Original London

1.4.3 สะพานในยุคการฟื้นฟูศิลปวิทยาในทวีปยุโรป

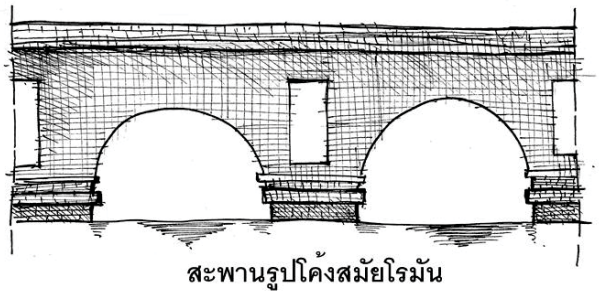
แม้ว่าจะมีแนวคิดใหม่ ๆ ในการพัฒนารูปแบบโครงสร้างสะพานในช่วงยุคการฟื้นฟูศิลปวิทยา อย่างไรก็ดียังต้องใช้เวลาหลายร้อยปีกว่าที่แนวคิดเหล่านี้จะได้รับการยอมรับและนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างกว้างขวาง โดยลีโอนาโด ดาวินซี ได้ทำการพัฒนาสะพานที่ใช้ในการเดินทางสำหรับทหารที่สามารถยกเปิดตัวสะพานได้ (Bascule Bridge) และ Palladio ได้ทำการพิมพ์หนังสือที่อธิบายถึงชนิดของสะพานแบบโครงถักที่แตกต่างกัน 4 ชนิด โดยที่เขาได้ทำการออกแบบและสร้างสะพานแบบโครงถักด้วยไม้อยู่หลายสะพานด้วยกัน

อย่างไรก็ตาม การก่อสร้างสะพานโดยส่วนมากนั้นยังคงใช้โครงสร้างหินรูปโค้งแบบดั้งเดิมแต่ได้มีการให้ความสำคัญในด้านความสวยงามของสะพานมากยิ่งขึ้น จนทำให้สะพานกลายเป็นงานศิลปะประจำเมืองอย่างหนึ่ง ตัวอย่างสะพานในยุคนี้แสดงดังรูปที่ 1-8

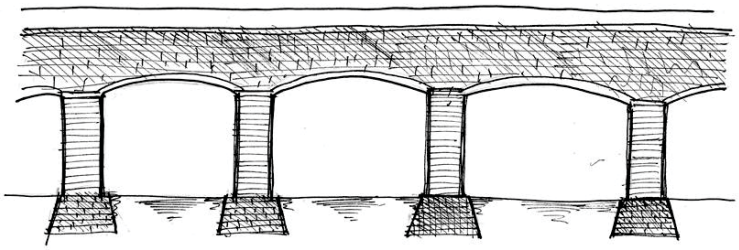
รูปที่ 1-8 สะพาน Rialto

1.4.4 สะพานในยุโรปช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 18 ถึง คริสต์ศตวรรษที่ 19

ก่อนคริสต์ศตวรรษที่ 18 แนวคิดในการถ่ายแรงของโครงสร้างรูปโค้งลงสู่ฐานรองรับไม่ใช่เรื่องที่ใหม่แต่อย่างใด ซึ่งเป็นหลักการของ Gothic Flying Buttress ดังรูปที่ 1-9 อย่างไรก็ตาม หลักการนี้ไม่ได้ถูกนำมาใช้จนกระทั่งได้มีการก่อสร้างสะพานข้ามแม่น้ำเซน ที่ Neuilly ใกล้กับเมืองปารีส ในช่วงปี ค.ศ. 1768 ถึง 1774 ตอม่อของสะพานนี้ถูกออกแบบให้รับแรงตามแนวดิ่งเท่านั้นและถ่ายแรงจากโครงสร้างรูปโค้งหนึ่งไปยังโครงสร้างรูปโค้งถัดไปจนกระทั่งถึงตอม่อตัวริม (Abutment) ด้วยเหตุนี้ความกว้างของตอม่อจึงมีขนาดลดลงอย่างเห็นได้ชัด



สะพานรูปโค้งสมัยโรมัน



สะพานรูปโค้งช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 18

รูปที่ 1-9 การเปลี่ยนจากสะพานในสมัยโรมันเป็นสะพานรูปโค้งในช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 18

นอกจากนี้หลักการของโครงถักก็ได้ถูกนำมาคิดขึ้นอีกครั้งหนึ่งในช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 18 ถึง คริสต์ศตวรรษที่ 19 โดยมีการสร้างสะพานไม้แบบโครงถักอยู่หลายสะพานในประเทศสวิสเซอร์แลนด์และประเทศต่าง ๆ ในทวีปยุโรป

1.4.5 สะพานในประเทศสหรัฐอเมริกายุคเริ่มต้น

แต่เดิมชาวอเมริกันได้ทำการสร้างสะพานตามวิธีแบบยุโรปดั้งเดิม โดยเริ่มจากโครงสร้างรูปโค้งที่ทำจากหิน อย่างไรก็ตาม ชาวอเมริกันมีความพยายามที่จะใช้ไม้ซึ่งเป็นทรัพยากรที่มีอยู่มากมายล้นเหลือในการสร้างสะพานแทน โดยสะพานไม้สะพานแรกในอเมริกาที่มีช่วงความสะพานที่ยาวมากเท่าที่จะเป็นไปได้ได้ถูกสร้างขึ้นในปี ค.ศ. 1785 เพื่อข้ามแม่น้ำ Connecticut ซึ่งออกแบบโดย Colonel Enock Hale โดยสะพานนี้ใช้ Braced Stringer Concept ที่ซึ่งนำไปสู่ยุคใหม่ของการออกแบบสะพานไม้ที่มีช่วงสะพานที่ยาว

สะพานไม้แบบโครงถักอาจถูกเสริมกำลังด้วยโครงรูปโค้ง โดยสิ่งนี้ต้องกระทำด้วยความระมัดระวัง เพราะในยุคนั้นมีความรู้เกี่ยวกับพฤติกรรมของโครงถักเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โครงสร้างที่ถูกเสริมนี้เรียกว่า Burr Arch Truss ดังแสดงในรูปที่ 1-10 อย่างไรก็ตาม โครงถักธรรมดาที่ไม่มีการเสริมด้วยโครงรูปโค้งได้กลายเป็นการออกแบบที่นิยม เมื่อเมือง Ithiel ออกเป็นข้อกำหนดสำหรับ Lattice Truss ในปี ค.ศ. 1820 โครงข้อแข็งที่เกิดจากการสานไขว้กันของแผ่นกระดานที่น้ำหนักเบาด้วยมุม 45 องศา ถึง 60 องศา เป็นตารางและทำให้แน่นติดกันด้วยหมุดที่ทำจากไม้ เรียกว่า Town Truss

รูปที่ 1-10 โครงถักแบบ Burr Arch

การออกแบบ Howe Truss ที่ซึ่งเป็นพื้นฐานของโครงถักของทางรถไฟในยุคเริ่มแรกนั้น ถูกกำหนดโดย William Howe ในปี ค.ศ. 1840 ซึ่งการออกแบบนี้ได้ใช้ระบบ Multiple King Post

การวิเคราะห์โครงสร้างสะพานรูปแบบโครงถักในเชิงทฤษฎีครั้งแรกนั้น ได้รับการตีพิมพ์ในหนังสือชื่อ A Work on Bridge Building โดย Squire Whipple ในปี ค.ศ. 1847 โดยแต่เดิมนั้นการก่อสร้างสะพานส่วนใหญ่ได้ดำเนินการบนพื้นฐานของความชำนาญ และบ่อยครั้งที่เกิดการวิบัติอันเนื่องมาจากการออกแบบที่ไม่พอเพียงต่อสภาพการรับน้ำหนักบรรทุกจริง

หนึ่งในโครงถักประเภทแรก ๆ ที่ทำการออกแบบอย่างมีหลักเกณฑ์เชิงทฤษฎี คือ Pratt Truss ซึ่งมีลักษณะทางโครงสร้างที่ตรงกันข้ามกับ Howe Truss โดยชิ้นส่วนแนวทแยงมุมของ Pratt Truss ที่รับแรงดึงเพียงอย่างเดียวจะทำจาก Wrought Iron ส่วนชิ้นส่วนรับแรงอัดตามแนวดิ่งจะเป็น Cast Iron หรือไม้ อย่างไรก็ดี Wrought Iron และ Cast Iron เหล่านี้หลงเหลือใช้เพียงส่วนน้อยแล้วในปัจจุบันนี้

ในระหว่างนั้น สะพานแขวนแห่งแรกที่ทางเดินรถถูกแขวนไว้ด้วยสายเคเบิลได้ถูกสร้างเสร็จสมบูรณ์โดย James Finley ในปี ค.ศ. 1801 ซึ่งสะพานนี้ได้พาดข้ามอ่าว Jacobs ในเมือง Fayette มลรัฐ Pennsylvania และมีความยาวช่วงสะพาน 21 เมตร (70 ฟุต)

ยุคสมัยใหม่ของการสร้างสะพานได้เริ่มต้นขึ้นในปี ค.ศ. 1855 เมื่อได้มีการพัฒนาการสร้างเหล็กด้วยวิธีการถลุงเหล็กที่เรียกว่า Bessemer Process โดยสะพาน แห่งแรกในประเทศสหรัฐอเมริกาที่มีการใช้เหล็กเป็นโครงสร้างหลักของสะพาน คือ Eads Bridge ข้ามแม่น้ำ Mississippi ในมลรัฐ St. Louis ดังรูปที่ 1-11 โครงสร้างสะพานนี้เป็นสะพานโครงรูปโค้งเหล็ก 3 ช่วง ที่มีความยาวช่วงกว่า 450 เมตร (1,500 ฟุต) การก่อสร้างสะพานนี้ ได้แล้วเสร็จในปี ค.ศ. 1874 ใช้เวลาการก่อสร้างทั้งหมด 6 ปี

แม้ว่าสะพานนี้จะเป็นโครงรูปโค้งที่ทำมาจากเหล็ก แต่สะพานเหล็กจำนวนมากนั้น ได้เป็นที่นิยมมากขึ้นภายหลังจากสะพาน Eads นี้ ก่อสร้างเสร็จเป็นเวลากว่า 50 ปี

รูปที่ 1-11 สะพาน Eads

ต่อมาได้มีการพัฒนาสะพานที่ใช้คานเหล็กรูปตัวไอหรือใช้คานเหล็กขนาดใหญ่ โดยใช้ในสะพานช่วงสั้นเป็นส่วนใหญ่ โดยคานเหล็กรูปตัวไอดังกล่าว จะใช้หมุดเหล็ก (Rivet) ในการประกอบหน้าตัดจากชิ้นส่วนต่าง ๆ โดยชิ้นส่วนที่นำมาประกอบเป็นหน้าตัดนั้น ประกอบไปด้วย Web Plate, Side Plates, Flange Angles และ Flange Plates

เมื่อเข้าสู่ปลายคริสต์ศตวรรษที่ 18 วิศวกรสะพานได้ทำการต่อยอดเพื่อขยายขอบเขตความรู้ โดยการสร้างสะพาน Brooklyn ซึ่งค่อนข้างเป็นสะพานที่มีชื่อเสียงมากที่สุดของประเทศ สะพาน Brooklyn นี้ก่อสร้างเสร็จในปี ค.ศ. 1883 โดยเป็นสะพานที่ใช้ลวดเหล็กทำหน้าที่เป็นสายเคเบิลแขวนและสายเคเบิลขึง

ต่อมาได้เริ่มมีการใช้คอนกรีตเสริมเหล็กครั้งแรกในอเมริกาในการสร้างสะพาน Alvord Lake ในปี ค.ศ. 1889 ซึ่งจัดว่าเป็นความท้าทายใหม่อย่างแท้จริงของวิศวกรสะพานในยุคนั้น

1.4.6 สะพานในคริสต์ศตวรรษที่ 20

ในช่วง 50 ปีแรกของของคริสต์ศตวรรษที่ 20 ได้มีการพัฒนาการใช้คอนกรีตเสริมเหล็กอย่างรวดเร็ว โดยสะพานใหม่ ๆ ที่ถูกสร้างขึ้นได้แก่ แผ่นพื้นแบบช่วงธรรมดา (Simple Span Slabs) คานรูปตัวที (Tee Beams) โครงข้อแข็ง (Rigid Frames) และโครงรูปโค้ง (Arch)

การสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นการผสมกันระหว่างกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตและกำลังรับแรงดึงของเหล็กเสริม การเสริมกำลังนี้ถูกแทนที่เพื่อทำหน้าที่รับแรงดึงในส่วนที่คอนกรีตรับแรงดึง

แม้ว่าโครงสร้างส่วนบนของสะพานอาจจะประกอบไปด้วยโครงถักเหล็ก คานย่อย หรือ คานหลัก แต่คอนกรีตเสริมเหล็กได้เข้ามามีบทบาทสำคัญกับโครงสร้างโดยทั้งหมด โดยแผ่นพื้น ตอม่อ หรือ ตอม่อตัวริมสำหรับกันดินด้านข้างของสะพานมักจะทำจากคอนกรีตเสริมเหล็ก

ในขณะที่มีการใช้คอนกรีตเพิ่มขึ้น โรงงานผลิตเหล็กก็มีความก้าวหน้าขึ้นไปควบคู่กัน โดยโรงงานเหล็กได้มีการพัฒนาเครื่องรีดเหล็กขนาดใหญ่ เพื่อนำคานที่รีดออกมาเป็นหน้าตัดรูปตัวไอไปใช้แทนที่การใช้คานที่ประกอบกันด้วยหมุดเหล็ก ซึ่งได้มีการใช้เหล็กดังกล่าวในการสร้างสะพานทางหลวงอย่างมากมาย

สะพานที่สามารถเคลื่อนตัวได้ (Movable Bridge) หลายต่อหลายสะพานได้ถูกพัฒนาขึ้นในบริเวณที่มีการสัญจรทางน้ำ ตัวอย่างสะพานที่สามารถเคลื่อนตัวได้ เช่น Bascule Bridge หรือ Draw Bridge โดยมีทั้งแบบเปิดด้านเดียวและเปิดทั้ง 2 ข้าง ซึ่งมีทั้งแบบเหวี่ยงออกด้านข้างตามแนวนอน หรือแบบยกขึ้นตามแนวตั้ง แสดงดังรูปที่ 1-12

รูปที่ 1-12 สะพานแบบ Bascule

การออกแบบการก่อสร้างโครงสร้างเชิงประกอบ (Composite) ได้ถูกพัฒนาขึ้นในราวปี ค.ศ. 1940 การออกแบบการก่อสร้างชนิดนี้ ได้มีการใช้ Shear Connecter เพื่อให้เกิดการประสานกันระหว่างคานเหล็กกับแผ่นพื้น

สะพานคอนกรีตในการช่วยกันรับน้ำหนัก ซึ่งการก่อสร้างโครงสร้างเชิงประกอบนี้นั้นสามารถก่อสร้างสะพานที่มีความยาวช่วงมากกว่าการก่อสร้างที่ไม่ใช่โครงสร้างเชิงประกอบเมื่อใช้หน้าตัดคานขนาดเท่ากัน

หลังจากเกิดสงครามโลกครั้งที่ 2 ได้ปรากฏว่ามีการก่อสร้างสะพานอยู่หลายสะพานที่แสดงถึงความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี มีการสร้างสะพานที่ใช้คานเหล็กขนาดใหญ่ช่วงยาวแทนที่สะพานโครงถักช่วงสั้นอย่างมากมาย ซึ่งต่อมาได้มีการใช้การเชื่อมแทนการใช้หัวหมุดเหล็กในการก่อสร้างสะพานช่วงที่ยาวขึ้นโดยใช้หน้าตัดคานที่ได้จากการรีดร้อน และมีการใช้สลักเกลียวที่มีกำลังสูง (High Strength Bolt) แทนหัวหมุดเหล็ก (Rivet)

สะพานคอนกรีตอัดแรงสะพานแรกในอเมริกา คือ สะพาน Walnut Lane ในเมือง Philadelphia ซึ่งสร้างขึ้นในปี ค.ศ. 1949 และในปัจจุบันมีการใช้คอนกรีตอัดแรงเป็นวัสดุในการสร้างสะพานกันอย่างกว้างขวาง

การพัฒนาที่เห็นเด่นชัดของการพัฒนาสะพาน คือ การนำการใช้คอมพิวเตอร์มาช่วยในการออกแบบและการก่อสร้างสะพาน โดยมีการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยวิเคราะห์สิ่งต่าง ๆ อาทิเช่น การวิเคราะห์ความเค้นในหลายมิติ การวิเคราะห์ผลจากแรงลม การวิเคราะห์ผลจากการขัดสี การวิเคราะห์ผลจากแผ่นดินไหว การวิเคราะห์ความเสียหาย การออกแบบแนวทางใหม่ ๆ สะพานที่มีลักษณะโค้ง ใช้วาดร่างแบบก่อสร้าง วางระบบการจัดการเกี่ยวกับสะพาน และวางแผนการก่อสร้าง

1.4.7 แนวโน้มของสะพานสมัยใหม่

ในปัจจุบันวิศวกรสะพานได้รวมคุณสมบัติเด่นต่างๆ ของวัสดุที่มีอยู่เพื่อนำมาออกแบบสะพานที่มีช่วงที่ยาวขึ้น มีประสิทธิภาพที่มากขึ้น และทนทานมากขึ้น วิธีการก่อสร้างใหม่ ๆ ได้มีการศึกษาถึงจุดเด่นของวัสดุที่มีกำลังที่มากขึ้น และประหยัดขึ้นในการก่อสร้างสะพานช่วงยาว นอกจากนี้ วัสดุใหม่ ๆ ได้มีการพัฒนาขึ้นเพื่อเพิ่มคุณสมบัติทางด้านกำลังให้ดียิ่งขึ้นด้วย

การออกแบบสะพานขึงเป็นแนวโน้มที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในการก่อสร้างสะพานยุคปัจจุบัน แม้ว่าการก่อสร้างสะพานขึงได้เริ่มมามาตั้งแต่สมัยคริสต์ศตวรรษที่ 18 อย่างไรก็ตาม เนื่องจากในยุคนั้นยังมีความรู้ทางด้านเทคโนโลยีที่ไม่เพียงพอประกอบกับการก่อสร้างที่ไม่ได้มาตรฐาน ทำให้สะพานขึงหลายสะพานเกิดการพังลง และในปี ค.ศ. 1970 เริ่มมีการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการสร้างสะพานขึง ซึ่งเป็นสะพานที่ระบบพื้นสะพานรองรับด้วยสายเคเบิล ซึ่งสายเคเบิลจะยึดรั้งรวมกันที่เสาขึง (Pylon) ตัวอย่างของสะพานประเภทนี้ เช่น สะพาน Sunshine Skyway ข้ามอ่าว Tampa ที่มลรัฐ Florida โดยสะพานดังกล่าวมีความยาว 2,658 เมตร (8,860 ฟุต) สูงจากอ่าว 52.5 เมตร (175 ฟุต) เสาขึงทั้ง 2 เสามีจำนวนสายเคเบิล เสาละ 21 เส้น ดังรูปที่ 1-13 โดยโครงสร้างส่วนบนของสะพานนี้ ได้ทำจากคอนกรีตหล่อสำเร็จ (Precast Concrete) ซึ่งทำให้ระยะเวลาในการก่อสร้างลดลง และทำให้สามารถควบคุมคุณภาพของคอนกรีตได้ดียิ่งขึ้น

ข้อดีของการก่อสร้างด้วยคานรูปกล่องแบบหล่อสำเร็จมีดังนี้

- เป็นการผลิตชนิดส่วนที่เหมือนกันซ้ำ ๆ ทำให้ผลิตได้เร็ว
- ง่ายต่อการกำหนดรูปทรงของสะพานทั้งในแนวนอนและแนวดิ่ง
- ลดผลกระทบจากการคืบและหดตัว (Shrinkage) ของคอนกรีต

➢ ไม่ต้องใช้ไม้แบบในระหว่างการก่อสร้าง

คานรูปกล่องอาจจะเป็นได้ทั้งคอนกรีตและเหล็ก โดยคานรูปกล่องนี้มีกำลังรับแรงบิดที่ดีและนำไปใช้กับสะพานรูปโค้งอย่างมากมาย

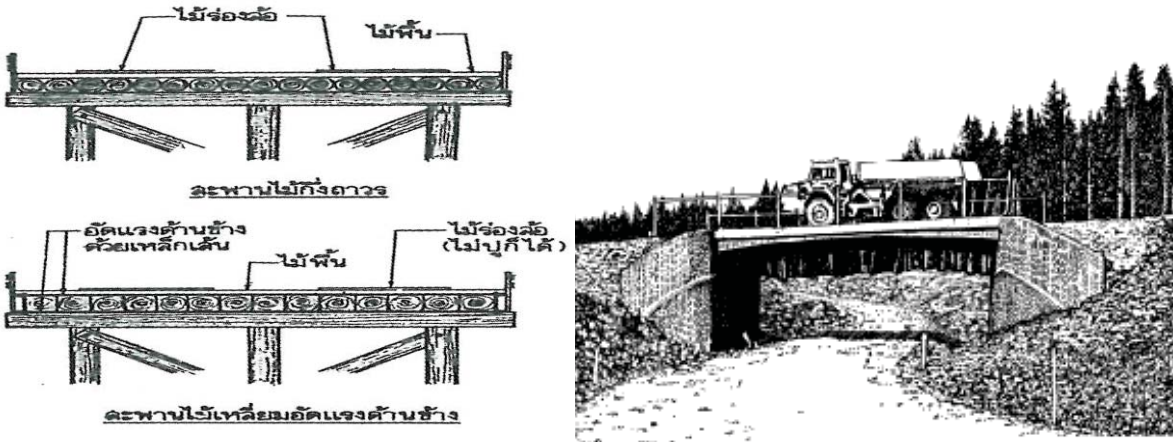
รูปที่ 1-13 สะพาน Sunshine Skyway

การใช้ไม้ในการก่อสร้างสะพานนั้นได้เริ่มมีขึ้นอีกครั้ง โดยใช้โครงสร้างคานที่ทำจากไม้อัดกาว (Glue Laminate Beam) ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่คุ้มค่าในการสร้างสะพานที่มีช่วงสั้นและรับน้ำหนักบรรทุกน้อย ๆ

ความท้าทายที่มากที่สุดสำหรับอุตสาหกรรมสะพานในปัจจุบันอาจจะไม่ใช่การออกแบบใหม่ ๆ แต่น่าจะเป็นการบำรุงรักษา และการซ่อมแซมเสียมากกว่า นวัตกรรมใหม่ ๆ ในการบำรุงรักษาสะพานซึ่งถือได้ว่าเป็นโครงสร้างพื้นฐานนั้น เป็นสิ่งที่สำคัญยิ่งต่อการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมโดยรวม ส่งผลทำให้งานตรวจสอบ ตรวจวัด และประเมินสภาพสะพานมีบทบาทที่สำคัญ ซึ่งควรต้องได้รับการศึกษาค้นคว้า และพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

1.5 ประวัติสะพานของกรมทางหลวง

สะพานเป็นสิ่งก่อสร้างที่คน หรือสัตว์ และยานพาหนะ ใช้ข้ามคูคลอง แม่น้ำ หรือถนน ย้อนไปในปี พ.ศ.2490 ถนนแต่เดิมนั้นทางยังมีไม่มากนัก และยังไม่ได้รับการพัฒนา สะพานส่วนมากในทางหลวง จึงเป็นสะพานที่มีการออกแบบไม่ซับซ้อน เรียกว่า “สะพานไม้กลมกึ่งถาวร” ดังแสดงในรูปที่ 1-14 ซึ่งสะพานประเภทนี้ กรมทางหลวงใช้อยู่ระยะหนึ่ง แต่เนื่องด้วยหาไม้กลมที่ถากเอาแต่แก่นมาทำการก่อสร้างยาก และไม้กลมนี้โดยทั่วไปมีกระพี้ จึงผุได้ง่าย



รูปที่ 1-14 สะพานไม้กลมกึ่งถาวรและ Reinforced Concrete Slab Bridge (หนังสือบนเส้นทางวิศวกรรรม)

โดยต่อมาในปี พ.ศ.2498 มีการก่อสร้างสะพานคอนกรีตเสริมเหล็กแต่มีราคาสูง จึงยังไม่เหมาะกับเส้นทางที่ยังห่างไกล สะพานไม้จึงยังคงใช้อยู่ นักวิชาการจึงทำการผสมผสานเทคโนโลยีสมัยใหม่ในการก่อสร้างสะพาน โดยใช้ไม้เหลี่ยมอัดแรงด้านขวาง เพื่อให้ Load Distribution กระจายไปยังคานที่เรียงติดกันอยู่มากขึ้น โดยทางกรมทางได้ใช้มาระยะหนึ่งจึงเลิกใช้ไป เพราะไม้หายาก และเหลือน้อยลงไม่เพียงพอต่อการก่อสร้าง ต่อมาได้รับเอาวิทยาการของต่างประเทศเข้ามาใช้ และได้รับความช่วยเหลือจากประเทศสหรัฐอเมริกา ในการก่อสร้างสะพานต่างๆ เช่น สะพานคอนกรีตอัดแรง Girder Type ช่วงยาวประมาณ 20-30 เมตร ก่อสร้างข้ามแม่น้ำบางปะกงในเส้นทาง ชลบุรี – กรุงเทพฯ (ปัจจุบันถูกรื้อทิ้งแล้ว) ในช่วงนั้นการออกแบบทาง สะพาน และมาตรฐานงานทางของกรมทางหลวง จึงได้รับการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงมาใช้มาตรฐานของสหรัฐอเมริกา และทางอเมริกาได้นำพาสะพานคอนกรีตเสริมเหล็กช่วงสั้นๆ ซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายในอเมริกามาใช้ในประเทศไทยในช่วงนั้น ซึ่งในปัจจุบัน คือ Reinforced Concrete Slab Bridge ดังแสดงใน รูปที่ 1-14 ซึ่งก่อสร้างง่าย และราคาถูก

ในทางวิศวกรรมโครงสร้าง (Structural engineering) แบ่งสะพานออกเป็นประเภท Beam (รวมทั้ง Slap type ด้วย), Truss, Frame, Arch และ Suspension ซึ่งแต่ละประเภทของสะพานแยกตามชนิดของวัสดุที่ประกอบสร้างเป็นสะพานตามความเหมาะสมต่างๆกัน เช่น ไม้ เหล็ก โลหะ คอนกรีตเสริมเหล็ก คอนกรีตอัดแรง ฯลฯ ในส่วนของวิศวกรรมการสะพาน (Bridge Engineering) แยกสะพานออกในรูป Short span, Intermediate span และ Long Span รวมถึง Movable Type และ Prefabricated (หรือ Precast Type) ด้วย ซึ่งต่อมาภายหลังการพัฒนาเทคโนโลยี ในการก่อสร้างสะพานนั้น ได้วิวัฒนาการมาตามกาลเวลา และความเจริญทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ

บทที่ 2

โครงสร้างและองค์ประกอบของสะพาน

สะพานเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในโครงข่ายของทางหลวง เพื่อการขนส่งสินค้าและการเดินทางในประเทศ ปัจจุบันสะพานที่อยู่ในความรับผิดชอบของกรมทางหลวงมีมากกว่า 14,000 สะพาน โดยทั่วไปแล้วการแบ่งประเภทของสะพานสามารถแบ่งได้หลายกรณี เช่น การแบ่งประเภทตามวัสดุของสะพาน หรือแบ่งตามลักษณะรูปร่างของโครงสร้างสะพาน เป็นต้น

การแบ่งประเภทของสะพานตามวัสดุที่ใช้ก่อสร้าง สามารถแบ่งได้ 3 ประเภทคือ สะพานไม้ สะพานเหล็ก และสะพานคอนกรีต และการแบ่งตามลักษณะรูปร่างของโครงสร้างสะพานแบ่งได้ดังนี้

- สะพานรูปโค้ง
- สะพานแบบคาน
- สะพานที่ขึงด้วยสายเคเบิล
- สะพานแขวน
- สะพานแบบคานขนาดใหญ่
- สะพานแบบคานยื่น
- สะพานแบบโครงถัก
- สะพานแบบโครงข้อแข็ง

ส่วนการแบ่งชนิดของสะพานตามแบบการก่อสร้างของกรมทางหลวงจะแบ่งออกเป็น 9 ประเภทคือ

- ระบบพื้นสะพานคอนกรีตเสริมเหล็กแบบหล่อในที่ (Slab Type)
- ระบบพื้นสะพานแบบคานคอนกรีตอัดแรงรูปตัวไอ (I-Girder)
- ระบบพื้นสะพานคอนกรีตอัดแรงแบบตัน (Plank Girder)
- ระบบพื้นสะพานแบบคอนกรีตอัดแรงรูปกล่อง (Box Girder)
- ระบบพื้นสะพานแบบคานคอนกรีตวางประชิด (Multi-Beam)
- ระบบพื้นสะพานแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กรูปตัวทีเหล็กหล่อในที่ (RC T-Girder)
- ระบบพื้นสะพานแบบคานเหล็กรูปตัวไอ (Steel I-Girder)

- ระบบพื้นสะพานแบบคอนกรีตอัดแรงรูปกล่องหล่อสำเร็จรูป (Segmental Box Girder)
- ระบบพื้นสะพานแบบผสม (Multi Bridge Type)

2.1 ประเภทของสะพานของกรมทางหลวง

2.1.1 ระบบพื้นสะพานคอนกรีตเสริมเหล็กแบบหล่อในที่ (Slab Type)

สะพานแบบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (Slab Type) เป็นสะพานช่วงสั้น มีความยาวช่วงประมาณ 5 ถึง10 เมตร ปกตินิยมการก่อสร้างแบบหล่อในที่ (Cast In Situ) โดยการวางเหล็กเสริมเป็นแบบแผ่นพื้น 2 ทาง ความหนาของพื้นสะพานมีการออกแบบตั้งแต่ 32 ถึง 56 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับความยาวของสะพาน พื้นสะพานคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่ใช้เหล็กเส้นธรรมดา ไม่มีการเสริมด้วยลวดเหล็กอัดแรง การก่อสร้างต้องอาศัยการตั้งไม้แบบและตั้งนั่งร้านในน้ำ ลักษณะพื้นสะพานเป็นชิ้นส่วนเดียวกันหมดโดยสมบูรณ์ การรับโมเมนต์ที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกอาศัยเหล็กเสริมด้านล่างเป็นส่วนใหญ่ ทำให้การเสริมเหล็กด้านล่างจะมากกว่าเหล็กเสริมด้านบนมาก เหล็กเสริมด้านบนใช้สำหรับต้านทานการยืดหดตัวเนื่องจากอุณหภูมิ การหดตัวของคอนกรีต และเพื่อช่วยทำให้การกระจายน้ำหนักบรรทุกดีขึ้น ลักษณะพื้นสะพานคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่เหมาะสำหรับสถานที่ที่ขาดอุปกรณ์ในการดึงลวดอัดแรงหรือไม่สะดวกในการขนส่งพื้นสำเร็จจากโรงงานผลิตเข้าสู่ที่ตั้งโครงการ (กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น[สถ.], 2554) แสดงดังรูปที่ 2-1

รูปที่ 2-1 สะพานคอนกรีตเสริมเหล็กแบบหล่อในที่ (RC Slab Type)

2.1.2 ระบบพื้นสะพานแบบคานคอนกรีตอัดแรงรูปตัวไอ (I-Girder)

การก่อสร้างสะพานวิธีนี้ใช้วิธีหล่อคานรูปตัวไอจากที่โรงงาน จากนั้นดำเนินการขนส่งคานมายังสถานที่ก่อสร้าง คานจะถูกยกขึ้นติดตั้งบนคานหัวเสา เมื่อติดตั้งคานแล้วจึงทำการติดตั้งแบบหล่อพื้นคอนกรีตบนหลังคาน จัดวางเหล็กเสริม และเทพื้นคอนกรีต สะพานรูปแบบนี้ถึงแม้จะมีขั้นตอนที่ยุ่งยาก แต่เนื่องจากเป็นรูปแบบสะพานที่มีการก่อสร้างมาหลายสิบปีจึงเป็นวิธีการที่ผู้รับเหมามีความคุ้นเคยดี และมีเครื่องจักรพร้อมในการก่อสร้าง ผู้รับเหมาจึงมักมีความรู้สึกว่าเป็นการก่อสร้างที่ไม่ยุ่งยากนัก (ณัฐวุฒิ, 2554) ดังรูปที่ 2-2

รูปที่ 2-2 สะพานแบบคานคอนกรีตอัดแรงรูปตัวไอ (I-Girder)

2.1.3 **ระบบพื้นสะพานคอนกรีตอัดแรงแบบตัน** (Plank Girder)

ส่วนระบบพื้นสำเร็จ (Precast Plank Girder) นั้นมีลักษณะเป็นคานคอนกรีตอัดแรงแบบตันมีความหนาประมาณ 35 เซนติเมตร มีคอนกรีตเททับหน้าอีกประมาณ 10 เซนติเมตร พื้นสำเร็จอาศัยการดึงลวดอัดแรงชนิดดึงก่อน (Pre-Tension) เพื่อรับโมเมนต์ที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุก การก่อสร้างไม่จำเป็นต้องอาศัยการตั้งไม้แบบ ใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างเร็วขึ้นกว่าพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กเทในที่ ลักษณะการติดตั้งพื้นสะพานจะทำให้พื้นสำเร็จทุกแผ่นยึดเป็นชิ้นส่วนเดียวกัน โดยการวางพื้นให้ติดกัน จากนั้นเชื่อมเหล็กรับแรงเฉือน ระหว่างพื้นให้ติดกันแล้วอัดช่องว่างด้วยคอนกรีตก่อนเทคอนกรีตทับหน้าหนา 10 เซนติเมตร โดยคอนกรีตทับหน้านี้จะทำให้พื้นสำเร็จติดกันเป็นชิ้นส่วนเดียวกัน ทำให้การกระจายน้ำหนักบรรทุกดีขึ้น สถ., 2554) ดังแสดงในรูปที่ 2-3

รูปที่ 2-3 สะพานแบบคอนกรีตอัดแรงแบบตัน (Plank Girder)

2.1.4 ระบบพื้นสะพานแบบคอนกรีตอัดแรงรูปกล่อง (Box Girder)

เป็นระบบพื้นสะพานที่ใช้กับสะพานช่วงสั้นที่มีความยาวช่วงสูงสุด 20 เมตร ซึ่งพื้นสะพานระบบนี้จะมีความหนามากกว่าระบบพื้นสะพานแบบ Plank Girder ที่ใช้สำหรับก่อสร้างสะพานที่มีความยาวช่วงประมาณ 10 เมตร โดยการก่อสร้างสะพานระบบนี้จะเริ่มจากการหล่อโครงสร้างคานคอนกรีตอัดแรงรูปกล่อง (Box Girder) จากโรงงานและอาศัยการอัดแรงโดยวิธีการดึงลวดก่อน (Pre-Tension) จากนั้นจึงนำเข้าไปติดตั้งบริเวณหน้างาน โดยทั่วไปการก่อสร้างพื้นสะพานระบบนี้ไม่จำเป็นต้องติดตั้งไม้แบบ ทั้งนี้การติดตั้งคานอัดแรงรูปกล่องจะเริ่มจากการจัดเรียงคานสำเร็จรูปให้ติดกันแล้วเชื่อมด้วยเหล็กรับแรงเฉือนระหว่างคาน จากนั้นจึงเทคอนกรีตทับหน้าหนาประมาณ 10 เซนติเมตร ดังรูปที่ 2-4

รูปที่ 2-4 สะพานแบบคอนกรีตอัดแรงรูปกล่อง (Box Girder)

2.1.5 ระบบพื้นสะพานแบบคานคอนกรีตวางประชิด (Multi-Beam)

เป็นระบบพื้นสะพานที่มีลักษณะโครงสร้างคล้ายกับสะพานแบบคานคอนกรีตอัดแรงรูปตัวไอ (I-Girder) โดยขั้นตอนการก่อสร้างเริ่มจากการหล่อคานคอนกรีตอัดแรงประเภท Precast Prestress Multi-Beam จากโรงงาน จากนั้นจึงดำเนินการขนย้ายคานดังกล่าวมาติดตั้งที่หน้างาน ทั้งนี้การติดตั้งคานอัดแรงแบบ Multi-Beam นี้จะเริ่มจากการจัดเรียงคานสำเร็จรูปให้ปีกส่วนล่างชิดติดกัน จากนั้นจึงเทคอนกรีตทับหน้าหนาประมาณ 10 เซนติเมตร

โดยทั่วไประบบโครงสร้างสะพานแบบ Multi-Beam นี้จะใช้กับสะพานที่มีความยาวช่วงสูงสุดที่ 24 เมตรดังรูปที่ 2-5

รูปที่ 2-5 สะพานแบบคานคอนกรีตวางประชิด (Multi-Beam)

2.1.6 **ระบบพื้นสะพานแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กรูปตัวทีหล่อในที่** (RC T-Girder) ดังรูปที่ 2-6

รูปที่ 2-6 สะพานแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กรูปตัวทีหล่อในที่ (RC T-Girder)

2.1.7 ระบบพื้นสะพานแบบคานเหล็กรูปตัวไอ (Steel I-Girder)

ดังรูปที่ 2-7

รูปที่ 2-7 สะพานแบบคานคานเหล็กรูปตัวไอ (Steel I-Girder)

2.1.8 ระบบพื้นสะพานแบบคอนกรีตอัดแรงรูปกล่องหล่อสำเร็จรูป (Segmental Box Girder)

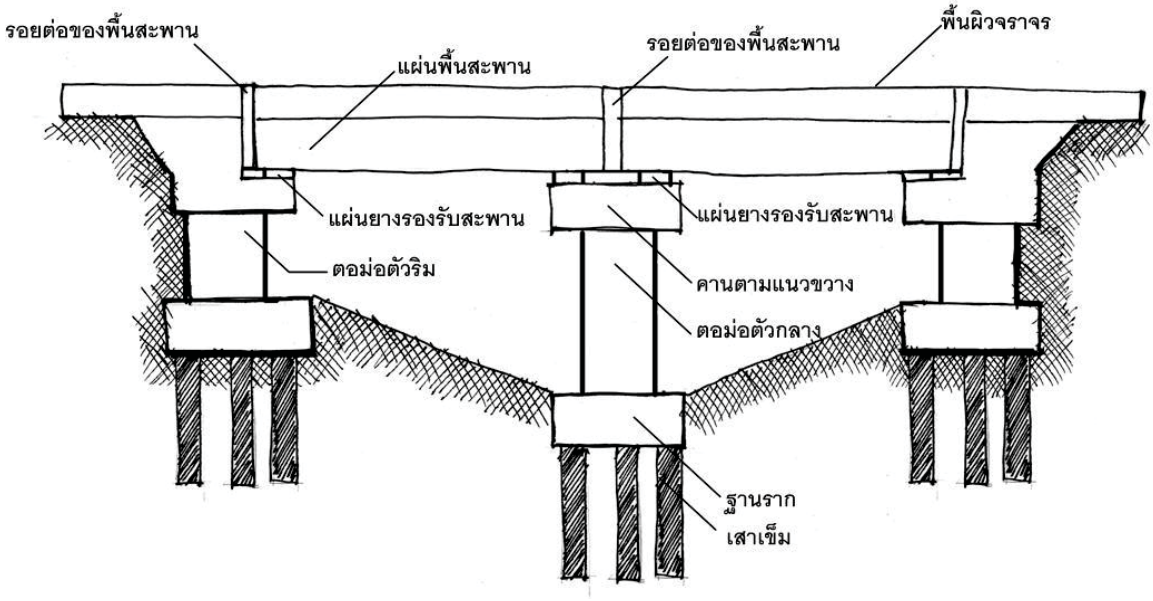
ดังรูปที่ 2-8

รูปที่ 2-8 สะพานแบบคอนกรีตอัดแรงรูปกล่องหล่อสำเร็จรูป (Segmental Box Girder)

2.2 องค์ประกอบของสะพานแต่ละประเภท

2.2.1 องค์ประกอบหลัก

องค์ประกอบของโครงสร้างสะพานส่วนใหญ่มักจะมีรูปแบบและลักษณะที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วมักจะแบ่งองค์ประกอบโครงสร้างออกเป็น 3 ส่วนด้วยกัน ได้แก่ โครงสร้างสะพานส่วนบน (Superstructure) โครงสร้างสะพานส่วนล่าง (Substructure) และส่วนประกอบรอง (Secondary Components) ดังรูปที่ 2-9



รูปที่ 2-9 องค์ประกอบของสะพาน

2.2.1.1 โครงสร้างสะพานส่วนบน (Superstructure)

โครงสร้างส่วนบนของสะพานซึ่งอยู่เหนือแผ่นรองรับคาน (Bearing) ขึ้นไป เป็นองค์ประกอบหลักของสะพานที่ทำหน้าที่รองรับน้ำหนักจากแผ่นพื้นสะพาน ผิวจราจรของสะพาน และน้ำหนักที่บรรทุกบนแผ่นพื้นสะพาน จุดประสงค์ของโครงสร้างส่วนบน คือ เพื่อบรรทุกน้ำหนักที่ถ่ายเทมาจากแผ่นพื้นสะพานตลอดความยาวช่วงสะพาน และถ่ายเทต่อไปยังจุดรองรับ หน้าที่ของโครงสร้างส่วนบน คือ มีหน้าที่ถ่ายเทน้ำหนักบรรทุกลงสู่โครงสร้างส่วนล่าง โดยน้ำหนักบรรทุกนี้ อาจถูกถ่ายเทโดยผ่านแรงดึง แรงกด แรงดัด หรือ ทั้งสามแรงนี้รวมกัน ซึ่งสะพานอาจถูกตั้งชื่อตามประเภทของโครงสร้างส่วนบน และโครงสร้างส่วนบนอาจจะถูกจัดประเภทโดยคำนึงถึงหน้าที่และการใช้งาน ชิ้นส่วนของโครงสร้างส่วนบนมีดังนี้

- พื้นสะพาน (Deck) ดังรูปที่ 2-10
- คานตามยาว (Girder) ดังรูปที่ 2-11ถึง รูปที่ 2-14
- ค้ำยันคานตามยาว (Diaphragm) ดังรูปที่ 2-15

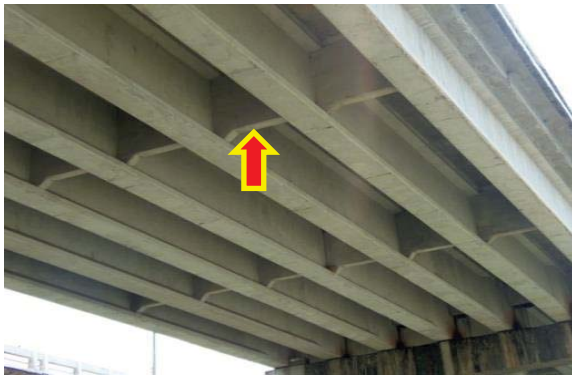
รูปที่ 2-10 พื้นสะพาน

รูปที่ 2-11 คานตามยาวรูปตัวไอ

รูปที่ 2-12 คานตามยาวรูปตัวที

รูปที่ 2-13 คานตามยาวแบบตัน

รูปที่ 2-14 คานตามยาวรูปกล่อง



รูปที่ 2-15 ค้ำยันคานตามยาว

2.2.1.2 ***โครงสร้างสะพานส่วนล่าง*** *(Substructure)*

โครงสร้างส่วนล่างของสะพาน คือ ชิ้นส่วนต่างๆ ที่อยู่ต่ำกว่าแผ่นรองรับคาน(Bearing) ลงไป จุดประสงค์ของโครงสร้างส่วนล่าง คือ มีหน้าที่รองรับและถ่ายเทน้ำหนักจากโครงสร้างส่วนบนของสะพานให้ลงสู่ฐานราก หน้าที่ของโครงสร้างส่วนล่าง คือ ชิ้นส่วนต่างๆ ของโครงสร้างส่วนล่างจะต้านน้ำหนักทั้งในแนวดิ่งและแนวราบที่ถูกถ่ายเทมาจากโครงสร้างส่วนบน ชิ้นส่วนของโครงสร้างส่วนล่างมีดังนี้

- คานรัดหัวเสา (Cap Beam) ดังรูปที่ 2-16
- ค้ำยันตอม่อ (Bracing) ดังรูปที่ 2-17
- เสาตอม่อ (Pier) ดังรูปที่ 2-18
- กำแพงตอม่อ (Pier Wall) ดังรูปที่ 2-19
- ฐานราก (Footing) ดังรูปที่ 2-20
- เสาเข็ม (Pile) ดังรูปที่ 2-21

รูปที่ 2-16 คานรัดหัวเสา

รูปที่ 2-17 ค้ำยันตอม่อ

รูปที่ 2-18 เสาตอม่อ

รูปที่ 2-19 กำแพงตอม่อ

รูปที่ 2-20 ฐานราก

รูปที่ 2-21 เสาเข็ม

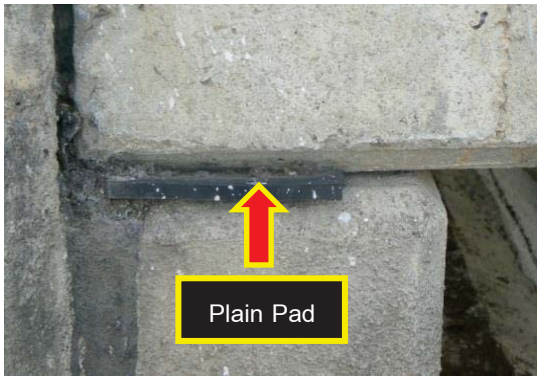
*2.2.1.3 **ส่วนประกอบรอง** (Secondary Components)*

เป็นชิ้นส่วน ที่ช่วยเสริมในการรับน้ำหนักที่กระทำต่อสะพาน หรือมีประโยชน์ต่อสะพานด้านอื่นๆ เช่น ผิวทาง (Wearing Surface) ช่วยรับน้ำหนักจากล้อรถและกระจายแรงสู่ระบบพื้นและคาน ระบบระบายน้ำ (Drainage) ช่วยในการระบายน้ำที่ขังออกจากผิวทาง ซึ่งส่วนประกอบรองมีดังนี้

- หูช้าง (Wing Wall) ดังรูปที่ 2-22
- เชิงลาดสะพาน (Approach) ดังรูปที่ 2-23
- แผ่นรองรับคาน (Bearing) ดังรูปที่ 2-24 ถึงรูปที่ 2-28
- รอยต่อเผื่อการขยาย (Expansion Joint) ดังรูปที่ 2-29
- ผิวทาง (Wearing Surface) ดังรูปที่ 2-30 และรูปที่ 2-31
- แผงกั้นจราจร (Traffic Barrier) ดังรูปที่ 2-32
- ราวสะพาน (Railing) ดังรูปที่ 2-33
- ทางเท้า (Sidewalk) ดังรูปที่ 2-34
- ระบบระบายน้ำ (Drainage ดัง)รูปที่ 2-35
- กำแพงกันดิน (Retaining Wall) ดังรูปที่ 2-36
- ลาดป้องกันตลิ่ง (Slope Protection) ดังรูปที่ 2-37

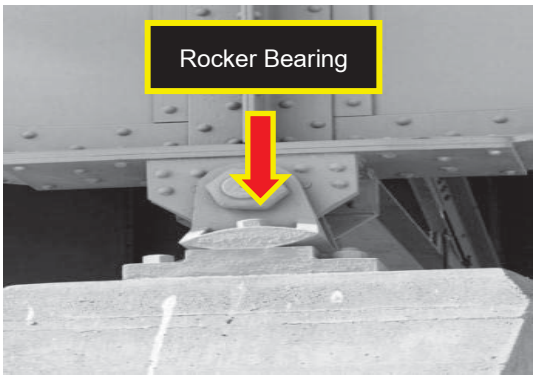
รูปที่ 2-22 หูช้าง

รูปที่ 2-23 เชิงลาดสะพาน

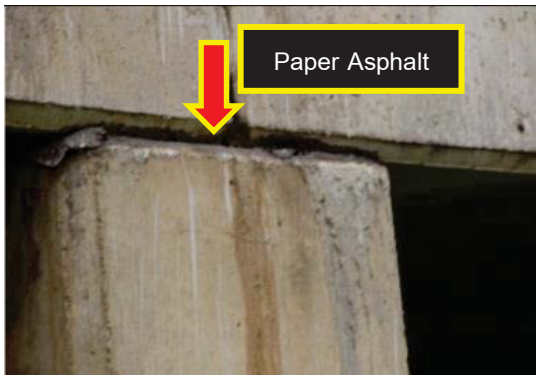


รูปที่ 2-24 แผ่นรองรับคานแบบ Plain Pad

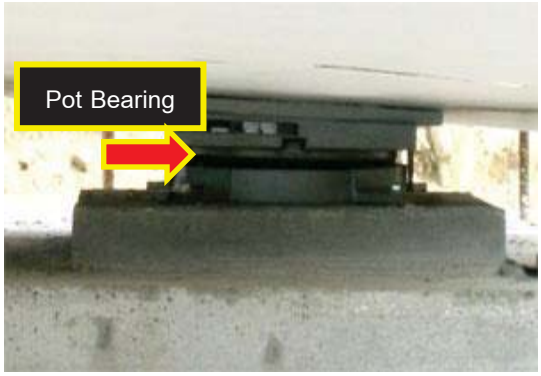
รูปที่ 2-25 แผ่นรองรับคานแบบ Laminate



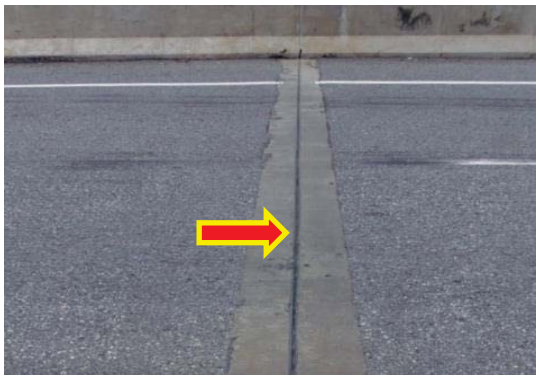
รูปที่ 2-26 แผ่นรองรับคานแบบ Rocker



รูปที่ 2-27 แผ่นรองรับคานแบบ Paper Asphalt



รูปที่ 2-28 แผ่นรองรับคานแบบ Pot



รูปที่ 2-29 รอยต่อเผื่อการขยาย

รูปที่ 2-30 ผิวทาง

รูปที่ 2-31 ผิวทาง

รูปที่ 2-32 แผงกั้นจราจร

รูปที่ 2-33ราวสะพาน

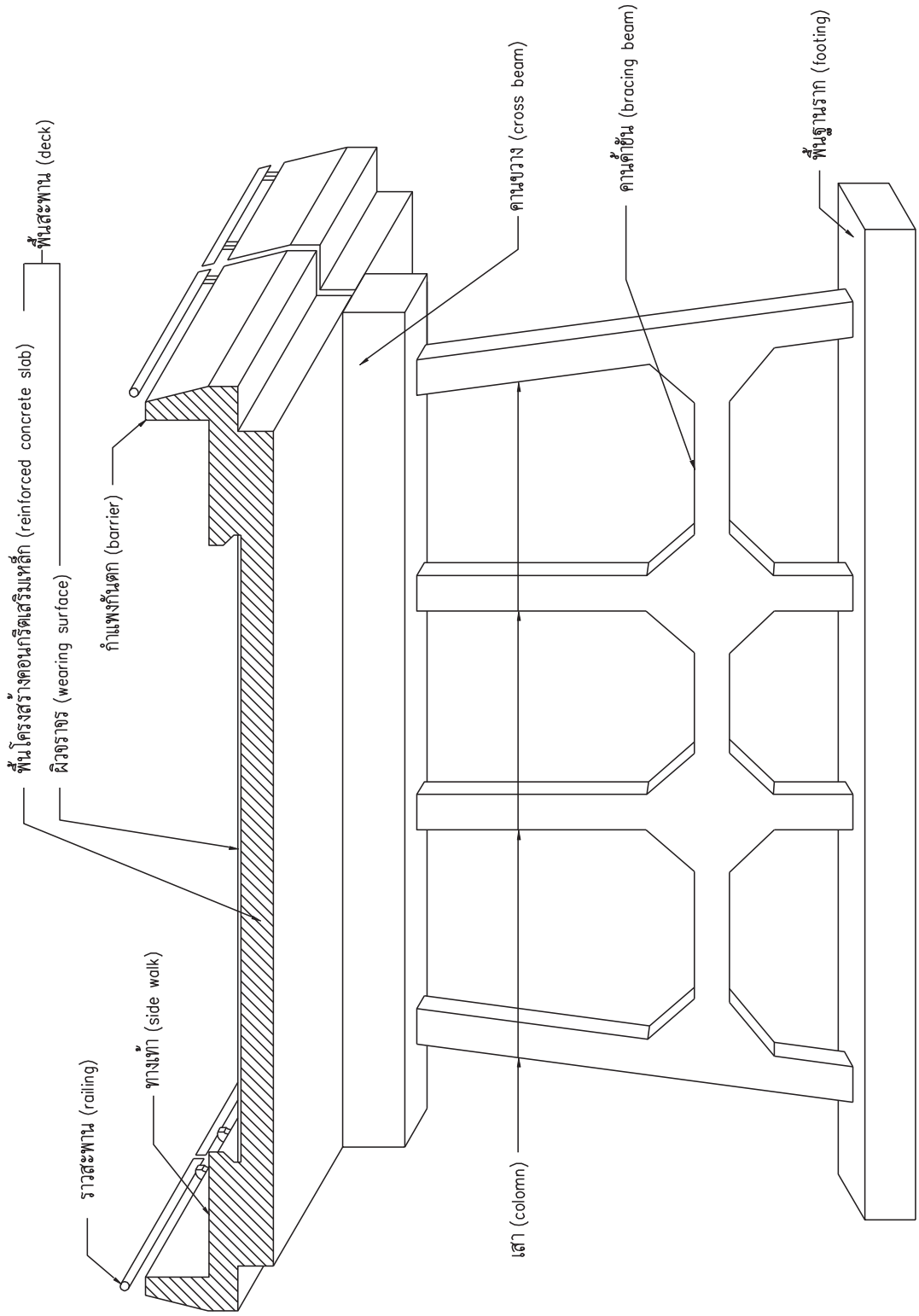
รูปที่ 2-34 ทางเท้า

รูปที่ 2-35 ระบบระบายน้ำ

รูปที่ 2-36 กำแพงกันดิน

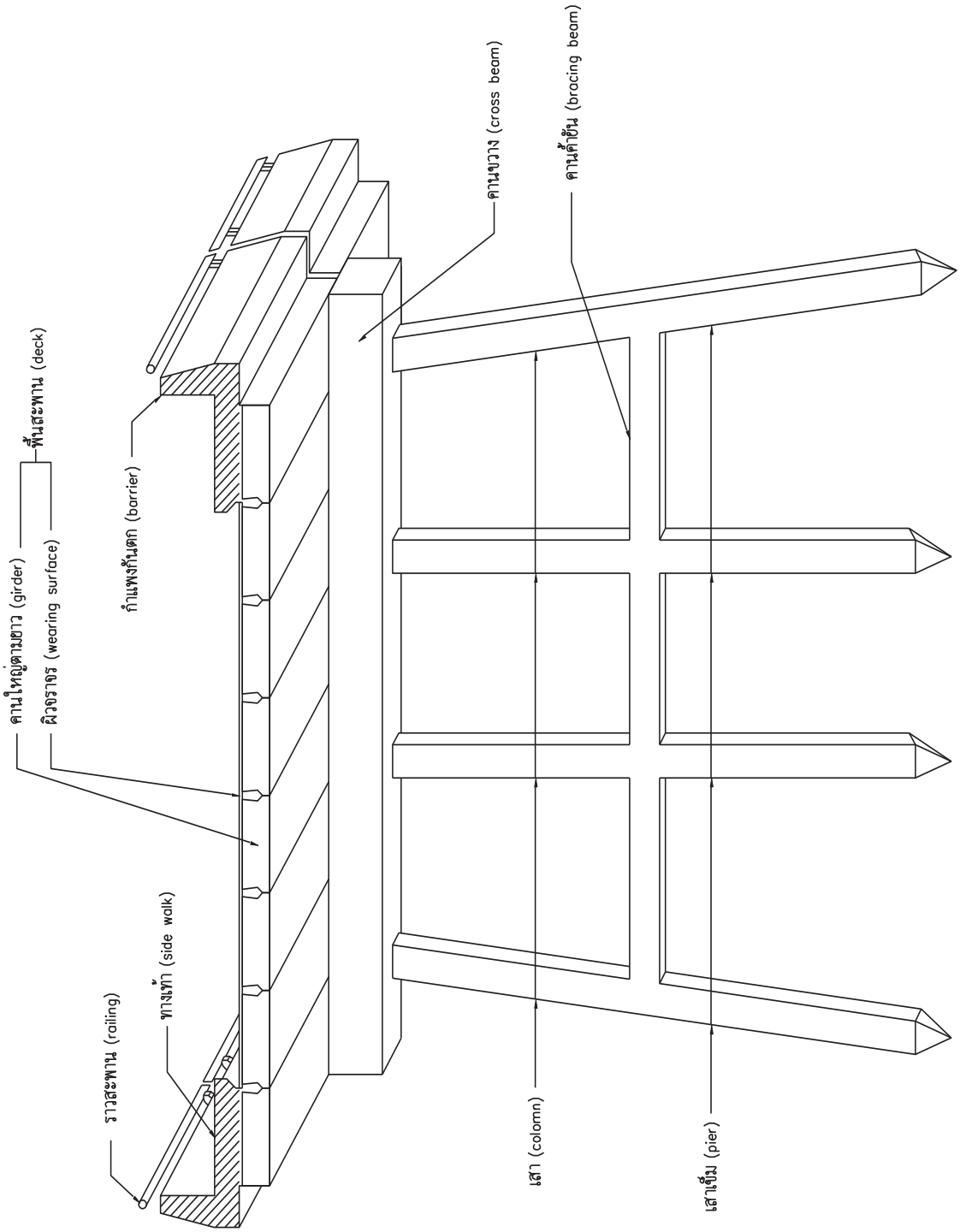
รูปที่ 2-37 ลาดป้องกันตลิ่ง

2.2.2 องค์ประกอบของสะพานคอนกรีตเสริมเหล็กแบบหล่อในที่ (RC Slab Type)



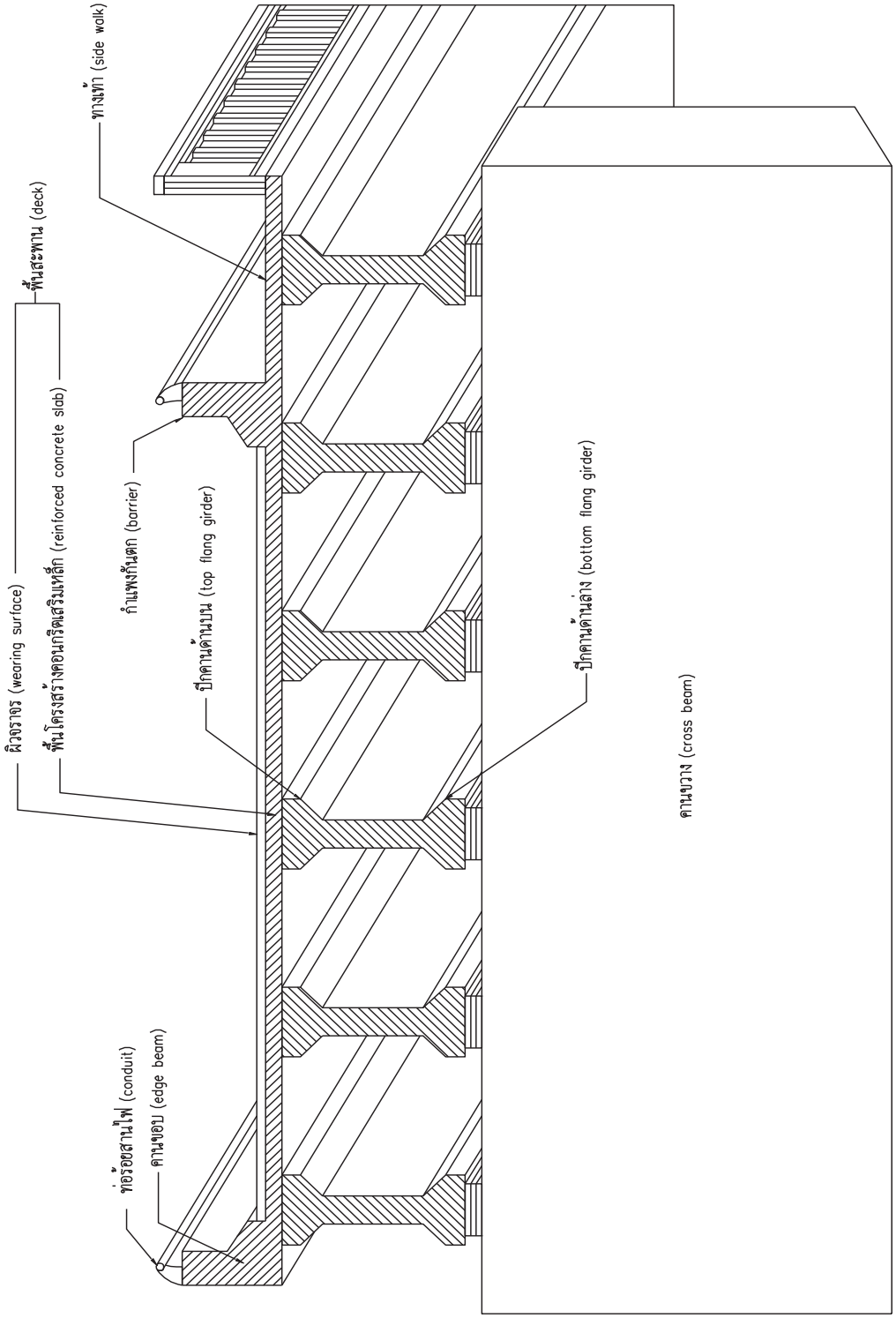
รูปที่ 2-38 องค์ประกอบโครงสร้างสะพานคอนกรีตเสริมเหล็กแบบหล่อในที่ (RC Slab Type)

2.2.3 องค์ประกอบของสะพานแบบคอนกรีตอัดแรงแบบตัน (Plank Girder)



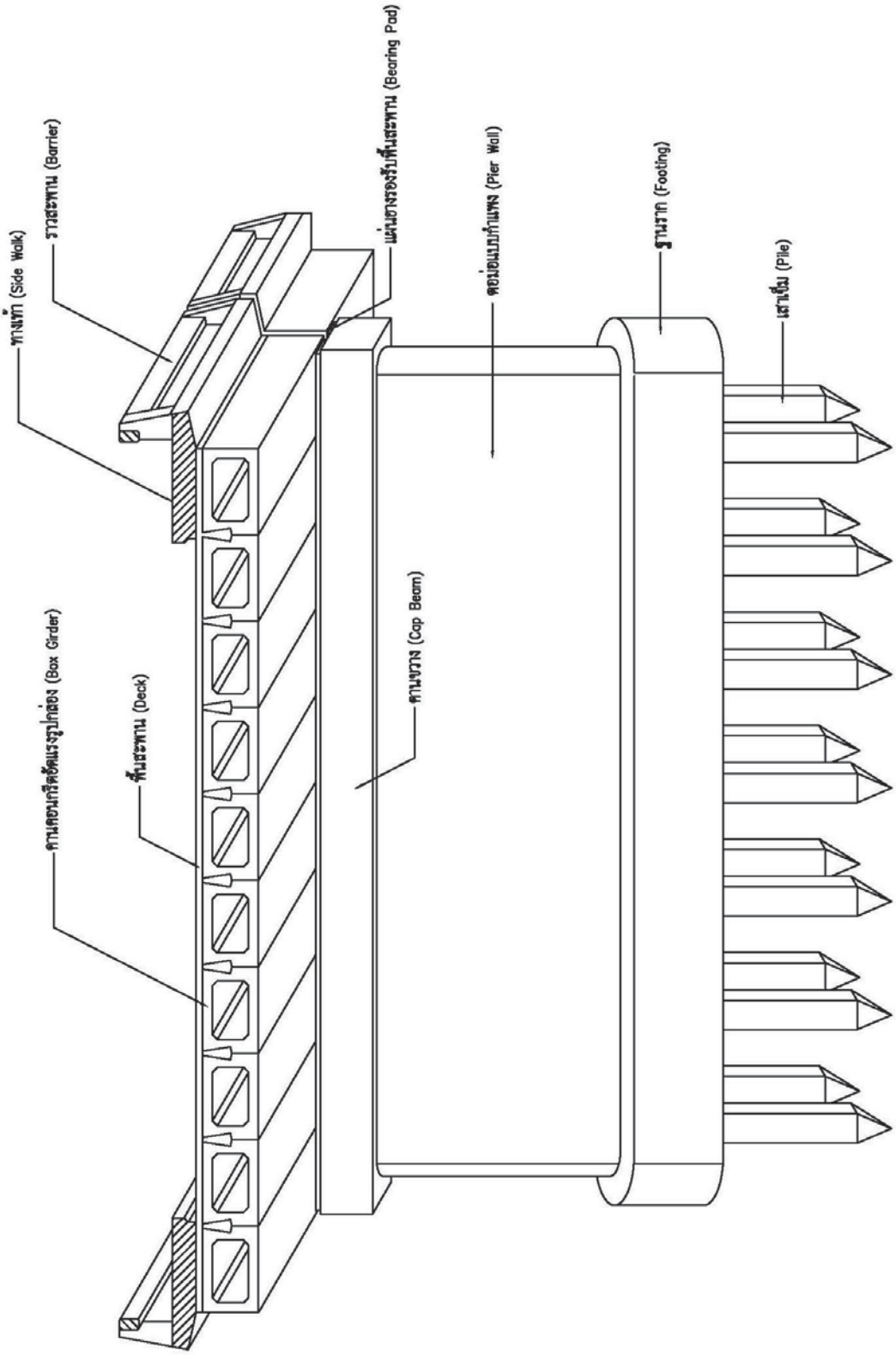
รูปที่ 2-39 องค์ประกอบโครงสร้างสะพานแบบคอนกรีตอัดแรงแบบตัน (Plank Girder)

2.2.4 องค์ประกอบของสร้างสะพานแบบคานคอนกรีตอัดแรงรูปตัวไอ (I-Girder)



รูปที่ 2-40 องค์ประกอบโครงสร้างสะพานแบบคานคอนกรีตอัดแรงรูปตัวไอ (I-Girder)

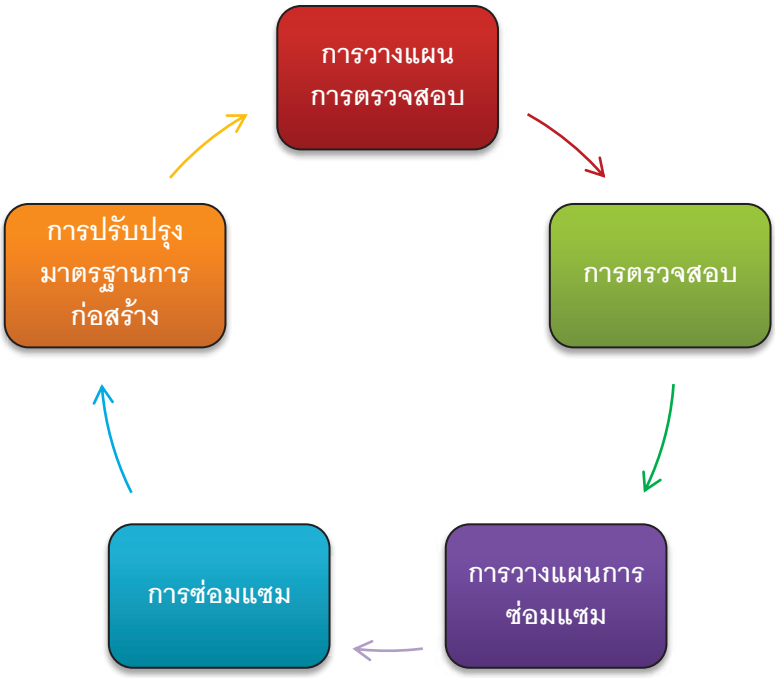
2.2.5 องค์ประกอบของสะพานแบบคอนกรีตอัดแรงรูปกล่อง (Box Girder)



รูปที่ 2-41 องค์ประกอบโครงสร้างสะพานแบบคอนกรีตอัดแรงรูปกล่อง (Box Girder)

2.3 แนวทางการบริหารงานบำรุงรักษาสะพาน

ระบบการตรวจสอบและบำรุงรักษาสะพานภายหลังการก่อสร้าง หรือการเปิดใช้งานสะพาน ประกอบด้วยกระบวนการทำงานต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 2-42 โดยเริ่มตั้งแต่การวางแผนการตรวจสอบ การตรวจสอบ การวางแผนการซ่อมแซม การซ่อมแซม และการปรับปรุงมาตรฐานการก่อสร้าง เป็นวงจรต่อเนื่องและสนับสนุนซึ่งกันและกันด้วยระบบฐานข้อมูลเพื่อใช้พิจารณาประกอบการดำเนินการ โดยระบบการตรวจสอบและบำรุงรักษาสะพานที่มีประสิทธิภาพนั้น มีบทบาทสำคัญที่ช่วยให้การดำเนินการต่างๆ ทุกๆ ขั้นตอนของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เป็นไปได้อย่างมีความเหมาะสมรวดเร็ว และประหยัดงบประมาณ ทั้งนี้เพื่อความมั่นคงแข็งแรงของสะพาน ตลอดจนความปลอดภัยของผู้ใช้บริการสะพานผู้ที่เกี่ยวข้องในแต่ละส่วนของระบบควรให้ความสำคัญทั้งในส่วนที่ตนรับผิดชอบและภาพรวมของทั้งระบบ เพื่อก่อให้เกิดการทำงานที่ประสานสอดคล้องกัน



รูปที่ 2-42 ระบบการตรวจสอบและบำรุงรักษาสะพาน

การวางแผนการตรวจสอบถือว่าเป็นขั้นตอนแรกในระบบการตรวจสอบและบำรุงรักษาสะพาน และเป็นขั้นตอนที่มักจะถูกมองข้ามอยู่บ่อยๆ การวางแผนควรจะต้องอาศัยข้อมูลที่เกิดจากการดำเนินการต่างๆ ในอดีต เพื่อประกอบการตัดสินใจ การวางแผนการตรวจสอบที่ดีจะช่วยให้การตรวจสอบเป็นไปได้อย่างมีความถูกต้องมีการใช้บุคลากรอย่างเหมาะสมประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย การวางแผนการตรวจสอบสะพานแต่ละสะพานในแต่ละหน่วยงานจะมีความแตกต่างกันไม่มากก็น้อย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ ลักษณะทางกายภาพของสะพาน สภาพภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศปริมาณและลักษณะของการจราจรที่สะพานต้องแบกรับ รวมถึงความสามารถในการเข้าถึงพื้นที่ ตลอดจนข้อจำกัดทางด้านงบประมาณและบุคลากร เป็นต้น การวางแผนการตรวจสอบสามารถทำได้ในหลายระดับ ตั้งแต่ระดับนโยบายโดยผู้บริหารของหน่วยงาน ไปจนถึงระดับปฏิบัติการโดยทีมงานตรวจสอบ ซึ่งมีสิ่งที่จะต้องพิจารณาและมาตรการการดำเนินการต่างๆแตกต่างกันในแต่ละระดับ

บทที่ 3

การสำรวจและตรวจสอบสะพาน

การสำรวจและการตรวจสอบเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการระบุหรือจำแนกความเสียหายที่เกิดขึ้นกับสะพาน ประกอบด้วยขั้นตอน และรายละเอียดต่างๆ ขึ้นอยู่กับประเภทของวิธีที่ใช้ในการตรวจสอบ และชิ้นส่วนที่ทำการตรวจสอบ ผู้ตรวจสอบจะต้องมีความรู้ความชำนาญในวิธีการสำรวจและตรวจสอบ และมีความเข้าใจทางด้านพฤติกรรมสะพาน

3.1 คุณสมบัติของผู้ทำการตรวจสอบสะพาน

คุณสมบัติของบุคคลากรที่ทำการตรวจสอบสะพานจะต้องคำนึงถึงหน้าที่ความรับผิดชอบในการตรวจสอบ มีความซื่อตรง มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างสะพาน และพฤติกรรมของสะพาน ช่างสังเกต มีปฏิภาณไหวพริบ ได้รับการฝึกอบรมและมีประสบการณ์ในการตรวจสอบ

3.1.1 ความรับผิดชอบของผู้ทำการตรวจสอบสะพาน

ผู้ตรวจสอบสะพานมีความรับผิดชอบพื้นฐานอยู่ 5 ประการ ดังนี้

3.1.1.1 ต้องดำรงไว้ซึ่งความปลอดภัย และความมั่นใจของสาธารณชน

คือ ความรับผิดชอบหลักของผู้ทำการตรวจสอบสะพาน เนื่องจากว่าประชาชนทั่วไป ส่วนใหญ่เดินทางโดยใช้ถนน และสะพาน หากสะพานเกิดความไม่ปลอดภัยในการใช้งาน ความมั่นใจของประชาชนต่อระบบสะพานจะลดถอยลงตามไปด้วย

บทบาทของวิศวกรผู้ออกแบบในการเสริมสร้างความปลอดภัยของสะพาน มีดังนี้

- กำหนดให้มีอัตราส่วนความปลอดภัย
- ออกแบบโดยมีความปลอดภัยสูงกว่าปกติ ตามความเหมาะสม

บทบาทของผู้ตรวจสอบสะพาน มีดังนี้

- ทำการตรวจสอบโดยละเอียด และระบุการชำรุดเสียหายและสภาพของสะพาน
- จัดเตรียมเอกสารและรายงาน ของการชำรุดต่างๆ ดังกล่าว รวมทั้งนำเสนอคำแนะนำเพื่อการแก้ไข

3.1.1.2 ปกป้องทรัพย์สินสาธารณะ

หน้าที่อีกอย่างหนึ่งของผู้ทำการตรวจสอบสะพาน คือ การปกป้องสะพานอันเป็นทรัพย์สินสาธารณะ ผู้ทำการตรวจสอบจะต้องระบุและแก้ไขปัญหาเล็กๆ น้อยๆ ก่อนที่ปัญหาเหล่านั้นจะนำไปสู่ความเสียหายซึ่ง

จะต้องใช้ค่าซ่อมแซมสูง ผู้ทำการตรวจสอบสะพานจะต้องสามารถระบุชิ้นส่วนของสะพานที่ต้องได้รับการซ่อมแซมเพื่อที่ดำรงไว้ซึ่งความปลอดภัยในการใช้สะพาน และหลีกเลี่ยงค่าใช้จ่ายในการสร้างสะพานทดแทน

3.1.1.3 จัดสรรการสนับสนุนโครงการตรวจสอบสะพาน

กรมทางหลวงจะเป็นผู้ให้การสนับสนุนโครงการตรวจสอบสะพานในหัวข้อดังต่อไปนี้

- กระบวนการและขั้นตอนการตรวจสอบสะพาน (Inspection Procedures)
- ความถี่ในการตรวจสอบ (Frequency of Inspection)
- คุณสมบัติของเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงาน (Qualifications of Personnel)
- การรายงานผลการตรวจสอบ (Reporting)
- รายการข้อมูลของสะพาน (Inventory)

โครงการการตรวจสอบสะพานได้รับงบประมาณอันเป็นภาษีของประชาชน ฉะนั้นผู้ตรวจสอบสะพานจะต้องมีส่วนในการใช้เงินนี้ให้เกิดประโยชน์ต่อสาธารณะชน

3.1.1.4 จัดทำบันทึกข้อมูลของสะพานอย่างถูกต้อง

มีเหตุผล 3 ประการว่าทำไม จึงมีความต้องการบันทึกข้อมูลสะพานที่ถูกต้อง

- เพื่อจัดทำและรักษาแฟ้มข้อมูลประวัติของโครงสร้าง
- เพื่อระบุและประเมินความต้องการในการซ่อมแซมสะพาน
- เพื่อระบุและประเมินความต้องการในการบำรุงรักษาสะพาน

3.1.1.5 ปฏิบัติตามข้อกฎหมายด้วยความรับผิดชอบ

บันทึกการรายงานผลการตรวจสอบสะพานเป็นเอกสารที่มีผลเชิงกฎหมาย การบรรยายต่างๆ ต้องกระชับรัดกุม ครอบคลุมรายละเอียด และมีใจความสมบูรณ์

ตัวอย่างของข้อความของการบรรยายผลการตรวจสอบสะพาน

“คานที่มีสภาพดีพอใช้” เป็นตัวอย่างของการบรรยายที่ใช้ไม่ได้ ในขณะที่ “คานซอยอยู่ในสภาพที่ดีพอใช้ โดยมีการแซะของคอนกรีตที่ปีกคานด้านล่างของคาน B และ D ตลอดช่วงความยาวคาน” เป็นการให้การบรรยายที่ดีกว่า

อีกตัวอย่างหนึ่ง คือ “พื้นสะพานอยู่ในสภาพทรุดโทรม” เป็นการบรรยายที่ไม่ดี ในขณะที่ “พื้นสะพานอยู่ในสภาพทรุดโทรมโดยมีการเจือปนของคลอไรด์อยู่ประมาณ 30% และมีการหลุดล่อนของคอนกรีตตามที่ได้เขียนไว้ในภาพวาดแบบร่าง (Sketch)” จะเป็นการบรรยายที่ดีกว่า ไม่ควรจะเปลี่ยนแปลงบันทึกการตรวจสอบดั้งเดิมโดยไม่ได้ทำการปรึกษากับผู้ที่ทำการตรวจสอบและบันทึกข้อความนั้นๆ การตรวจสอบสะพานควรจะถือหลักตามคู่มือการตรวจสอบสะพานของกรมทางหลวง เว้นแต่จะแจ้งไว้ในรายงานการตรวจสอบ

ผลลัพธ์ของการขาดความรับผิดชอบ

เมื่อมีการละเลยการยึดถือหลักความรับผิดชอบพื้นฐานซึ่งได้กล่าวไว้แล้วเบื้องต้น แต่ละบุคคล ไม่ว่าจะเป็นหัวหน้าหน่วยงาน วิศวกร และผู้ทำการตรวจสอบ ล้วนแต่มีส่วนรับผิดชอบด้วยกันทั้งสิ้น ผู้ทำการตรวจสอบควรจะพยายามที่จะมีความชัดเจนตรงเป้าหมายและสมบูรณ์แบบให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ อุบัติเหตุต่างๆ ซึ่งเป็นสาเหตุนำไปสู่ข้อพิพาททางกฎหมายนั้น อาจเกิดขึ้นได้โดยสัมพันธ์กับหัวข้อต่างๆ ต่อไปนี้

- ความบกพร่องของอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัย
- องค์ประกอบหลักวิบัติโดยรอยแตกวิกฤต
- องค์ประกอบของโครงสร้างส่วนล่างวิบัติโดยการกัดเซาะ
- การวิบัติรอยต่อเผื่อขยาย (Expansion Joints) ส่วนพื้นสะพาน หลุมบ่อ หรืออันตรายอื่นๆ ต่อสาธารณะชนที่เดินทางอยู่
- ขั้นตอนการบรรทุกน้ำหนักที่ไม่เหมาะสมหรือมีความบกพร่อง

3.1.2 หน้าที่ของผู้ทำการตรวจสอบสะพาน

ผู้ทำการตรวจสอบสะพานจะมีหน้าที่พื้นฐานอยู่ 5 ประการ ดังนี้

3.1.2.1 วางแผนการตรวจสอบ

การวางแผนล่วงหน้าจะช่วยให้การตรวจสอบดำเนินไปโดยลำดับขั้นตอน และดำเนินไปอย่างเป็นระบบมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ การวางแผนจะรวมถึงการกำหนดลำดับการตรวจสอบ การกำหนดตารางเวลา การเตรียมการสำหรับความต้องการในการตรวจสอบแบบพิเศษ (เช่น การทดสอบแบบไม่ทำลาย Non Destructive Testing และการตรวจสอบใต้น้ำ) การจัดการบันทึกภาคสนาม การเตรียมขั้นตอนการควบคุมจราจร และกรรมวิธีอื่นๆ ที่จะช่วยให้มีการตรวจสอบสะพานที่ละเอียดสมบูรณ์

3.1.2.2 จัดเตรียมการตรวจสอบ

การเตรียมการก่อนการตรวจสอบนี้จะรวมถึง การจัดการรวบรวมอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ สำหรับการทดสอบ การทบทวนข้อมูลโครงสร้างของสะพาน และแบบแปลนที่ตั้งของสะพาน

3.1.2.3 ดำเนินการตรวจสอบ

หน้าที่ในหัวข้อนี้จะรวมถึง การรักษาระบบการกำหนดหมายเลขขององค์ประกอบต่างๆ ของสะพานทั้งรูปแบบและทิศทาง การพัฒนาลำดับการตรวจสอบและขั้นตอนการตรวจสอบที่เหมาะสม

3.1.2.4 จัดเตรียมการรายงาน

การจัดทำเอกสารมีความสำคัญมากในการตรวจสอบโดยละเอียด ผู้ทำการตรวจสอบจะต้องรวบรวมข้อมูลให้เพียงพอที่จะจัดทำรายงานที่ละเอียดและสมบูรณ์แบบได้

3.1.2.5 ระบุสิ่งที่ต้องการซ่อมแซมและบำรุงรักษา

เป็นหน้าที่พื้นฐานข้อสุดท้ายที่จะต้องระบุสิ่งที่ต้องการซ่อมแซมและบำรุงรักษา ผู้ตรวจสอบจะต้องสามารถระบุสิ่งเหล่านั้นได้ เพื่อก่อให้เกิดความมั่นใจในความปลอดภัยต่อสาธารณชน และการใช้งานที่ยืนยาวของสะพาน

3.1.3 ความสำเร็จของการตรวจสอบสะพาน

ความสำเร็จของการตรวจสอบในภาคสนาม (On–Site) โดยส่วนมากจะขึ้นอยู่กับความพยายามในการเตรียมตัวเพื่อการตรวจสอบ สิ่งสำคัญๆ ในการเตรียมตัว มีดังต่อไปนี้

3.1.3.1 การทบทวนข้อมูลโครงสร้างของสะพาน

ขั้นตอนแรกของการเตรียมตัวตรวจสอบสะพาน คือ การทบทวนข้อมูลต่างๆ ของสะพานนั้น เช่น

- แบบก่อสร้างจริงของสะพาน (As–Built Bridge Plans)

  เป็นข้อมูลเกี่ยวกับรายละเอียดของสะพาน จำนวนช่วงสะพาน โดยระบุชนิดของสะพาน เช่น แบบ Simple หรือ แบบต่อเนื่อง (Continuous) และวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง นอกจากนี้แบบแปลนของสะพานจะแสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมแบบผสม (Composite Action) ระหว่างแผ่นพื้นสะพาน (Deck) กับคาน (Girders) การใช้พฤติกรรมของ Frame Action ที่องค์ประกอบของโครงสร้างส่วนล่าง (Substructure Members) และ แบบรูปรายละเอียดของข้อต่อที่ใช้รวมทั้งปีที่ทำการก่อสร้าง และน้ำหนักบรรทุกที่ใช้ในการออกแบบ จะถูกรวบรวมไว้ในแบบแปลนของสะพาน

- รายงานการตรวจสอบย้อนหลัง

  จะให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับประวัติของสะพาน และบันทึกสภาพของสะพานในระยะเวลาก่อนหน้านี้ ข้อมูลนี้จะถูกนำมาใช้ในการตัดสินใจว่า ชิ้นส่วนหรือองค์ประกอบใดของสะพานต้องการได้รับการดูแลเป็นพิเศษและข้อมูลนี้ยังช่วยให้ผู้ตรวจสอบสามารถเปรียบเทียบระดับความชำรุดเสียหายในปัจจุบันกับระดับความเสียหายที่ได้บันทึกไว้จากการตรวจสอบครั้งก่อน

- บันทึกการซ่อมแซมและการบำรุงรักษา

  จะช่วยให้ผู้ตรวจสอบได้รายงานการซ่อมแซมในการตรวจสอบแต่ละครั้ง โดยจะบันทึกประเภทการซ่อมแซม ขอบเขตการซ่อมแซมและวันที่ทำการซ่อมแซม

- ข้อมูลทางธรณีเทคนิค (Geotechnical Data)

  จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุของฐานรากซึ่งอยู่ใต้โครงสร้าง ทราย ดินตะกอนหรือดินเหนียว ล้วนแต่เกิดปัญหาการทรุดตัวและการกัดเซาะมากกว่าหิน ฉะนั้นโครงสร้างที่อยู่บนวัสดุเหล่านี้ จึงควรได้รับการดูแลเอาใจใส่มากกว่าโครงสร้างที่อยู่บนหิน

- ข้อมูลทางอุทกวิทยา (Hydrological Data)

  จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับรูปร่างและที่ตั้งของลำน้ำ การเตรียมอุปกรณ์ป้องกัน อัตราน้ำท่วมและระดับของผิวน้ำระหว่างภาวะน้ำท่วม ผู้ตรวจสอบสามารถใช้ข้อมูลนี้ ในการบันทึกการเปลี่ยนแปลงใดๆ ของรูปร่างลำน้ำและระดับน้ำ

- แบบของระบบสาธารณูปการ

  แบบแปลนของระบบสาธารณูปโภค จะช่วยในการกำหนดแบบและปริมาณการติดตั้งสาธารณูปโภค

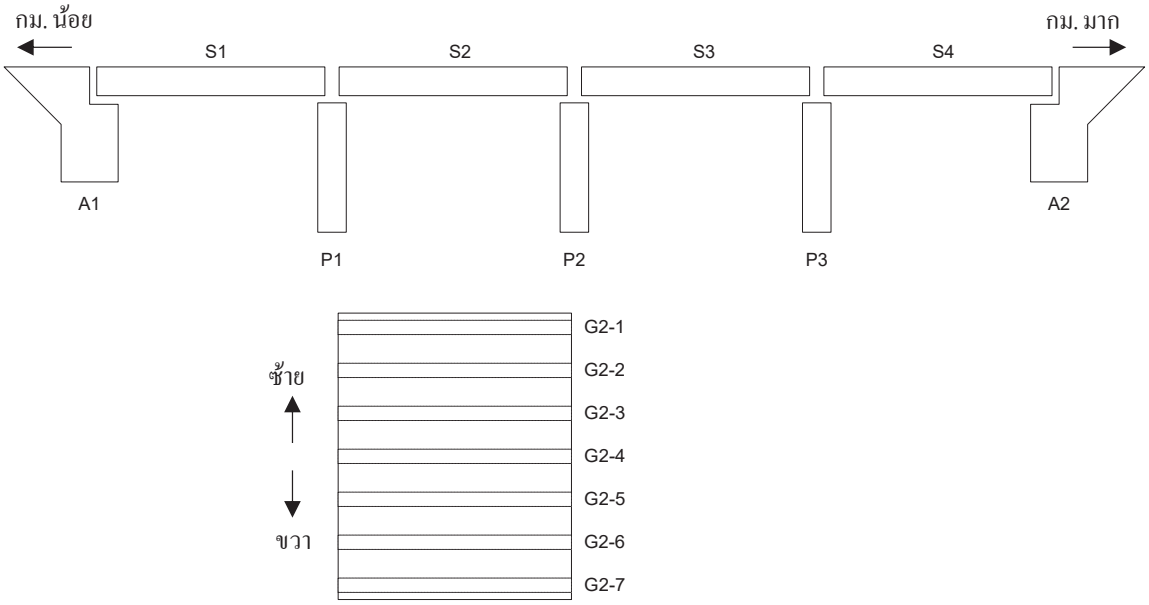
- แบบ Right–Of-Way

  จะช่วยกำหนดขอบเขตของ Right-Of-Way

3.1.3.2 การระบุองค์ประกอบและชิ้นส่วนต่าง ๆ

การกำหนดทิศทางการวางตัวของโครงสร้างเป็นอีกส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญมาก เพราะจะเป็นการจัดระบบในการเรียกชื่อและตำแหน่งขององค์ประกอบและชิ้นส่วนต่างๆ ในโครงสร้างของสะพาน ดังรูปที่ 3-1 ถ้ามีแบบหรือรายงานการตรวจสอบครั้งก่อนๆ อยู่ด้วย ก็ควรจะกำหนดให้มีระบบการระบุชื่อและตำแหน่งให้เหมือนที่ได้กำหนดไว้แล้วในรายงานหรือแบบดังกล่าว

แต่ถ้าหากไม่มีบันทึกการรายงานไว้ ผู้ทำการตรวจสอบจะต้องกำหนดระบบการระบุชื่อและตำแหน่งขึ้นมาใหม่ ระบบการกำหนดหมายเลขที่อยู่ในคู่มือเล่มนี้เป็นเพียงตัวอย่างแบบหนึ่งเท่านั้น ยังมีวิธีการอื่นๆ ที่ใช้ในการกำหนดตัวเลขอีกส่วนในการกำหนดทิศทางนั้น สามารถใช้อ้างอิงจากหลักกิโลเมตรได้ แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นจะต้องระบุจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของสะพาน



รูปที่ 3-1 ตัวอย่างการกำหนดหมายเลขให้แก่โครงสะพาน

- ระบบการกำหนดหมายเลขชิ้นส่วนของพื้นสะพาน (Deck Elements)

  การกำหนดหมายเลขชิ้นส่วนของพื้นสะพานจะต้องรวมแต่ละ Section ของพื้นสะพานด้วย (ที่อยู่ระหว่างรอยต่อก่อสร้าง) รวมถึง Expansion Joint ราวสะพาน แผงบัง (Parapets) และเสาไฟส่องสว่าง สิ่งต่างๆ เหล่านี้ต้องมีหมายเลขกำกับด้วยโดยเรียงจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุดของสะพาน

- ระบบการกำหนดหมายเลขชิ้นส่วนของโครงสร้างส่วนบน (Superstructures)

  ควรประกอบไปด้วยช่วงสะพานและคาน และถ้าเป็นโครงข้อหมุนจะต้องรวมจุดต่อในโครงถักด้วย การกำหนดหมายเลขช่วงสะพานจะเรียงจากจุดเริ่มต้นของสะพาน ซึ่งกำหนดให้เป็นช่วงสะพานหมายเลข 1 และเรียงต่อไปตามลำดับ ถ้ามีคานหลายตัว ควรกำหนดให้มีหมายเลขเรียงจากซ้ายไปขวา โดยหันหน้าไปตามทิศทางการจราจร สำหรับ Floor Beams ควรกำหนดหมายเลขเช่นเดียวกับช่วงสะพาน คือ เริ่มจากจุดเริ่มต้นสะพานไปยังจุดสิ้นสุดสะพาน เพียงแต่ว่า Floor Beams ตัวแรก ควรกำหนดให้เป็นหมายเลข 0 ซึ่งจะช่วยให้เป็นการกำหนดพิกัดตัวเลขของคานสะพานและแต่ละช่วง (Bay) ของสะพาน จึงทำให้หมายเลขของ Floor Beams ถูกกำหนดไว้ที่จุดสิ้นสุดของช่วงสะพานนั้นๆ

- ระบบการกำหนดหมายเลขชิ้นส่วนของโครงสร้างส่วนล่าง (Substructure)

  การกำหนดหมายเลขให้แก่ ตอม่อริม (Abutment) และตอม่อกลางน้ำ (Pier) ตอม่อหมายเลข 1 จะอยู่ที่จุดเริ่มต้นสะพาน ตอม่อหมายเลข 2 จะอยู่ที่จุดสิ้นสุดสะพาน ส่วนตอม่อริมจะถูกกำหนดเลขหมายเรียงตามลำดับกันไป โดยจะให้ ตอม่ออยู่ใกล้จุดเริ่มต้นของสะพานมากที่สุด

3.1.3.3 การพัฒนาขั้นตอนการตรวจสอบ

โดยปกติแล้วการตรวจสอบสะพานจะเริ่มจากการตรวจสอบพื้นสะพาน (Deck) และชิ้นส่วนของโครงสร้างส่วนบนและต่อเนื่องไปยังโครงสร้างส่วนล่าง อย่างไรก็ตาม จะมีองค์ประกอบหลายอย่างที่ต้องพิจารณาเมื่อทำการวางแผนจัดลำดับขั้นตอนในการตรวจสอบสะพาน ดังมีหัวข้อต่อไปนี้

- ชนิดของสะพาน
- สภาพขององค์ประกอบของสะพาน
- สภาพโดยรวมของสะพาน
- ความต้องการของหน่วยงานผู้ทำการตรวจสอบสะพาน
- ขนาดของสะพานและความซับซ้อนของสะพาน
- สภาพการจราจร
- ขั้นตอนพิเศษ

ตัวอย่างของลำดับการตรวจสอบสะพานขนาดโดยเฉลี่ยทั่วไปแสดงไว้ในตารางที่ 3-1 ในขณะที่การพัฒนาลำดับขั้นตอนการตรวจสอบมีความสำคัญ สิ่งที่จะทำให้เกิดคุณค่าและประโยชน์ขึ้นได้ ก็คือ การปฏิบัติตามขั้นตอนนั้นๆ อย่างสมบูรณ์โดยตลอดเวลาของการตรวจสอบสะพาน

ตารางที่ 3-1 ตัวอย่างของขั้นตอนการตรวจสอบ

1. **<u>ถนนและชิ้นส่วนของพื้นสะพาน</u>**

- ถนนช่วงก่อนพื้นสะพาน (Approach Roadways)
- อุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยสำหรับการจราจร (Traffic Safety Features)
- ส่วนพื้นของสะพาน (Bridge Deck)
- ทางเท้าและราวกันตก (Sidewalks and Railings)
- ช่องระบายน้ำ (Drainage)
- ป้ายสัญญาณต่างๆ (Signing)
- ระบบไฟฟ้า ไฟส่องสว่าง
- แผงกั้นของทาง, ประตู และอุปกรณ์ควบคุมการจราจรต่างๆ

2. **<u>ชิ้นส่วนของโครงสร้างสะพาน</u>**

- แผ่นรองสะพาน (Bearings)
- ส่วนประกอบหลักที่ใช้รองรับน้ำหนัก (Main Supporting Members)
- ส่วนประกอบรองและตัวยึดต่างๆ (Secondary Members and Bracing)
- สาธารณูปการ (Utilities)
- แท่นยึด (Anchorage)

3. **<u>ชิ้นส่วนของโครงสร้างส่วนล่าง</u>**

- ตอม่อริม (Abutments)
- คานโค้ง (Skewbacks or Arches)
- สิ่งป้องกันเชิงลาด (Slope Protection)
- ตอม่อกลางน้ำ (Piers)
- ฐานราก (Footing)
- เสา และเสาเข็ม (Piles)
- กำแพงม่าน (Curtain Wall)

4. **<u>ลำน้ำและส่วนประกอบของทางน้ำ</u>**

- รูปตัดความยาวและแนวของลำน้ำ
- ท้องพื้นของลำน้ำ (Channel Streambed)
- ดินขอบของลำน้ำ (Channel Embankment)
- สิ่งป้องกันคันขอบของลำน้ำ (Channel Embankment Protection)
- ตัวกันกระแทก (Fenders)
- เครื่องเปิดระบบไฮโดรลิค (Hydraulic Opening)
- มาตราวัดความลึกของน้ำ (Water Depth Scales)
- ไฟและเครื่องช่วยการนำทาง (Navigational Lighten Aids)

3.1.3.4 การเตรียมการบันทึก แบบฟอร์ม และภาพวาดร่าง (Sketches) ต่าง ๆ

การเตรียมบันทึกแบบฟอร์ม และภาพวาดร่าง (Sketches) ต่างๆ ก่อนการตรวจสอบตัวสะพานจริงนั้น จะช่วยให้ลดงานที่ไม่จำเป็นต่างๆ ในภาคสนามได้ ควรจัดให้มีการเตรียมสำเนาของแบบฟอร์มสำหรับการตรวจสอบ เพื่อใช้ในการบันทึกและเก็บข้อมูล

ให้ถ่ายสำเนาภาพวาดแบบร่างต่างๆ (Sketches) ที่ได้จากรายงานการตรวจสอบครั้งก่อนๆ ซึ่งจะระบุการชำรุดเสียหายไว้แล้ว และสามารถทำบันทึกเพิ่มเติมได้อย่างง่ายดาย และควรเตรียมแบบฟอร์มเผื่อเหลือเผื่อขาดไว้ด้วย เพราะแบบฟอร์มอาจจะชำรุดหรือสูญหายได้

ถ้าหากว่าไม่มีภาพวาดแบบร่างต่างๆ มาก่อน ก็อาจเตรียมจัดทำขึ้นมาใหม่ได้สำหรับใช้กับชิ้นส่วนหรือองค์ประกอบที่มีรูปร่างเหมือนกัน สิ่งต่างๆ เหล่านี้จะช่วยให้สามารถประหยัดเวลาในการตรวจสอบส่วนต่างๆ ของสะพานไม่ว่าจะเป็นส่วนพื้นสะพาน ระบบพื้น ตัวยึดรั้ง Abutments Piers และกำแพงกันดิน

3.1.3.5 การเตรียมการสำหรับการควบคุมการจราจร

การตรวจสอบมีลักษณะเหมือนการก่อสร้างและการซ่อมบำรุงสะพาน ซึ่งทำให้เกิดสถานการณ์ที่ไม่คาดคิดต่อผู้ขับขี่ยานพาหนะเสมอ เมื่อต้องมีการทำงานซึ่งอยู่ใกล้กับการสัญจรไปมา ผู้ตรวจสอบสะพานควรจะต้องยึดมั่นในกฎข้อปฏิบัติต่างๆ ซึ่งจะมีความรวบรัดในการอธิบาย การใช้อุปกรณ์การควบคุมการจราจรต่างๆ เช่น กรวย ป้ายสัญญาณต่างๆ และป้ายไฟลูกศรกระพริบ ดังรูปที่ 3-2

รูปที่ 3-2 แสดงการควบคุมจราจร

หลักการและกระบวนการต่างๆ ที่จะเป็นการเพิ่มความปลอดภัยในบริเวณการปฏิบัติงานแก่ผู้ขับขี่ยวดยาน และผู้ตรวจสอบสะพาน ได้รวมหัวข้อต่างๆ ดังต่อไปนี้

- ให้ถือหลักความปลอดภัยในการจราจรเป็นสิ่งที่มีความสำคัญที่สุดในการตรวจสอบสะพานทุกครั้งของทุกสะพาน ซึ่งการปฏิบัติงานของคณะผู้ตรวจสอบจะมีผลกระทบต่อการจราจร

- ควรจะจัดให้มีการกำหนดเส้นทางการจราจรให้ชัดเจนรวมถึงการจัดอุปกรณ์ควบคุมการจราจร โดยเปรียบเทียบจากสถานการณ์อื่นๆ บนทางหลวง
- ควรจะให้มีการกีดขวางการจราจรให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้
- ควรจะมีการแจ้งเตือนและการชี้แนะที่ชัดเจนและถูกต้อง แก่ผู้ที่กำลังขับขี่ยานพาหนะเข้าใกล้บริเวณการตรวจสอบสะพาน และให้เป็นเช่นนั้นไปตลอดการปฏิบัติงาน
- สำหรับการตรวจสอบสะพานที่ต้องใช้เวลานาน ควรจะจัดให้มีการตรวจสอบระบบการควบคุมระบบการจราจรด้วย
- ผู้ที่รับผิดชอบการปฏิบัติการควบคุมการจราจร ทุกคนควรจะต้องได้รับการฝึกฝนมาอย่างเพียงพอ

นอกจากนี้แล้ว อาจจะต้องมีการปรับปรุงตารางเวลาเพิ่มให้สอดคล้องกับความต้องการของการควบคุมจราจร ยกตัวอย่างเช่น จำนวนช่องจราจร ที่จำเป็นจะต้องปิดในแต่ละครั้งเพื่อดำเนินการตรวจสอบสะพาน ซึ่งอาจไม่ได้ประสิทธิภาพสูงสุด ในขณะที่จะได้ประสิทธิภาพสูงสุดถ้าทำการตรวจสอบระบบพื้นจากด้านซ้ายไปยังด้านขวา การควบคุมการจราจรอาจจะเป็นตัวกำหนดการทำงานตลอดช่วงความยาว รวมถึงคานหลายๆ ตัวในขณะเดียวกัน

3.1.3.6 การคำนึงถึง การพิจารณาอย่างพิเศษ

- ความต้องการด้านเวลา

  รายงานการตรวจสอบหรือแฟ้มบันทึกข้อมูลของสะพาน ควรจะระบุระยะเวลาที่ต้องการสำหรับการตรวจสอบสะพาน ซึ่งจะแยกย่อยออกเป็นเวลาสำหรับการเตรียมงานในสำนักงาน เวลาสำหรับเดินทาง เวลาที่ใช้ในภาคสนาม และเวลาสำหรับการเตรียมทำรายงาน

- ช่วงเวลาเร่งด่วน

  ในพื้นที่ที่มีประชากรหนาแน่น การกำหนดการจำกัดการจราจร จะต้องคำนึงถึงช่วงเวลาเร่งด่วนของแต่ละวันด้วย เช่น อาจจะทำได้ในช่วง 10.00 น. ถึง 14.00 น. และอาจต้องห้ามปฏิบัติการตรวจสะพานในบางวัน ในสถานการณ์ดังกล่าวเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบจริงอาจจะน้อยกว่า 40 ชั่วโมงต่อ 1 สัปดาห์ ซึ่งการทำงานควรจะปรับตารางเวลาให้เข้ากัน

- เวลาที่ใช้เพื่อติดตั้งและเก็บอุปกรณ์

  จะต้องจัดวางเพื่อเตรียมอุปกรณ์ทั้งก่อนและหลังการตรวจสอบสะพาน เช่น อุปกรณ์สำหรับโยงยึด (Rigging) จะใช้เวลาเตรียมหลายวันก่อนที่ผู้ทำการตรวจสอบจะมาถึงสถานที่ทำการตรวจสอบ อุปกรณ์อื่นๆ เช่น เครื่องเพิ่มความดัน (Compressors) และอุปกรณ์ทำความสะอาดอาจต้องใช้เวลาเพื่อเตรียมการทุกวัน สรุปได้ว่าต้องมีการจัดสรรเวลาสำหรับเตรียมติดตั้งและเก็บอุปกรณ์อย่างเพียงพอ

- ช่องทางเข้า–ออก (Access)

  การเตรียมการเพื่อการตรวจสอบจะต้องคำนึงถึงการเตรียมช่องทางเข้า–ออกด้วย แม้ว่าแต่ละสะพานจะมีความคล้ายกัน แต่จะใช้เวลาในการเข้า–ออก เพื่อตรวจสอบไม่เท่ากัน เช่น อาจจะต้องใช้เวลานานในการยกเครื่องมือเพื่อเข้าไปสู่ระบบพื้นที่อยู่ใกล้ระบบสาธารณูปการ (Utility Lines) ในสะพานหนึ่ง เมื่อเปรียบเทียบกับอีกสะพานหนึ่งที่ไม่มีสิ่งกีดขวางใดๆ ในสะพาน บางแห่งอาจต้องทำการเปิดเครื่องกั้นต่างๆ เพื่อที่จะเข้าไปในบางส่วน บางบริเวณของสะพาน

- สภาพโดยรวม

  สภาพโดยรวมของสะพาน จะเป็นส่วนสำคัญในการตัดสินว่า การตรวจสอบสะพานจะใช้เวลานานเท่าใด รายงานการตรวจสอบครั้งก่อนๆ จะเป็นสิ่งที่บอกถึงสภาพโดยรวมของสะพานด้วย การตรวจสภาพชิ้นส่วนที่มีการชำรุดเสียหาย (เช่น การวัดขนาด การวาดแบบร่าง และการถ่ายภาพ) จะใช้เวลามากกว่า การตรวจชิ้นส่วนที่ดูแล้วเห็นว่ายังอยู่ในสภาพดี

- ภูมิอากาศ

  สภาพภูมิอากาศที่ผันผวน อาจจะไม่ใช่สิ่งที่หยุดการตรวจสอบได้ทั้งหมด แต่ก็มีส่วนสำคัญในกระบวนการตรวจสอบสะพาน ในระหว่างที่สภาพภูมิอากาศมีความผันผวนนี้ ควรจะหลีกเลี่ยงการปีนป่ายต่างๆ จะต้องมีความระมัดระวังเพื่อความปลอดภัยให้เพิ่มขึ้น และอาจเป็นเรื่องยากที่จะเก็บรักษาบันทึกต่างๆ ให้แห้งดี ในช่วงฤดูที่มีสภาพภูมิอากาศไม่ดี ควรจัดตารางเวลาให้เข้มงวดขึ้นกว่าช่วงฤดูที่มีภูมิอากาศดี

- ใบอนุญาต

  เมื่อทำการตรวจสอบสะพานที่เป็นทางรถไฟ หรือเป็นสะพานข้ามเส้นทางสัญจรทางน้ำ ควรดำเนินการขอใบอนุญาตเข้าตรวจสอบให้เรียบร้อยก่อนที่จะทำการตรวจสอบภาคสนาม

3.1.4 ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

ความปลอดภัยเป็นสิ่งสำคัญยิ่งในการปฏิบัติงานการตรวจสอบภาคสนาม ทั้งนี้ เพื่อผลงานที่มีประสิทธิภาพและตรงตามกำหนดเวลา การตรวจสอบสะพานเป็นงานที่มีอันตรายแฝงอยู่ เพราะฉะนั้น จะต้องทำให้ผู้ที่ร่วมทำการตรวจสอบทุกคน มีความระมัดระวังอย่างถี่ถ้วนทั่วถึง ไม่ว่าจะเป็นทัศนคติ ความตื่นตัว และสามัญสำนึก ทั้ง 3 อย่างนี้ล้วนแต่เป็น องค์ประกอบสำคัญในการดำรงไว้ซึ่งความปลอดภัย

3.1.4.1 การระวังรักษาความปลอดภัยทั่ว ๆ ไป

เนื่องจากอุบัติเหตุจะเป็นตัวก่อให้เกิดความเจ็บปวด ทุกข์ทรมาน และความลำบากแก่ครอบครัว ทั้งยังทำให้สิ้นค่าใช้จ่าย สำหรับเครื่องมือ การสูญเสียผลผลิต และค่ารักษาพยาบาล การตั้งใจปฏิบัติเพื่อทำให้เกิดความปลอดภัย จะเป็นส่วนช่วยให้ลดค่าใช้จ่ายๆ ที่ไม่จำเป็นลงได้

■ พื้นฐานความปลอดภัย

สิ่งสำคัญที่สุดในการพิจารณาสำหรับการตรวจสอบสะพานอย่างปลอดภัย คือ ความตระหนักของผู้ตรวจสอบในการที่จะสร้างให้สภาพการทำงานมีความปลอดภัย การปฏิบัติงานที่ดีที่จะทำให้เกิดความปลอดภัยในการทำงานนั้น ประกอบไปด้วย

- พักผ่อนเพียงพอและมีความตื่นตัว
- รักษาสภาพร่างกาย
- ใช้เครื่องมือที่เหมาะสม
- รักษาพื้นที่ปฏิบัติงานให้สะอาดเรียบร้อย
- ทำงานอย่างเป็นระบบ และเกี่ยวเนื่องกัน
- ปฏิบัติตามกฎและระเบียบแห่งความปลอดภัย ทั้งตามกฎหมายและของหน่วยปฏิบัติงาน
- มีสามัญสำนึกและการตัดสินใจที่ดี
- ให้หลีกเลี่ยงสิ่งมึนเมาและสิ่งเสพติดทุกชนิด

■ ความรับผิดชอบเพื่อความปลอดภัย

ก่อนที่จะมีการเริ่มดำเนินงานผู้ว่าจ้างจะเป็นผู้รับผิดชอบในการเตรียมการเพื่อความปลอดภัยในขณะทำงานดังนี้

- แจ้งหรือประกาศให้ทราบถึงกฎข้อบังคับและแนวทางต่างๆ ที่เกี่ยวกับความปลอดภัย
- จัดให้มีการฝึกเพื่อรักษาความปลอดภัย
- จัดให้มีเครื่องมือและอุปกรณ์ที่เหมาะสม

โดยบุคคลผู้ทำหน้าที่เป็นที่ปรึกษาในการดำเนินงานจะเป็นผู้รับผิดชอบในการคงไว้ซึ่งความปลอดภัย ดังนี้

- การให้คำปรึกษาเกี่ยวกับขั้นตอนการปฏิบัติงาน
- แนวทางในการนำขั้นตอนแห่งความปลอดภัยไปปฏิบัติ
- แนวทางในการใช้อุปกรณ์อย่างถูกต้อง
- การกำชับให้ปฏิบัติตามกฎข้อบังคับของความปลอดภัย

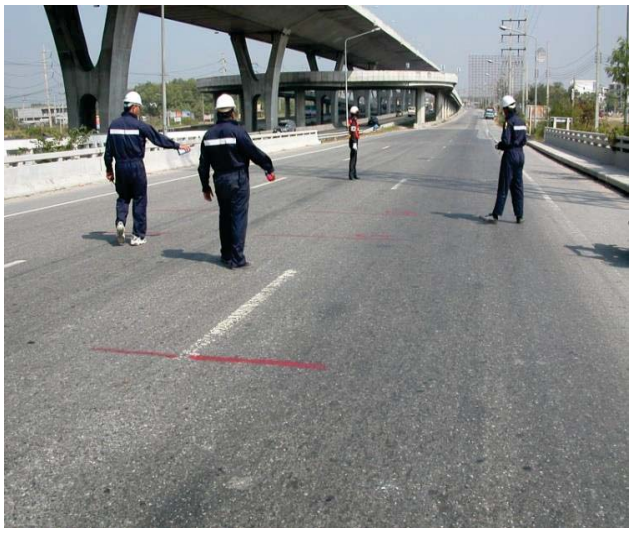
และผู้ที่ทำการตรวจสอบสะพาน จะต้องเป็นผู้รับผิดชอบสูงสุดในความปลอดภัยของตัวเอง รู้ขีดจำกัดของสภาพร่างกายของตน ซึ่งต้องมีความรู้เกี่ยวกับกฎและวัตถุประสงค์ของงานเป็น

อย่างดีและยังต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของเพื่อนร่วมงาน พร้อมทั้งเตรียมความพร้อมกับสถานการณ์ที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ โดยต้องรายงานการเกิดอุบัติเหตุ (ภายใน 24 ชม.)

3.1.4.2 การป้องกันบุคลากร

- สวมใส่เสื้อผ้าที่เหมาะสมกับงานตรวจสอบ

มีความสำคัญมาก เสื้อผ้าที่สวมใส่ควรจะมีขนาดที่พอดีกับผู้สวมใส่ และเหมาะกับสภาพอากาศในการปฏิบัติงานทั่วๆ ไปของการตรวจสอบ ผู้ที่ทำการตรวจสอบ ควรสวมใส่รองเท้าบู๊ท ที่เป็นหนังที่มีส้นช่วยในการเกาะพื้นได้ดี เมื่อทำการปีนไปตามองค์ประกอบต่างๆ ของสะพาน ผู้ทำการตรวจสอบควรสวมใส่รองเท้าบู๊ทที่มีแกนเหล็ก (มีส้นกันลื่นและไม่หนีด) รวมทั้งต้องใช้ถุงมือหนัง การใช้กระเป๋าเล็กๆ ใส่เครื่องมือก็ช่วยให้ผู้ตรวจสอบสามารถนำเครื่องมือและบันทึกต่างๆ ไปด้วย ในขณะที่ต้องใช้มือเพื่อการปีนหรือกำลังตรวจสอบอื่นๆ ดังรูปที่ 3-3



รูปที่ 3-3 แสดงการสวมใส่เสื้อผ้าที่เหมาะสมกับงานตรวจสอบ

- อุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยในการตรวจสอบ

ในเมื่ออุปกรณ์ต่างๆ ถูกออกแบบมาเพื่อป้องกันการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้น ผู้ทำการตรวจสอบต้องใช้อุปกรณ์นั้น เพื่อป้องกันตนเอง อุปกรณ์ต่างๆ ได้แก่

- หมวกแข็ง – ใช้ป้องกันศีรษะ หากมีสิ่งต่างๆ ตกลงมากจากที่สูง และยังป้องกันไม่ให้ศีรษะของผู้ตรวจสอบชนกับองค์ประกอบต่างๆ ของสะพาน
- เสื้อกั๊กสะท้อนแสง – มีความจำเป็นมากเมื่อต้องทำงานในที่ที่อยู่ใกล้จราจร
- แว่นหน้ากากป้องกันดวงตา – การป้องกันดวงตามีความสำคัญมากเมื่อตรวจสอบ ต้องอยู่ในที่ซึ่งมีวัสดุต่างๆ ลอยฟุ้งไปมา แว่นสวมป้องกันสายตา ยังไม่เพียงพอเนื่องจากยังไม่มีการ

ป้องกันด้านข้าง ควรใช้เพียงแว่นที่มีเลนส์เพียงอันเดียวเท่านั้น เมื่อต้องทำการปีน (ต้องไม่เป็นแว่นที่มีเลนส์ 2 เลนส์ - No Bifocals)

- เสื้อชูชีพ – ควรสวมเสื้อชูชีพเสมอเมื่อต้องทำการตรวจสอบเหนือน้ำหรือเมื่ออยู่บนเรือ
- หน้ากากป้องกันฝุ่น – ช่วยป้องกันไม่ให้หายใจนำมลพิษทางอากาศที่เป็นอันตรายเข้าไปสู่ปอด
- เครื่องฟอกอากาศ – ช่วยป้องกันไม่ให้สารอันตรายที่เจือปนอยู่ในอากาศที่เกิดจากการระเบิดทราย สีและจากมูลฝอยต่างๆ
- เข็มขัดนิรภัยและเชือก – จะต้องสวมใส่เข็มขัดนิรภัยเสมอเมื่อทำงานเหนือน้ำ การจราจร และเมื่อทำงานในที่สูง ควรผูกเข็มขัดนิรภัยยึดไว้กับองค์ประกอบของสะพานที่มั่นคงแข็งแรง หรือสิ่งที่เห็นว่าปลอดภัย แต่ต้องไม่ใช่ผูกกับนั่งร้านหรือสายเคเบิลของนั่งร้าน
- ถุงมือ – ช่วยป้องกันไม่ให้มือสัมผัสกับสารอันตรายต่างๆ รวมถึงองค์อาคารที่ถูกสารกัดกร่อน

3.1.4.3 สาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ

สาเหตุหลักใหญ่ๆ 2 ประการซึ่งทำให้เกิดอุบัติเหตุ ได้แก่ ความผิดพลาดของคน (Human Error) และการวิบัติของอุปกรณ์ (Equipment Failure) จะต้องมีการวางแผนล่วงหน้า เพื่อลดผลกระทบที่จะเกิดขึ้นให้มีน้อยที่สุด ความวิบัติของอุปกรณ์ อาจถูกลดลงได้โดยการจัดให้มีการตรวจสอบอุปกรณ์ การบำรุงรักษาอุปกรณ์และปรับปรุงให้มีความทันสมัยอยู่เสมอ สาเหตุพิเศษ ต่างๆ ที่จะทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ มีดังนี้

- มีทัศนคติที่ไม่เหมาะสม – การขาดสมาธิ ขาดความระมัดระวัง และมีความกังวลในเรื่องส่วนตัว
- ขีดจำกัดของแต่ละบุคคล – การขาดความรู้ความสามารถ การฝืนสภาพร่างกาย
- ความไม่สมบูรณ์ทางร่างกาย – มีอาการบาดเจ็บ การเจ็บป่วย ผลข้างเคียงของยา สิ่งมึนเมา หรือยาเสพติด
- การเบื่อหน่ายหรือขาดสมาธิ – ภาวการณ์ขาดความตั้งใจในขณะที่ทำงานที่ซ้ำๆ เป็นประจำ
- การขาดความเอาใจใส่ – ไม่มีความตื่นตัวในเรื่องความปลอดภัยและไม่รู้ตัวถึงอันตรายต่างๆ
- การชอบวิธีลัด – ทำให้เกิดความเสี่ยงอย่างมาก
- การชำรุดของอุปกรณ์ – เช่นขึ้นบันไดชำรุด เชือกขาดหรือเปื่อย และสายเคเบิลมีการฉีกขาด
- การสวมใส่ชุดที่มีขนาดไม่พอดี หรือไม่เหมาะสมกับงาน

3.1.4.4 การปฏิบัติเพื่อความปลอดภัย

■ การปฏิบัติทั่วไป

- ให้หลีกเลี่ยงการเสพสิ่งมึนเมาหรือยาเสพติด – ซึ่งจะก่อให้เกิดความบกพร่องในการพิจารณา การตอบสนอง และการประสานงาน
- การใช้ยารักษาโรค – การใช้ยาและอาการแพ้ยาอาจก่อให้เกิดผลกระทบข้างเคียงที่เป็นอันตรายได้
- ไฟฟ้า – ต้องสันนิษฐานว่า สายเคเบิลและสายไฟต่างๆ นั้น มีไฟเดินอยู่เสมอ และต้องตัดไฟก่อนทุกครั้ง
- การช่วยเหลือกัน – ให้ทำงานเป็นคู่เสมอ จะได้คอยช่วยเหลือกัน
- การตรวจสอบในพื้นที่ที่อยู่เหนือน้ำ – ต้องใช้เรือที่มีความปลอดภัย โดยจะต้องมีห่วงชูชีพและวิทยุสื่อสาร
- รองเท้าบู๊ทยาง (Waders) – จะต้องมีความระมัดระวังเมื่อสวมใส่รองเท้าบู๊ทยาง เพราะน้ำสามารถเข้าไปขังในรองเท้าได้ ทำให้ไม่สามารถว่ายน้ำได้
- การตรวจสอบเหนือพื้นที่การจราจร – ถ้าไม่สามารถหลีกเลี่ยงการปฏิบัติการตรวจสอบในพื้นที่ที่อยู่เหนือการจราจรได้ ก็ต้องทำการผูกเครื่องมือต่างๆ และสมุดบันทึกไว้ให้แน่นหนา
- การเข้าไปในที่มืด – ต้องใช้ไฟฉายทุกครั้งที่เข้าไปในที่มืด และอาจต้องใช้การโรยเชือกนำทาง รวมถึงต้องใช้ถังออกซิเจนถ้ามีความจำเป็น
- มูลของนกพิราบ – การหายใจเอาฝุ่นละอองต่างๆ ที่เกิดจากมูลของนกพิราบ อาจเป็นสาเหตุให้เกิดมะเร็งปอดได้

■ พื้นที่จำกัด (Confined Spaces)

ในการตรวจสอบโครงสร้างสะพานที่เป็นรูปกล่อง (Box Girder) วงแหวนโค้ง (Steel Arch Rings) และพื้นคอนกรีตแบบกลวง (Cellular Concrete) ส่วนใหญ่จะเป็นการทำงานในพื้นที่แคบๆ มีข้อควรระวังอยู่ 3 ประการ เมื่อทำการตรวจสอบในพื้นที่ดังกล่าว

- การขาดออกซิเจน – จะต้องมีปริมาณออกซิเจนไม่น้อยกว่า 19% เพื่อให้ผู้ตรวจสอบยังมีสติอยู่
- ก๊าซพิษต่างๆ – ส่วนใหญ่เกิดจากงานต่างๆ เช่น การทาสี การเผาไหม้ และการเชื่อม
- ก๊าซที่สามารถระเบิดได้ – วัสดุบางชนิด เช่น ก๊าซธรรมชาติ และก๊าซมีเทนจะเกิดขึ้นมาจากการทำปฏิกิริยาออกซิเจนขึ้นตามธรรมชาติ ของสารอินทรีย์ต่างๆ

เมื่อมีความจำเป็นที่จะต้องเข้าไปทำการตรวจสอบในพื้นที่อันจำกัด จะต้องมีการปฏิบัติตามกฎความปลอดภัย ดังนี้

- ให้ตรวจปริมาณ ออกซิเจนและก๊าซอื่นๆ ทุกระยะเวลา 15 นาที
- หลีกเลี่ยงการใช้ของเหลวที่สามารถติดไฟได้
- ให้จอดพาหนะที่ใช้ช่วยในการตรวจสอบให้ห่างจากทางเข้าพื้นที่ปฏิบัติการตรวจสอบ เพื่อหลีกเลี่ยงควันไอเสียของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
- การปฏิบัติงานที่ต้องใช้น้ำมันเชื้อเพลิงหรือก๊าซพิษ จะต้องทำด้านใต้ลมของผู้ปฏิบัติงานและบุคคลในชุดตรวจสอบสะพาน
- ให้ใช้อุปกรณ์ช่วยหายใจที่ได้รับการรับรองแล้วเท่านั้น เมื่อไม่สามารถจัดทำระบบระบายอากาศได้ หรือเมื่อไม่สามารถจัดหาอุปกรณ์ตรวจจับ (Detector) ได้
- เมื่อเข้าไปในอุโมงค์ระบายน้ำ (Culverts) จะต้องจัดหาแสงสว่างและเชือกนำทาง มาอย่างเพียงพอ
- ควรทำการปฏิบัติการตรวจสอบเป็นคู่ (2 คน) โดยจะต้องมีผู้ตรวจสอบคนที่ 3 อยู่ในที่มีแสงสว่างหรือนอกพื้นที่ที่มีความจำกัด (Confined Areas)

■ ความปลอดภัยในการปีน

มีการเตรียมการพื้นฐานอยู่ 3 กลุ่มที่จำเป็นในการปีนเพื่อตรวจสอบอย่างปลอดภัย

กลุ่มแรก คือ การจัดการ (Organization) เพื่อการตรวจสอบ

- กลวิธีในการปีน – ควรให้มีช่วงเวลาในการปีนให้น้อยที่สุด
- แผนการตรวจสอบ – ผู้ตรวจสอบควรจะรู้อย่างชัดเจนว่ากำลังจะไปที่ใด และต้องทำอะไรบ้างให้เสร็จบ้างและจำเป็นจะต้องใช้เครื่องมือใดบ้าง
- สภาพภูมิอากาศ – ถ้าหากเป็นสภาวะที่ฝนตกจะต้องเลื่อนการตรวจสอบสะพานที่เป็นเหล็กออกไป
- การจราจร – ไม่ควรจะมีการขีดขวางการจราจร

กลุ่มที่สอง คือ การตรวจสอบอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบสะพาน เพื่อให้มีสภาพและการใช้งานที่เหมาะสม

- บันได – มักจะมีส่วนเกี่ยวข้องในอุบัติเหตุต่างๆ เสมอ

- นั่งร้าน – ควรได้มีการตรวจสอบความสูง ความสามารถในการรับน้ำหนัก รอยแตก ข้อต่อหลวมหรือไม่ รวมถึงตรวจสอบบริเวณที่ไม่แข็งแรง
- แผ่นไม้ – ควรใช้แผ่นไม้อย่างน้อย 2 แผ่น ซ้อนติดกัน ส่วนปลายของแผ่นไม้จะต้องยึดติดกับจุดรองรับอย่างแน่นหนา
- พาหนะที่ใช้ในการตรวจสอบ – ควรจะให้ได้ใช้รถกระเช้าชนิดต่างๆ เท่าที่จะเป็นไปได้
- ทางเดินต่างๆ – ควรจัดให้มีการตรวจสอบทางเดินต่างๆ เพื่อที่จะได้ใช้งานได้เมื่อต้องการ ทางเดินโยงยึด (Rigging) – ผู้ตรวจสอบควรจะคุ้นเคยกับเทคนิคการใช้ทางเดินโยงยึด (Rigging) อย่างถูกต้องเหมาะสมและไม่ควรมีความเชื่อผิดๆ เกี่ยวกับการใช้ทางเดินโยงยึดนี้

กลุ่มที่สาม คือ ผู้ตรวจสอบจะต้องมีการเตรียมสภาพจิตใจสำหรับการตรวจสอบที่ต้องมีการปีน ทัศนคติที่ดีเกี่ยวกับความปลอดภัยเป็นสิ่งที่มีความสำคัญที่สุด มีหลักปฏิบัติอยู่ 3 ประการ ที่จะต้องปฏิบัติตาม คือ

- ให้หลีกเลี่ยงความรู้สึกที่กดดัน – ไม่ควรทำการปีนเมื่อรู้สึกผิดหวังหรือเมื่อรู้สึกขาดความมั่นใจ
- ให้มีความรู้สึกระมัดระวังอยู่เสมอ – ให้รู้ตัวตลอดเวลาว่าตนเองอยู่ที่ไหนและกำลังทำอะไรอยู่ในขณะปีน
- ความมั่นใจ – ไม่ควรกระทำการใดๆ เมื่อรู้สึกไม่มั่นใจว่าจะทำได้อย่างปลอดภัย และห้ามมิให้ปกปิดว่า ยังมีบางสิ่งบางอย่างยังไม่ได้รับการตรวจสอบ

3.2 เครื่องมือ และอุปกรณ์ในการตรวจสอบ

3.2.1 เครื่องมือมาตรฐาน

ในการที่จะให้การตรวจสอบมีความถูกต้องและครอบคลุมรายละเอียดได้ครบถ้วนนั้น จะต้องใช้เครื่องมืออย่างเหมาะสม เครื่องมือที่ได้มาตรฐาน ซึ่งผู้ตรวจสอบสะพานควรใช้ในการตรวจสอบสะพานนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 6 กลุ่มทั่วๆ ไป คือ

3.2.1.1 เครื่องมือสำหรับทำความสะอาด

- ไม้กวาด (Wisk Broom) - ใช้กวาดเศษวัสดุต่างๆ (Debris) และฝุ่นผง (Dirt)
- แปรงลวด (Wire Brush) – ใช้ขัดชิ้นส่วนที่เป็นโลหะเพื่อกำจัดเกล็ดสนิมและสิ่งที่หลุดลอก
- เครื่องมือลอก (Scrapper) – ใช้ลอกสนิมหรือส่วนที่ปูดออกมาจากชิ้นส่วนต่างๆ
- ไขควงปากแบน (Flat Bladed Screwdriver) - ใช้ทำความสะอาดและตรวจทั่วๆ ไป

- พลั่ว (Shovel) - ใช้ตักเศษดินและเศษวัสดุต่างๆ (Debris) ในบริเวณพื้นที่ของแผ่นรองสะพาน (Bearings)

รูปที่ 3-4 เครื่องมือสำหรับทำความสะอาด

*3.2.1.2 **เครื่องมือสำหรับการตรวจสอบ***

- มีดพก - ใช้งานทั่วๆ ไป
- ค้อนด้ามยาว - ใช้ทุบเศษดินและสนิมที่เกาะอยู่ ใช้เคาะฟังเสียงเนื้อคอนกรีต และยังใช้เคาะเพื่อตรวจว่าตัวยึด (Fasteners) มีการหลวมหรือถูกเฉือน บ้างหรือไม่
- ลูกดิ่ง – ใช้ตรวจแนวดิ่งของโครงสร้างส่วนบนหรือโครงสร้างส่วนล่าง
- เข็มขัดเครื่องมือชนิดที่มีกระเป๋าเล็กๆ – จะมีความสะดวกในการถือและลำเลียงเครื่องมือขนาดเล็ก

รูปที่ 3-5 เครื่องมือสำหรับการตรวจสอบ

3.2.1.3 เครื่องมือสำหรับช่วยในการสังเกตด้วยตาเปล่า

- กล้องส่องทางไกล – ใช้สังเกตการณ์พื้นที่ก่อนเข้าทำการตรวจสอบ
- ไฟฉาย – ใช้ส่องเมื่อต้องการตรวจสอบในที่มืด
- แว่นขยาย (ขยาย 5 เท่า ถึง 10 เท่า) – ใช้ตรวจรอยแตกและพื้นที่ที่อาจมีการแตก
- กระจก – ใช้ตรวจในบริเวณที่ไม่สามารถเข้าไปตรวจสอบได้ (เช่น ข้างใต้รอยต่อของพื้นสะพาน)
- สีย้อม – ใช้ในการระบุรอยแตกและความยาวของรอยแตก

รูปที่ 3-6 เครื่องมือสำหรับช่วยในการสังเกตด้วยตาเปล่า

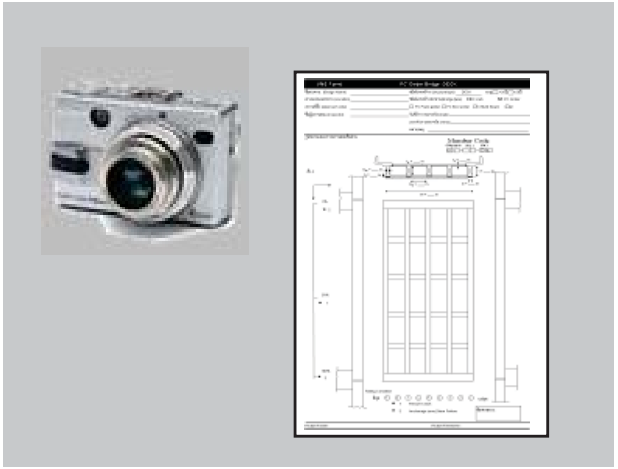
3.2.1.4 เครื่องมือสำหรับการวัดขนาด

- เทปวัดขนาดเล็ก (ยาว 6 ฟุต) – ใช้วัดขนาดรอยชำรุดต่างๆ และใช้วัดขนาดของชิ้นส่วนและรอยต่อต่างๆ
- เทป 100 ฟุต – ใช้วัดขนาดขององค์ประกอบ (Components) ต่างๆ
- ก้านวัด (Calipers) – ใช้วัดความหนาของชิ้นส่วนต่างๆ ซึ่งอยู่ห่างจากขอบที่มองเห็นได้
- เครื่องมือวัดรอยแตก (Optical Crack Gauge) – ใช้วัดความกว้างของรอยแตก อย่างแม่นยำ
- เครื่องมือวัดความหนาของชั้นสี (Paint film Gauge) – ใช้วัดความหนาของชั้นสีที่ทาทับไว้
- เครื่องมือวัดความเอียงและเครื่องมือวัดมุม (Tilt Meter and Protractor) – ใช้วัดความเอียง (Tilling) ของโครงสร้างส่วนล่างและวัดมุมการเอียงของแผ่นรองสะพาน (Bearing Till)
- เครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermometer) – ใช้วัดอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมขณะนั้นและวัดอุณหภูมิของโครงสร้างส่วนบน
- เครื่องวัดระดับ (Carpenter's Level) – ใช้วัดความชันของพื้นสะพานและวัดการทรุดตัวของพื้นทาง

รูปที่ 3-7 เครื่องมือสำหรับการวัดขนาด

*3.2.1.5 **เครื่องมือสำหรับการจัดทำเอกสาร***

- แบบฟอร์มการตรวจสอบ กระดานรองและดินสอ – ใช้ในการบันทึกข้อมูลของสะพาน
- สมุดสนาม – ใช้บันทึกข้อมูลเพิ่มเติม จากโครงสร้างที่มีความซับซ้อนกว่าปกติ
- ไม้บรรทัด – ใช้วาดรูปที่ต้องการความประณีต
- กล้องถ่ายรูป – ใช้ถ่ายรูปเพื่อจัดทำภาพประกอบรายงานเพื่อแสดงที่ตั้งและสภาพของสะพาน
- กล้องโพลารอยด์ – ใช้ถ่ายรูปเพื่อจัดทำเอกสารโดยทันที ในกรณีที่มีสภาพเสียหายรุนแรงและต้องการให้เจ้าหน้าที่ตรวจสอบในทันที
- ชอล์ค และปากกาทำเครื่องหมาย – ใช้เขียนชื่อหรือทำเครื่องหมายบนชิ้นส่วนต่างๆ รวมถึงรอยชำรุดต่างๆ เพื่อช่วยในการทำงานด้านการจัดการและการจัดทำรูปแบบต่างๆ
- เครื่องเจาะรู – ใช้ทำเครื่องหมายบนชิ้นส่วนที่เป็นเหล็ก เพื่อการจัดทำเอกสารเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ เช่น การเอียงของแผ่นรองสะพาน (Bearing Tilt) และการเปิดของรอยต่อ (Joint Openings)
- ตะปู “P – K” – ตะปูสำรวจของ Parker Kalon จะถูกใช้ในการกำหนดจุดอ้างอิงที่จำเป็นเพื่อการจัดทำเอกสารเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของโครงสร้างส่วนล่างและรอยแตกขนาดใหญ่



รูปที่ 3-8 เครื่องมือสำหรับการจัดทำเอกสาร

*3.2.1.6 **เครื่องมืออื่น ๆ***

- คีมรูปตัว “C” – ใช้เมื่อต้องวัดขนาดที่ทำด้วยความยากลำบาก
- น้ำมันหล่อลื่น – ใช้ช่วยในการคลายหมุนยึด, สลักเกลียว ต่างๆ
- น้ำยาป้องกันแมลง – ใช้ทาป้องกันยุง และ ตัวหมัดต่างๆ
- ยาฆ่าตัวต่อและแตน – ใช้กำจัดรังของตัวต่อและแตน เพื่อที่จะสามารถเข้าไปตรวจสอบได้
- ชุดปฐมพยาบาล – ใช้รักษาแผลขนาดเล็ก, การถูกงูกัด และผึ้งต่อย
- กระดาษชำระ – ใช้ในกรณีฉุกเฉินต่างๆ

รูปที่ 3-9 เครื่องมืออื่นๆ

3.2.2 อุปกรณ์พิเศษ

ในการตรวจสอบตามปกตินั้น ไม่มีความจำเป็นที่ต้องใช้อุปกรณ์พิเศษแต่อย่างใด อย่างไรก็ตามในกรณีที่ต้องทำการตรวจสอบโครงสร้างบางชนิดเป็นพิเศษจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้อุปกรณ์พิเศษสำหรับการตรวจสอบ ผู้ทำการตรวจสอบจึงควรต้องมีความคุ้นเคยกับการใช้อุปกรณ์พิเศษต่างๆ

3.2.2.1 อุปกรณ์การสำรวจ (Survey Equipment)

ในบางสถานการณ์ อาจมีความจำเป็นที่จะต้องใช้กล้องสำรวจ (Transit) เครื่องวัดระดับ (Level) หรือเครื่องมือสำรวจอื่นๆ การใช้เครื่องมือเหล่านี้ทำให้กำหนดตำแหน่งที่ตั้งขององค์ประกอบต่างๆ ได้อย่างแม่นยำโดยสัมพันธ์กับองค์ประกอบอื่นๆ เช่นเดียวกับการกำหนดจุดอ้างอิง ดังรูปที่ 3-10

รูปที่ 3-10 เครื่องมือสำหรับการวัดระดับ

3.2.2.2 อุปกรณ์การทดสอบโดยไม่ทำลาย (Non-Destructive Testing Equipment)

การใช้วิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย (Non–Destructive Testing–NDT) เป็นวิธีการตรวจสอบความสมบูรณ์ของโครงสร้างโดยไม่มีการทำให้วัสดุต้องเสียหาย อุปกรณ์ NDT จะช่วยให้ผู้ตรวจสอบสามารถเห็นถึงสภาพภายในของชิ้นส่วนของสะพานและประเมินการชำรุดที่ไม่สามารถมองเห็นได้ โดยทั่วๆ ไปแล้ว จะต้องใช้ช่างฝีมือที่ต้องผ่านการฝึกหัดมาเป็นอย่างดี ในการทำการทดสอบแบบ NDT และแปลความหมายของผลการตรวจสอบ เช่น การทดสอบ Rebound Hammer เป็นต้น ดังรูปที่ 3-11

รูปที่ 3-11 เครื่องมือ Digital Concrete Test Hammer

3.2.2.3 อุปกรณ์การตรวจสอบใต้น้ำ

การตรวจสอบใต้น้ำจะเป็นการตรวจสอบส่วนต่างๆของโครงสร้างส่วนล่างและส่วนใต้ผิวน้ำ ถ้าลำน้ำนั้นตื้นสามารถทำการตรวจสอบเหนือน้ำได้ โดยการใช้เหล็กเสริมหรือกิ่งไม้

ถ้าลำน้ำนั้นลึก การตรวจสอบใต้น้ำจะต้องทำโดยใช้นักดำน้ำที่ชำนาญ และใช้อุปกรณ์การดำน้ำซึ่งจะรวมถึง แท่นรอง (Platform) เครื่องหยั่งความลึก (Fathometer) เรดาร์ ระบบการเติมอากาศ วิทยุติดต่อ และอุปกรณ์ฟังเสียง

3.2.2.4 อุปกรณ์อื่น ๆ

อาจมีความจำเป็นที่จะต้องใช้อุปกรณ์อื่นๆ เพื่อเตรียมสะพาน ก่อนที่จะทำการตรวจสอบ อุปกรณ์ดังกล่าวจะรวมถึง

- เครื่องเป่าลม เครื่องฉีดน้ำ – ใช้ในการฉีดล้างเศษดิน เศษวัสดุออกจากพื้นผิวต่างๆ
- อุปกรณ์ทำความสะอาดผิว – เช่น กระดาษทราย ใช้ในการทำความสะอาดผิวเหล็กหรือโลหะต่างๆ
- อุปกรณ์ที่ใช้ในการเผา (Burning) เจาะ (Drilling) หรือบด (Grinding)

3.2.3 *อุปกรณ์ช่วยในการเข้าไปตรวจสอบ*

จุดประสงค์ในการใช้อุปกรณ์ คือ เพื่อช่วยให้ผู้ทำการตรวจสอบเข้าไปอยู่ในตำแหน่งที่ใกล้กับจุดที่ตั้งขององค์ประกอบของสะพาน จนสามารถทำการตรวจสอบได้อย่างใกล้ชิดและสัมผัสได้ อุปกรณ์ต่อไปนี้เป็นอุปกรณ์ที่ใช้กันอยู่ทั่วๆ ไป

*3.2.3.1 **บันได** (Ladders)*

เราสามารถใช้บันไดเพื่อช่วยให้สามารถเข้าไปตรวจด้านล่างของสะพานเพื่อตรวจสอบส่วนต่างๆ ของโครงสร้างส่วนล่างได้ แต่ควรใช้เฉพาะในส่วนที่ใช้บันไดได้อย่างสะดวกเท่านั้น กล่าวคือ บันไดจะต้องไม่เอนเอียงเกินไป

*3.2.3.2 **ทางเดินโยงยึด** (Rigging)*

จะประกอบไปด้วยสายเคเบิลและแผ่นพื้น (Cables and Platforms) สามารถใช้ Rigging ในการเข้าไปในพื้นที่ด้านใต้แผ่นพื้นและองค์อาคารหลักที่รับน้ำหนัก โดยใช้ทางเดินโยงยึด (Rigging) เมื่อไม่สามารถเข้าไปในพื้นที่นั้นโดยวิธีอื่นได้ หรือว่าเมื่อมีความจำเป็นต้องมีการตรวจสอบเป็นพิเศษ เช่น การทดสอบแบบไม่ทำลาย (Non-Destructive Testing) หรือการเคลื่อนย้ายหมุด ส่วนใหญ่ใช้ทางเดินโยงยึด (Rigging) เมื่อต้องการอยู่เหนือผิวน้ำ เหนือถนนหรือทางรถไฟที่มีช่องทางสำหรับเข้าตรวจสอบไม่เพียงพอและใช้กับสะพานที่มีความสูงเกินกว่า 12 เมตร (40 ฟุต)

*3.2.3.3 **นั่งร้าน** (Scaffolds)*

โดยทั่วไปแล้ว การใช้นั่งร้านสามารถปรับเปลี่ยนได้ง่ายกว่าการใช้ทางเดินโยงยึด (Rigging) และการใช้นั่งร้านเป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะทำให้มองทางที่เข้าไปสำรวจได้อย่างเพียงพอ สำหรับโครงสร้างที่สูงไม่เกิน 12 เมตร (40 ฟุต) และมีปริมาณการจราจรที่น้อยมากหรือไม่มีเลย ดังรูปที่ 3-12

รูปที่ 3-12 แสดงการตรวจสอบสะพานโดยการใช้นั่งร้าน

*3.2.3.4 **การใช้เรือ** (Boats or Barges)*

อาจจะมีความจำเป็นต้องใช้เรือเมื่อต้องทำการตรวจสอบโครงสร้างที่อยู่เหนือน้ำ เรือเล็ก (Boat) จะใช้เมื่อทำการตรวจสอบบางอย่างหรือทำการถ่ายรูป ส่วนเรือขนาดใหญ่ (Barges) นั้นจะใช้เป็นฐานรองรับ (Platform) เมื่อทำการตรวจสอบใต้น้ำ ดังรูปที่ 3-13

รูปที่ 3-13 แสดงการตรวจสอบโครงสร้างสะพานโดยการใช้เรือ

*3.2.3.5 **เครื่องมือช่วยปีน** (Climbers)*

เครื่องมือนี้เป็นฐานรองรับเคลื่อนที่ (Mobile Platforms) ที่ปีนไปตามสายเคเบิลเหล็ก (Steel Cables) มีความเหมาะสมมากในการใช้ช่วยการตรวจสอบ Pier ที่มีความสูงมาก หรือ ด้านข้างของ Member ที่มีความยาวมากๆ เครื่องมืออาจถูกเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “แมงมุม” (Spiders)

*3.2.3.6 **แพ** (Floats)*

ตัวแพนี้อาจจะเป็นแผ่นไม้ที่ใช้เชือกแขวนอยู่ จะใช้เมื่อผู้ตรวจสอบต้องการเข้าไปตรวจสอบในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งเป็นเวลาค่อนข้างนาน

*3.2.3.7 **เก้าอี้** Bosun (or Boatswain)*

เก้าอี้นี้จะถูกแขวนไว้ด้วยเชือกและรองรับผู้ตรวจสอบได้ครั้งละ 1 คนเท่านั้นสามารถยกระดับหรือลดระดับของอุปกรณ์นี้ได้ตามความต้องการ

*3.2.3.8 **การปีน** (Climbing)*

สำหรับโครงสร้างบางชนิด ถ้าวิธีการเข้าไปตรวจสอบต่างๆที่กล่าวมาไม่สามารถนำมาใช้ได้ ผู้ทำการตรวจสอบจำเป็นที่จะต้องปีนไปตามส่วนต่างๆ ของสะพาน แต่ต้องพึงรำลึกถึงและอยู่ภายใต้กฎแห่งความปลอดภัยเสมอ วิธีการปีนมีอยู่ 2 แบบ คือ การปีนแบบอิสระ และการปีนแบบไม่อิสระ การปีนแบบอิสระก็คือการปีนโดยไม่ได้ใช้เข็มขัดนิรภัยรัดไว้กับโครงสร้างสะพาน แต่การปีนแบบไม่อิสระนั้นจะต้องมีการใช้อุปกรณ์เพื่อความปลอดภัย และใช้วิธีการอย่างถูกต้องทางเทคนิค

3.2.4 *พาหนะช่วยในการเข้าไปตรวจสอบ (Access Vehicles)*

มีพาหนะอยู่หลายแบบที่ช่วยให้การตรวจสอบสามารถเข้าไปตรวจสอบสะพานได้ มีตัวอย่างทั่วๆ ไปดังต่อไปนี้

3.2.4.1 รถยก

เป็นรถที่มีแท่นยืนหรือกระเช้าที่สามารถลำเลียงเจ้าหน้าที่ตรวจสอบได้ เพิ่มมากขึ้น กระเช้าจะติดอยู่ที่ปลายแขนไฮโดรลิคของรถ ผู้ตรวจสอบจะเป็นผู้ขับด้วยโดยใช้แผงควบคุมที่อยู่ในกระเช้า แต่รถยกชนิดนี้จะไม่ได้รับอนุญาตให้ใช้บนทางหลวงพิเศษ (Highway) แต่จะเหมาะกับงานในพื้นที่ทั่วๆ ไปได้หลากหลาย

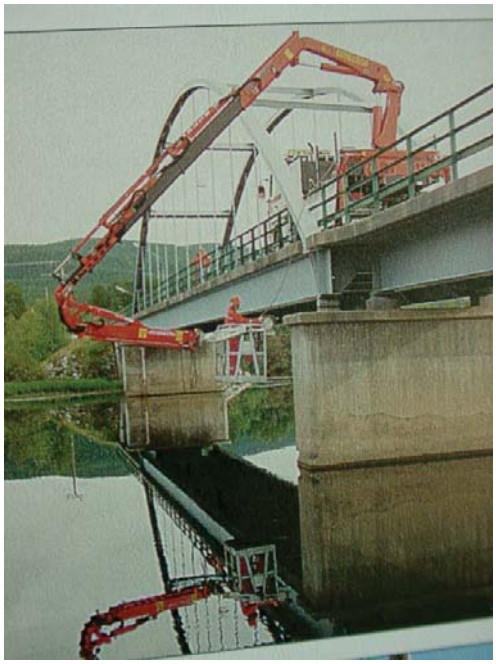
3.2.4.2 รถกระเช้า (Bucket Trucks)

มีลักษณะคล้ายกับรถยก แต่จะใช้งานบนทางหลวงพิเศษ (Highway) ได้ และผู้ตรวจสอบจะเป็นผู้ควบคุมกระเช้าเท่านั้น บางทีก็ต้องใช้ขาหยั่งพิเศษยื่นออกมาจากโครงรถเพื่อช่วยในการทรงตัวของรถ เมื่อต้องยื่นแขนกระเช้าออกไปมากๆ รถกระเช้าบางชนิดสามารถเคลื่อนที่ไปตามแนวสะพานได้ในขณะตรวจสอบสะพาน รถกระเช้าส่วนใหญ่จะมีแขนหลายท่อน เพื่อใช้สามารถยื่นแขนออกไปได้ไกลถึง 18 เมตร (60 ฟุต) ดังรูปที่ 3-14

รูปที่ 3-14 รูปแสดงรถกระเช้า

3.2.4.3 รถกระเช้าพิเศษ (Snoopers)

เป็นรถกระเช้าที่มีแขนที่ถูกออกแบบให้งอพับได้ เพื่อที่จะสามารถยื่นกระเช้าเข้าไปใต้สะพานได้ในขณะที่ตัวรถจอดอยู่ด้านบนพื้นสะพาน และสามารถหมุนแขนไปมาได้ทำให้มีความคล่องตัวในการทำงานมาก ขาหยั่งที่มีล้อด้วย ทำให้สามารถเคลื่อนที่ได้ในขณะทำงาน แขนท่อนที่สามารถยืดออกและหดเข้าได้ ทำให้สามารถเข้าถึงพื้นที่ทำงานได้มากขึ้นไปอีก ดังรูปที่ 3-15



รูปที่ 3-15 แสดงการตรวจสอบโครงสร้างสะพานโดยการใช้รถกระเช้าพิเศษ

3.3 ขั้นตอนการตรวจสอบ

ขั้นตอนและกรรมวิธีในการตรวจสอบสะพานโดยส่วนมากขึ้นอยู่กับประเภทของสะพาน วัสดุที่ใช้สร้างสะพาน และสภาพโดยทั่วไปของสะพาน เพราะฉะนั้นผู้ตรวจสอบสะพานจะต้องมีความคุ้นเคยกับขั้นตอนพื้นฐานสำหรับสะพานหลากหลายรูปแบบ

ขั้นตอนแรกในกระบวนการตรวจสอบ คือ การกำหนดทิศทางและแนวทางตัวสะพานและที่ตั้งของสะพาน การกำหนดทิศทางนี้ควรต้องรวมถึงทิศทางตามเข็มทิศ ทิศทางการไหลของสายน้ำและทิศทางของเส้นทางที่มีอยู่ ควรจะเขียนตัวเลขหรือตัวอักษรลงบนสะพานเพื่อเป็นการระบุชิ้นส่วนและองค์ประกอบต่างๆ ของโครงสร้างสะพาน จุดประสงค์ของการทำเครื่องหมายเหล่านี้ก็คือ เพื่อช่วยรักษาตำแหน่งที่ตั้งของผู้ตรวจสอบและยังช่วยป้องกันการหลงลืมที่จะตรวจสอบส่วนใดส่วนหนึ่งของโครงสร้างสะพาน

หลังจากที่ได้กำหนดแนวและทิศทางเรียบร้อยแล้ว ผู้ตรวจสอบพร้อมที่จะเริ่มทำการตรวจสอบสะพาน ผู้ตรวจสอบจะต้องมีความระมัดระวังและให้ความตั้งใจแก่งานในมือของตน และไม่ควรละเลยส่วนใดก็ตามของสะพาน เพราะส่วนต่างๆ ของสะพานที่มีความสำคัญต่อความสมบูรณ์ของโครงสร้างสะพาน จะต้องได้รับการดูแลอย่างดีเป็นพิเศษ

ในการตรวจสอบ จะต้องมีการประสานที่ดีระหว่างความรอบคอบและการเก็บข้อมูลที่สมบูรณ์ การสังเกตการณ์ต้องเป็นไปอย่างระมัดระวังและตั้งใจ ร่องรอยชำรุดทุกๆ อย่าง ต้องได้รับการบันทึกไว้ การตรวจสอบที่ระมัดระวัง มีค่าเท่าเทียมกับข้อมูลที่บันทึกได้ระหว่างการตรวจสอบ

3.3.1 แนวทางพื้นฐานของการตรวจสอบ

3.3.1.1 ส่วนพื้นสะพาน (Deck)

ผู้ตรวจสอบสะพาน ควรตรวจพื้นทางช่วงก่อนขึ้นสะพาน (Approach) ว่ามีความไม่เรียบ (Unevenness) มีการทรุดตัว (Settlement) หรือความขรุขระ (Roughness) หรือไม่ และต้องตรวจสอบสภาพของไหล่ทาง (Shoulder) เชิงลาด (Slope) การระบายน้ำ (Drainage) และราวกันตกก่อนขึ้นสะพาน (Approach Guardrail) ด้วยเช่นกัน

ส่วนพื้นสะพานและทางเท้านั้น ต้องได้รับการตรวจสอบเพื่อหาร่องรอยชำรุดต่างๆ โดยต้องบันทึกขนาด ประเภท ขอบเขต และตำแหน่งของร่องรอยชำรุดต่างๆ โดยตำแหน่งของรอยชำรุดนี้ควรจะต้องมีการอ้างอิงโดยใช้เส้นศูนย์กลาง (Center Line) หรือเส้นขอบถนน (Curb Line) หมายเลขช่วงสะพาน และระยะจากหมายเลขของตอม่อหรือรอยต่อ

ให้ตรวจสอบ Expansion Joint ว่ามีระยะห่างที่เหมาะสมและมีการ Seal ที่เพียงพอ โดยให้บันทึกความกว้างของ Joint ที่เปิดอยู่ที่เส้นขอบทางทั้งสอง โดยบันทึกค่าอุณหภูมิและสภาพภูมิอากาศทั่วๆ ไปในช่วงเวลาที่ทำการตรวจสอบ

สุดท้าย ให้ตรวจสอบสิ่งต่างๆ ที่ช่วยให้เกิดความปลอดภัย ป้ายสัญลักษณ์ต่างๆ และระบบไฟส่องสว่างที่มีอยู่ และให้ระบุสภาพของสิ่งต่างๆ ดังกล่าว

3.3.1.2 โครงสร้างส่วนบน (Superstructures)

จะต้องทำการตรวจสอบโครงสร้างส่วนบนอย่างละเอียดและทั่วถึง เพราะว่าถ้าองค์ประกอบหลักได้พังลง อาจจะเป็นสาเหตุให้สะพานพังทลายลงมาได้ รูปแบบโดยทั่วๆ ไปขององค์ประกอบหลักที่เป็นตัวรับน้ำหนัก เช่น คานต่างๆ โครงข้อหมุน สายเคเบิล Pin และ Hanger Plates

3.3.1.3 แผ่นยางรองคอสะพาน (Bearings)

ต้องได้รับการตรวจสอบอย่างถี่ถ้วน เนื่องจากเป็นส่วนสำคัญที่เป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างโครงสร้างส่วนบนและโครงสร้างส่วนล่าง ให้บันทึกความแตกต่างของการเอียง (Rocker Tilt) กับเส้นอ้างอิง (Fixed Reference Line) โดยให้บันทึกทิศทางของการเอียง อุณหภูมิ และสภาพภูมิอากาศทั่วๆ ไป ในขณะที่ตรวจสอบด้วย

3.3.1.4 โครงสร้างส่วนล่าง (Substructures)

โครงสร้างส่วนล่างเป็นส่วนที่รองรับน้ำหนักของโครงสร้างส่วนบน (Superstructures) และประกอบไปด้วย ตอม่อริม (Abutments) และตอม่อกลางน้ำ (Piers and Bents) ถ้ามีแบบก่อสร้างจริงอยู่ หน่วยของการวัดขนาด (Dimensions) ของโครงสร้างส่วนล่างจะต้องนำไปเปรียบเทียบกับหน่วยที่อยู่ในแบบด้วย เนื่องจากว่า วิธีการขั้นต้นของการตรวจสอบสะพาน คือ การตรวจด้วยตาเปล่า (Visual Inspection) ฉะนั้นควรจะต้องมีการกำจัดฝุ่นละออง ใบไม้ มูลสัตว์ และเศษวัสดุต่างๆ ออกไปให้หมดเพื่อทำให้ตรวจสอบและการประเมินได้อย่างใกล้ชิด ควรตรวจว่าแต่ละหน่วยของโครงสร้างส่วนล่างมีการทรุดตัวหรือไม่ โดยการมองไปตามแนวของโครงสร้างส่วนบน และแนวดิ่ง (Plumbing Vertical Faces) ในการปฏิบัติร่วมกับการ

ตรวจสอบการกัดเซาะ (Scour) ของทางน้ำ หน่วยต่างๆ ของโครงสร้างส่วนล่างจะต้องได้รับการตรวจสอบว่ามีการถูกเจาะบ้างหรือไม่ โดยให้บันทึกทั้งขนาดและตำแหน่ง

3.3.1.5 ทางน้ำ (Waterways)

ทางน้ำมีธรรมชาติที่เป็นแบบ Dynamic เพราะมีการเปลี่ยนแปลงทิศทางการไหล (Path) และปริมาณการไหล (Volume) ตลอดเวลา ฉะนั้น สะพานซึ่งทอดข้ามสิ่งเหล่านี้ ต้องได้รับการตรวจสอบที่ระมัดระวัง เพื่อหาผลกระทบจากสิ่งที่เปลี่ยนแปลงไปดังกล่าว

ควรจัดเก็บรักษาบันทึกข้อมูลของภาพตัดตามยาวและแนวของลำน้ำ โดยบันทึกการผันผวนของกระแสน้ำ (Meandering) ทั้งเหนือน้ำและใต้น้ำ ให้รายงานถึงความเฉียง (Skew) หรือตำแหน่งที่ไม่เหมาะสมของ Pier และAbutment ด้วย

การกัดเซาะ เป็นสิ่งที่ต้องให้ความสำคัญอย่างมาก เมื่อต้องทำการประเมินค่าของผลกระทบจากทางน้ำต่อสะพาน ต้องมีการวัดปริมาณของการกัดเซาะที่เกิดขึ้นโดยใช้ Grid System และวัดขนาดความลึกของลำน้ำ ในแต่ละจุดของ Grid ด้วย

การพังทลายของคันดิน ต้องได้รับการบันทึก ไม่ว่าจะเป็นที่เหนือน้ำหรือใต้น้ำ เช่นเดียวกับการสะสมทับถมของเศษวัสดุด้วย โดยให้บันทึกประเภท ขนาด ขอบเขต และตำแหน่ง ของสิ่งเหล่านี้และให้บันทึกระดับน้ำกับระดับอ้างอิง เช่น ที่ด้านล่างของโครงสร้างส่วนบน

3.3.1.6 ชิ้นส่วนต่าง ๆ ของสะพาน

ผู้ตรวจสอบสะพานจะต้องมีความคุ้นเคยกับคำจำกัดความต่างๆ ที่ใช้บรรยายการชำรุดเสียหายของสะพาน และคุ้นเคยกับการตรวจสอบสะพานที่มีวัสดุที่แตกต่างกัน

- การตรวจสอบคอนกรีต : ให้บันทึกข้อมูลของรอยแตกทุกรอยที่สามารถมองเห็นได้ โดยให้บันทึกถึงชนิดรอยแตก ขนาด ความยาว และตำแหน่งที่ตั้งของรอยแตกนั้นๆ รวมทั้งให้บันทึกถึงการเกิดเกล็ดสนิม (Rust) และการเกิดขี้เกลือ (Efflorescence) ด้วยเช่นกัน อาจมีการหลุดแซะของคอนกรีตที่ผิวของคอนกรีตทั่วๆ ไปได้ ดังนั้นควรจะต้องบันทึกพื้นที่ของการหลุดแซะ ตำแหน่ง ความลึก และลักษณะทั่วๆ ไปไว้ด้วย ให้ตรวจสภาพผิวของคอนกรีตว่ามีการเลื่อนหลุดหรือเป็นรูกลวงหรือไม่ ซึ่งอาจทำได้โดยการใช้ค้อน สำหรับการเลื่อนหลุด (Delamination) ของคอนกรีตนั้น จะต้องบันทึกข้อมูลอย่างครบถ้วน โดยใช้ภาพ Sketch เพื่อแสดงตำแหน่งและขนาดต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ส่วนการหลุดล่อนของคอนกรีต (Spalling) นั้น จะไม่เหมือนกับการเลื่อนหลุดเพราะสามารถมองเห็นการหลุดล่อนได้ทันที ควรจะต้องบันทึกการหลุดล่อนโดยใช้ภาพวาด (Sketches) ซึ่งต้องระบุความลึกของการหลุดล่อน ระบุว่ามีเหล็กเสริมโผล่ออกมาหรือไม่ รวมถึงให้ระบุว่าเหล็กเสริมนั้นมีการชำรุดหรือสูญเสียหน้าตัด (Section Loss) หรือไม่ ดังรูปที่ 3-16

รูปที่ 3-16 แสดงพื้นคอนกรีตที่รับความเสียหาย

- การตรวจสอบเหล็ก : เมื่อตรวจสอบโครงสร้างเหล็ก ให้ตรวจสอบว่า มีการเกิดสนิมมากน้อยแค่ไหนและรุนแรงเพียงใด และให้วัดปริมาณการสูญเสียหน้าตัดของเหล็กเสริม ให้บันทึกรอยแตกทุกรอย โดยให้วัดความยาว ขนาด และตำแหน่งของรอยแตก องค์ประกอบที่โค้งงอหรือชำรุดเสียหาย ต้องถูกบันทึกไว้ โดยให้ระบุประเภทของความเสียหาย และระยะการแอ่นตัว (Deflection) โดยให้ตรวจดูว่า มีการหลวมของหมุดย้ำและสลักเกลียวต่างๆ หรือไม่ ซึ่งจะทำได้โดยใช้ค้อนเคาะที่ด้านหนึ่งและใช้หัวแม่มือจับอีกด้านหนึ่งของสลักเกลียวหรือหมุดย้ำนั้น ถ้ามีการหลวม ก็ย่อมที่จะรู้สึกได้ว่ามีการเคลื่อนที่เกิดขึ้น หากมีการสูญหายของหมุดย้ำหรือสลักเกลียวให้ทำการบันทึกไว้ด้วยเช่นกัน ดังรูปที่ 3-17

รูปที่ 3-17 แสดงเหล็กที่ได้รับความเสียหาย

3.3.2 การรายงานผลการตรวจสอบสภาพ

3.3.2.1 แบบบันทึกการตรวจสอบ

หัวข้อสำคัญในการตรวจสอบสะพาน จะปรากฏในเอกสารที่แสดงข้อมูลโดยรวมของสะพาน (Structure Inventory & Appraisal Sheet) จะแบ่งออกเป็น 3 หมวดใหญ่ คือ

- หมวดข้อมูลทั่วไป (Inventory Items) ประกอบไปด้วย ลักษณะและคุณสมบัติโดยทั่วๆ ไปของสะพานอันเป็นลักษณะที่ถาวร ซึ่งจะเปลี่ยนไปก็ต่อเมื่อสะพานนั้นได้ถูกเปลี่ยนแปลงไป เช่น การสร้างเพิ่มขึ้นมาใหม่หรือการกำหนดขีดจำกัดของน้ำหนักบรรทุก ข้อมูลทั่วไปนี้ถูกจัดออกเป็นหมวดหมู่ ดังนี้
  - Identification ซึ่งจะบอกถึงข้อมูลของสะพาน โดยใส่รหัสของที่ตั้งและข้อมูลโดยย่อ
  - ประเภทโครงสร้างของสะพานและวัสดุที่ใช้เป็นโครงสร้างของสะพาน ข้อมูลนี้จะจำแนกโครงสร้างโดยใช้ข้อมูลของวัสดุ การออกแบบและการก่อสร้าง จำนวนของช่องสะพานและชนิดของพื้นผิวสะพาน
  - ขนาดและระยะต่างๆ ของโครงสร้างของสะพาน
  - ข้อมูล Navigation บ่งบอกถึงการควบคุมและการป้องกันตอม่อของสะพาน รวมทั้งการวัดระยะห่างของทางน้ำกับสะพาน
  - ประเภทการใช้งานของสะพานโดยรวม
  - อายุและลักษณะของน้ำหนักบรรทุกที่สะพานรองรับ รวมทั้งข้อมูลการจราจร
  - การให้คะแนนความสามารถในการรับน้ำหนัก และการรับน้ำหนักปัจจุบัน
  - คำแนะนำเพื่อการปรับปรุง จะช่วยในการตัดสินใจเพื่อบำรุงรักษาสะพาน ประมาณการค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงสะพานที่สมควรได้รับการปรับปรุง
  - ข้อมูลการสำรวจ ซึ่งประกอบไปด้วย วัน เดือน ปี ที่ทำการสำรวจ ความถี่ในการตรวจสอบและส่วนที่ต้องการตรวจสอบเป็นพิเศษ
- หมวดข้อมูลของชิ้นส่วนที่ได้รับการตรวจสอบสภาพ (Condition Rating Items) ข้อมูลนี้จะกล่าวถึงผลการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพและสภาวะที่ปรากฏของชิ้นส่วนสะพาน หรือส่วนประกอบต่างๆ ของสะพาน และได้รับการประเมินโดยเปรียบเทียบสภาพเมื่อสร้างเสร็จใหม่ๆ
- หมวดข้อมูลของสิ่งที่ได้รับการประเมินความสามารถการใช้งาน (Appraisal Rating Items) ได้แก่ สิ่งต่างๆ ดังนี้
  - การประมาณการคุณค่าของโครงสร้าง (Structural Evaluation)
  - ข้อมูลของส่วนพื้นสะพาน (Deck Geometry)

- ระยะห่างจากสิ่งอื่นๆ ทั้งแนวตั้งและแนวนอน
- ข้อมูลของลำน้ำ
- การจัดวางถนนช่วงใกล้สะพาน

3.3.2.2 การกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน

ผลการตรวจสอบของสะพานจะถูกแสดงโดยคะแนนที่ให้ในการตรวจสอบแต่ละชิ้นส่วนของสะพาน ซึ่งประกอบไปด้วยชิ้นส่วนโครงสร้าง เช่น พื้นสะพาน ตอม่อสะพาน และส่วนประกอบอื่นๆ ตามที่ต้องการจะตรวจสอบ หลักการให้คะแนนในการตรวจสอบแต่ละชิ้นส่วนของสะพานนั้น มีรายละเอียดดังแสดงไว้ในบทต่างๆ ในคู่มือเล่มนี้ โดยทั่วไปแล้วจะมีการจัดกลุ่มตามลักษณะสภาพของสะพาน โดยใช้คะแนนที่ได้จากการสำรวจ

การประเมินสภาพของสะพาน สามารถทำได้โดยการ ประเมินผลลักษณะทางกายภาพของสภาพที่ปรากฏ เปรียบเทียบกับสภาพที่สร้างเสร็จใหม่ๆ โดยการใช้คำอธิบาย (Descriptive Rating) กับชิ้นส่วนต่างๆ ของโครงสร้าง หลังจากนั้นก็แปรความหมายให้เป็นการให้คะแนนเป็นตัวเลข (Numerical Condition Rating) และเมื่อได้คะแนนการประเมินสภาพชิ้นส่วนโครงสร้างเรียบร้อยแล้ว ลักษณะสภาพของชิ้นส่วนหลักนั้นๆ ของสะพานก็จะถูกประเมินสภาพโดยรวมอีกครั้งหนึ่ง (Overall Condition Rating) และให้ผลออกมาเป็นตัวเลขดังกล่าวไว้เบื้องต้นโดยเลือกคะแนนที่มีค่าน้อยที่สุดเป็นตัวระบุสภาพโดยรวมของชิ้นส่วนหลักของสะพาน

3.3.2.3 การรวบรวมข้อมูล และการบันทึก

การเก็บรวบรวมข้อมูลและการบันทึกนี้ มีความสำคัญมากโดยเฉพาะเมื่อมีการตรวจสอบสะพานขนาดใหญ่ และมีจำนวนมาก การเก็บบันทึกของการตรวจสอบควรมีกฎเกณฑ์และรูปแบบที่ได้มาตรฐาน เพราะจะช่วยให้ง่ายต่อการศึกษาข้อมูล การวางแผน และการทำความเข้าใจกับสภาพของสะพาน การเก็บบันทึกและรวบรวมข้อมูลการตรวจสอบสะพาน นอกจากนั้นแล้ว รายงานผลการสำรวจตรวจสอบนี้จะเป็นสิ่งที่กำหนดพื้นฐานของการกำหนดจำนวนแรงงาน อุปกรณ์ ปริมาณวัสดุ และค่าใช้จ่ายที่จำเป็นต้องใช้ในการบำรุงรักษาความสมบูรณ์ของโครงสร้างสะพาน การตรวจสอบสะพานนี้จะยังไม่เสร็จสิ้นจนกว่ารายงานผลการตรวจสอบจะได้ถูกจัดทำขึ้น รายงานการตรวจสอบที่สมบูรณ์จะประกอบด้วยหลายๆ ส่วน ดังนี้

- บทนำ จะเป็นการบรรยายสรุปลักษณะทั่วไปของสะพาน ระบุรายชื่อ หมายเลข และตำแหน่งของสะพาน วันที่ทำการตรวจสอบ
- ข้อมูลจำเพาะและประวัติของสะพาน จะบอกข้อมูลเกี่ยวกับสะพานในส่วนของการออกแบบ การก่อสร้าง และการใช้งานของสะพานโดยทั่วไป และจะมีการระบุชนิดของโครงสร้างส่วนบนของสะพาน
- ลำดับขั้นตอนการตรวจสอบสะพาน โดยส่วนใหญ่แล้วจะเป็นการดี ถ้าสามารถจัดลำดับก่อนหลังของการตรวจสอบสะพานได้ ตามลักษณะของการถ่ายเทน้ำหนัก

- ผลของการตรวจสอบ ควรจะมีการบรรยายสภาพของสะพานอย่างชัดเจนและเป็นไปตามลำดับของการตรวจสอบสะพาน จะต้องมีการบันทึกระดับความรุนแรงของการเสื่อมสภาพใดๆ ไว้โดยละเอียด ในกรณีฉุกเฉิน ผู้ทำการตรวจสอบควรจะทำการติดต่อผู้ให้คำปรึกษาในการตรวจสอบ (Inspection Supervisor) และตัวแทนของเจ้าของสะพานโดยทันที
- บทสรุป ในการเขียนสรุปผู้ทำการตรวจสอบ จะต้องรายงานผลความรุนแรงของการชำรุดหรือการเสื่อมสภาพที่เกี่ยวข้อง ผู้ทำการตรวจสอบจะต้องสวมบทบาทของนักสืบเพื่อสรุปว่า ทำไม อย่างไร และเมื่อไรที่รอยชำรุดได้เกิดขึ้นจริงๆ
- การให้คำแนะนำ คำแนะนำที่ให้โดยผู้ทำการตรวจสอบนั้นจะเป็นจุดสำคัญของกระบวนการของการตรวจสอบ การบันทึก และการรายงาน เอกสารของการตรวจสอบนี้มีความจำเป็นสำหรับการให้คำแนะนำที่เข้าใจได้และสามารถนำไปปฏิบัติได้ เพื่อการแก้ไขการชำรุดเสียหายได้อย่างถูกต้อง โดยคำแนะนำสำหรับการซ่อมแซม อาจจะแบ่งออกเป็นได้ 2 ประเภท คือ
  - การซ่อมแซมเร่งด่วน
  - การซ่อมแซมตามระยะเวลา (คือจำพวกที่สามารถทำในภายหลังได้)
- ภาคผนวก ควรจะได้มีการรวมข้อมูลสำรองไว้เพื่อนำไปใช้เป็นหลักฐานประกอบการตัดสินใจและการให้คำแนะนำของผู้ทำการตรวจสอบ อย่างน้อยที่สุดภาคผนวกควรจะมีรูปถ่าย รูปเขียนแบบร่างต่างๆ และ แบบฟอร์มการสำรวจสะพาน นอกจากนี้ยังสามารถรวมสมุดบันทึกสนามและรายงานพิเศษด้านต่างๆ เช่น น้ำใต้ดิน การทดสอบแบบไม่ทำลาย (NDT) และข้อมูลการสำรวจ

3.4 การกำหนดรหัสของส่วนประกอบที่ทำการตรวจสอบ

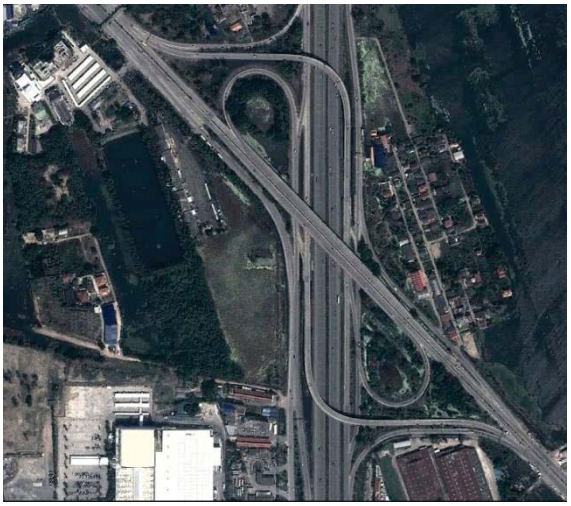
สะพานจะถูกแบ่งออกเป็นส่วนต่างๆที่เล็กลง เพื่อความสะดวกในการอ้างอิงตำแหน่งต่างๆในสะพาน เช่น การอ้างถึงตำแหน่งชิ้นส่วน หรือตำแหน่งความเสียหายในสะพาน เป็นต้น

3.4.1 การแบ่งส่วนสะพาน

3.4.1.1 สะพาน ประกอบไปด้วย

- 1 สะพานย่อย (สะพานเดี่ยว)คือ สะพานที่มีโครงสร้างเดียว เป็นอิสระจากสะพานอื่นๆ เช่น สะพานข้ามแม่น้ำ สะพานข้ามคลอง สะพานกลับรถ สะพานข้ามแยก ดังรูปที่ 3-18
- n สะพานย่อย (สะพานเชื่อมโยง) คือ สะพานที่ประกอบด้วยอย่างน้อย 2 สะพานย่อย เชื่อมต่อกันเป็นระบบสะพาน เช่น สะพานทางแยกต่างระดับ หรือ ทางด่วน ดังรูปที่ 3-19

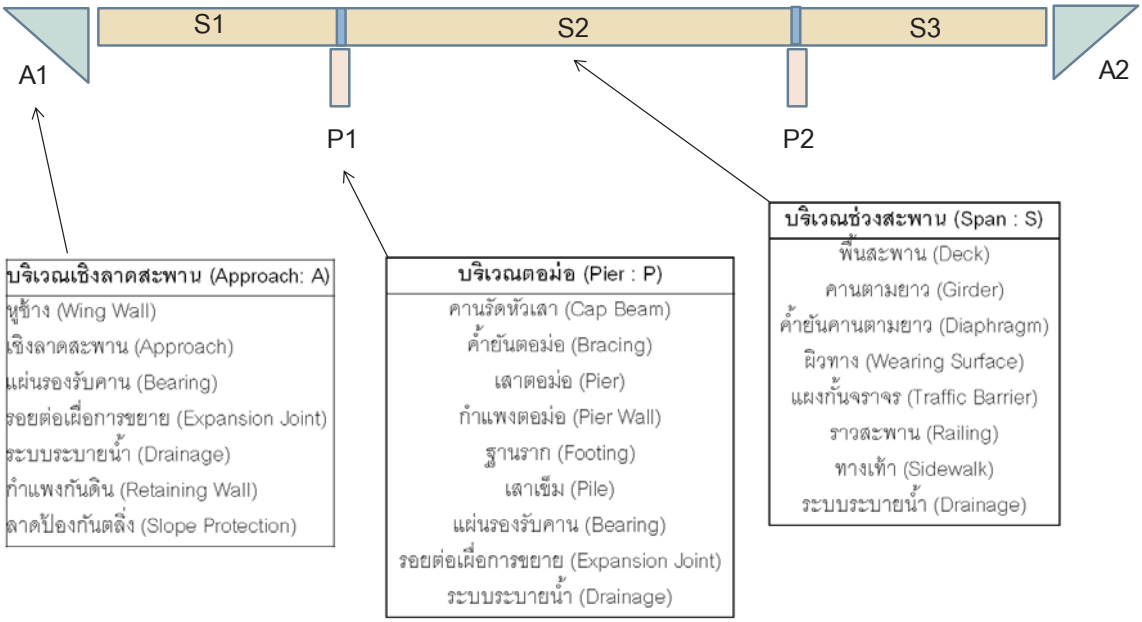
รูปที่ 3-18 สะพานเดี่ยว



รูปที่ 3-19 สะพานเชื่อมโยง

3.4.1.2 สะพานย่อย ประกอบไปด้วยบริเวณต่าง ๆที่เรียงต่อ ๆกัน

- บริเวณเชิงลาดสะพาน (Approach, A)
- บริเวณช่วงสะพาน (Span, S)
- บริเวณตอม่อ (Pier, P)



รูปที่ 3-20 ตัวอย่างการแบ่งชิ้นส่วนสะพานประเภทต่างๆ บริเวณ A,P,S

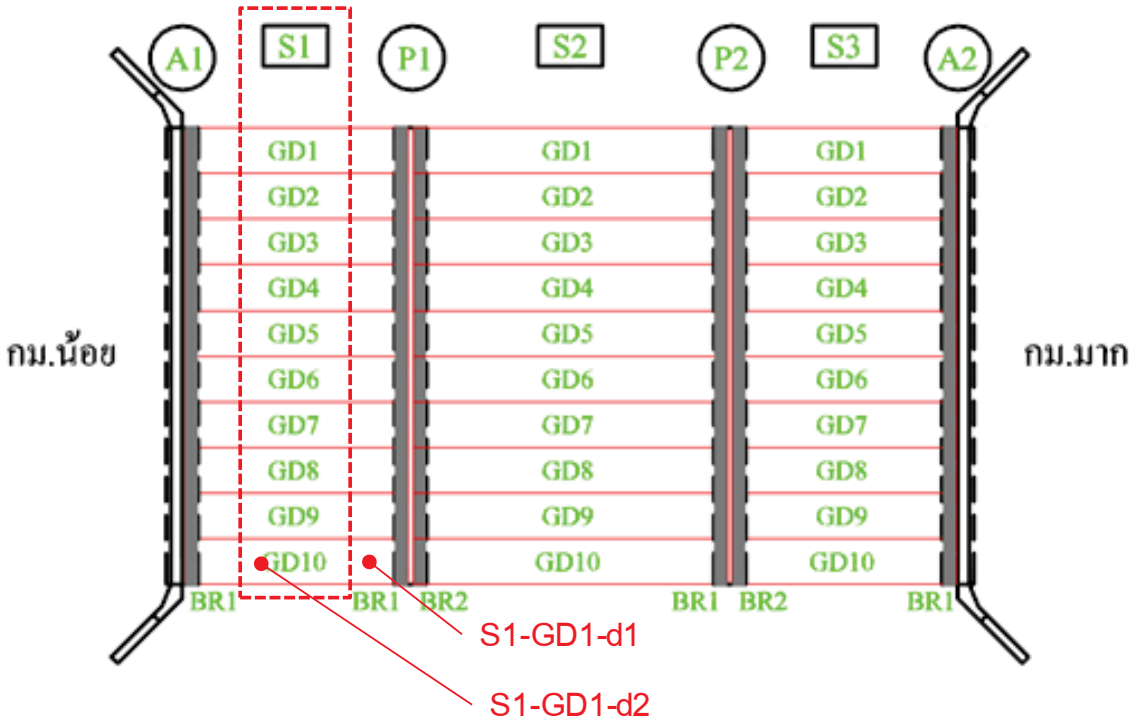
ชิ้นส่วนประเภทต่างๆ ถูกกำหนดให้อยู่ในบริเวณต่างๆดังแสดงไว้ในรูปที่ 3-20 เช่น พื้นสะพาน (DK) คานตามยาว (GD) ค้ำยันคานตามยาว (DP) ถูกระบุว่าต้องอยู่ในบริเวณช่วงสะพาน (S) เท่านั้น โดยสัญลักษณ์ของชิ้นส่วนประเภทต่างๆได้กำหนดไว้ในตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 แสดงตัวอย่างการกำหนดชื่อชิ้นส่วน / สัญลักษณ์ตัวย่อ

กลุ่มชิ้นส่วนโครงสร้าง	ชื่อชิ้นส่วน	รหัสชิ้นส่วน	บริเวณ
โครงสร้างส่วนบน	พื้นสะพาน (Deck)	DK	S
	คานตามยาว (Girder)	GD	S
	ค้ำยันคานตามยาว (Diaphragm)	DP	S
โครงสร้างส่วนล่าง	คานรัดหัวเสา (Cap Beam)	CB	P
	ค้ำยันตอม่อ (Bracing)	BC	P
	เสาตอม่อ (Pier)	PR	P
	กำแพงตอม่อ (Pier Wall)	PW	P
	ฐานราก (Footing)	FT	P
	เสาเข็ม (Pile)	PL	P
ส่วนประกอบรอง	หูช้าง (Wing Wall)	WW	A
	เชิงลาดสะพาน (Approach)	AP	A
	แผ่นรองรับคาน (Bearing)	BR	A หรือ P
	รอยต่อเผื่อการขยาย (Expansion Joint)	EJ	A หรือ P
	ผิวทาง (Wearing Surface)	WS	S
	แผงกั้นจราจร (Traffic Barrier)	TB	S
	ราวสะพาน (Railing)	RL	S
	ทางเท้า (Sidewalk)	SW	S
	ระบบระบายน้ำ (Drainage)	DN	A หรือ P หรือ S
	กำแพงกันดิน (Retaining Wall)	RW	A
	ลาดป้องกันตลิ่ง (Slope Protection)	SP	A

ชิ้นส่วนสะพาน ในแต่ละบริเวณ ชิ้นส่วนประเภทหนึ่งๆ อาจมีมากกว่าหนึ่งชิ้น เช่น บริเวณช่วงสะพานที่ 1 (S1) มีคานตามยาว (Girder, GD) 10 ตัว (GD1 – GD10)

ความเสียหายอาจมีมากกว่า 1 จุด ในแต่ละชิ้นส่วนสะพาน เช่น คานตามยาวตัวที่ 10 ในช่วงสะพานที่ 1 มีความเสียหาย 2 จุด คือ S1-GD1-d1 และ S1-GD1-d2 ดังรูปที่ 3-21

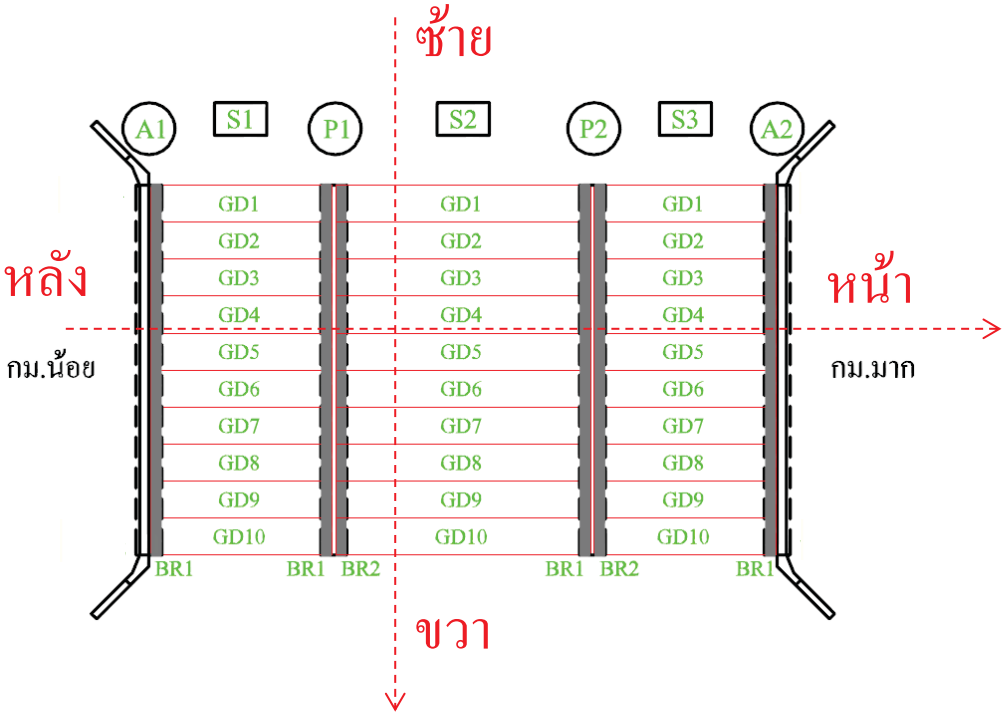


รูปที่ 3-21 ตัวอย่างการกำหนดสัญลักษณ์ของโครงสร้าง

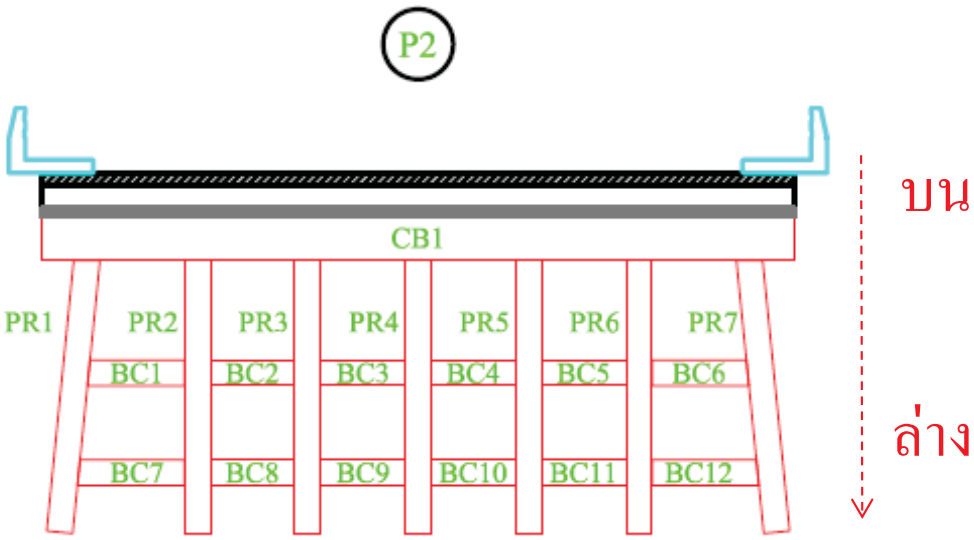
3.4.2 การเรียงลำดับชิ้นส่วน กำหนดทิศทางต่างๆ ดังนี้

- “ซ้าย” คือ ซ้ายทาง
- “ขวา” คือ ขวาทาง
- “หน้า” คือ ฝั่งกม.มาก
- “หลัง” คือ ฝั่งกม.น้อย
- “ซ้ายไปขวาแล้วหลังไปหน้า” หมายความว่า ให้เรียงชิ้นส่วนตัวที่ 1 ถึง n จากซ้ายไปขวาในแถวหลังสุดก่อน จากนั้นจึงค่อยเรียงชิ้นส่วนจากซ้ายไปขวาในแถวที่สอง และทำไปเรื่อยๆจนถึงแถวหน้าสุด ดังรูปที่ 3-22
- “บน” คือ โครงสร้างด้านบนสะพาน ดังรูปที่ 3-22

➢ “ล่าง” คือ โครงสร้างด้านล่างสะพาน ดังรูปที่ 3-23



รูปที่ 3-22 ตัวอย่างการเรียงลำดับชิ้นส่วนจากซ้ายไปขวาแล้วหลังไปหน้า



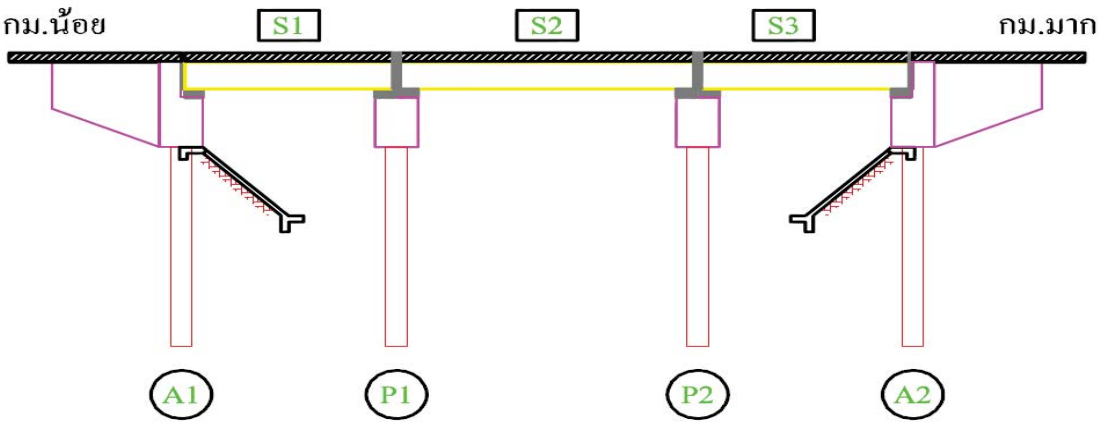
รูปที่ 3-23 ตัวอย่างการเรียงลำดับชิ้นส่วนจากบนไปล่าง

3.4.3 แบบรายการชิ้นส่วน

เพื่อเก็บข้อมูลชิ้นส่วนและตำแหน่งของสะพานในมุมมองด้านต่างๆ ดังรูปที่ 3-24 ถึงรูปที่ 3-28

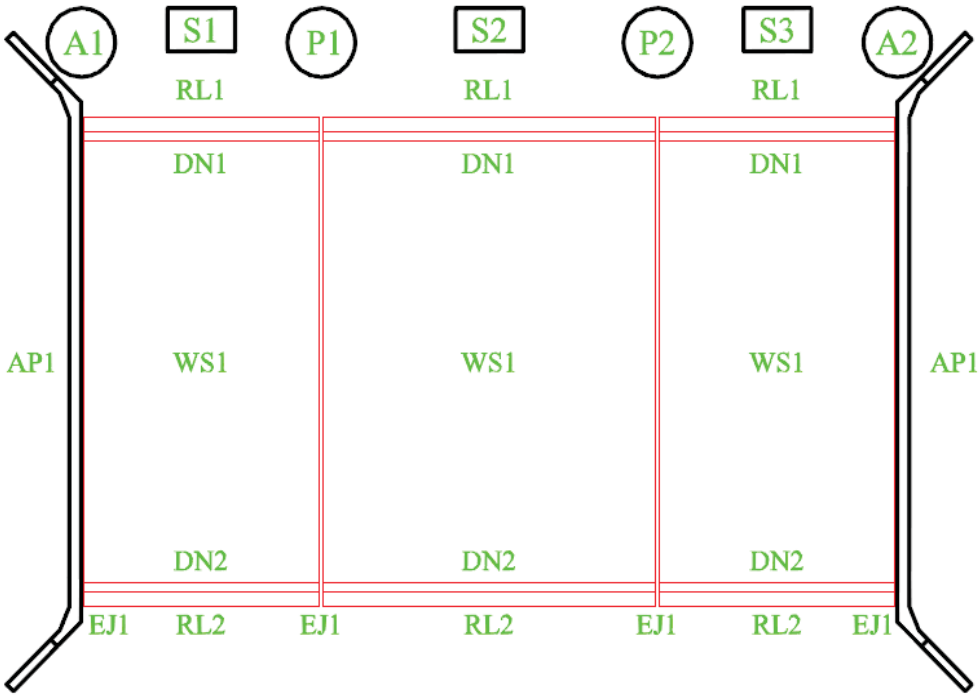
3.4.3.1 แบบสะพานด้านข้าง (Profile View)

เพื่อใช้แสดงการแบ่งบริเวณต่างๆในสะพาน (Approach, Span, Pier)



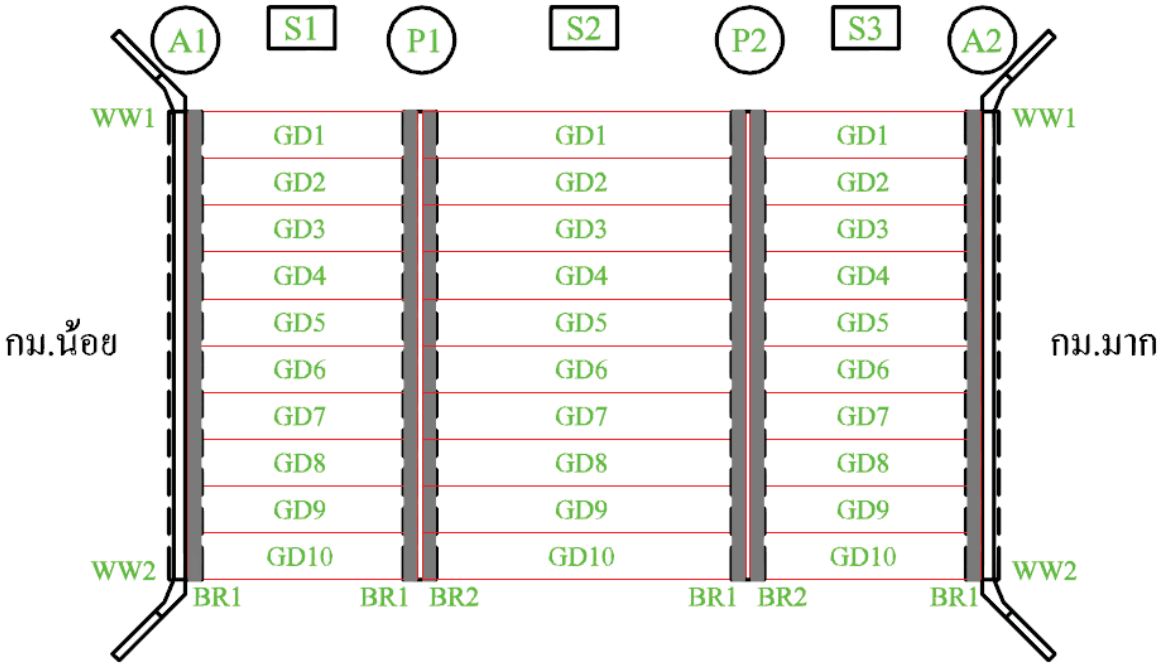
รูปที่ 3-24 ตัวอย่างแบบสะพานด้านข้าง

3.4.3.2 แบบสะพานด้านบนที่มองจากด้านบน (Upper Part - Top View)



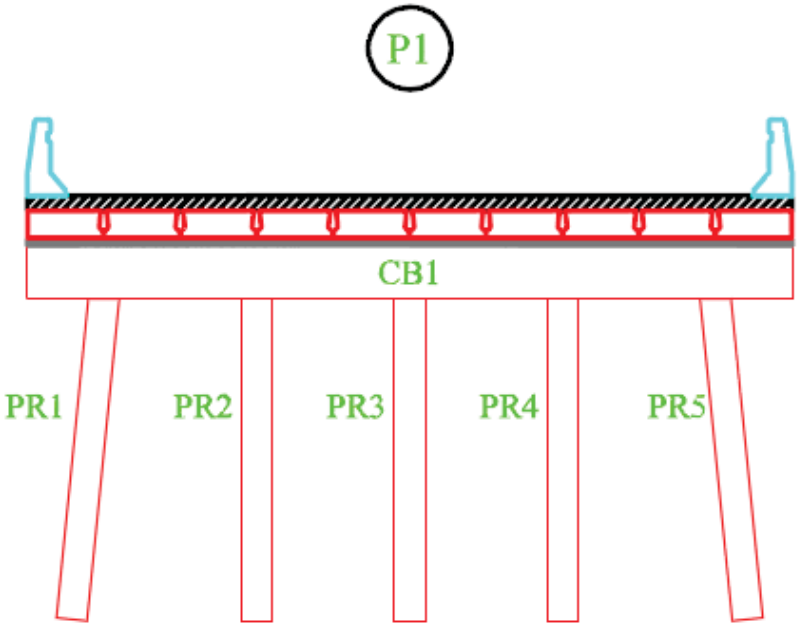
รูปที่ 3-25 ตัวอย่างแบบสะพานด้านบนที่มองจากด้านบน

3.4.3.3 แบบสะพานด้านบนที่มองจากข้างล่าง (Upper Part - Bottom View)



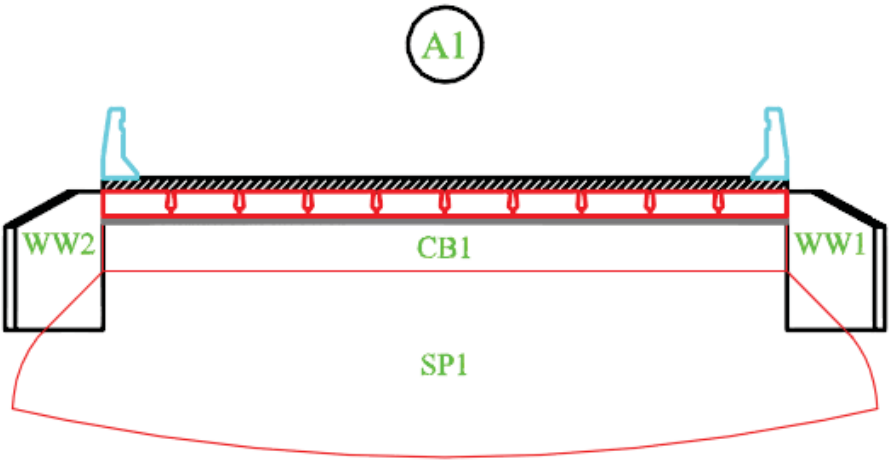
รูปที่ 3-26 ตัวอย่างแบบสะพานด้านบนที่มองจากข้างล่าง

3.4.3.4 แบบสะพานด้านล่าง (Lower Part View) สำหรับตอม่อ (P)



รูปที่ 3-27 ตัวอย่างแบบสะพานด้านล่างสำหรับตอม่อ

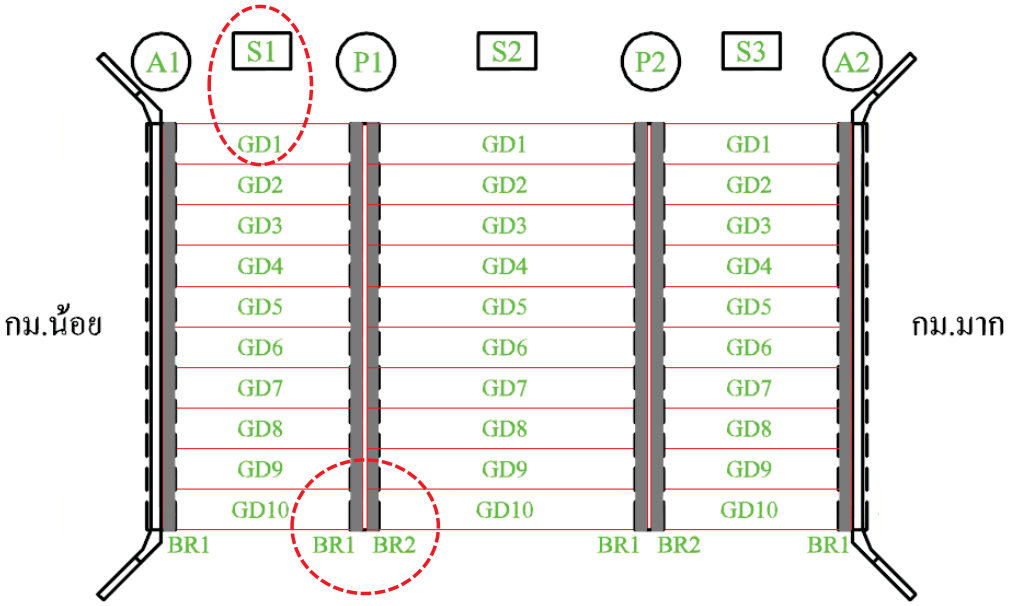
3.4.3.5 แบบสะพานด้านล่าง (Lower Part View) สำหรับตอม่อริมตลิ่ง (A)



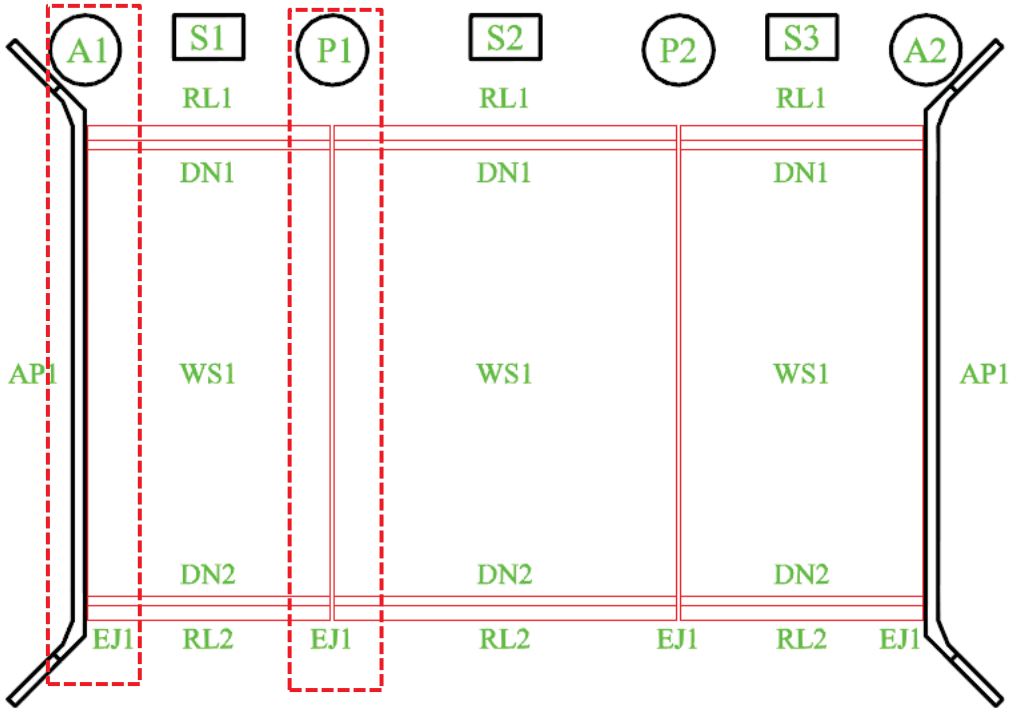
รูปที่ 3-28 ตัวอย่างแบบสะพานด้านล่าง สำหรับตอม่อริมตลิ่ง

การแยกชิ้นส่วน เช่น ถ้า GD1 อยู่ใกล้ที่ S1 และ P1 จะต้องจำแนกให้ GD1 เป็นของ S1 เนื่องจากคานตามยาว (GD) จะต้องอยู่ในช่วง Span และถ้า BR1 & BR2 อยู่ใกล้ที่ S1 และ P1 จะต้องจำแนกให้ BR1 & BR2 เป็นของ P1 เนื่องจากแผ่นรองรับคาน (BR) จะอยู่ในช่วง Pier ดังรูปที่ 3-29

ชิ้นส่วนบางประเภทอาจปรากฏอยู่ได้มากกว่า 1 บริเวณ เช่น รอยต่อเผื่อขยายอาจอยู่ที่บริเวณเชิงลาดสะพาน เช่น A1-EJ1 หรือ บริเวณตอม่อ เช่น P1-EJ1 ก็ได้ โดยรอยต่อเผื่อขยาย A1-EJ1 และ P1-EJ1 เป็นคนละอันกันเพราะอยู่คนละตำแหน่ง ดังรูปที่ 3-30



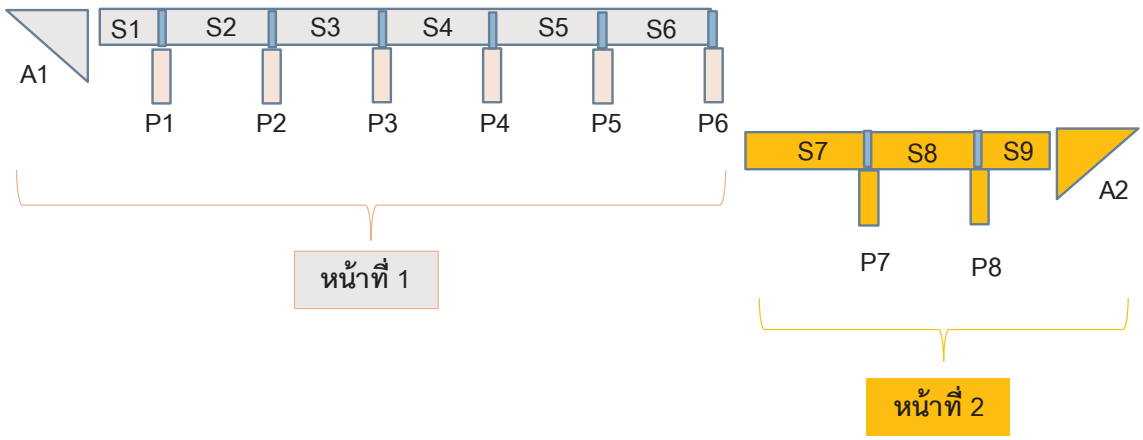
รูปที่ 3-29 ตัวอย่างการจำแนกชิ้นส่วนโครงสร้างหลัก



รูปที่ 3-30 ตัวอย่างการจำแนกของส่วนประกอบรอง

3.4.4 สะพานมีความยาวหลายช่วงสะพาน

ในกรณีสะพานมีความยาวหลายช่วงสะพาน ไม่สามารถเขียนแบบชิ้นส่วนทั้งหมดได้ภายใน 1 หน้ากระดาษ A3 ให้แบ่งการเขียนออกเป็นหลายหน้าได้ แต่ห้ามมีรหัสชิ้นส่วนสำหรับชิ้นส่วนเดียวกันซ้ำกัน 2 ที่ ให้เลือกเขียนไว้ที่หน้าใดหน้าหนึ่งเท่านั้น ดังรูปที่ 3-31



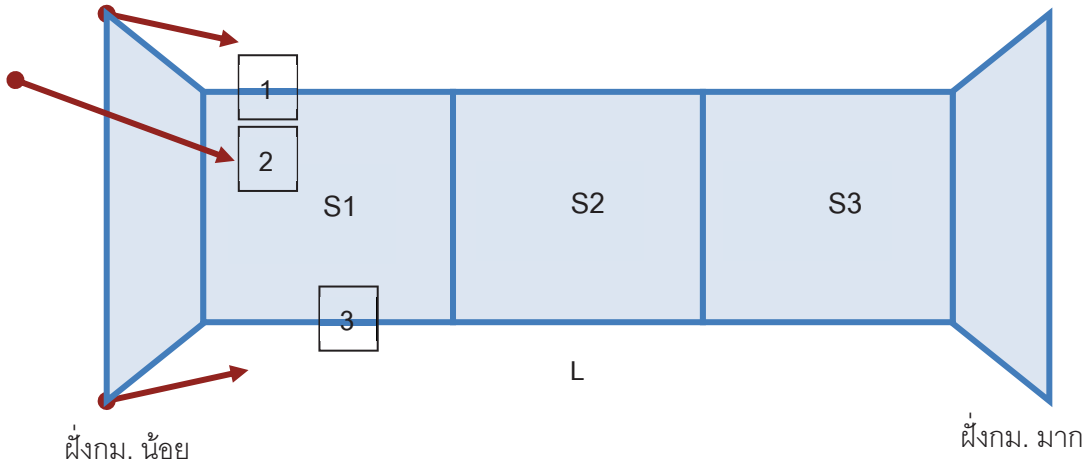
รูปที่ 3-31 ตัวอย่างการแบ่งหน้ากระดาษกรณีสะพานมีความยาวหลายช่วง

3.5 การสำรวจสะพาน

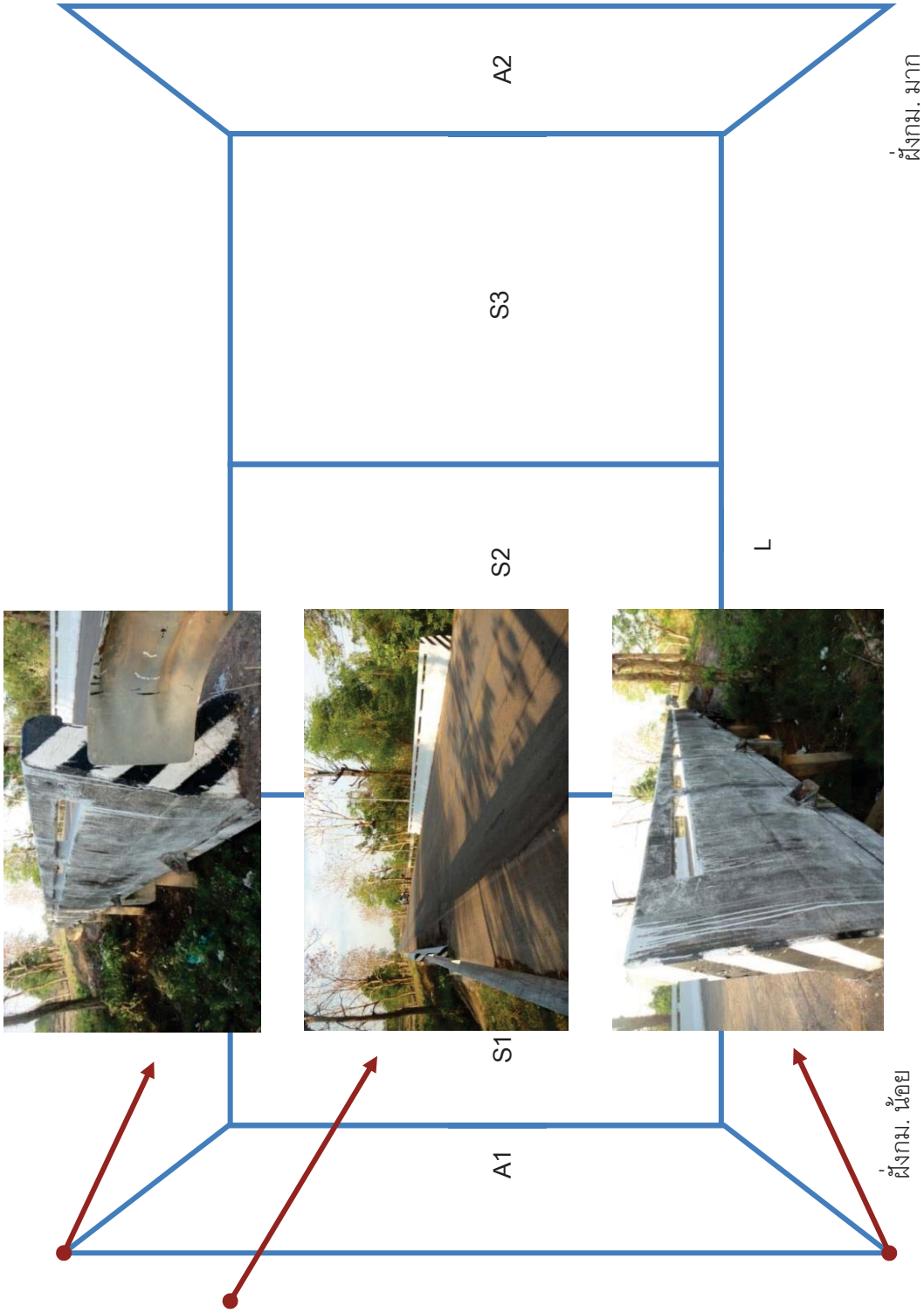
3.5.1 การสำรวจปกติ (Routine Inspection)

การตรวจสอบปกติเป็นการตรวจสอบสะพานอย่างหยาบ โดยไม่จำเป็นต้องใช้บุคลากรที่มีทักษะด้านสะพานสูงมากนัก แต่ควรตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอ เพื่อเฝ้าระวังความเสียหายที่อาจก่อให้เกิดอันตรายได้ โดยแนะนำให้ทำทุกปี สำหรับสะพานที่มีระดับสภาพการใช้งานโดยรวมตั้งแต่พอใช้ลงมา (Overall Condition Rating, OCR $\leq$ 3) และทุกๆ 2 ปี สำหรับสะพานตั้งแต่สภาพดีพอใช้ขึ้นไป (OCR $\geq$ 4) โดยการสำรวจแต่ละครั้ง กำหนดให้ผู้ตรวจสอบกระทำหน้าที่ ดังนี้

- ถ่ายภาพสะพานโดยรวมจำนวน 3 รูป ได้แก่ รูปสะพานด้านซ้าย รูปสะพานด้านขวา และรูปสะพานด้านหน้า วิธีการถ่ายภาพดังแสดงในรูปที่ 3-32 และตัวอย่างภาพถ่ายดังแสดงในรูปที่ 3-33



รูปที่ 3-32 การถ่ายภาพสะพานโดยรวม



รูปที่ 3-33 ตัวอย่างภาพถ่ายของสะพานโดยรวม

- ประเมินสภาพการใช้งานของสะพานตามกลุ่มโครงสร้าง จากชิ้นส่วนที่สามารถมองเห็นได้เมื่อยืนอยู่ข้างสะพาน
  - สภาพการใช้งานโครงสร้างส่วนบน
  - สภาพการใช้งานโครงสร้างส่วนล่าง
  - สภาพการใช้งานส่วนประกอบรอง
- พิจาณาว่าจำเป็นต้องขอการตรวจสอบเพิ่มเติมหรือไม่
  - ขอการตรวจสอบหลัก กรณีพบว่าสะพานมีความเสียหายค่อนข้างมาก สมควรที่จะสำรวจอย่างละเอียดเพื่อนำไปจัดทำแผนซ่อมสะพาน
  - ขอการตรวจสอบพิเศษ กรณีพบว่าสะพานมีความเสียหายที่จำเป็นต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญเข้ามาตรวจสอบเป็นกรณีพิเศษ เช่น เสาตอม่อเอียง เสาตอม่อเคลื่อนตัวมากเกินไป หรือกรณีเป็นฉุกเฉิน เช่น เกิดอุบัติเหตุทำให้สะพานบางส่วนพังหรือเสียหายอย่างรุนแรง
- อาจเพิ่มเติมการเก็บข้อมูลความเสียหายทั่วไปที่เป็นประโยชน์ต่องานซ่อมบำรุงปกติของงานทาง เช่น ความเสียหายที่ ราวสะพาน ทางเท้า ระบบระบายน้ำ ผิวทาง แผงกั้นจราจร ต้นไม้และวัชพืช บริเวณหูช้างและลาดป้องกันตลิ่ง เป็นต้น
- แนบไฟล์อื่นๆที่เกี่ยวข้อง (ในกรณีที่มี) เช่น ภาพถ่ายสภาพสะพานอันเนื่องมาจากอุบัติเหตุ ซึ่งอาจใช้ประกอบหมายเหตุคำร้องในการขอตรวจสอบพิเศษ

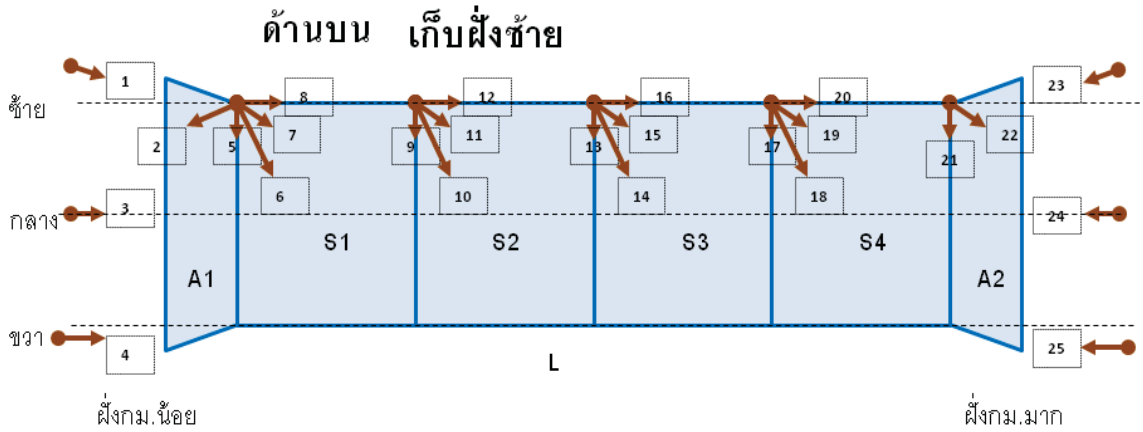
3.5.2 **การสำรวจหลัก** (Principal Inspection)

การตรวจสอบหลักเป็นการตรวจสอบสะพานอย่างละเอียดโดยใช้วิศวกรที่มีทักษะและประสบการณ์สูงขึ้น ควรทำการตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอในวงรอบที่ยาวกว่าการตรวจสอบปกติ โดยแนะนำให้ทำทุกๆ 4 ปี สำหรับสะพานที่มีระดับสภาพการใช้งานโดยรวมตั้งแต่พอใช้ลงมา(OCR $\leq$ 3) และทุกๆ 6 ปี สำหรับสะพานตั้งแต่สภาพดีพอใช้ขึ้นไป (OCR $\geq$ 4) โดยการสำรวจแต่ละครั้ง กำหนดให้ผู้ตรวจสอบกระทำหน้าที่ ดังนี้

- ถ่ายภาพชิ้นส่วนสะพานในแต่ละบริเวณ เพื่อเก็บไว้เป็นประวัติสภาพการใช้งานเมื่อสะพานมีอายุต่างๆกัน และอาจนำไปใช้ประกอบการประเมินสภาพการใช้งาน โดยวิธีการถ่ายภาพของระบบการบริหารงานบำรุงรักษาสะพาน(BMMS)ได้พัฒนาวิธีการถ่ายภาพจากสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง โดยวิธีการถ่ายภาพจะแบ่งออกเป็นสองส่วน คือการถ่ายภาพด้านบน ซึ่งด้านบนจะแบ่งออกเป็นการถ่ายภาพฝั่งซ้ายของสะพาน หรือการถ่ายภาพฝั่งขวาของสะพาน และการถ่ายภาพด้านล่าง โดยวิธีการถ่ายภาพจะแสดงดังนี้

- การถ่ายภาพด้านบนทางฝั่งซ้ายของสะพาน

การถ่ายภาพด้านบนทางฝั่งซ้ายของสะพานเป็นการถ่ายภาพเพื่อเก็บชิ้นส่วนของสะพาน การถ่ายภาพนี้จะใช้กับสะพานที่เป็นสะพานที่มีการจราจรแบบสองทิศทาง หรือ สะพานที่เป็นสะพานแบบ LT(สะพานคู่ขนานด้านซ้าย) โดยคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ถ่ายภาพเป็นหลัก เพื่อป้องกันอุบัติเหตุขณะทำการถ่ายภาพโดยการถ่ายจะเริ่มจาก กม.น้อยของสะพาน ไปยัง กม.มากของสะพาน วิธีการถ่ายภาพดังแสดงในรูปที่ 3-34 โดยรายละเอียดชิ้นส่วนที่ได้จากการถ่ายภาพดังแสดงในตารางที่ 3-3 และตัวอย่างภาพถ่ายดังแสดงในรูปที่ 3-36

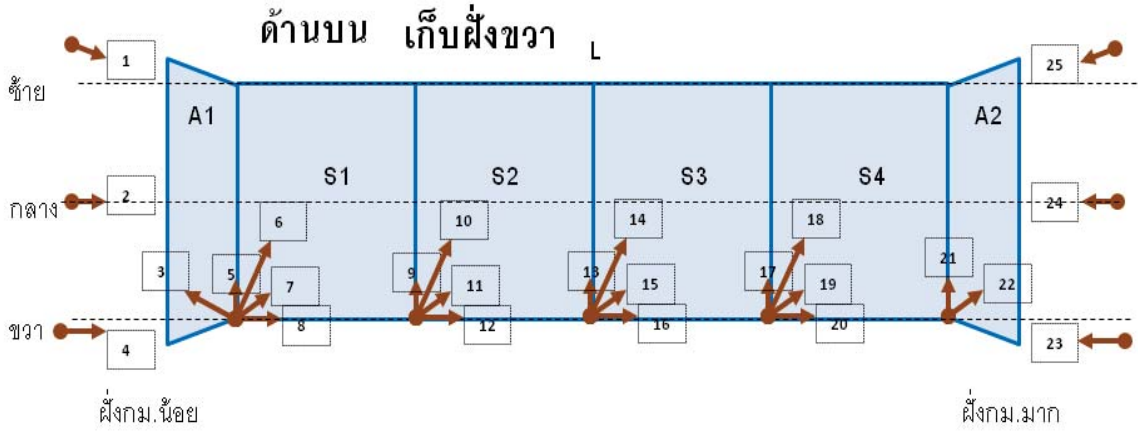


รูปที่ 3-34 การถ่ายภาพด้านบนทางฝั่งซ้ายของสะพาน

ตารางที่ 3-3 ความสัมพันธ์ระหว่างภาพและชิ้นส่วนในการการถ่ายภาพด้านบนฝั่งซ้าย

ด้านบนฝั่งซ้าย	รูปที่
ราวสะพานด้านนอกซ้าย	1,23
เชิงลาด	2,22
ภาพรวมสะพาน	3,24
ราวสะพานด้านนอกขวา	4,25
รอยต่อเผื่อการขยายตัว	5,9,13,17,21
ราวสะพาน+ทางเท้า+ช่องระบายน้ำ(ด้านไกล)	6,10,14,18
ผิวทาง+แผงกันแบ่งแนวจราจร	7,11,15,19
ราวสะพาน+ทางเท้า+ช่องระบายน้ำ(ด้านใกล้)	8,12,16,20

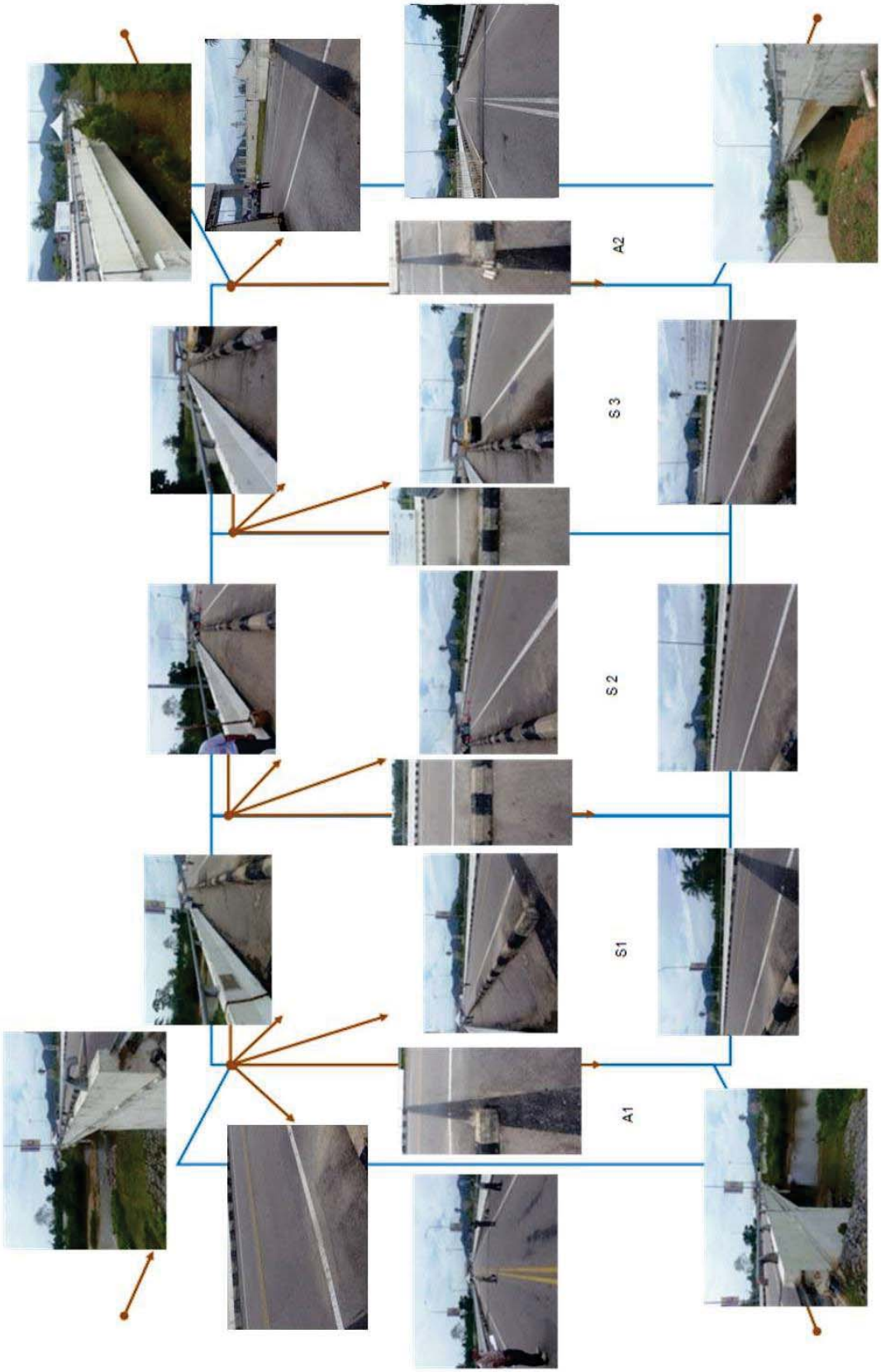
- การถ่ายภาพด้านบนทางฝั่งขวาของสะพานเป็นการถ่ายภาพเพื่อเก็บชิ้นส่วนของสะพาน การถ่ายภาพนี้จะใช้กับสะพานที่เป็นสะพานแบบ RT(สะพานคู่ขนานด้านขวา) เพื่อความสะดวกและปลอดภัยของผู้ใช้ทาง วิธีการถ่ายภาพจะเหมือนกับการถ่ายภาพทางฝั่งซ้ายทาง แต่เปลี่ยนด้านในการถ่ายภาพ วิธีการถ่ายภาพดังแสดงในรูปที่ 3-35 โดยรายละเอียดชิ้นส่วนที่ได้จากการถ่ายภาพดังแสดงในตารางที่ 3-4 และตัวอย่างภาพถ่ายดังแสดงในรูปที่ 3-36



รูปที่ 3-35 การถ่ายภาพด้านบนทางฝั่งขวาของสะพาน

ตารางที่ 3-4 ความสัมพันธ์ระหว่างภาพและชิ้นส่วนในการการถ่ายภาพด้านบนฝั่งขวา

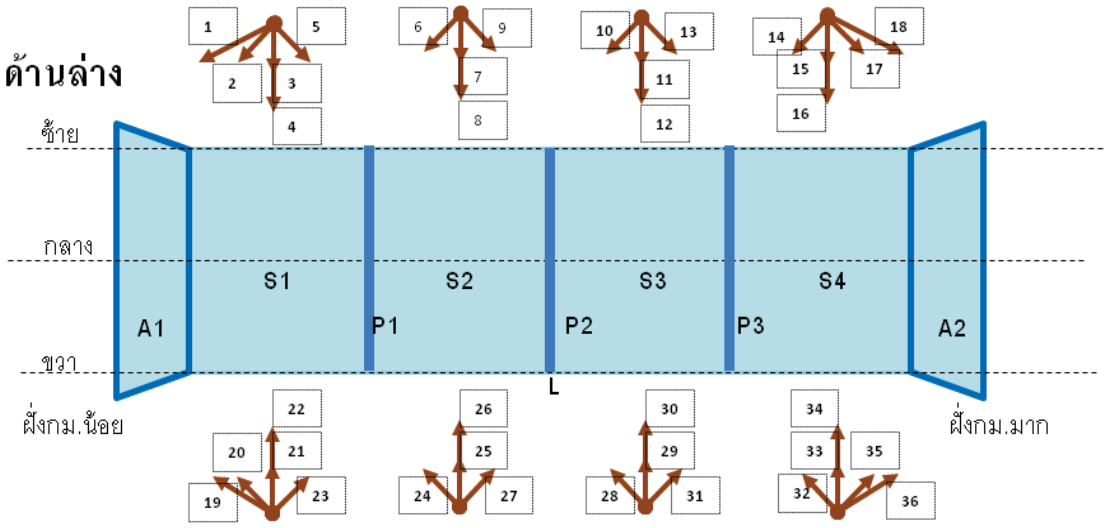
ด้านบนฝั่งขวา	รูปที่
ราวสะพานด้านนอกซ้าย	1,25
เชิงลาด	3,22
ภาพรวมสะพาน	2,24
ราวสะพานด้านนอกขวา	4,23
รอยต่อเผื่อการขยายตัว	5,9,13,17,21
ราวสะพาน+ทางเท้า+ช่องระบายน้ำ(ด้านไกล)	6,10,14,18
ผิวทาง+แผงกันแบ่งแนวจราจร	7,11,15,19
ราวสะพาน+ทางเท้า+ช่องระบายน้ำ(ด้านใกล้)	8,12,16,20



รูปที่ 3-36 ตัวอย่างภาพถ่ายด้านบนของสะพาน

- การถ่ายภาพด้านล่าง

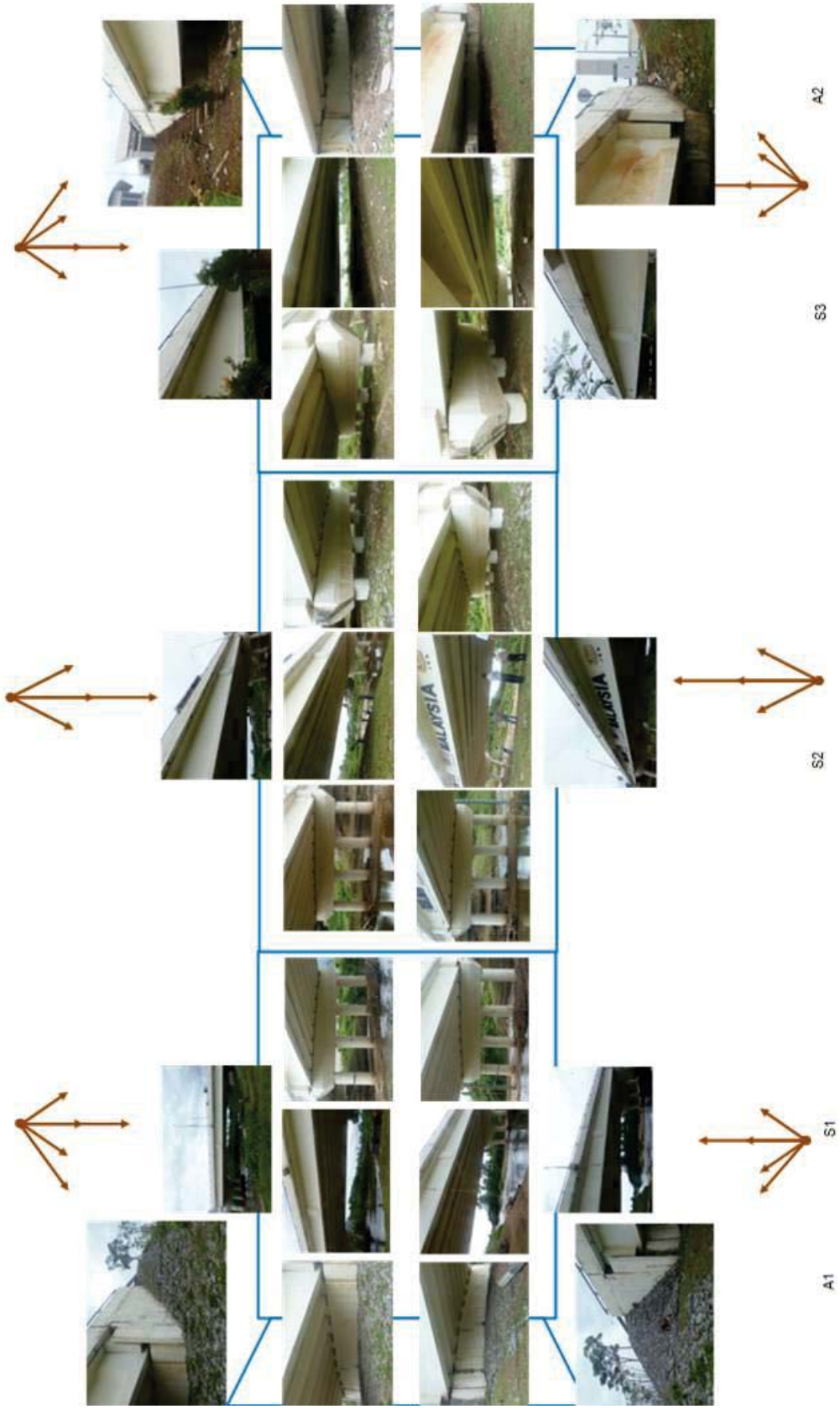
การถ่ายภาพด้านล่างจะเก็บภาพชิ้นส่วนของสะพานโดยการถ่ายภาพจะถ่ายทั้งด้านซ้ายและด้านขวาเพื่อให้ได้ภาพของชิ้นส่วนที่ในแต่ละมุมเพื่อนำมาประกอบการประเมิน โดยการถ่ายจะเริ่มจาก กม.น้อยของสะพาน ไปยัง กม.มากของสะพาน วิธีการถ่ายภาพดังแสดงในรูปที่ 3-37 โดยรายละเอียดชิ้นส่วนที่ได้จากการถ่ายภาพดังแสดงในตารางที่ 3-5 และตัวอย่างภาพถ่ายดังแสดงในรูปที่ 3-38



รูปที่ 3-37 การถ่ายภาพด้านล่างของสะพาน

ตารางที่ 3-5 ความสัมพันธ์ระหว่างภาพและชิ้นส่วนในการการถ่ายภาพด้านล่าง

ด้านล่าง	ฝั่งซ้าย	ฝั่งขวา
หูช้าง	1,18	19,36
Bearing,คานรัดหัวเสา,ลาดป้องกันตลิ่ง,กำแพงกันดิน,เสาตอม่อ	2,17	20,35
ราวสะพานด้านนอก	3,7,11,15	21,25,29,33
Deck,Girder,Diaphragm	4,8,12,16	22,26,30,34
Bearing,คานรัดหัวเสา,เสาตอม่อ,กำแพงตอม่อ,Bracing,Footing, เสาเข็ม	5,6,9,10,13,14	23,24,27,28,31,32



รูปที่ 3-38 ตัวอย่างภาพถ่ายด้านล่างของสะพาน

- ประเมินสภาพการใช้งานของชิ้นส่วนในบริเวณต่างๆและสรุปเป็นสภาพการใช้งานของกลุ่มชิ้นส่วนโครงสร้าง โดยผู้สำรวจต้องประเมินสภาพการใช้งานที่หน้างานและนำข้อมูลมาบันทึกอีกครั้ง ในกรณีมีข้อสงสัยอาจใช้ภาพถ่ายของชิ้นส่วนในบริเวณต่างๆมาช่วยตัดสินได้ โดยใช้หลักการประเมินชิ้นส่วนดังนี้

  - ประเมินสภาพการใช้งานของประเภทชิ้นส่วนในบริเวณต่างๆ และใช้ระดับที่แย่ที่สุดเป็นตัวแทนของประเภทชิ้นส่วนในบริเวณนั้นๆ
  - ใช้ระดับสภาพการใช้งานของชิ้นส่วนที่แย่ที่สุดเป็นตัวแทนระดับสภาพการใช้งานของ 3 กลุ่มชิ้นส่วนโครงสร้าง คือ สภาพโครงสร้างส่วนบน สภาพโครงสร้างส่วนล่างและสภาพส่วนประกอบรอง
  - ใช้ค่าต่ำสุดของกลุ่มโครงสร้างส่วนบนและโครงสร้างส่วนล่างเป็นตัวแทนระดับสภาพการใช้งานโดยรวมของสะพาน

- ต้องเก็บข้อมูลความเสียหายทั้งหมดที่พบ และปรับปรุงข้อมูลสภาพความเสียหายและขนาดความเสียหายที่ตรวจพบล่าสุด เพื่อให้ข้อมูลมีความทันสมัยและสามารถนำไปใช้เลือกวิธีการซ่อมได้อย่างเหมาะสม นอกจากนั้นผู้ตรวจสอบต้องแนะนำวิธีซ่อมที่เหมาะสมของความเสียหายนั้นๆ เนื่องจากผู้ตรวจสอบที่อยู่หน้างานจะมีดุลพินิจเลือกวิธีซ่อมได้ดีกว่าการพิจารณาจากภาพถ่ายความเสียหายอย่างเดียว
- จัดทำแบบความเสียหายและบันทึกลงสู่ระบบฐานข้อมูล
- พิจาณาว่าจำเป็นต้องส่งคำร้องขอการตรวจสอบพิเศษ เพื่อทำการตรวจสอบความเสียหายที่เกินความสามารถผู้ตรวจสอบหลัก
- แนบไฟล์อื่นๆที่เกี่ยวข้อง (ในกรณีที่จำเป็น) เช่น รายงานอย่างย่อสรุปความเสียหายที่ต้องการให้ผู้เชี่ยวชาญมาตรวจสอบพิเศษ และอ้างอิงหมายเหตุคำร้องให้ดูไฟล์ดังกล่าวนี้

ส่งข้อมูลเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลการตรวจสะพานดังกล่าว

3.5.3 **การสำรวจแบบพิเศษ** (Special Inspection)

เป็นการตรวจสอบเพิ่มเติมภายหลังที่ทราบว่าสะพานเกิดความเสียหายขึ้น เป็นการตรวจสอบเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุการเกิดความเสียหาย ติดตามการขยายตัวของความเสียหาย หรือประเมินความสามารถของสะพานอย่างละเอียด เป็นต้น การตรวจสอบพิเศษในบางกรณีเป็นวิธีเฉพาะ มีข้อควรระวังและเทคนิควิธีการที่ละเอียดซับซ้อน จำเป็นจะต้องตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญพิเศษเท่านั้นในการตรวจสอบ จะต้องมีการบันทึกและจัดทำรายงานความเสียหายที่ตรวจพบเพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการวางแผนซ่อมแซมและบำรุงรักษา หรือแม้กระทั่งใช้ในการวางแผนการตรวจสอบครั้งต่อไปก็ได้ การบันทึกความเสียหายนี้จะต้องมีรูปแบบที่เข้าใจได้ง่าย ไม่เกิดความสับสนในการ

นำข้อมูลไปใช้ต่อไป การวางแผนการซ่อมแซมและบำรุงรักษานี้จะต้องมีการพิจารณาถึงความรุนแรงของความเสียหาย สภาพของการจราจรและประชาชนในพื้นที่ข้อจำกัดทางด้านงบประมาณ ศักยภาพของหน่วยงาน เทคนิคและความเหมาะสมทางด้านวิศวกรรม รวมถึงเทคโนโลยีทางด้านวัสดุ และปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ ประกอบด้วย การซ่อมแซมหรือการบำรุงรักษาโดยบุคลากรที่มีความถนัดและความชำนาญในกรรมวิธีนั้นๆ จะทำให้การดำเนินการนั้นเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ และไม่เกิดความเสียหายแก่โครงสร้างสะพานเอง และภายหลังการซ่อมแซมควรมีการบันทึกอย่างเป็นระบบ เพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับการตรวจสอบและซ่อมบำรุงสะพานในครั้งต่อๆ ไป รวมทั้งใช้เป็นกรณีศึกษาหรือข้อมูลทางด้านสถิติสำหรับการปรับปรุงมาตรฐานการก่อสร้างต่อไปได้ การจัดการฐานข้อมูลในส่วนนี้ถึงว่ามีความสำคัญเป็นอย่างมาก จะต้องมีการออกแบบฐานข้อมูลเพื่อให้รองรับการข้อมูลในส่วนต่างๆ สะดวกต่อการจัดเก็บและนำไปใช้ และต้องมีความปลอดภัยในการรักษาข้อมูลอีกด้วยมีวิธีการตรวจสอบคอนกรีตโดยใช้เทคนิคชั้นสูงอยู่หลายวิธี

ตารางที่ 3-6 การตรวจสอบในการสำรวจพิเศษ

<u>วิธีการแบบไม่ทำลาย (Non-Destructive)</u>	<u>วิธีการแบบทำลาย</u>
- วิธีการใช้คลื่น Acoustic หรือคลื่น Ultrasonic	- Carbonation
- การใช้เครื่องมือตรวจสอบ การเลื่อนหลุดเป็นแผ่นๆ (Delamination)	- Concrete Strength
- วิธีการใช้ไฟฟ้า (Electrical Method)	- Endoscopes
- การทดสอบโดยใช้ Flat Jack	- Moisture Content
- การใช้ Radar ทะลวงพื้น (Ground-Penetrating Radar)	- Reinforcing Steel Strength
- วิธีการ Impact-Echo	
- การใช้รังสีความร้อนอินฟราเรด (Infrared Thermography)	
- การใช้ Laser Ultrasonic	
- การใช้สนามแม่เหล็ก (Magnetic Field Disturbance)	
- การใช้ Neutron Probe เพื่อตรวจสอบคลอไรด์	
- การใช้ Nuclear	
- การใช้ Pachometer	
- วิธีการเจาะและสะท้อนกลับ (Rebound and Penetration)	
- การทดสอบ Ultrasonic	

บทที่ 4

ประเภทความเสียหายและเกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของชิ้นส่วนสะพาน

ในปัจจุบันนี้ การตรวจสอบสะพานมีบทบาทสำคัญมากขึ้นในการเพิ่มความปลอดภัยให้แก่ระบบโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure) ของประเทศ เพราะว่าสะพานต่างๆ ในประเทศมีการชำรุดมากขึ้น การประเมินสภาพของสะพานอย่างละเอียดและถูกต้อง จึงเป็นสิ่งที่จำเป็นในการคงไว้ซึ่งระบบการใช้ถนนหนทางที่ไว้วางใจ ในบทนี้ได้กล่าวถึงลักษณะความเสียหายของโครงสร้างสะพานทั้งโครงสร้างหลักและโครงสร้างรอง โดยมีลักษณะความเสียหายในรูปแบบแตกต่างกันในแต่ละชิ้นส่วนสะพาน และเกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายและพร้อมทั้งการจัดลำดับความเสียหายของในแต่ละชิ้นส่วนนั้น ซึ่งในตารางที่ 4-1เป็นเกณฑ์การจัดลำดับสภาพโครงสร้างสะพานของกรมทางหลวง

ตารางที่ 4-1 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายโครงสร้างสะพานของกรมทางหลวง

ระดับสภาพ	สภาพ	สภาพโครงสร้าง
5	ดีมาก	- สภาพโครงสร้างดี หรือใหม่
4	ดีพอใช้	- สภาพพอใช้ในเกณฑ์ดี - โครงสร้างส่วนที่รับแรงหรือส่วนที่สำคัญมีสภาพอยู่ในเกณฑ์ดี พิจารณาซ่อมบำรุงปกติ - โครงสร้างส่วนที่ไม่รับแรงหรือส่วนที่ไม่สำคัญมีสภาพอยู่ในเกณฑ์พอใช้ พิจารณาซ่อมบำรุงตามกำหนดเวลา
3	พอใช้	- สภาพพอใช้ที่ต้องพิจารณาซ่อมบำรุงตามกำหนดเวลา - โครงสร้างส่วนที่รับแรงหรือส่วนที่สำคัญ มีสภาพอยู่ในเกณฑ์พอใช้ พิจารณาซ่อมบำรุงตามกำหนดเวลา - โครงสร้างส่วนที่ไม่รับแรงหรือส่วนที่ไม่สำคัญมีสภาพอยู่ในเกณฑ์พอใช้ พิจารณาซ่อมบำรุงตามกำหนดเวลา
2	ชำรุด	- สภาพชำรุดที่ต้องพิจารณาซ่อมแซมหรือการบำรุงพิเศษ - โครงสร้างส่วนที่รับแรงหรือส่วนที่สำคัญ มีสภาพชำรุดที่ต้องพิจารณาซ่อมแซมหรือการบำรุงพิเศษ

ระดับสภาพ	สภาพ	สภาพโครงสร้าง
		- โครงสร้างส่วนที่ไม่รับแรงหรือส่วนที่ไม่สำคัญต้องดำเนินการซ่อมแซมให้กลับคืนสู่สภาพเดิม
1	วิกฤต	- สภาพชำรุดที่ต้องพิจารณาซ่อมแซมอย่างเร่งด่วนหรือต้องทำการบูรณะ - โครงสร้างส่วนที่รับแรงหรือส่วนที่สำคัญ มีสภาพชำรุดเสียหายมากที่ต้องดำเนินการซ่อมแซมอย่างเร่งด่วนหรือต้องทำการบูรณะ - โครงสร้างส่วนที่ไม่รับแรงหรือส่วนที่ไม่สำคัญต้องดำเนินการซ่อมแซมให้กลับคืนสู่สภาพเดิม
0	วิบัติ	- สภาพชำรุดเสียหายมาก ต้องทุบสะพานทิ้งและก่อสร้างใหม่

4.1 พื้นสะพาน(Deck)

4.1.1 รูปแบบความเสียหาย

พื้นสะพานโดยปกติแล้วจะมีโครงสร้างเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก เพราะฉะนั้นการตรวจสอบความเสียหายที่เกิดขึ้นจะตรวจสอบความเสื่อมสภาพของคอนกรีตเป็นหลัก ซึ่งมีลักษณะความเสียหายดังนี้

- รอยแตก (Cracking)

รอยแตกอาจเกิดขึ้นเพียงส่วนหนึ่ง หรือทั้งหมดของแต่ละชิ้นส่วนของคอนกรีต ในคอนกรีตเสริมเหล็กรอยแตกจะมีขนาดใหญ่พอที่จะมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า แต่ในคอนกรีตอัดแรงจะต้องใช้อุปกรณ์วัดรอยแตก (Crack Gauge) ดังรูปที่ 4-1 จึงจะเหมาะสมสำหรับการวัดรอยแตก และแยกแยะรอยแตกต่างๆ รอยเปื้อนจากสนิม และการเกิดขี้เกลือมักจะปรากฏให้เห็นตามรอยแตกต่างๆ รอยแตกทั้งขนาดใหญ่และเล็กที่เกิดขึ้นในองค์อาคารหลัก (Main Members) โดยเฉพาะอย่างยิ่งชิ้นส่วนที่เป็นคอนกรีตอัดแรง ควรจะบันทึกไว้อย่างระมัดระวัง

รูปที่ 4-1 แสดงการวัดรอยแตก (Crack Gauge)

ซึ่งขนาดของรอยแตกอาจถูกจัดประเภทออกเป็นรอยแตกขนาดเท่าเส้นผม (Hairline) รอยแตกขนาดกลาง (Medium) หรือรอยแตกขนาดใหญ่ (Wide) รอยแตกขนาดเท่าเส้นผมจะเป็นรอยแตกที่ไม่สามารถวัดขนาดได้

ด้วยอุปกรณ์ธรรมดา ในโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไปรอยแตกเท่าเส้นผมนี้จะไม่ใช่เรื่องสำคัญที่จะมีผลกระทบต่อการรับน้ำหนักของโครงสร้าง ส่วนรอยแตกขนาดกลางและขนาดใหญ่นั้น เราสามารถใช้อุปกรณ์ง่ายๆ วัดได้ รอยแตกเหล่านี้อาจจะเป็นสิ่งที่สำคัญมากและควรที่จะได้รับการตรวจสอบ และบันทึกไว้ในบันทึกการตรวจสอบ โดยในรูปที่ 4-2 และตารางที่ 4-2แสดงรายละเอียดของรอยแตก ตำแหน่งที่พบและวิธีการป้องกันเบื้องต้น

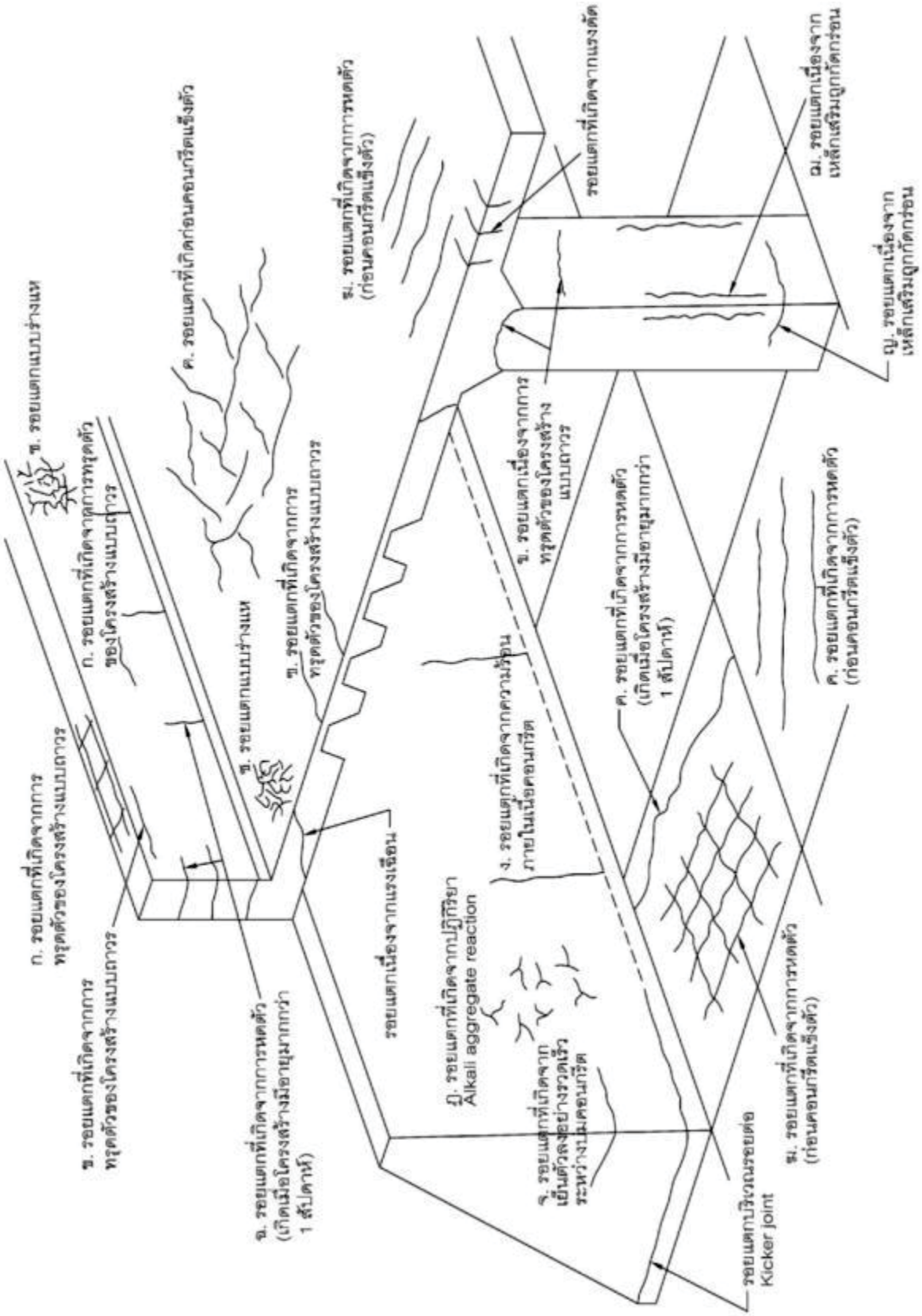
ในพื้นสะพานที่เป็นคอนกรีต (Concrete Bridge Decks) รอยแตกจากอุณหภูมิและการหดตัวนี้สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งในแนวขวาง (Transverse) และแนวยาว (Longitudinal)

- การหลุดแซะ (Scaling)

เป็นลักษณะที่มีการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้าและมวลรวมคอนกรีตในบริเวณหนึ่งๆ อย่างต่อเนื่องและเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ (Gradual and Continuing) จะสามารถบอกปริมาณการเสียหายประเภทนี้ โดยการวัดขนาดพื้นที่และความลึกของการหลุดแซะ รวมทั้งความชัดเจนในการมองเห็นมวลรวม (Aggregate) โดยมี 4 ระดับ ดังนี้

- ขนาดเบา – มีการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า จนถึงความลึก 6 มิลลิเมตร และสามารถมองเห็นมวลรวมหยาบ (Coarse Aggregate) ได้
- ขนาดกลาง – มีการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า ตั้งแต่ความลึก 6 มิลลิเมตร จนถึง 1.2 เซนติเมตร และมีการสูญเสียเนื้อปูนระหว่างมวลรวม
- ขนาดรุนแรง – มีการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้า ตั้งแต่ความลึก 1.2 จนถึง 2.5 เซนติเมตร และมองเห็นมวลรวมหยาบ (Coarse Aggregate) ได้ชัดเจนมาก
- ขนาดรุนแรงมาก – มีการสูญเสียส่วนของมวลรวมหยาบ พร้อมกับการสูญเสียปูนฉาบที่ผิวหน้ารวมถึงเนื้อปูนที่อยู่รอบๆ มวลรวมหยาบ มีความลึกมากกว่า 2.5เซนติเมตร ขึ้นไป และเหล็กเสริมในคอนกรีตโผล่ออกมาให้เห็น (Exposed)

เมื่อรายงานผลการตรวจสอบการหลุดแซะ ผู้ตรวจสอบควรต้องระบุตำแหน่งของการชำรุดขนาดของพื้นที่ที่ชำรุด และความลึกของการชำรุดนี้



รูปที่ 4-2 แสดงตัวอย่างรอยแตกทั่วไปที่เกิดขึ้นบริเวณโครงสร้างคอนกรีต (Raina, 2003)

ตารางที่ 4-2 แสดงรายละเอียดของรอยแตกที่ไม่ได้เกิดขึ้นจากการให้น้ำหนักบรรทุกแก่โครงสร้าง (Raina, 2003)

ชนิดรอยร้าว	ประเภทรอยร้าว (รูปที่ 4-2)	ตำแหน่งรอยร้าว	สาเหตุการเกิดรอยร้าว	แนวทางป้องกัน	ระยะเวลาที่เกิดรอยร้าว
รอยแตกเนื่องจากการทรุดตัวถาวร	ก	เกิดบริเวณส่วนลึกของหน้าตัด	เกิดจากการที่คอนกรีตมีการเยิ้มน้ำมากเกินไป	ลดการเยิ้มน้ำ	10 นาที ถึง 3 ชั่วโมง
	ข	เกิดบริเวณด้านบนของเสา, รางน้ำ และแผ่นพื้นรังผึ้ง			
	ฑ				
รอยแตกที่เกิดจากการหดตัว(เกิดก่อนคอนกรีตแข็งตัว)	ค	เกิดบริเวณถนน และแผ่นพื้น	เกิดจากการที่คอนกรีตแห้งตัวอย่างรวดเร็ว	ปรับปรุงการบ่มคอนกรีตในช่วงแรก	30 นาที ถึง 6 ชั่วโมง
	ฑ	พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก	เกิดจากการที่เหล็กเสริมมีตำแหน่งอยู่ใกล้พื้นผิวมากเกินไป		
	ฆ				
รอยแตกที่เกิดจากความร้อนภายในเนื้อคอนกรีต	ง	กำแพงหนา	เกิดจากการเปลี่ยนแปลงความร้อน และอุณหภูมิ	ลดความร้อนหรือใช้ฉนวนหุ้มระหว่างบ่มคอนกรีต	1 ถึง 2 วัน หรือ 3 สัปดาห์
	จ	แผ่นพื้นหนา			
รอยแตกเนื่องจากการหดตัว (เกิดเมื่อโครงสร้างมีอายุมากกว่า 1 สัปดาห์)	ฉ	พื้นคอนกรีตที่บางและผนัง	บริเวณรอยต่อไม่สามารถเคลื่อนที่ได้	ลดอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ในคอนกรีต และปรับปรุงวิธีการบ่ม	ใช้เวลาหลายสัปดาห์ หรือเป็นเดือน
รอยแตกแบบร่างแห	ช	บริเวณผิวหน้าคอนกรีต	ไม้แบบไม่สามารถระบายน้ำออกได้	ปรับปรุงการบ่ม	1 ถึง 7 วัน หรือมากกว่า
	ซ	บริเวณพื้นคอนกรีต	เกิดจากการขัดผิวหน้ามากเกินไป	แก้ไขการขัดผิวหน้า	

ชนิดรอยร้าว	ประเภทรอยร้าว (รูปที่ 4-2)	ตำแหน่งรอยร้าว	สาเหตุการเกิดรอยร้าว	แนวทางป้องกัน	ระยะเวลาที่เกิดรอยร้าว
รอยแตกเนื่องจากเหล็กเสริมถูกกัดกร่อน	ฌ	บริเวณเสาและคาน	ระยะหุ้ม Covering น้อยเกินไป และความชื้น		
	ญ	คอนกรีตอัดแรง	เกิดจากแคลเซียมคลอไรด์ และความชื้น		
รอยแตกที่เกิดจากปฏิกิริยา Alkali aggregate reaction	ฎ	บริเวณที่มีความชื้น	สารซิลิก้า และคาบอร์เนต ในมวลรวม ทำปฏิกิริยากับ สารที่เป็นด่างในซีเมนต์		มากกว่า 5 ปี

■ การหลุดแยกออกเป็นแผ่นๆ (Delamination)

จะเกิดขึ้นเมื่อชั้นต่างๆ ของคอนกรีตได้หลุดแยกออกที่ผิวนอกสุดหรือส่วนที่อยู่ใกล้ผิวนอกสุดของชั้นเหล็กเสริม สาเหตุหลักของการหลุดชนิดนี้คือ การขยายตัวของเหล็กเสริมที่เป็นสนิม ซึ่งเกิดจากการแทรกซึมของสารจำพวกคลอไรด์หรือเกลือสนิมที่เกิดขึ้นจะเข้าไปครอบคลุมและมีปริมาณมากถึง 10 เท่าของปริมาตรเหล็กเสริม พื้นที่ที่เกิดการหลุดออกของคอนกรีตนี้ จะเป็นโพรงข้างใต้ผิวคอนกรีต โดยสังเกตได้จากการฟังเสียงเมื่อใช้ค้อนเคาะ เมื่อพื้นที่ส่วนดังกล่าวได้หลุดออกจากชิ้นส่วนอย่างถาวร จึงเรียกได้ว่าเป็นการหลุดออกเป็นแผ่นๆ (Delamination) เมื่อทำการรายงานถึงความเสียหายนี้ ผู้ตรวจสอบควรที่จะต้องระบุตำแหน่งและขนาดของพื้นที่ที่เกิดการชำรุด ดังรูปที่ 4-3

รูปที่ 4-3 การหลุดแยกออกเป็นแผ่นๆ ใต้แผ่นพื้นสะพาน

■ การหลุดล่อน (Spalling)

เป็นการยุบตัวของคอนกรีตเป็นรูปคล้ายวงกลมหรือวงรี ดังรูปที่ 4-4 มีสาเหตุมาจากการแยกตัว หรือการถูกเคลื่อนย้ายของส่วนใดส่วนหนึ่งของคอนกรีตที่ผิวหน้า ทำให้เห็นรอยแตกที่ค่อนข้างจะขนานกับผิวคอนกรีต และการหลุดล่อนนี้อาจมีสาเหตุมาจากการที่เหล็กเสริมเป็นสนิม และการเกิดแรงเสียดทานจากการขยายตัวเนื่องจากความร้อน ส่วนใหญ่แล้วเมื่อมีการหลุดล่อนจะสามารถเห็นเหล็กเสริมได้ โดยทั่วไปสามารถแยกแยะการหลุดล่อนของคอนกรีตได้ดังนี้

รูปที่ 4-4 การหลุดล่อนใต้แผ่นพื้นสะพาน

- การหลุดล่อนขนาดเล็ก จะมีความลึกน้อยกว่า 2.5 เซนติเมตร หรือมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 15 เซนติเมตร
- การหลุดล่อนขนาดใหญ่ จะมีความลึกมากกว่า 2.5 เซนติเมตร หรือมีเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 15 เซนติเมตร

เมื่อทำรายงานเกี่ยวกับการหลุดล่อน ผู้ตรวจสอบควรจะต้องระบุตำแหน่งของรอยชำรุด ขนาดของพื้นที่และความลึกของการชำรุด

■ การเกิดขี้เกลือ (Efflorescence)

เป็นการเกิดคราบสีขาวบนคอนกรีตสาเหตุมาจากการตกผลึกของสารละลายประเภทเกลือ (แคลเซียมคลอไรด์ - Calcium Chloride) ซึ่งออกมาสู่ผิวคอนกรีตโดยผ่านการดูดซับ และการไหลเวียนของความชื้นในคอนกรีต การเกิดขี้เกลือนี้ เป็นตัวบ่งชี้ว่าคอนกรีต ณ ที่นั้น ได้ถูกปนเปื้อนแล้ว (Contaminated) ดังรูปที่ 4-5

รูปที่ 4-5 การเกิดคราบเกลือตามแนวการไหลของน้ำ

■ การเกิดรูพรุนเหมือนรังผึ้ง (Honeycomb)

เป็นช่องว่างที่เกิดขึ้นในเนื้อคอนกรีต มีสาเหตุมาจากการจี้คอนกรีตไม่เหมาะสม (Improper Vibration) ระหว่างการก่อสร้าง อันเป็นผลให้เกิดการแยกตัวของมวลรวมหยาบ ออกจากมวลรวมละเอียดและซีเมนต์ ดังรูปที่ 4-6

รูปที่ 4-6 การเกิดรูพรุนด้านใต้พื้น

■ การหลุดออกเป็นเม็ดๆ (Pop-Out)

ชิ้นส่วนเล็กๆ รูปโคน (Conical) จะแตก และหลุดออกจากเนื้อคอนกรีตทำให้เกิดหลุมเล็กๆ ทิ้งไว้ โดยทั่วไป มักจะพบสะเก็ดของคอนกรีตที่หลุดออกมาอยู่ในบริเวณใต้หลุมที่เกิดขึ้น การชำรุดชนิดนี้ มีสาเหตุมาจากการทำปฏิกิริยาของมวลรวมกับซีเมนต์ที่เป็นด่างมากๆ (High Alkaline) และก็มีสาเหตุมาจากมวลรวม เช่น หินดินดานเกิดการขยายตัวเนื่องจากความชื้น

■ การสึกหรอ (Wears)

การสึกหรอเกิดขึ้นที่ผิวคอนกรีตที่สัมผัสกับการจราจร (Exposed to Traffic) เนื่องจากการขัดสีของผิวคอนกรีตกับยางรถยนต์หรือน้ำฝน ดังรูปที่ 4-7

รูปที่ 4-7 การสึกหรอของผิวคอนกรีต

■ การเสียหายที่เกิดจากการถูกชน (Collision Damage)

การที่ยานพาหนะประเภทต่างๆ ได้ชนกับสะพานล้วนแต่สร้างความเสียหายให้แก่ส่วนประกอบของสะพานทั้งสิ้น คานคอนกรีตอัดแรงจะเป็นส่วนที่ค่อนข้างจะถูกกระทบกระเทือนได้ง่ายต่อความเสียหายประเภทนี้ ดังรูปที่ 4-8

รูปที่ 4-8 การเสียหายจากการถูกชนของพื้นด้านล่าง

■ การสึกกร่อน (Abrasion)

การสึกกร่อนเป็นผลมาจากการที่แรงภายนอกได้กระทำต่อผิวของชิ้นส่วนที่เป็นคอนกรีต การกัดเซาะของกระแสน้ำที่มีโคลนตมอยู่มากซึ่งไหลบนผิวคอนกรีตหรือวัสดุที่ลอยมากับน้ำ สามารถทำให้คอนกรีตเกิดการสึกกร่อนได้ ที่บริเวณตอม่อและเสาเข็มเช่นเดียวกับคอนกรีตที่อยู่ในบริเวณที่มีคลื่นมาก อาจเกิดการสึกกร่อนได้โดยการถูกกระทบจากทรายและโคลนที่อยู่ในน้ำ ดังรูปที่ 4-9

รูปที่ 4-9 การสึกกร่อนใต้พื้นสะพาน

■ ความเสียหายที่เกิดจากการบรรทุกน้ำหนักเกิน (Overload Damage)

เกิดขึ้นเมื่อสะพานคอนกรีตต้องแบกรับความเค้นมากเกินไป (Overstressed) ให้บันทึกแรงสั่น- สะเทือนและการแอ่นตัวที่มากเกินไปด้วย ดังรูปที่ 4-10

รูปที่ 4-10 ความเสียหายที่เกิดจากการบรรทุกน้ำหนักเกิน

■ การเกิดสนิมในเหล็กเสริม (Reinforce Steel Corrosion)\

เป็นผลสืบเนื่องมาจากส่วนผสมทางเคมีของคอนกรีต เหล็กเสริมซึ่งฝังอยู่ในเนื้อคอนกรีตจะถูกปกป้องมิให้เกิดสนิม ในสภาวะแวดล้อมที่มีความเป็นด่างสูง จะมีชั้นเยื่อบางๆ อยู่ที่ผิวของเหล็กเสริมเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดสนิม ดังรูปที่ 4-11

อย่างไรก็ตามการป้องกันวิธีนี้จะถูกกำจัดโดยการแทรกซึมของสารพวกคลอไรด์ ซึ่งทำให้น้ำและออกซิเจนสามารถเข้าสร้างความเสียหายต่อเหล็กเสริมโดยสร้างไอออนออกไซด์ หรือสนิมขึ้น (Rust) ไอออนของคลอไรด์ ที่เกิดขึ้นในคอนกรีตนี้จะเข้าสู่เหล็กเสริมโดยแพร่กระจายซึมเข้าคอนกรีต หรือเข้าตามรอยแตกในคอนกรีต

รูปที่ 4-11 การเกิดสนิมในเหล็กเสริม

- การเสื่อมสภาพของคอนกรีตอัดแรง (Prestressed Concrete Deterioration)

คอนกรีตอัดแรงจะสูญเสียกำลังจากหลายรูปแบบของการเสื่อมสภาพของคอนกรีต ชิ้นส่วนที่เป็นคอนกรีตอัดแรงจะถูกกระทบกระเทือนได้ง่ายจากสนิมและการล้าในรอยแตก การเกิดสนิมที่ลวดอัดแรงสามารถนำไปสู่การวิบัติของชิ้นส่วนนั้น การสูญเสียแรงยึดเหนี่ยวระหว่างลวดอัดแรงและคอนกรีต จะทำให้ชิ้นส่วนนั้นพังทลายได้ ชิ้นส่วนที่ไม่ได้รับแรงยึดเหนี่ยวจะได้ผลกระทบจากการคลายตัวของคอนกรีตอัดแรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากการอยู่ใต้การคลายตัวเป็นเวลานานซึ่งจะทำให้คอนกรีตสูญเสียกำลัง การหดตัวของคอนกรีตนี้ ยังทำให้ลวดอัดแรงเกิดการคลายตัวมากขึ้นด้วย โดยจะทำให้ชิ้นส่วนนั้นสูญเสียกำลังด้วยเช่นกัน นอกจากนี้การล้าของคอนกรีตยังทำให้ชิ้นส่วนสั้นลง เป็นผลทำให้เกิดการคืบของลวดอัดแรงและนำไปสู่การสูญเสียกำลังของลวดอัดแรงในที่สุด

4.1.2 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของพื้นสะพาน

ตารางที่ 4-3 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของพื้นสะพาน

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพพื้นสะพาน	
		ความเสียหาย	เงื่อนไขและรายละเอียด
5	ดีมาก	- สภาพผิวใหม่ ไม่มีความเสียหาย	-
4	ดีพอใช้	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนเล็กน้อย	- ปูนทรายหลุดล่อน มองไม่เห็นผิวหิน
		- คอนกรีตมีโพรงขนาดเล็ก	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนเล็กน้อย	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- รอยแตกเนื่องจากการหดตัว	-

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพพื้นสะพาน	
		ความเสียหาย	เงื่อนไขและรายละเอียด
		- รอยแตกลายงาที่ผิว (Map Cracks)	-
		- รอยแตกแบบ Hairline	- ความกว้าง <1.6 mm (RC) และ <0.10 mm สำหรับคอนกรีตอัดแรง (PC)
		- มีรอยคราบน้ำเล็กน้อย	-
		- สามารถสังเกตเห็น Tie Rod ได้	- ยังอยู่ในสภาพดี (Multi-Beam หรือ Box Girder)
		- ผิวด้านหน้าเป็นสนิม เกิดรอยบุ๋มหรือมีการกัดกร่อนจนเป็นหลุมหรือมีการบวมน้ำนูนขึ้น	- โครงสร้างเหล็ก
		- เกิดรอยร้าวที่รอยเชื่อมหรือสลักเริ่มแตกหัก	- โครงสร้างเหล็ก
		- มีหลุมกระจายอยู่บนพื้นบ้างเล็กน้อย และอาจเกิดรอยร้าวของวัสดุผิวทาง (ถ้ามี)	- โครงสร้างเหล็ก
3	พอใช้	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะปานกลาง	- ปูนทรายหลุดล่อน 5-10 mm มองเห็นผิวหิน และบางแห่งเห็นเม็ดหิน หรือเม็ดหินบางส่วนหลุดออกมา
		- คอนกรีตมีโพรงขนาดเล็กหลายจุดหรือโพรงขนาดใหญ่	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนเล็กน้อยหลายจุดหรือเป็นบริเวณกว้าง	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- รอยแตกเนื่องจากการหดตัวหลายจุด	-
		- รอยแตกลายงาที่ผิว (Map Cracks) บริเวณกว้าง	-
		- รอยแตกขนาดเล็ก (อาจเกิดพร้อมขี้เกลือ คราบน้ำ และ/หรือ สนิม)	- ความกว้าง 1.6–3.2 mm (RC) และ 0.10-0.23 mm สำหรับคอนกรีตอัดแรง (PC)
		- รอยแตกหรือบิ่นจากการชนลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- มีรอยคราบน้ำในปริมาณมาก พบคราบเกลือ	-

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพพื้นสะพาน	
		ความเสียหาย	เงื่อนไขและรายละเอียด
		- Tie Rod เป็นสนิมหรือได้รับความเสียหาย	-
		- คอนกรีตเสียหายถึงเหล็กเสริม ในตำแหน่งที่ไม่มีผลต่อกำลังของโครงสร้าง (อาจมีสนิมเหล็ก)	-(Multi-Beam หรือ Box Girder)
		- เกิดการกัดกร่อนเล็กน้อย ผิวหน้าเป็นหลุมอย่างเห็นได้ชัดแต่ไม่มาก เกิดรอยแตกร้าวหรือเสียรูปในชิ้นส่วนเหล็ก ไม่มีผลต่อความสามารถรับกำลังของชิ้นส่วนเหล็กได้	- โครงสร้างเหล็ก
		- เกิดหลุมที่พื้นของแผ่นเหล็กเป็นวงกว้างอย่างเห็นได้ชัด และเกิดรอยร้าวของวัสดุผิวทาง (ถ้ามี)	- โครงสร้างเหล็ก
		- การเชื่อมต่อหลายบริเวณพัง	- โครงสร้างเหล็ก
2	ชำรุด	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะรุนแรง	- ปูนทรายหลุดล่อน 10-20 mm เม็ดหินหลุดล่อน
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	- ลึกถึงระดับเหล็กเสริม
		- รอยแตกขนาดกลาง (อาจเกิดพร้อมขี้เกลือ คราบน้ำ และ/หรือ สนิม) - รอยแตกเนื่องจากเหล็กเสริมเป็นสนิม	- ความกว้าง 3.2–4.8 mm (RC) และ 0.25-0.76 mm สำหรับคอนกรีตอัดแรง (PC)
		- เหล็กเสริมเป็นสนิม	-
		- สามารถเห็นลวดอัดแรงได้บางส่วน	- โครงสร้างคอนกรีตอัดแรง
		- Tie Rod หลวมหรือหลุดออก	- (Multi-Beam หรือ Box Girder)
		- ปลายพื้นเลื่อนออกจากตำแหน่งหรือมีพื้นที่วางอยู่บนฐานรองรับน้อยผิดปกติ	-
		- สามารถเห็นการแอ่นตัวได้ด้วยตาเปล่า	-
		- เกิดการกัดกร่อนมาก ผิวหน้าเป็นหลุมอย่างเห็นได้ชัดจำนวนมาก	- โครงสร้างเหล็ก
		- การเชื่อมต่อหลายบริเวณพัง	- โครงสร้างเหล็ก
		- หน้าตัดของแผ่นพื้นเสียหาย	- โครงสร้างเหล็ก
		- เกิดรอยร้าว หรือเกิดหลุมในแผ่นพื้น วัสดุผิวทางพังเสียหาย แต่ไม่มีผลต่อความสามารถรับกำลังของชิ้นส่วนเหล็กได้	- โครงสร้างเหล็ก
1	วิกฤต	- พบการแอ่นตัวที่มากผิดปกติ	-

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพพื้นสะพาน	
		ความเสียหาย	เงื่อนไขและรายละเอียด
		- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะรุนแรงมาก	- ปูนทรายหลุดล่อนลึก > 20 mm เม็ดหินหลุดล่อนเป็นหลุมลึก
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมหลายจุดหรือเป็นบริเวณกว้าง	- ลึกถึงระดับเหล็กเสริม
		- รอยแตกขนาดใหญ่ (อาจเกิดพร้อมขี้เกลือคราบน้ำ และ/หรือ สนิม) - รอยแตกขนาดใหญ่เนื่องจากเหล็กเสริมเป็นสนิม	- ความกว้าง >4.8 mm (RC) และ >0.76 mm PC สำหรับคอนกรีตอัดแรง
		- รอยแตกเนื่องจากแรงเฉือนหรือแรงดัดที่มีความเสียหายที่มีผลต่อกำลังของโครงสร้าง	- รอยแตกทุกขนาด
		- เหล็กเสริมเป็นสนิมหรือได้รับความเสียหายอย่างมาก	-
		- สามารถสังเกตเห็นลวดอัดแรงได้เป็นจำนวนมาก	- โครงสร้างคอนกรีตอัดแรง
		- ปลายแผ่นพื้นมีแนวโน้มเลื่อนหลุดออกจากฐานรองรับ	- โครงสร้างเหล็ก
		- เกิดการกัดกร่อนขั้นรุนแรง	- โครงสร้างเหล็ก
		- การเชื่อมต่อหลายบริเวณพัง รอยเชื่อมไม่สามารถรับกำลังของชิ้นส่วนเหล็กได้ วัสดุผิวทางพังเสียหาย	- โครงสร้างเหล็ก
		- หน้าตัดของแผ่นพื้นเสียหาย เกิดรอยร้าว มีการเปลี่ยนรูป หรือเกิดหลุมในแผ่นพื้น	- โครงสร้างเหล็ก
0	วิบัติ	- สภาพชำรุดเสียหายมาก ต้องทุบโครงสร้างทิ้งและก่อสร้างใหม่	-

4.1.3 การจัดลำดับความเสียหายของพื้นสะพาน

ตารางที่ 4-4 ตัวอย่างการจัดลำดับความเสียหายของพื้นสะพาน

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
5	- โครงสร้างอยู่ในสภาพดีหรือใหม่	
5	- โครงสร้างอยู่ในสภาพดีหรือใหม่	
5	- โครงสร้างอยู่ในสภาพดีหรือใหม่	
5	- โครงสร้างอยู่ในสภาพดีหรือใหม่ (โครงสร้างเหล็ก)	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
4	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนเล็กน้อย ลึกไม่ถึงเหล็กเสริม	
4	- ปูนทรายบริเวณผิวคอนกรีตมีการหลุดล่อนเล็กน้อย แต่มองไม่เห็นเหล็กเสริมกินพื้นที่บริเวณแคบๆ	
4	- เกิดรอยแตกเนื่องจากการหดตัว เกิดจากการที่เหล็กเสริมมีตำแหน่งอยู่ใกล้พื้นผิวมากเกินไป	
4	- เกิดรอยขัดสี	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
4	- เกิดรอยแตกแบบเส้นผม (Hairline Crack) เกิดจากการแต่งผิวหน้าคอนกรีตเรียบเกินไป	
4	- กะเทาะหลุดล่อนเห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย	
4	- มีการหลุดล่อนของสีเล็กน้อย	
3	- ผิวคอนกรีต ถูกกัดเซาะปานกลาง	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
3	- คอนกรีตมีโพรงขนาดเล็กหลายจุด และโพรงขนาดใหญ่ลึกไม่ถึงเหล็กเสริม	
3	- คอนกรีตหลุดล่อนเป็นบริเวณกว้าง ลึกไม่ถึงเหล็กเสริม	
3	- รอยแตกลายงาที่ผิว (Map Crack) บริเวณกว้าง เกิดจากการที่เหล็กเสริมมีตำแหน่งอยู่ใกล้พื้นผิวมากเกินไป	
3	- รอยแตกขนาดเล็กเกิดขึ้นพร้อมขี้เกลือ และคราบน้ำ (ขนาดความกว้างอยู่ระหว่าง 1.06-3.2 มิลลิเมตร	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
3	- พบรอยแตกหรือบิ่นจากการชน แต่ลึกไม่ถึงเหล็กเสริม	
3	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	
3	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	
3	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
3	- รอยแตกที่ปลายโครงสร้าง	
3	- กะเทาะหลุดล่อนเป็นบริเวณกว้าง	
3	- มีรอยร้าวและมีการซึมของน้ำจากด้านบนพื้นสะพาน	
3	- มีการแตกร้าวและหลุดล่อนเป็นทางยาว	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
3	- มีการหลุดล่อนจนเห็นเหล็กเสริม	
3	- มีสนิมบริเวณรอยต่อเล็กน้อย และมีรอยแตกร้าวที่รอยเชื่อมต่อ	
2	- คอนกรีตเสียหายถึงเหล็กเสริม	
2	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะรุนแรง ปูนทรายหลุดล่อน 10-20 มิลลิเมตร เม็ดหินหลุดล่อนแต่ยังไม่เห็นเหล็กเสริม	

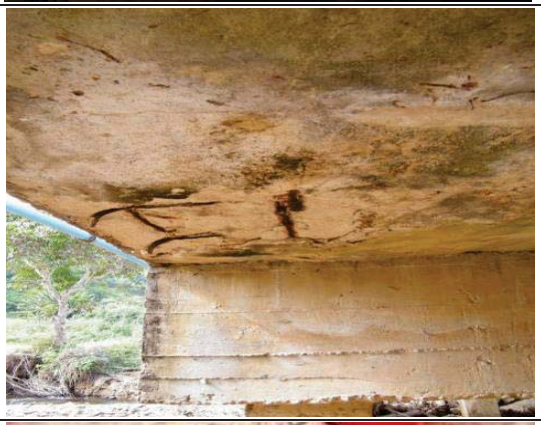
ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
2	- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม เกิดจากการจี้คอนกรีตไม่ดีระหว่างการก่อสร้าง	
2	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	
2	- มีคราบขี้เกลือบริเวณกว้าง	
2	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
2	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	
2	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	
2	- รอยแตกที่ปลายโครงสร้าง เนื่องจากจุดต่อมีเศษวัสดุอุดตัน	
2	- รอยแตกบริเวณรอยต่อของพื้น	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
2	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	
2	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	
2	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	
2	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
2	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	
2	- เกิดสนิมในบริเวณกว้าง เกิดการแตกหักหรือแผ่นเหล็กหลุดบริเวณรอยเชื่อมต่อ	
2	- เกิดสนิมในบริเวณกว้าง เกิดการกัดกร่อนบริเวณรอยเชื่อมต่อ	
1	- รอยแตกเนื่องจากแรงเฉือน หรือแรงดัด	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
1	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะรุนแรงมาก เกิดจากเหล็กเสริมเป็นสนิม - หลุดล่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb)จนเห็นเหล็กเสริมเป็นบริเวณกว้าง	
1	- พบรอยแตกขนาดใหญ่ หรือรอยแตกที่มีความลึกมาก - ตามแนวขวางของสะพานที่บริเวณกึ่งกลางช่วงความยาว หรือใกล้เสาตอม่อ	
1	- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมหลายจุด หรือเป็นบริเวณกว้าง	
1	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
1	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	
1	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมหลายจุด	
1	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมหลายจุด	
1	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมเป็นบริเวณกว้าง	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
1	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมเป็นบริเวณกว้าง	
1	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมที่เป็นสนิม	
1	- คอนกรีตหลุดล่อนจนเห็นเหล็กเสริมจำนวนมาก มีการซึมของน้ำจากด้านบน	
1	- มีการกัดกร่อนมากจนทำให้พื้นเสียหาย และเกิดรอยแตกร้าวขนาดใหญ่	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
0	- โครงสร้างวิบัติจนไม่สามารถใช้การได้	

4.1.4 แบบฟอร์มการตรวจสอบพื้นสะพาน

แบบบันทึกการสำรวจสภาพและความเสียหายของสะพาน

ข้อมูลพื้นฐาน (Bridge Inventory)

รหัสสะพาน .....

กลุ่ม .....ผู้บันทึก .....

วันที่ .....เวลา.....

สำนักทางหลวง .....ศูนย์สร้างและบูรณะสะพานที่..... ..... แขวงการทาง .....

อำเภอ.....จังหวัด .....หมายเลขทางหลวง.....ตอน .....

ก.ม. ที่ .....ชื่อสะพาน ..... สิ่งที่ข้าม .....

พิกัด GPS.....ปริมาณการจราจร (AADT).....คัน/วัน ปีที่เปิดใช้งาน .....

ลักษณะโครงสร้างส่วนบน* .....วัสดุโครงสร้าง ❑ คอนกรีต ❑ เหล็ก

ชนิดฐานราก. .....

ช่วง/ขนาดความยาว .....เมตร ความยาวรวม ..... เมตร

ผิวการจราจร ❑ คอนกรีต ❑ แอสฟัลต์ ความกว้างผิวการจราจร .....เมตร ช่องการจราจร .....ช่อง

ทิศทางการจราจร ❑ ทางเดียว ❑ สองทาง ความกว้าง (ทางเท้า).....เมตร อื่นๆ .....

<u>จำนวนองค์ประกอบของสะพาน</u>

ประเภทองค์ประกอบของสะพาน	จำนวน	หมายเหตุ
1. พื้นสะพาน		
2. คานตามยาว		
3. ค้ำยันคานตามยาว		
4. คานรัดหัวเสา		
5. ค้ำยันตอม่อ		
6. เสาตอม่อ		
7. กำแพงตอม่อ		
8. ฐานราก		
9. เสาเข็ม		
10. หูช้าง		
11. เชิงลาดสะพาน		
12. แผ่นรองรับคาน		
13.รอยต่อเผื่อขยาย		
14. ผิวทาง		
15. แผงกั้นจราจร		
16. ราวสะพาน		
17. ทางเท้า		
18. ระบบระบายน้ำ		
19. กำแพงกันดิน		
20. ลาดป้องกันตลิ่ง		

รูปที่ 4-12 แบบบันทึกการสำรวจสภาพและความเสียหายของสะพาน

แบบบันทึกการสำรวจสภาพและความเสียหายของสะพาน

การตรวจสอบพื้นสะพาน

รหัสสะพาน .....

แผ่นที่ ..... / .....

รหัสองค์ประกอบสะพาน .....

กลุ่ม ..... ผู้บันทึก .....

วันที่ ..... เวลา .....

ความกว้าง ..... เมตร ความยาว ..... เมตร ความหนา ..... เมตร

วัสดุผิวจราจร ..... อื่นๆ .....

ระดับสภาพการใช้งาน		ลักษณะความเสียหายที่พบ
พื้นสะพาน		
5	☐	ไม่พบความเสียหาย
4	☐	หลุดล่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) เป็นบริเวณแคบ
	☐	พบรอยแตกขนาดเล็ก
	☐	มีคราบน้ำที่ด้านล่างของพื้นสะพาน
3	☐	หลุดล่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) เป็นบริเวณกว้าง แต่ไม่เห็นเหล็กเสริม
	☐	พบรอยแตกขนาดเล็กกระจายเป็นบริเวณกว้าง
	☐	พบ Tie Rod เป็นสนิม
2	☐	หลุดล่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) จนเห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย
	☐	พบ Tie Rod หลุด หรือเสียหายจนไม่สามารถถ่ายแรงได้
	☐	พบรอยแตกขนาดเล็กตามแนวขวางของสะพานที่บริเวณกึ่งกลางช่วงความยาวหรือใกล้เสาตอม่อ
	☐	แผ่นพื้นส่วนที่วางอยู่บนคานขวางมีพื้นที่น้อยกว่าที่ควรจะเป็น
1	☐	หลุดล่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) จนเห็นเหล็กเสริมเป็นบริเวณกว้าง หรือเห็นลวดอัดแรง
	☐	พบรอยแตกขนาดใหญ่หรือรอยแตกที่มีความลึกมาก ตามแนวขวางของสะพานที่บริเวณกึ่งกลางช่วงความยาว หรือใกล้เสาตอม่อ
	☐	แผ่นพื้นส่วนที่วางอยู่บนคานขวางมีพื้นที่น้อยมากจนอาจเกิดอันตราย
0	☐	มีการพังทลาย หรือไม่สามารถใช้งานได้

รูปวาดประกอบการบันทึก

ความคิดเห็นเพิ่มเติม .....

รูปที่ 4-13 แบบบันทึกการสำรวจสภาพและความเสียหายของพื้นสะพาน

(INS Form) **RC Slab Bridge :Deck Section**

ชื่อสะพาน (Bridge Name) _____ ชนิดโครงสร้าง (structure type) DECK อายุ ☐ <20ปี ☐ >20ปี

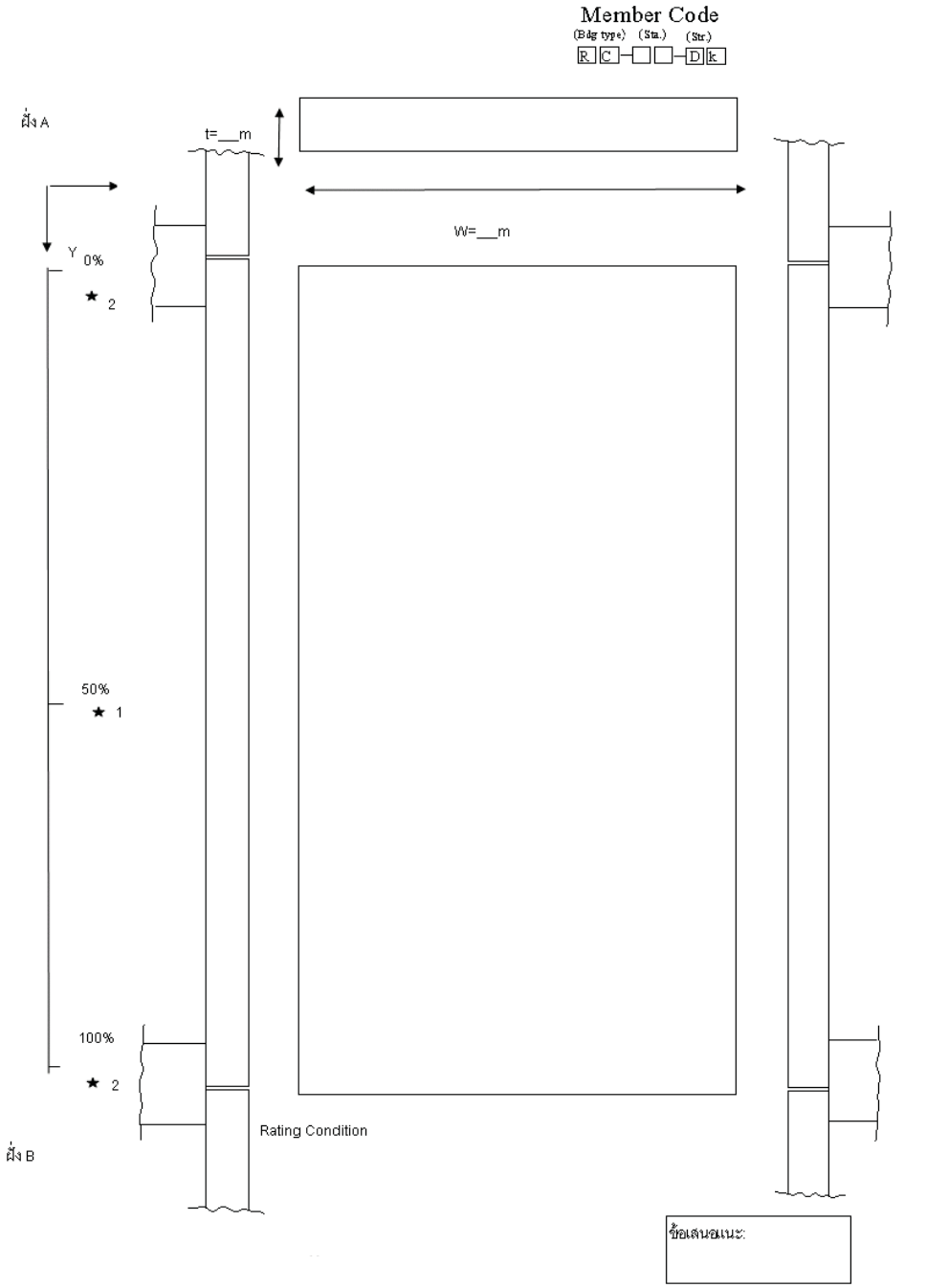
ตำแหน่งบนสะพาน (Location) _____ ชนิดโครงสร้างสะพาน(Bridge type) ☒ RC slab ☐ PC Girder

สถานที่ตั้ง (Approach side) _____ ☐ PC Plank girder ☐ PC Box Girder ☐ PC Multi Beam ☐ ner

ชื่อผู้ตรวจสอบ (Inspector) _____ วันที่ทำการตรวจวัด (Date) _____

เวลาทำการตรวจวัด (Time) _____

หมายเหตุ _____



Picture Folder : Picture File Name :

รูปที่ 4-14 ตัวอย่างแบบฟอร์มสำหรับตรวจสอบพื้นสะพานชนิดคอนกรีตเสริมเหล็ก

(INS Form) **PC Plank Girder Bridge :DECK**

ชื่อสะพาน (Bridge Name) _____ ชนิดโครงสร้าง (structure type) DECK อายุ ☐ <20ปี ☐ >20ปี

ตำแหน่งบนสะพาน (Location) _____ ชนิดโครงสร้างสะพาน(Bridge type) ☐RC slab ☐ PC Girder

สถานที่ตั้ง (Approach side) _____ ☐ PC Plank girder ☒ PC Box Girder ☐PC Multi Beam ☐ther

ชื่อผู้ตรวจสอบ (Inspector) _____ วันที่ทำการตรวจวัด (Date) _____

เวลาทำการตรวจวัด (Time) _____

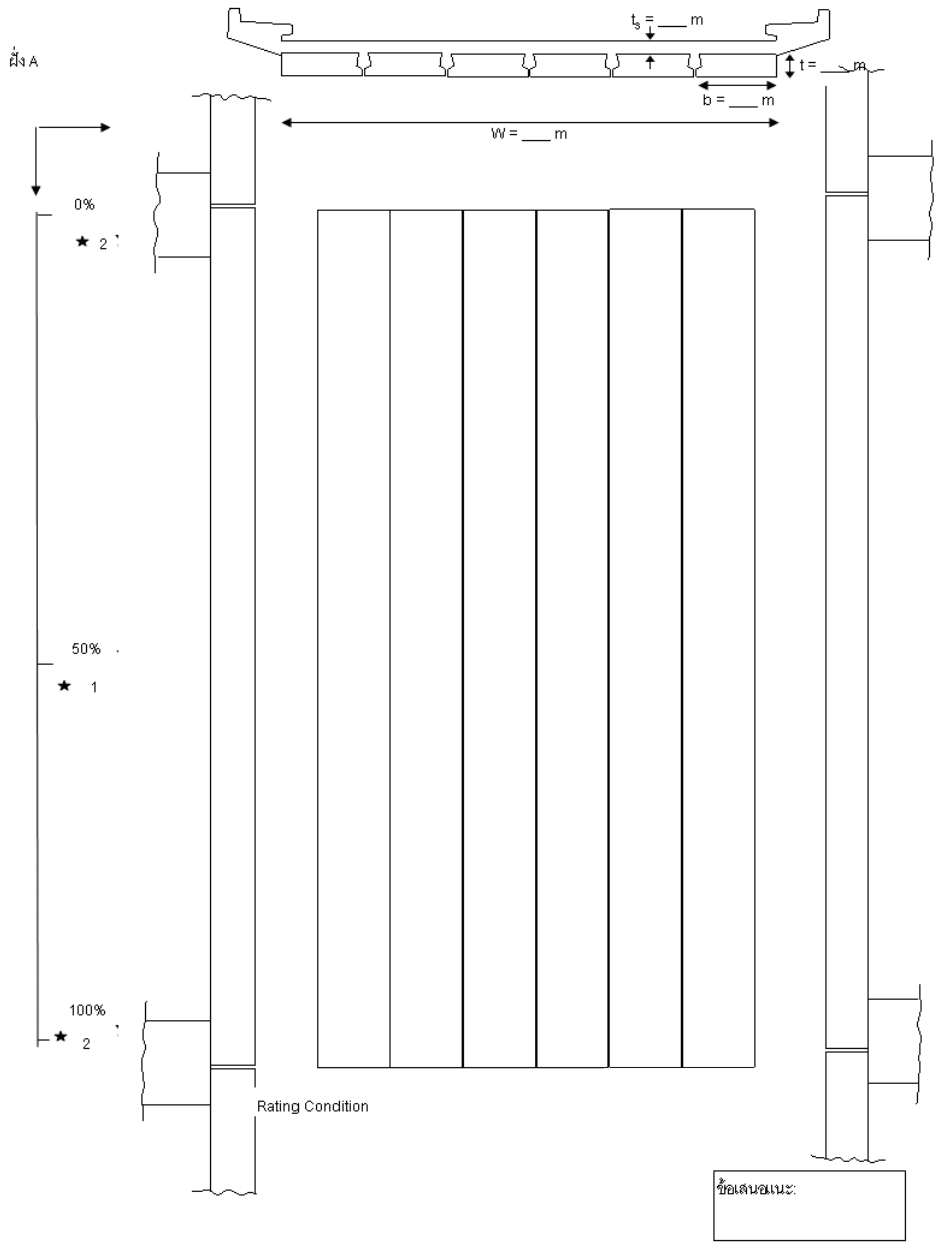
หมายเหตุ _____

รูปขยายแสดงการตรวจสอบชิ้นส่วน

Member Code

(Bdg type) (Sta.) (Str.)

P k – ☐ ☐ – D k



Picture Folder : Picture File Name :

รูปที่ 4-15 ตัวอย่างแบบฟอร์มสำหรับตรวจสอบพื้นสะพานชนิดแผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรง

(INS Form) PC Box Girder Bridge :DECK

ชื่อสะพาน (Bridge Name) _____ ชนิดโครงสร้าง (structure type) DECK อายุ ☐ <20ปี ☐ >20ปี

ตำแหน่งบนสะพาน (Location) _____ ชนิดโครงสร้างสะพาน(Bridge type) ☐RC slab ☐ PC Girder

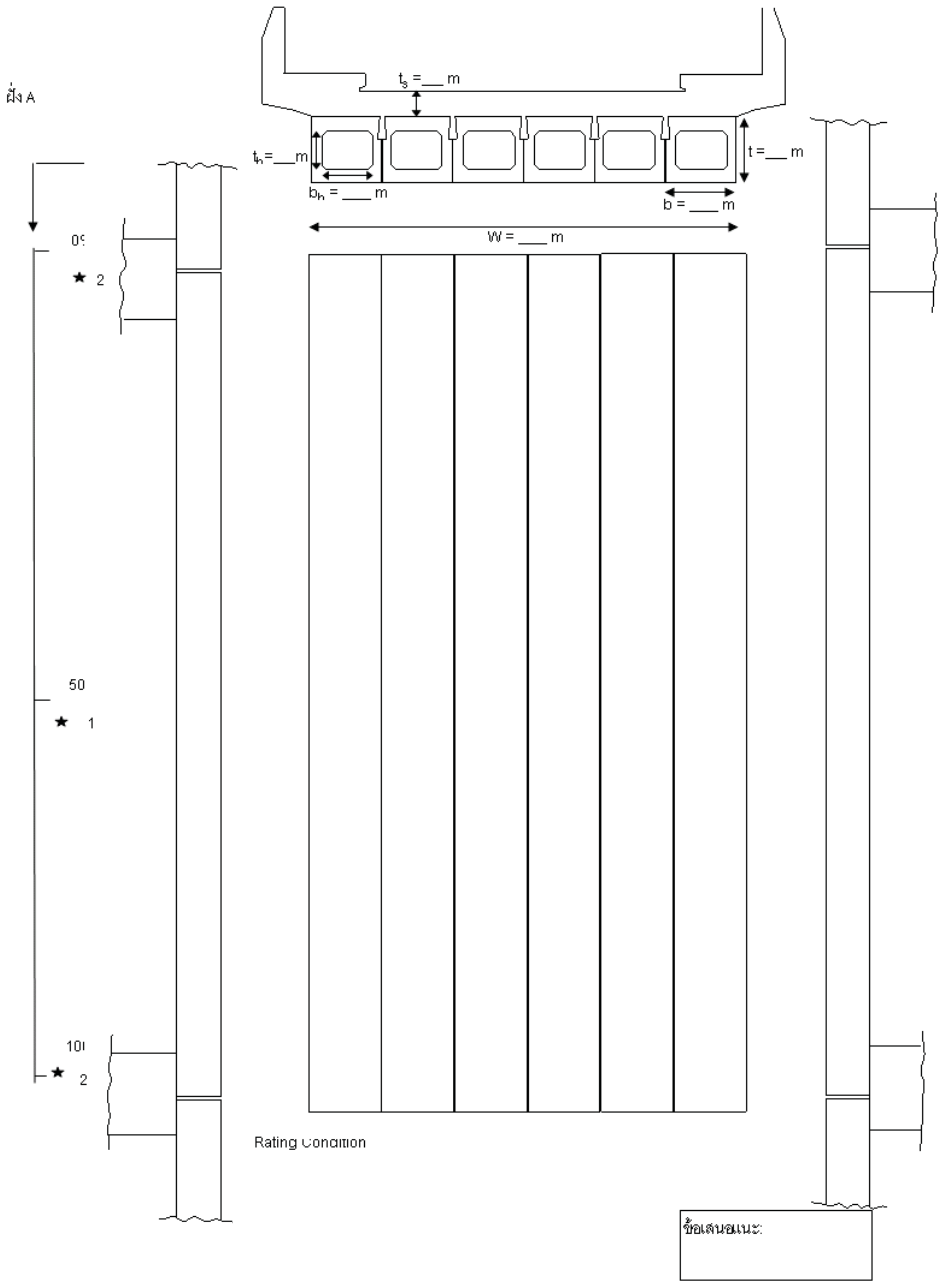
สถานที่ตั้ง (Approach side) _____ ☐ PC Plank girder ☒ PC Box Girder ☐PC Multi Beam ☐ er

ชื่อผู้ตรวจสอบ (Inspector) _____ วันที่ทำการตรวจวัด (Date) _____

เวลาทำการตรวจวัด (Time) _____

หมายเหตุ _____

รูปขยายแสดงการตรวจสอบชิ้นส่วน



Picture Folder : Picture File Name :

รูปที่ 4-16 ตัวอย่างแบบฟอร์มสำหรับตรวจสอบพื้นสะพานชนิดแผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรงรูปกล่อง

(INS Form) **PC Girder Bridge :DECK**

ชื่อสะพาน (Bridge Name) _____ ชนิดโครงสร้าง (structure type) DECK อายุ ☐ <20ปี ☐ >20ปี

ตำแหน่งบนสะพาน (Location) _____ ชนิดโครงสร้างสะพาน(Bridge type) ☐RC slab ☒ PC Girder

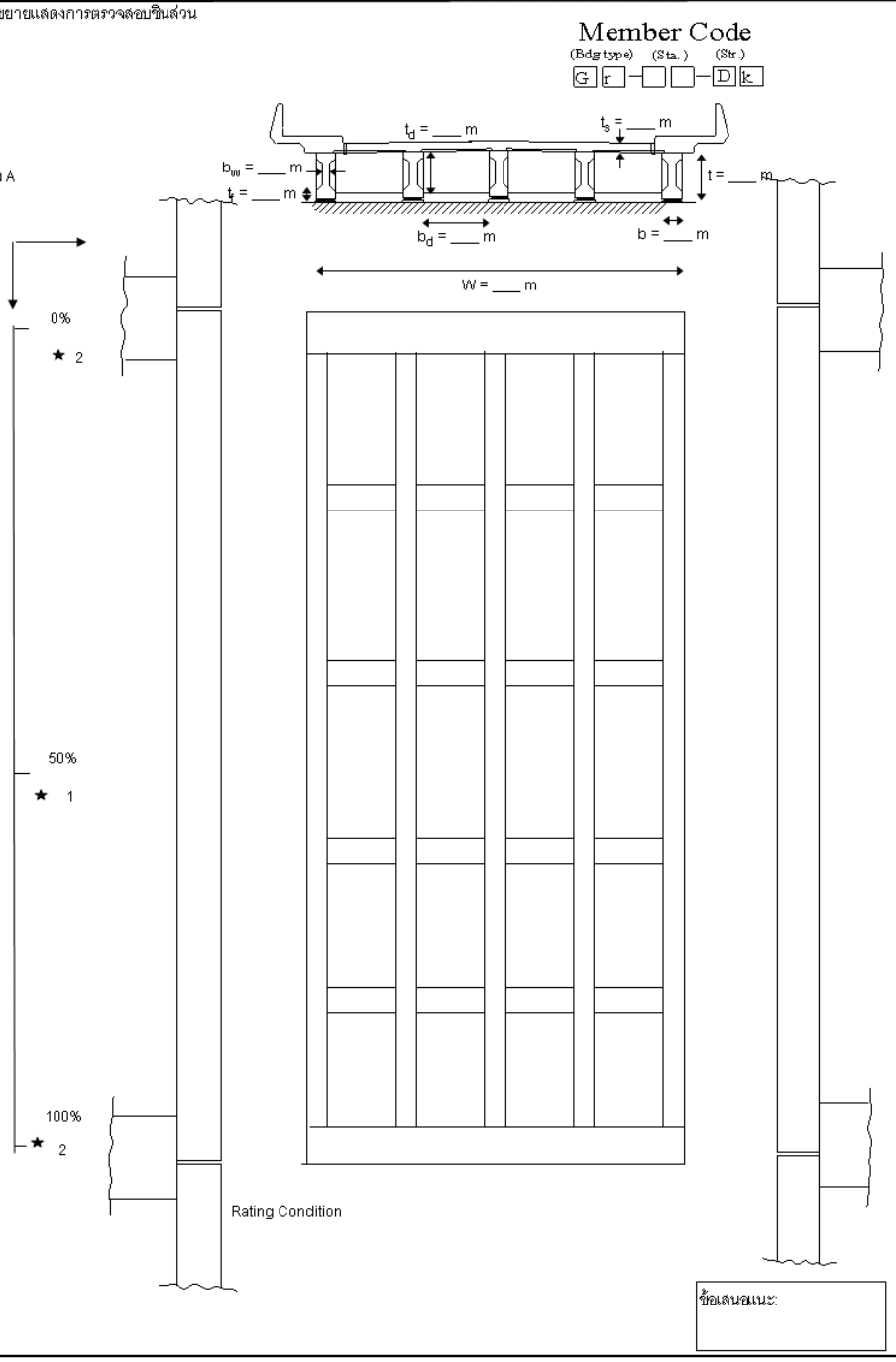
สถานที่ตั้ง (Approach side) _____ ☐ PC Plank girder ☐ PC Box Girder ☐PC Multi Beam ☐ther

ชื่อผู้ตรวจสอบ (Inspector) _____ วันที่ทำการตรวจวัด (Date) _____

เวลาทำการตรวจวัด (Time) _____

หมายเหตุ _____

รูปขยายแสดงการตรวจสอบชิ้นส่วน



Picture Folder : Picture File Name :

รูปที่ 4-17 ตัวอย่างแบบฟอร์มสำหรับตรวจสอบพื้นสะพานชนิดคานคอนกรีตอัดแรง

4.2 คานตามยาว (Girder)

4.2.1 รูปแบบความเสียหายของคานตามยาว

- รอยแตก (Cracking)

ในกรณีที่เป็นคานคอนกรีตจะสามารถเกิดการแตกร้าวได้ โดยรอยแตกในคานตามขวางมีอยู่ 2 ประเภท คือ รอยแตกเชิงโครงสร้าง และรอยแตกที่ไม่ใช่รอยแตกเชิงโครงสร้าง

รอยแตกเชิงโครงสร้าง (Structural Cracks)

มีสาเหตุมาจาก Stresses ที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกคงที่ (Dead load) และน้ำหนักบรรทุกจร (Live Load) และถูกแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ดังรูปที่ 4-18

- รอยแตกจากการดัด (Flexure Cracks) จะมีลักษณะอยู่ในแนวดิ่ง (Vertical) ดังรูปที่ 4-19 และเริ่มแตกจากบริเวณที่เกิดแรงดึงสูงสุด (Maximum Tension Zone) หรือเกิดโมเมนต์สูงสุด (Maximum Moment Trussing) แล้วแผ่ไปยังส่วนที่เกิดแรงอัด (Compression Zone) ณ จุดกึ่งกลางช่วงของชิ้นส่วน จะพบรอยแตกจากการดัดได้ที่ด้านล่างของชิ้นส่วนซึ่งเป็นส่วนถูกดัด หรือ มี Flexure Stresses สูงสุด ถ้าเป็น Continuous Member ก็ให้ตรวจสอบด้านบนของ ชิ้นส่วน ที่อยู่ด้านบนของ Pier

- รอยแตกจากการเฉือน (Shear Cracks) เป็นรอยแตกในแนวเฉียง

  ที่มักจะเกิดขึ้นที่เอวคาน (Web) โดยปกติแล้ว จะพบรอยแตกนี้ได้ที่บริเวณใกล้กับ แผ่นรองสะพาน (Bearing) และรอยแตกจะเริ่มที่ด้านล่างของ ชิ้นส่วน นั้นและขยายต่อในแนวเฉียงไปยังด้านบนของชิ้นส่วน ดังรูปที่ 4-20

รอยแตกที่ไม่ใช่รอยแตกเชิงโครงสร้าง (Non Structural Cracks) จะถูกแยกออกเป็น 3 ชนิด คือ

- รอยแตกเนื่องจากอุณหภูมิ (Temperature Cracks) ทำให้เกิดการขยายตัวและหดตัวของคอนกรีต

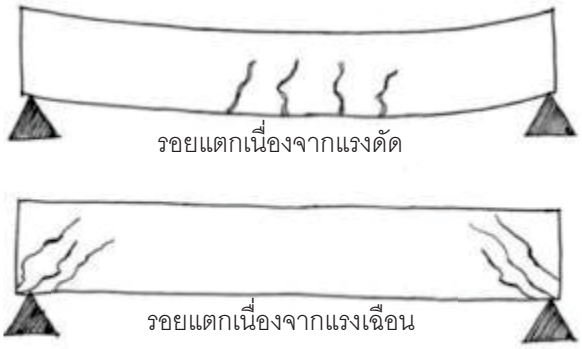
- รอยแตกเนื่องจากการหดตัว (Shrinkage Cracks) เกิดจากการหดตัวของคอนกรีตเนื่องมาจากขั้นตอนการบ่มคอนกรีต (Curing)

- รอยแตกเนื่องจากคอนกรีตหลา (Mass Concrete Cracks) เกิดขึ้นเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิภายในและภายนอก (Temperature Gradient) มีมากเกินไปในเนื้อคอนกรีต ซึ่งมีปริมาณสูงขึ้นทันทีหลังจากการเทคอนกรีต หรือเป็นระยะเวลาหนึ่งหลังจากนั้น

- การหลุดแซะ (Scaling)
- การเกิดรูพรุนเหมือนรังผึ้ง (Honeycombing)

- การสึกกร่อน (Abrasion)
- การหลุดล่อน (Spalling)
- การแอ่นตัวมากกว่าปกติ (Excessive Deflection)
- ความเสียหายที่เกิดจากการถูกชน (Collision Damage)

ดังแสดงในรูปที่ 4-21 และรูปที่ 4-22



รูปที่ 4-18 ชนิดของรอยแตก

รูปที่ 4-19 รอยแตกจากการดัด (Flexure Cracks)

รูปที่ 4-20 รอยแตกจากแรงเฉือนใกล้แผ่นรองรับคาน

รูปที่ 4-21 การเกิดหลุดล่อน

รูปที่ 4-22 การเกิดคราบเกลือที่ไหลมาตามน้ำ

4.2.2 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของคานตามยาว

ตารางที่ 4-5 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของคานตามยาว

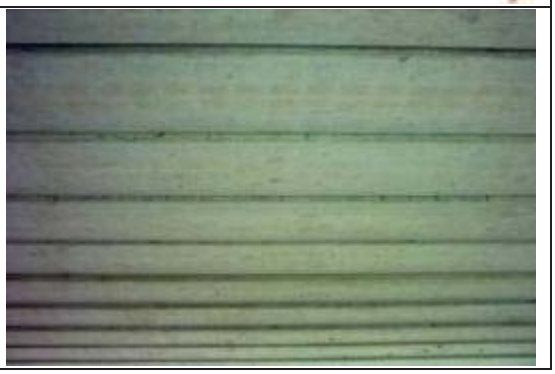
ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพคานตามยาว	
		ความเสียหาย	เงื่อนไขและรายละเอียด
5	ดีมาก	- สภาพผิวใหม่ ไม่มีความเสียหาย	-
4	ดีพอใช้	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนเล็กน้อย	- ปูนทรายหลุดล่อน มองไม่เห็นผิวหิน
		- คอนกรีตมีโพรงขนาดเล็ก	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนเล็กน้อย	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- รอยแตกเนื่องจากการหดตัว	-
		- รอยแตกลายงาที่ผิว (Map Cracks)	-
		- รอยแตกแบบ Hairline	- ความกว้าง <1.6 mm (RC) และ <0.10 mm สำหรับคอนกรีตอัดแรง (PC)
		- มีรอยคราบน้ำเล็กน้อย	-
		- สามารถสังเกตเห็น Tie Rod ได้	- ยังอยู่ในสภาพดี (Multi-Beam หรือ Box Girder)
		- ผิวด้านหน้าเป็นสนิม เกิดรอยบุ๋มหรือมีการกัดกร่อนจนเป็นหลุมหรือมีการบวมน้ำนูนขึ้น	- โครงสร้างเหล็ก
		- เกิดรอยร้าวที่รอยเชื่อมหรือสลักเริ่มแตกหัก	- โครงสร้างเหล็ก
		- มีหลุมกระจายอยู่บนพื้นบ้างเล็กน้อย และอาจเกิดรอยร้าวของวัสดุผิวทาง (ถ้ามี)	- โครงสร้างเหล็ก
3	พอใช้	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะปานกลาง	- ปูนทรายหลุดล่อน 5-10 mm มองเห็นผิวหิน และบางแห่งเห็นเม็ดหิน
		- คอนกรีตมีโพรงขนาดเล็กหลายจุดหรือโพรงขนาดใหญ่	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนเล็กน้อยหลายจุดหรือเป็นบริเวณกว้าง	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- รอยแตกเนื่องจากการหดตัวหลายจุด	-
		- รอยแตกลายงาที่ผิว (Map Cracks) บริเวณกว้าง	-

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพคานตามยาว	
		ความเสียหาย	เงื่อนไขและรายละเอียด
		- รอยแตกขนาดเล็ก (อาจเกิดพร้อมขี้เกลือ คราบน้ำ และ/หรือ สนิม)	- ความกว้าง 1.6–3.2 mm (RC) และ 0.10-0.23 mm สำหรับคอนกรีตอัดแรง (PC)
		- รอยแตกหรือบิ่นจากการชนลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- มีรอยคราบน้ำในปริมาณมาก พบคราบเกลือ	-
		- Tie Rod เป็นสนิมหรือได้รับความเสียหาย	-
		- คอนกรีตเสียหายถึงเหล็กเสริม ในตำแหน่งที่ไม่มีผลต่อกำลังของโครงสร้าง (อาจมีสนิมเหล็ก)	-(Multi-Beam หรือ Box Girder)
		- เกิดการกัดกร่อนบ้างเล็กน้อย ผิวหน้าเป็นหลุมอย่างเห็นได้ชัดแต่ไม่มาก เกิดรอยแตกร้าวหรือเสียรูปในชิ้นส่วนเหล็ก ไม่มีผลต่อความสามารถรับกำลังของชิ้นส่วนเหล็กได้	- โครงสร้างเหล็ก
		- เกิดหลุมที่พื้นของแผ่นเหล็กเป็นวงกว้างอย่างเห็นได้ชัด และเกิดรอยร้าวของวัสดุผิวทาง (ถ้ามี)	- โครงสร้างเหล็ก
		- การเชื่อมต่อหลายบริเวณพัง	- โครงสร้างเหล็ก
2	ชำรุด	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะรุนแรง	- ปูนทรายหลุดล่อน 10-20 mm เม็ดหินหลุดล่อน
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	- ลึกถึงระดับเหล็กเสริม
		- รอยแตกขนาดกลาง (อาจเกิดพร้อมขี้เกลือ คราบน้ำ และ/หรือ สนิม) - รอยแตกเนื่องจากเหล็กเสริมเป็นสนิม	- ความกว้าง 0.25-0.76 mm สำหรับคอนกรีตอัดแรง (PC)
		- เหล็กเสริมเป็นสนิม	-
		- สามารถเห็นลวดอัดแรงได้บางส่วน	- โครงสร้างคอนกรีตอัดแรง
		- Tie Rod หลวมหรือหลุดออก	- (Multi-Beam หรือ Box Girder)
		- ปลายพื้นเลื่อนออกจากตำแหน่งหรือมีพื้นที่วางอยู่บนฐานรองรับน้อยผิดปกติ	-
		- สามารถเห็นการแอ่นตัวได้ด้วยตาเปล่า	-

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพคานตามยาว	
		ความเสียหาย	เงื่อนไขและรายละเอียด
		- เกิดการกัดกร่อนมาก ผิวหน้าเป็นหลุมอย่างเห็นได้ชัดจำนวนมาก	- โครงสร้างเหล็ก
		- การเชื่อมต่อหลายบริเวณพัง	- โครงสร้างเหล็ก
		- หน้าตัดของแผ่นพื้นเสียหาย	- โครงสร้างเหล็ก
		- เกิดรอยร้าว หรือเกิดหลุมในแผ่นพื้น วัสดุผิวทางพังเสียหาย ไม่มีผลต่อความสามารถรับกำลังของชิ้นส่วนเหล็กได้	- โครงสร้างเหล็ก
1	วิกฤต	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะรุนแรงมาก	- ปูนทรายหลุดล่อนลึก > 20 mm เม็ดหินหลุดล่อนเป็นหลุมลึก
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมหลายจุดหรือเป็นบริเวณกว้าง	- ลึกถึงระดับเหล็กเสริม
		- รอยแตกขนาดใหญ่ (อาจเกิดพร้อมขี้เกลือคราบน้ำ และ/หรือ สนิม) - รอยแตกขนาดใหญ่เนื่องจากเหล็กเสริมเป็นสนิม	- ความกว้าง >0.76 mm สำหรับคอนกรีตอัดแรง (PC)
		- รอยแตกเนื่องจากแรงเฉือนหรือแรงดัดที่มีความเสียหายที่มีผลต่อกำลังของโครงสร้าง	- รอยแตกทุกขนาด
		- เหล็กเสริมเป็นสนิมหรือได้รับความเสียหายอย่างมาก	-
		- สามารถสังเกตเห็นลวดอัดแรงได้เป็นจำนวนมาก	- โครงสร้างคอนกรีตอัดแรง
		- พบการแอ่นตัวที่มากผิดปกติ	-
		- ปลายแผ่นพื้นมีแนวโน้มเลื่อนหลุดออกจากฐานรองรับ	- โครงสร้างเหล็ก
		- เกิดการกัดกร่อนขั้นรุนแรง	- โครงสร้างเหล็ก
		- การเชื่อมต่อหลายบริเวณพัง รอยเชื่อมไม่สามารถรับกำลังของชิ้นส่วนเหล็กได้ วัสดุผิวทางพังเสียหาย	- โครงสร้างเหล็ก
		- หน้าตัดของแผ่นพื้นเสียหาย เกิดรอยร้าว มีการเปลี่ยนรูป หรือเกิดหลุมในแผ่นพื้น	- โครงสร้างเหล็ก
0	วิบัติ	- ชำรุดเสียหายมาก ต้องทุบและสร้างใหม่	-

4.2.3 การจัดลำดับความเสียหายของคานตามยาว

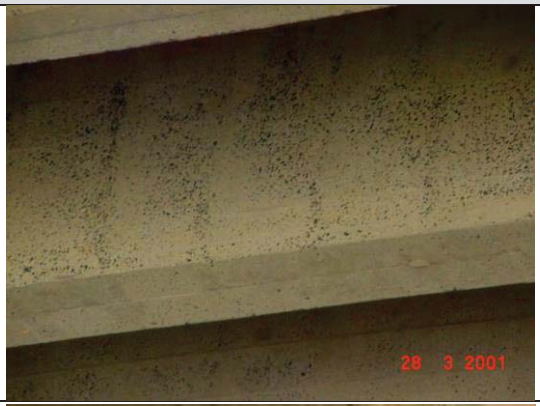
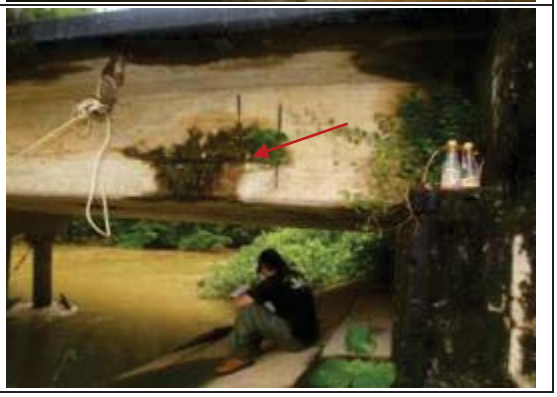
ตารางที่ 4-6 ตัวอย่างการจัดลำดับความเสียหายของคานตามยาว

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
5	- โครงสร้างอยู่ในสภาพดีหรือใหม่	
5	- โครงสร้างอยู่ในสภาพดีหรือใหม่	
5	- โครงสร้างอยู่ในสภาพดีหรือใหม่	
5	- โครงสร้างอยู่ในสภาพดีหรือใหม่ (Plank Girder)	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
5	- โครงสร้างอยู่ในสภาพดี (Prestressed)	
5	- โครงสร้างอยู่ในสภาพดี	
4	- พบการเกิดขี้เกลือ	
4	- พบการเกิดขี้เกลือ	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
4	- พบการเกิดขี้เกลือ	
4	- มีคราบน้ำ	
4	- คอนกรีตสึกกร่อนเล็กน้อย	
4	- คอนกรีตสึกกร่อนเล็กน้อย	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
4	- ปูนทรายบริเวณผิวคอนกรีตมีการหลุดล่อนเล็กน้อย แต่มองไม่เห็นเหล็กเสริมกินพื้นที่บริเวณแคบๆ	
4	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนเล็กน้อย กินพื้นที่บริเวณแคบๆ(ลึกไม่ถึงเหล็กเสริม)	
4	- พบรอยแตกเล็กน้อย แต่ไม่มีผลต่อการสึกกร่อนและเสื่อมสภาพของโครงสร้าง (Prestressed)	
4	- พบรอยแตกเล็กน้อย แต่ไม่มีผลต่อการสึกกร่อนและเสื่อมสภาพของโครงสร้าง (Prestressed)	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
4	- มีรอยแตกร้าวเล็กน้อย	
4	- โพรงขนาดเล็กลึกไม่ถึงเหล็กเสริม (Plank Girder)	
4	- ปูนทรายบริเวณผิวคอนกรีตมีการหลุดล่อนเล็กน้อย แต่มองไม่เห็นเหล็กเสริมกินพื้นที่บริเวณแคบๆ(Plank Girder)	
3	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมที่เป็นสนิม และมีคราบน้ำ	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
3	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมที่เป็นสนิม	
3	- คอนกรีตแตกร้าวเป็นทางยาว	
3	- พบคราบขี้เกลือ และคอนกรีตสึกกร่อน	
3	- พบการเกิดขี้เกลือ และคอนกรีตสึกกร่อน	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
3	- พบการเกิดขี้เกลือและคอนกรีตหลุดล่อน	
3	- คอนกรีตหลุดล่อนเป็นบริเวณกว้าง ลึกไม่ถึงเหล็กเสริม	
3	- รอยแตกขนาดเล็กเกิดขึ้นพร้อมขี้เกลือและคราบน้ำ (ขนาดความกว้างอยู่ระหว่าง 1.06-3.2 มิลลิเมตร)	
3	- รอยแตกหรือบิ่นลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
3	- มีรอยแตก และหลุดล่อน มีการกัดกร่อนแต่ไม่มีผลต่อการรับน้ำหนักของโครงสร้าง (Prestressed)	
3	- มีรอยแตก (Prestressed)	
3	- มีการแตกร้าวและหลุดล่อน	
3	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
3	- มีการแตกร้าวและหลุดล่อน	
2	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมที่เป็นสนิม	
2	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมที่เป็นสนิม	
2	- รอยแตกเนื่องจากแรงเฉือนหรือแรงดัด	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
2	- คอนกรีตเสียหายถึงเหล็กเสริมอัดแรง	
2	- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	
2	- รอยแตกขนาดใหญ่ (อาจเกิดขึ้นพร้อมขี้เกลือ คราบน้ำ หรือสนิม)	
2	- มีรอยแยกแตกของการยึดรั้งระหว่างคาน (Prestressed)	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
2	- คอนกรีตหลุดแยกออกมาเป็นแผ่น มีรอยแตกร้าวและหลุดล่อน	
2	- มีการหลุดล่อนที่ขอบด้านใต้ของคาน มีการกัดกร่อนจนเห็นเหล็กเสริม	
2	- มีรอยแตกร้าวในแนวทแยงมุมใกล้กับฐานรองรับ	
2	- มีรอยร้าวที่เกิดจากการดัด ขนาด 0.5 ถึง 1 มม. ที่กึ่งกลางคาน	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
2	- มีรอยแตกร้าวในแนวทแยงมุมใกล้กับฐานรองรับและใกล้กับบริเวณรอยต่อ	
1	- รอยแตกเนื่องจากแรงเฉือน หรือแรงดัด	
1	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อน สาเหตุเกิดจากการขัดสี	
1	- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนถึงลวดเสริมอัดแรงเป็นบริเวณกว้าง สาเหตุเกิดจากการขัดสี	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
1	- เกิดรอยร้าวขนาดใหญ่กว้างมากกว่า 0.76 มิลลิเมตร	
1	- คอนกรีตแตกร้าวเห็นถึงเหล็กเสริม	
1	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมที่เป็นสนิมหลายจุด	
1	- มีรอยแตก หลุดล่อน มีการกัดกร่อน มีการแยก มีผลกระทบต่อการรับน้ำหนัก (Prestressed)	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
1	- มีการหลุดล่อน บริเวณลวดอัดแรงมีการกัดกร่อน (Prestressed)	
1	- มีรอยแตก หลุดล่อน มีการกัดกร่อน มีการแยก มีผลกระทบต่อการรับน้ำหนัก (Prestressed)	
1	- มีรอยแตกตามแนวยาว มีการหลุดล่อน มีการแยกตัวของลวด (Prestressed)	
1	- คอนกรีตหลุดแยกออกเป็นแผ่น มีการหลุดล่อนและกัดกร่อนจนเห็นเหล็กเสริม	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
0	- โครงสร้างวิบัติจนไม่สามารถใช้การได้	
0	- โครงสร้างวิบัติจนไม่สามารถใช้การได้	
0	- คอนกรีตหลุดล่อนเห็นถึงเหล็กเสริมจำนวนมาก โครงสร้างวิบัติจนไม่สามารถใช้การได้	
0	- คอนกรีตหลุดล่อนเห็นถึงเหล็กเสริมจำนวนมาก โครงสร้างวิบัติจนไม่สามารถใช้การได้	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
0	- คอนกรีตหลุดล่อนเห็นถึงเหล็กเสริมจำนวนมาก โครงสร้างวิบัติจนไม่สามารถใช้การได้	
0	- โครงสร้างวิบัติจนไม่สามารถใช้การได้	

4.2.4 แบบฟอร์มการตรวจสอบคานตามยาว

แบบบันทึกการสำรวจสภาพและความเสียหายของสะพาน

การตรวจสอบคานตามยาว

รหัสสะพาน .....

แผ่นที่ ..... / .....

รหัสองค์ประกอบสะพาน .....

กลุ่ม .....ผู้บันทึก .....

วันที่ .....เวลา.....

ความกว้าง .....เมตร ความยาว .....เมตร ความหนา .....เมตร

อื่นๆ .....

ระดับสภาพการใช้งาน		ลักษณะความเสียหายที่พบ
คานตามยาว		
5	☐	ไม่พบความเสียหาย
4	☐	หลุดล่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) เป็นบริเวณแคบ
	☐	พบรอยแตกขนาดเล็ก
	☐	มีคราบน้ำ
3	☐	หลุดล่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) เป็นบริเวณกว้าง แต่ไม่เห็นเหล็กเสริม
	☐	พบรอยแตกขนาดเล็กกระจายเป็นบริเวณกว้าง
2	☐	หลุดล่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) จนเห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย
	☐	พบรอยแตกขนาดเล็กตามแนวกึ่งกลางช่วงความยาวหรือใกล้เสาตอม่อ
	☐	ส่วนของคานสะพานวางอยู่บนแผ่นรองรับ หรือคานขวางน้อย
	☐	มีการแอ่นตัวพอที่จะสังเกตได้ด้วยตาเปล่า
1	☐	หลุดล่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) จนเห็นเหล็กเสริมเป็นบริเวณกว้าง หรือเห็นลวดอัดแรง
	☐	พบรอยแตกขนาดใหญ่หรือรอยแตกที่มีความลึกมาก ที่บริเวณกึ่งกลางช่วงความยาวหรือใกล้เสาตอม่อ
	☐	ส่วนของคานสะพานวางอยู่บนแผ่นรองรับ หรือคานขวางน้อยมากจนอาจเกิดอันตราย
	☐	มีการแอ่นตัวมาก
0	☐	มีการพังทลาย หรือไม่สามารถใช้งานได้

รูปวาดประกอบการบันทึก

ความคิดเห็นเพิ่มเติม .....

รูปที่ 4-23 แบบบันทึกการสำรวจสภาพและความเสียหายของคานตามยาว

4.3 ค้ำยันคานตามยาว (Diaphragm)

4.3.1 รูปแบบความเสียหายของค้ำยันคานตามยาว

- รอยแตก (Cracking)
- การสึกกร่อน (Abrasion)
- การสึกร่อนจากสนิมในเหล็ก (Reinforcing Steel Corrosion)
- การหลุดแยกออกเป็นแผ่นๆ (Delamination)

ดังแสดงในรูปที่ 4-24 และรูปที่ 4-25

รูปที่ 4-24 มีน้ำซึมระหว่างรอยต่อ

รูปที่ 4-25 ผิวคอนกรีตสึกกร่อน

4.3.2 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของค้ำยันคานตามยาว

ตารางที่ 4-7 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของค้ำยันคานตามยาว

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพค้ำยันคานตามขวาง	
		ความเสียหาย	เงื่อนไขและรายละเอียด
5	ดีมาก	- สภาพผิวใหม่ ไม่มีความเสียหาย	-
4	ดีพอใช้	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนเล็กน้อย	- ปูนทรายหลุดล่อน มองไม่เห็นผิวหิน
		- คอนกรีตมีโพรงขนาดเล็ก	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนเล็กน้อย	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- รอยแตกเนื่องจากการหดตัว	-
		- รอยแตกลายงาที่ผิว (Map Cracks)	-
		- รอยแตกแบบ Hairline	- ความกว้าง <1.6 mm (RC)
		- ผิวด้านหน้าเป็นสนิม เกิดรอยบุ๋มหรือมี	- โครงสร้างเหล็ก

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพค้ำยันคานตามขวาง	
		ความเสียหาย	เงื่อนไขและรายละเอียด
		การกัดกร่อนเป็นหลุมหรือมีการบวมน้ำ	
		- มีรอยคราบน้ำเล็กน้อย	-
		- เกิดรอยร้าวที่รอยเชื่อมหรือสลักเริ่มแตกหัก	- โครงสร้างเหล็ก
		- มีหลุมกระจายอยู่บนพื้นบ้างเล็กน้อย และอาจเกิดรอยร้าวของวัสดุผิวทาง (ถ้ามี)	- โครงสร้างเหล็ก
3	พอใช้	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะปานกลาง	- ปูนทรายหลุดล่อน 5-10 mm มองเห็นผิวหิน และบางแห่งเห็นเม็ดหิน
		- คอนกรีตมีโพรงขนาดเล็กหลายจุดหรือโพรงขนาดใหญ่	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนเล็กน้อยหลายจุดหรือเป็นบริเวณกว้าง	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- รอยแตกเนื่องจากการหดตัวหลายจุด	-
		- รอยแตกลายงาที่ผิว (Map Cracks) บริเวณกว้าง	-
		- รอยแตกขนาดเล็ก (อาจเกิดพร้อมขี้เกลือ คราบน้ำ และ/หรือ สนิม)	- ความกว้าง 1.6–3.2 mm (RC)
		- มีรอยคราบน้ำในปริมาณมาก พบคราบเกลือ	-
		- Tie Rod เป็นสนิมหรือได้รับความเสียหาย	-
		- คอนกรีตเสียหายถึงเหล็กเสริม ในตำแหน่งที่ไม่มีผลต่อกำลังของโครงสร้าง (อาจมีสนิมเหล็ก)	-(Multi-Beam หรือ Box Girder)
		- เกิดการกัดกร่อนบ้างเล็กน้อย ผิวหน้าเป็นหลุมอย่างเห็นได้ชัดแต่ไม่มาก เกิดรอยแตกร้าวหรือเสียรูปในชิ้นส่วนเหล็ก ไม่มีผลต่อความสามารถรับกำลังของชิ้นส่วนเหล็กได้	- โครงสร้างเหล็ก
		- เกิดหลุมที่พื้นของแผ่นเหล็กเป็นวงกว้างอย่างเห็นได้ชัด และเกิดรอยร้าวของวัสดุผิวทาง (ถ้ามี)	- โครงสร้างเหล็ก

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพค้ำยันคานตามขวาง	
		ความเสียหาย	เงื่อนไขและรายละเอียด
		- การเชื่อมต่อหลายบริเวณพัง	- โครงสร้างเหล็ก
2	ชำรุด	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะรุนแรง	- ปูนทรายหลุดล่อน 10-20 mm เม็ดหินหลุดล่อน
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	- ลึกถึงระดับเหล็กเสริม
		- รอยแตกขนาดกลาง (อาจเกิดพร้อมขี้เกลือ คราบน้ำ และ/หรือ สนิม) - รอยแตกเนื่องจากเหล็กเสริมเป็นสนิม	- ความกว้าง 3.2–4.8 mm (RC)
		- เหล็กเสริมเป็นสนิม	-
		- สามารถเห็นการแอ่นตัวได้ด้วยตาเปล่า	-
		- เกิดการกัดกร่อนมาก ผิวหน้าเป็นหลุมอย่างเห็นได้ชัดจำนวนมาก	- โครงสร้างเหล็ก
		- การเชื่อมต่อหลายบริเวณพัง	- โครงสร้างเหล็ก
		- หน้าตัดเสียหาย	- โครงสร้างเหล็ก
		- เกิดรอยร้าว หรือเกิดหลุมในแผ่นพื้น วัสดุผิวทางพังเสียหาย ไม่มีผลต่อความสามารถรับกำลังของชิ้นส่วนเหล็กได้	- โครงสร้างเหล็ก
1	วิกฤต	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะรุนแรงมาก	- ปูนทรายหลุดล่อนลึก > 20 mm เม็ดหินหลุดล่อนเป็นหลุมลึก
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมหลายจุดหรือเป็นบริเวณกว้าง	- ลึกถึงระดับเหล็กเสริม
		- รอยแตกขนาดใหญ่ (อาจเกิดพร้อมขี้เกลือ คราบน้ำ และ/หรือ สนิม) - รอยแตกขนาดใหญ่เนื่องจากเหล็กเสริมเป็นสนิม	- ความกว้าง >4.8 mm (RC)
		- รอยแตกเนื่องจากแรงเฉือนหรือแรงดัดที่มีความเสียหายที่มีผลต่อกำลังของโครงสร้าง	- รอยแตกทุกขนาด
		- เหล็กเสริมเป็นสนิมหรือได้รับความเสียหายอย่างมาก	-
		- พบการแอ่นตัวที่มากผิดปกติ	-
		- ปลายแผ่นพื้นมีแนวโน้มเลื่อนหลุดออกจากฐานรองรับ	- โครงสร้างเหล็ก

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพค้ำยันคานตามขวาง	
		ความเสียหาย	เงื่อนไขและรายละเอียด
		- เกิดการกัดกร่อนขั้นรุนแรง	- โครงสร้างเหล็ก
		- การเชื่อมต่อหลายบริเวณพัง รอยเชื่อมไม่สามารถรับกำลังของชิ้นส่วนเหล็กได้ วัสดุผิวทางพังเสียหาย	- โครงสร้างเหล็ก
		- หน้าตัดของแผ่นพื้นเสียหาย เกิดรอยร้าว มีการเปลี่ยนรูป หรือเกิดหลุมในแผ่นพื้น	- โครงสร้างเหล็ก
0	วิบัติ	- สภาพชำรุดเสียหายมาก ต้องทุบโครงสร้างทิ้งและก่อสร้างใหม่	-

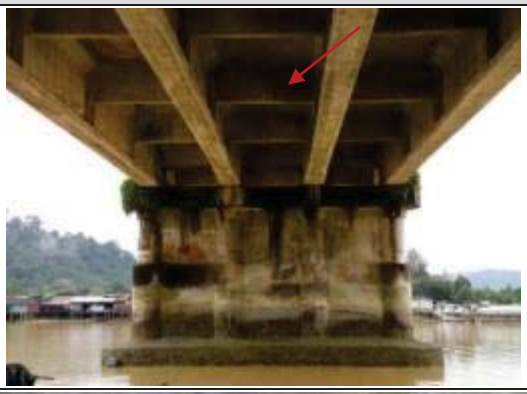
4.3.3 การจัดลำดับความเสียหายของค้ำยันคานตามยาว

ตารางที่ 4-8 ตัวอย่างการจัดลำดับความเสียหายของค้ำยันคานตามยาว

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
5	- โครงสร้างอยู่ในสภาพดี	
5	- โครงสร้างอยู่ในสภาพดีหรือใหม่	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
4	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนเล็กน้อย	
4	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนเล็กน้อย	
4	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนเล็กน้อย	
4	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนเล็กน้อย	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
4	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนเล็กน้อย	
4	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนเล็กน้อย	
4	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนเล็กน้อย	
4	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนเล็กน้อย	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
4	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนเล็กน้อย	
4	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนเล็กน้อย	
4	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนเล็กน้อย	
4	- มีน้ำซึมผ่านบริเวณรอยเชื่อมต่อระหว่างคาน	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
4	- มีรอยร้าว	
2	- มีการหลุดล่อนจนเห็นเหล็กเสริม	

4.3.4 แบบฟอร์มการตรวจสอบค้ำยันคานตามยาว

แบบบันทึกการสำรวจสภาพและความเสียหายของสะพาน

การตรวจสอบค้ำยันคานตามยาว

รหัสสะพาน .....

แผ่นที่ ..... / .....

รหัสองค์ประกอบสะพาน .....

กลุ่ม .....ผู้บันทึก .....

วันที่ .....เวลา.....

ความกว้าง .....เมตร ความยาว .....เมตร ความหนา .....เมตร

อื่นๆ .....

ระดับสภาพการใช้งาน		ลักษณะความเสียหายที่พบ
ค้ำยันคานตามยาว		
5	☐	ไม่พบความเสียหาย
4	☐	หลุดล่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) เป็นบริเวณแคบ
	☐	พบรอยแตกขนาดเล็ก
	☐	มีคราบน้ำ
3	☐	หลุดล่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) เป็นบริเวณกว้าง แต่ไม่เห็นเหล็กเสริม
	☐	พบรอยแตกขนาดเล็กกระจายเป็นบริเวณกว้าง
2	☐	หลุดล่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) จนเห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย
	☐	พบรอยแตกขนาดเล็กตามแนวกึ่งกลางช่วงความยาวหรือใกล้เสาตอม่อ
	☐	ส่วนของคานสะพานวางอยู่บนแผ่นรองรับ หรือคานขวางน้อย
	☐	มีการแอ่นตัวพอที่จะสังเกตได้ด้วยตาเปล่า
1	☐	หลุดล่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) จนเห็นเหล็กเสริมเป็นบริเวณกว้าง หรือเห็นลวดอัดแรง
	☐	พบรอยแตกขนาดใหญ่หรือรอยแตกที่มีความลึกมาก ที่บริเวณกึ่งกลางช่วงความยาวหรือใกล้เสาตอม่อ
	☐	ส่วนของคานสะพานวางอยู่บนแผ่นรองรับ หรือคานขวางน้อยมากจนอาจเกิดอันตราย
	☐	มีการแอ่นตัวมาก
0	☐	มีการพังทลาย หรือไม่สามารถใช้งานได้

รูปวาดประกอบการบันทึก

ความคิดเห็นเพิ่มเติม .....

รูปที่ 4-26 แบบบันทึกการสำรวจสภาพและความเสียหายของค้ำยันคานตามยาว

4.4 คานรัดหัวเสา (Cap Beam)

4.4.1 รูปแบบความเสียหายของคานรัดหัวเสา

- การเกิดรอยขี้เกลือ (Efflorescence)
- การเกิดรูพรุนเหมือนรังผึ้ง (Honeycombing)
- การสึกกร่อน (Abrasion)
- การสึกร่อนจากสนิมในเหล็ก(Reinforcing Steel Corrosion)
- ความเสียหายที่เกิดจากการถูกชน (Collision Damage)
- รอยแตก (Crack)

ดังแสดงในรูปที่ 4-27 ถึงรูปที่ 4-30

รูปที่ 4-27 หลุดล่อนบริเวณคานรัดหัวเสา

รูปที่ 4-28 สภาพการแตกร้าวของคานรัดหัวเสา

รูปที่ 4-29 มีคราบน้ำและขี้เกลือ

รูปที่ 4-30 มีรูพรุนเหมือนรังผึ้ง

4.4.2 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของคานรัดหัวเสา

ตารางที่ 4-9 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของคานรัดหัวเสา

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพคานรัดหัวเสา	
		ความเสียหาย	เงื่อนไขและรายละเอียด
5	ดีมาก	- สภาพผิวใหม่ ไม่มีความเสียหาย	-
4	ดีพอใช้	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนเล็กน้อย	- ปูนทรายหลุดล่อน มองไม่เห็นผิวหิน
		- คอนกรีตมีโพรงขนาดเล็ก	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนเล็กน้อย	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- รอยแตกเนื่องจากการหดตัว	-
		- รอยแตกลายงาที่ผิว (Map Cracks)	-
		- รอยแตกแบบ Hairline	- ความกว้าง <1.6 mm (RC) และ <0.10 mm สำหรับคอนกรีตอัดแรง (PC)
3	พอใช้	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะปานกลาง	- ปูนทรายหลุดล่อน 5-10 mm มองเห็นผิวหิน และบางแห่งเห็นเม็ดหิน
		- คอนกรีตมีโพรงขนาดเล็กหลายจุดหรือโพรงขนาดใหญ่	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนเล็กน้อยหลายจุดหรือเป็นบริเวณกว้าง	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- รอยแตกเนื่องจากการหดตัวหลายจุด	-
		- รอยแตกลายงาที่ผิว (Map Cracks) บริเวณกว้าง	-
		- รอยแตกขนาดเล็ก (อาจเกิดพร้อมขี้เกลือ คราบน้ำ และ/หรือ สนิม)	- ความกว้าง 1.6–3.2 mm (RC) และ 0.10-0.23 mm สำหรับคอนกรีตอัดแรง (PC)
		- รอยแตกหรือบิ่นจากการชนลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- คอนกรีตเสียหายถึงเหล็กเสริม ในตำแหน่งที่ไม่มีผลต่อกำลังของโครงสร้าง (อาจมีสนิมเหล็ก)	-
2	ชำรุด	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะรุนแรง	- ปูนทรายหลุดล่อน 10-20 mm เม็ดหินหลุดล่อน
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	- ลึกถึงระดับเหล็กเสริม

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพคานรัดหัวเสา	
		ความเสียหาย	เงื่อนไขและรายละเอียด
		- รอยแตกขนาดกลาง (อาจเกิดพร้อมขี้เกลือ คราบน้ำ และ/หรือ สนิม) - รอยแตกเนื่องจากเหล็กเสริมเป็นสนิม	- ความกว้าง 3.2–4.8 mm (RC) และ 0.25-0.76 mm สำหรับคอนกรีตอัดแรง (PC)
		- โครงสร้างเสียหายเนื่องจากการทรุดตัวต่างกันของฐานรากหรือโครงสร้างเคลื่อนตัว	- เฉพาะโครงสร้างส่วนล่าง
1	วิกฤต	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะรุนแรงมาก	- ปูนทรายหลุดล่อนลึก > 20 mm เม็ดหินหลุดล่อนเป็นหลุมลึก
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมหลายจุดหรือเป็นบริเวณกว้าง	- ลึกถึงระดับเหล็กเสริม
		- รอยแตกขนาดใหญ่ (อาจเกิดพร้อมขี้เกลือ คราบน้ำ และ/หรือ สนิม) - รอยแตกขนาดใหญ่เนื่องจากเหล็กเสริมเป็นสนิม	- ความกว้าง >4.8 mm (RC) และ >0.76 mm PC สำหรับคอนกรีตอัดแรง
		- รอยแตกเนื่องจากแรงเฉือนหรือแรงดัด - ความเสียหายที่มีผลต่อกำลังของโครงสร้าง	- รอยแตกทุกขนาด
		- โครงสร้างเสียหายรุนแรงเนื่องจากการทรุดตัวต่างกันของฐานรากหรือโครงสร้างเคลื่อนตัว	- เฉพาะโครงสร้างส่วนล่าง
0	วิบัติ	- สภาพชำรุดเสียหายมาก ต้องทุบโครงสร้างทิ้งและก่อสร้างใหม่	-

4.4.3 การจัดลำดับความเสียหายของคานรัดหัวเสา

ตารางที่ 4-10 ตัวอย่างการจัดลำดับความเสียหายของคานรัดหัวเสา

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
5	- โครงสร้างอยู่ในสภาพดีหรือใหม่	
5	- โครงสร้างอยู่ในสภาพดี	
5	- โครงสร้างอยู่ในสภาพดีหรือใหม่	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
4	- กะเทาะหลุดล่อนเล็กน้อย	
4	- เกิดรอยแตกร้าวในแนวราบด้านล่าง	
4	- กะเทาะหลุดล่อนเล็กน้อย	
4	- กะเทาะหลุดล่อนเล็กน้อย	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
4	- เกิดรอยแตกร้าวในแนวดิ่ง	
3	- แตกร้าวเป็นทางยาวหลายจุด	
3	- กะเทาะหลุดล่อนเป็นบริเวณกว้าง	
3	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมเล็กน้อย	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
3	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมเล็กน้อย	
3	- รอยแตกร้าว และมีคราบน้ำ	
3	- รอยแตกร้าว และมีคราบน้ำ	
3	- รอยแตกขนาดกลางที่ปลายโครงสร้างพร้อมด้วยคราบสกปรก	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
3	- กะเทาะหลุดล่อนเป็นบริเวณกว้าง	
3	- กะเทาะหลุดล่อนเล็กน้อย	
3	- มีคราบน้ำและเกิดรอยแตกร้าว	
3	- มีคราบน้ำและเกิดรอยแตกร้าว	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
3	- เกิดรอยแตกร้าว	
3	- เกิดรอยแตกร้าว	
3	- เกิดรอยแตกร้าว	
3	- เกิดรอยแตกร้าว	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
3	- เกิดรอยแตกร้าว	
3	- เกิดรอยแตกร้าวและมีการซึมผ่านของน้ำ	
3	- เกิดรอยแตกร้าวอย่างเห็นได้ชัด	
3	- เกิดรอยแตกร้าว และเกิดโพรง	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
2	- แตกร้าวถึงเหล็กเสริมที่เป็นสนิม	
2	- คอนกรีตมีโพรงขนาดเล็กหลายจุด หรือโพรงขนาดใหญ่ลึกไม่ถึงเหล็กเสริม	
2	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมที่เป็นสนิมขอบบน	
2	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมที่เป็นสนิมขอบบน	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
2	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	
2	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	
2	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	
2	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมหลายจุด	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
2	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมหลายจุด	
2	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมหลายจุด	
2	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	
2	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมที่เป็นสนิม	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
2	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมที่เป็นสนิม	
2	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมที่เป็นสนิม	
2	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมที่เป็นสนิม	
2	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
2	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	
2	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	
2	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	
2	- มีการหลุดล่อนจนเห็นเหล็กเสริม	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
2	- คอนกรีตมีการสึกกร่อน มีการหลุดแยกออกเป็นเม็ดๆ	
2	- มีการกัดกร่อนจนเห็นเหล็กเสริม	
1	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมเป็นสนิม	
1	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมเป็นสนิมหลายจุด	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
1	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	
1	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	
1	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	
1	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมเป็นบริเวณกว้าง	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
1	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมหลายจุด	
1	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมหลายจุด	
1	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมที่เป็นสนิม	
1	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมหลายจุด	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
1	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมหลายจุด	
1	- กะเทาะหลุดล่อนลึกถึงเหล็กเสริมหลายจุด และกะเทาะหลุดล่อนเป็นบริเวณกว้าง	
1	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมหลายจุด	
1	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมหลายจุด	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
1	- มีการหลุดล่อนจนทำให้เห็นแผ่นรองรับคาน มีการแตกออก	
1	- มีรอยแตกร้าวขนาดใหญ่บริเวณรอบคานรัดหัวเสาซึ่งอาจพังเสียหายได้	
0	- พังทลายหรือทรุดตัว	
0	- เกิดรอยแตกขนาดใหญ่ระหว่างคานรัดหัวเสาและแผ่นรองรับคาน ทำให้ไม่สามารถรับน้ำหนักได้	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
0	- เกิดการหลุดแยกกันระหว่างคอนกรีตบริเวณคานรัดหัวเสากับแผ่นรองรับคาน ทำให้ไม่สามารถรับน้ำหนักได้	

4.4.4 แบบฟอร์มการตรวจสอบคานรัดหัวเสา

แบบบันทึกการสำรวจสภาพและความเสียหายของสะพาน

การตรวจสอบคานรัดหัวเสา

รหัสสะพาน .....

แผ่นที่ ..... / .....

กลุ่ม ..... ผู้บันทึก .....

วันที่ ..... เวลา .....

รหัสองค์ประกอบสะพาน .....

ความกว้าง ..... เมตร ความยาว ..... เมตร ความหนา ..... เมตร

อื่นๆ .....

ระดับสภาพการใช้งาน		ลักษณะความเสียหายที่พบ
<u>คานรัดหัวเสา</u>		
5	☐	ไม่พบความเสียหาย
4	☐	หลุดล่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) เป็นบริเวณแคบ
	☐	พบรอยแตกขนาดเล็ก
	☐	มีคราบน้ำ
3	☐	หลุดล่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) เป็นบริเวณกว้าง แต่ไม่เห็นเหล็กเสริม
	☐	พบรอยแตกขนาดเล็กกระจายเป็นบริเวณกว้าง
	☐	พบรอยแตกตามแนวเหล็กเสริม
2	☐	หลุดล่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) จนเห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย
	☐	พบรอยแตกในแนวดิ่งหรือแนวเฉียง
	☐	มีการแอ่นตัวพอที่จะสังเกตได้ด้วยตาเปล่า
1	☐	หลุดล่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) จนเห็นเหล็กเสริมเป็นบริเวณกว้าง
	☐	พบรอยแตกขนาดใหญ่ในแนวดิ่ง หรือแนวเฉียง ยาวต่อเนื่องตลอดความสูงของคานขวาง
0	☐	มีการพังทลาย หรือไม่สามารถใช้งานได้

รูปวาดประกอบการบันทึก

ความคิดเห็นเพิ่มเติม .....

รูปที่ 4-31 แบบบันทึกการสำรวจสภาพและความเสียหายของคานรัดหัวเสา

4.5 ค้ำยันตอม่อ (Bracing)

4.5.1 รูปแบบความเสียหายของค้ำยันตอม่อ

- การเกิดรูพรุนเหมือนรังผึ้ง (Honeycombing)
- การสึกกร่อน (Abrasion)
- การสูญเสียหน้าตัดของเหล็กเสริม(Reduce Cross-Section)
- ความเสียหายที่เกิดจากการถูกชน (Collision Damage)
- รอยแตก (Crack)

ดังแสดงในรูปที่ 4-32 ถึงรูปที่ 4-34

รูปที่ 4-32 มีการสึกกร่อนจนเห็นเหล็กเสริม

รูปที่ 4-33 มีการแตกร้าวตามแนวยาว

รูปที่ 4-34 มีการหลุดล่อนจนเห็นเหล็กเสริม

4.5.2 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของค้ำยันตอม่อ

ตารางที่ 4-11 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของค้ำยันตอม่อ

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพค้ำยันตอม่อ	
		ความเสียหาย	เงื่อนไขและรายละเอียด
5	ดีมาก	- สภาพผิวใหม่ ไม่มีความเสียหาย	-
4	ดีพอใช้	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนเล็กน้อย	- ปูนทรายหลุดล่อน มองไม่เห็นผิวหิน
		- คอนกรีตมีโพรงขนาดเล็ก	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนเล็กน้อย	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- รอยแตกเนื่องจากการหดตัว	-
		- รอยแตกลายงาที่ผิว (Map Cracks)	-
		- รอยแตกแบบ Hairline	- ความกว้าง <1.6 mm (RC)
		- ผิวด้านหน้าเป็นสนิม ไม่มีการสูญเสียหน้าตัด ชิ้นส่วนเกิดการเปลี่ยนรูปแต่ไม่มีผลกระทบต่อชิ้นส่วน	- โครงสร้างเหล็ก
		- เกิดรอยบุ๋มหรือมีการกัดกร่อนจนเป็นหลุมหรือมีการบวมน้ำนูนขึ้น	- โครงสร้างเหล็ก
		- สลัก/น๊อต ไม่เกิดความเสียหาย	- โครงสร้างเหล็ก
3	พอใช้	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะปานกลาง	- ปูนทรายหลุดล่อน 5-10 mm มองเห็นผิวหิน และเม็ดหิน
		- คอนกรีตมีโพรงขนาดเล็กหลายจุดหรือโพรงขนาดใหญ่	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนเล็กน้อยหลายจุดหรือเป็นบริเวณกว้าง	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- รอยแตกเนื่องจากการหดตัวหลายจุด	-
		- รอยแตกลายงาที่ผิว (Map Cracks) บริเวณกว้าง	-
		- รอยแตกขนาดเล็ก (อาจเกิดพร้อมขี้เกลือ คราบน้ำ และ/หรือ สนิม)	- ความกว้าง 1.6–3.2 mm (RC)
		- รอยแตกหรือบิ่นจากการชนลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- คอนกรีตเสียหายถึงเหล็กเสริม ในตำแหน่งที่ไม่มีผลต่อกำลังของโครงสร้าง	-
		- เกิดรอยบุ๋มหรือมีการกัดกร่อนจนเป็น	- โครงสร้างเหล็ก

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพค้ำยันตอม่อ	
		ความเสียหาย	เงื่อนไขและรายละเอียด
		หลุมหรือมีการบวมน้ำนูนขึ้น สูญเสียหน้าตัดของชิ้นส่วนบางส่วน	
		- สลัก/น็อต เกิดความเสียหายหรือสูญหายบางส่วนซึ่งไม่มีผลต่อความสามารถรับกำลังของชิ้นส่วนเหล็ก	- โครงสร้างเหล็ก
2	ชำรุด	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะรุนแรง	- ปูนทรายหลุดล่อน 10-20 mm เม็ดหินหลุดล่อน
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	- ลึกถึงระดับเหล็กเสริม
		- รอยแตกขนาดกลาง (อาจเกิดพร้อมขี้เกลือ คราบน้ำ และ/หรือ สนิม) - รอยแตกเนื่องจากเหล็กเสริมเป็นสนิม	- ความกว้าง 3.2–4.8 mm (RC)
		- โครงสร้างเสียหายเนื่องจากการทรุดตัวต่างกันของฐานรากหรือโครงสร้างเคลื่อนตัว	- เฉพาะโครงสร้างส่วนล่าง
		- เกิดรอยบุ๋มหรือมีการกัดกร่อนจนเป็นหลุมหรือมีการบวมน้ำนูนขึ้นเป็นบริเวณกว้าง	- โครงสร้างเหล็ก
		- เกิดรอยร้าวบริเวณกว้าง	- โครงสร้างเหล็ก
		- สูญเสียหน้าตัดของชิ้นส่วนบางส่วนในบริเวณที่เห็นได้ชัดแต่ไม่ถึงขั้นรุนแรงที่มีผลต่อโครงสร้าง	- โครงสร้างเหล็ก
1	วิกฤต	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะรุนแรงมาก	- ปูนทรายหลุดล่อนลึก > 20 mm เม็ดหินหลุดล่อนเป็นหลุมลึก
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมหลายจุดหรือเป็นบริเวณกว้าง	- ลึกถึงระดับเหล็กเสริม
		- รอยแตกขนาดใหญ่ (อาจเกิดพร้อมขี้เกลือ คราบน้ำ และ/หรือ สนิม) - รอยแตกขนาดใหญ่เนื่องจากเหล็กเสริมเป็นสนิม	- ความกว้าง >4.8 mm (RC)
		- รอยแตกเนื่องจากแรงเฉือนหรือแรงดัด - ความเสียหายที่มีผลต่อกำลังของโครงสร้าง	- รอยแตกทุกขนาด

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพค้ำยันตอม่อ	
		ความเสียหาย	เงื่อนไขและรายละเอียด
		- โครงสร้างเสียหายรุนแรงเนื่องจากการทรุดตัวต่างกันของฐานรากหรือโครงสร้างเคลื่อนตัว	- เฉพาะโครงสร้างส่วนล่าง
		- สูญเสียหน้าตัดในขั้นรุนแรงมากและมีผลต่อการรับกำลังของชิ้นส่วนหรือโครงสร้างสะพาน	- โครงสร้างเหล็ก
		- เกิดรอยร้าวหรือความเสียหายในชิ้นส่วนเหล็กหรือรอยเชื่อม	- โครงสร้างเหล็ก
		- สลัก/น๊อต พังหรือสูญหายจำนวนมากและมีผลต่อความสามารถรับกำลังของชิ้นส่วนเหล็ก	- โครงสร้างเหล็ก
0	วิบัติ	- สภาพชำรุดเสียหายมาก ต้องทุบโครงสร้างทิ้งและก่อสร้างใหม่	-

4.5.3 การจัดลำดับความเสียหายของค้ำยันตอม่อ

ตารางที่ 4-12 ตัวอย่างการจัดลำดับความเสียหายของค้ำยันตอม่อ

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
5	- ไม่พบความเสียหาย	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
5	- ไม่พบความเสียหาย	
5	- ไม่พบความเสียหาย	
5	- ไม่พบความเสียหาย	
5	- ไม่พบความเสียหาย	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
5	- ไม่พบความเสียหาย	
4	- พบคราบน้ำ	
4	- พบคราบน้ำ	
4	- คอนกรีตสึกกร่อนเล็กน้อย	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
4	- คอนกรีตสึกกร่อนเล็กน้อย	
4	- คอนกรีตสึกกร่อนเล็กน้อยและมีคราบน้ำ	
3	- คอนกรีตสึกกร่อน	
3	- คอนกรีตสึกกร่อน	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
3	- คอนกรีตสึกกร่อน	
3	- คอนกรีตสึกกร่อน	
3	- คอนกรีตสึกกร่อนและมีคราบน้ำ	
3	- คอนกรีตสึกกร่อนและมีคราบน้ำ	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
3	- คอนกรีตสึกกร่อนและมีคราบน้ำ	
3	- คอนกรีตสึกกร่อนและมีคราบน้ำ	
3	- คอนกรีตสึกกร่อนและมีคราบน้ำ	
3	- คอนกรีตสึกกร่อนและมีคราบน้ำ	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
3	- คอนกรีตสึกกร่อนและมีคราบน้ำ	
3	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม เล็กน้อยและมีรอยแตกแบบ Hairline	
2	- แตกร้าวเป็นทางยาว	
2	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อน และมีรอยแตกร้าว	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
2	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อน และมีรอยแตกร้าว	
2	- แตกร้าวเป็นทางยาว	
1	- แตกร้าวเห็นเหล็กเสริมที่เป็นสนิมหลายจุด และมีคราบน้ำ	
1	- แตกร้าวเห็นเหล็กเสริมที่เป็นสนิมหลายจุด และมีคราบน้ำ	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
1	- แตกร้าวเห็นเหล็กเสริมที่เป็นสนิม	
1	- แตกร้าวเห็นเหล็กเสริมที่เป็นสนิม หลายจุด และมีคราบน้ำ	
1	- แตกร้าวเห็นเหล็กเสริมที่เป็นสนิม หลายจุด และมีคราบน้ำ	
1	- แตกร้าว และมีคราบน้ำ	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
1	- แตกร้าว และมีคราบน้ำ	
0	- โครงสร้างพังไม่สามารถค้ำยันตอม่อได้	

4.5.4 แบบฟอร์มการตรวจสอบค้ำยันตอม่อ

แบบบันทึกการสำรวจสภาพและความเสียหายของสะพาน

การตรวจสอบค้ำยันตอม่อ

รหัสสะพาน .....

แผ่นที่ ..... / .....

รหัสองค์ประกอบสะพาน .....

กลุ่ม .....ผู้บันทึก .....

วันที่ .....เวลา.....

ความกว้าง .....เมตร ความยาว .....เมตร ความหนา .....เมตร

อื่นๆ .....

ระดับสภาพการใช้งาน		ลักษณะความเสียหายที่พบ
<u>ค้ำยันตอม่อ</u>		
5	☐	ไม่พบความเสียหาย
4	☐	สึกกร่อน หลุดร่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) เป็นบริเวณแคบ
	☐	พบรอยแตกขนาดเล็ก
	☐	มีเสาเอียง หรือเยื้องศูนย์เนื่องจากการก่อสร้าง
3	☐	สึกกร่อน หลุดร่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) เป็นบริเวณกว้าง แต่ไม่เห็นเหล็กเสริม
	☐	พบรอยแตกขนาดเล็กกระจายเป็นบริเวณกว้าง
	☐	มีเสาในตับเอียง หรือเยื้องศูนย์เนื่องจากการก่อสร้างเป็นจำนวนมาก
2	☐	สึกกร่อน หลุดร่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) จนเห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย
	☐	พบรอยแตกตามแนวเหล็กเสริม
	☐	พบรอยแตกตามแนวราบ หรือแนวเฉียง
	☐	มีเสาในตับเอียงเนื่องจากแรงดันด้านข้าง
1	☐	สึกกร่อน หลุดร่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) จนเห็นเหล็กเสริมเป็นบริเวณกว้าง และพื้นที่หน้าตัดของเสาหายไปมาก
	☐	มีเสาในตับเอียงและแตกร้าวเนื่องจากแรงดันด้านข้าง
0	☐	มีการพังทลาย หรือไม่สามารถใช้งานได้

รูปวาดประกอบการบันทึก

ความคิดเห็นเพิ่มเติม .....

รูปที่ 4-35 แบบบันทึกการสำรวจสภาพและความเสียหายของค้ำยันตอม่อ

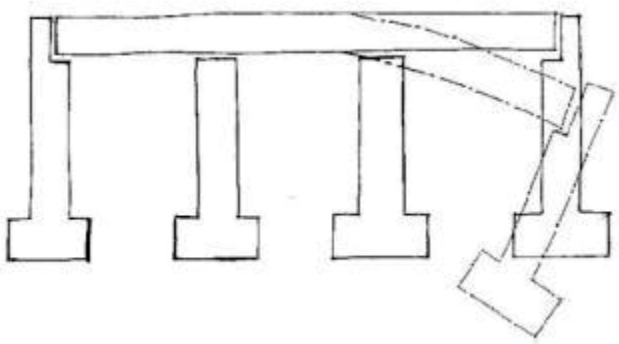
4.6 เสาตอม่อ (Pier)

4.6.1 รูปแบบความเสียหายของเสาตอม่อ

ปัญหาโดยทั่วไปที่พบจากการตรวจสอบตอม่อริมฝั่ง (Abutments) คือ

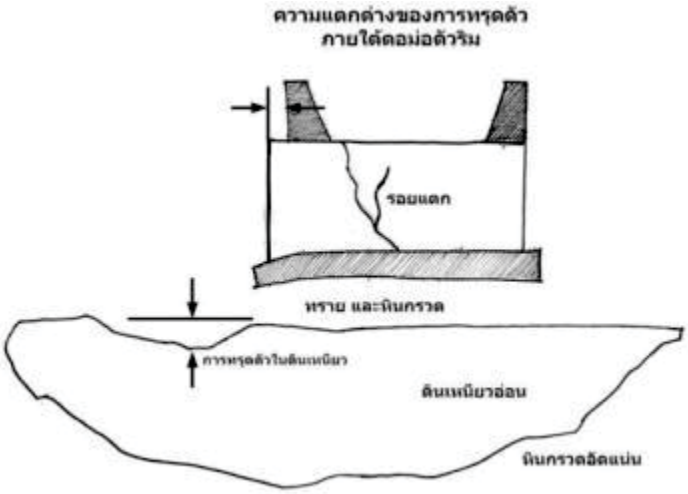
- การเคลื่อนตัวตามแนวดิ่ง (Vertical Movement)

การเคลื่อนตัวตามแนวดิ่งสามารถเกิดขึ้นได้ในรูปแบบของการทรุดตัวเสมอกัน (Uniform Settlement) หรือการทรุดตัวไม่เท่ากัน (Differential Settlement) กรณีของการทรุดตัวเสมอกัน (Uniform Settlement) ของโครงสร้างส่วนล่างทั้งหมดรวมไปถึงตอม่อริมฝั่งจะมีผลกระทบน้อยบนโครงสร้าง หากตรวจพบการทรุดตัวเสมอกัน (Uniform Settlement) ประมาณ 30 เซนติเมตร บนสะพานเล็กๆก็ยังไม่ได้หมายความว่ามันจะมีสภาพที่อันตราย



รูปที่ 4-36 การทรุดตัวไม่เท่ากันระหว่างโครงสร้างส่วนล่าง

อย่างไรก็ตามการทรุดตัวไม่เท่ากัน (Differential Settlement) สามารถก่อให้เกิดสภาพที่อันตรายได้ในสะพาน การทรุดตัวลักษณะนี้อาจก่อให้เกิดความแตกต่างระหว่างโครงสร้างส่วนล่าง ซึ่งเป็นสาเหตุของความเสียหายของสะพานมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความยาวช่วงและชนิดของสะพาน ดังรูปที่ 4-36 บางครั้งอาจจะเกิดภายใต้โครงสร้างเดียวกัน (Single Substructure Unit) ดังรูปที่ 4-37 ซึ่งจะเป็นสาเหตุของการเปิดออกของรอยต่อเผื่อขยายระหว่าง ตอม่อริมฝั่งกับ กำแพงหรือบางครั้งจะเป็นสาเหตุของการแตกร้าวหรือ Tipping ของตอม่อริมฝั่งหรือกำแพง

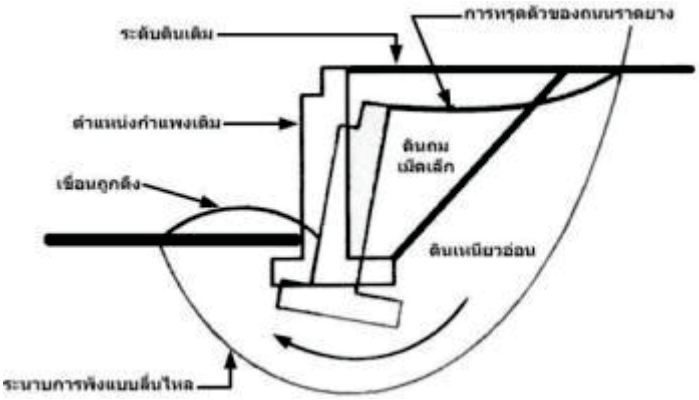


รูปที่ 4-37 การทรุดตัวไม่เท่ากันภายใต้โครงสร้างส่วนล่างอันเดียว

สาเหตุส่วนมากของการเคลื่อนตัวตามแนวดิ่ง คือการวิบัติในการแบกทานของดิน (Soil Bearing Failure) การอัดตัวคายน้ำของดิน (Consolidation of Soil) การกัดเซาะบริเวณท้องน้ำ (Scour) และการเสื่อมสภาพของฐานรากตอม่อริมน้ำ

- การเคลื่อนตัวด้านข้าง (Lateral Movement)

โครงสร้างที่ใช้กันดิน (Earth Retaining) เช่น ตอม่อริมฝั่ง และกำแพงกันดิน (Retaining Walls) เป็นโครงสร้างที่อ่อนไหวต่อการเคลื่อนตัวด้านข้างหรือการเลื่อน ดังรูปที่ 4-38 การเคลื่อนตัวด้านข้างเกิดขึ้นเมื่อมีแรงด้านข้างมากระทำบนกำแพงเกินกว่าแรงตามแนวดิ่ง

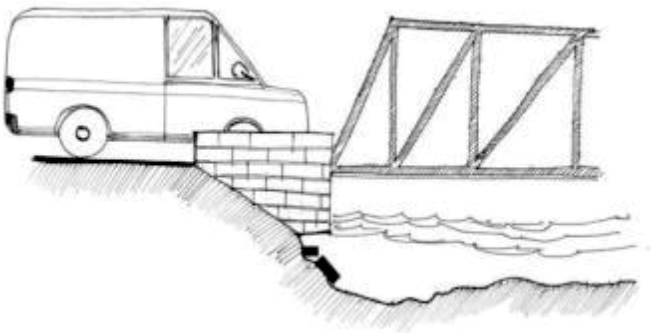


รูปที่ 4-38 การเคลื่อนตัวด้านข้างของตอม่อริมฝั่งเนื่องจาก Slope Failure

สาเหตุโดยทั่วไปของการเคลื่อนตัวด้านข้างคือ Slope Failure, การไหลซึมของน้ำในดิน (Seepage) การเปลี่ยนแปลงลักษณะของดิน (เช่น Frost Action และ Ice) และระยะเวลาการอัดตัวคายน้ำของดินดั้งเดิม

- การกัดเซาะบริเวณท้องน้ำ (Scour)

การกัดเซาะบริเวณท้องน้ำ (Scour) คือ การที่วัสดุถูกกัดเซาะออกไปจากท้องน้ำ เป็นผลของการกัดเซาะของน้ำที่ไหลผ่าน ดังรูปที่ 4-39 ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดโพรงข้างใต้ของตอม่อริมฝั่ง โดยการไหลของธารน้ำหรือแม่น้ำ



รูปที่ 4-39 ตอม่อริมฝั่งซึ่งเกิดการกัดเซาะบริเวณท้องน้ำ

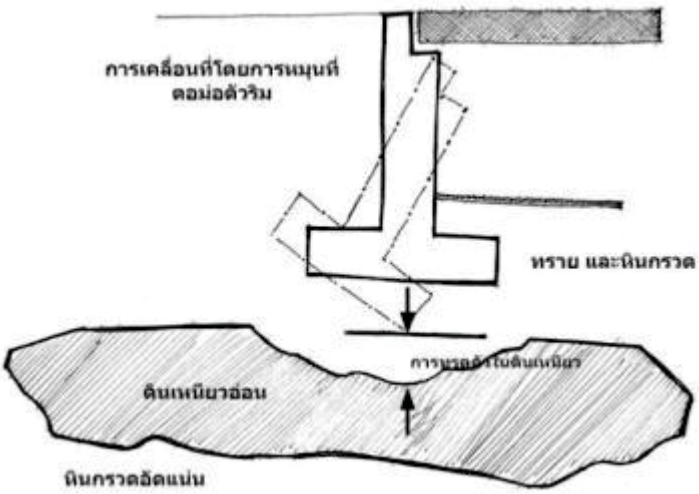
การตรวจสอบการกัดเซาะบริเวณท้องน้ำควรรวมไปถึงการหยั่ง (Probing) รอบตอม่อริมฝั่งเพื่อดูว่าเกิดโพรงข้างใต้หรือเปล่า

- การวิบัติของวัสดุ (Failure of Material)

ปัญหาโดยปกติอื่นๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการตรวจสอบตอม่อริมฝั่ง คือ ความวิบัติของวัสดุก่อสร้าง

■ การเคลื่อนตัวโดยการหมุน (Rotational Movement)

การเคลื่อนตัวโดยการหมุน (Rotational Movement) หรือ Tipping ของโครงสร้างส่วนล่างโดยทั่วๆไป เป็นผลมาจากความไม่สมดุลของการทรุดตัวหรือการเคลื่อนตัวตามขวาง ดังรูปที่ 4-40 การตรวจสอบการเคลื่อนตัวโดยการหมุน (Rotational Movement) ควรทำการตรวจสอบที่ชิ้นส่วนเหล่านี้ คือ ตอม่อกลางน้ำ ตะม่อริมน้ำ และกำแพง



รูปที่ 4-40 การเคลื่อนตัวจากการหมุนของตอม่อริมฝั่ง

สาเหตุส่วนมากของการเคลื่อนตัวโดยการหมุน (Rotational Movement) คือ การกัดเซาะบริเวณท้องน้ำ ความอิ่มตัวของดินถม (Saturation of Backfill) การกัดเซาะของดินถม (Erosion of Back Fill) ตามด้านข้างของตะม่อริมน้ำและ การออกแบบที่ไม่เหมาะสม

ปัญหาโดยทั่วไปที่พบจากการตรวจสอบตอม่อกลางน้ำ (Pier and Bents) คือ

■ การเคลื่อนตัวแนวดิ่ง (Vertical Movement)

การทรุดตัวที่แตกต่างกันของตอม่อกลางน้ำเป็นสาเหตุของปัญหาที่รุนแรงในสะพาน รอยต่อพื้นสะพานสามารถที่จะอยู่ชิดกันอย่างสมบูรณ์ที่ตอม่อกลางน้ำ และอยู่ห่างกันที่ตอม่อริมน้ำ การเสื่อมสภาพ เช่น การหลุดล่อน (Spalling) การแตกร้าว (Cracking) และการโก่ง (Buckling) สามารถที่จะเกิดขึ้นได้

สาเหตุโดยทั่วไปของการเคลื่อนตัวตามแนวดิ่งคือ Soil Bearing Failure, การอัดตัวคายน้ำของดิน (Soil Consolidation) การกัดเซาะบริเวณท้องน้ำ (Scour) และการเสื่อมสภาพของวัสดุฐานราก

■ ความวิบัติของวัสดุ (Failure of Material)

การตรวจสอบความเสียหายของคอนกรีตและ Stone Masonry ใน Piers และ Bents

■ การเคลื่อนตัวโดยการหมุน และการเคลื่อนตัวด้านข้าง(Rotational Movement and Lateral Movement)

การเคลื่อนตัวโดยการหมุน (Rotational Movement) หรือ Tipping และ การเคลื่อนตัวด้านข้าง (Lateral Movement) ของตอม่อกลางน้ำ บางทีจะเป็นสาเหตุของการทรุดตัวที่ไม่สมมาตรหรือแรงตามแนวแกนมากเกินไป เช่นการเกิดแผ่นดินไหว

การตรวจสอบการเคลื่อนตัวตามขวางควรทำการตรวจสอบโดยการตรวจ แนวตามระยะยาวของราวกันตก (Railing) หรือ ขอบกัน (Barrier) ของสะพาน

- การตรวจสอบความวิบัติของ Dolphins และ Fenders

สภาพของ Dolphins หรือ Fenders ควรถูกตรวจสอบในวิธีการคล้ายกับการตรวจสอบชิ้นส่วนโครงสร้างหลักส่วนล่างในชิ้นส่วน คอนกรีตป้องกันตอม่อ (Concrete Pier Protection) เช็คการหลุดลอกและการแตกร้าวของคอนกรีตหรือการกัดกร่อนของเหล็กเสริม Investigate for Hour-Glass Shaping ของเสาเข็มที่ระดับน้ำและเช็คความเสียหายของโครงสร้างที่มีสาเหตุมาจากการจราจรทางน้ำ (0.6 เมตร) ให้ระมัดระวังการกัดกร่อนที่รุนแรง พิจารณาส่วนประกอบเหล็กอื่นๆทั้งหมดเพื่อหาการกัดกร่อนและเช็คความเสียหายของโครงสร้าง

- การกัดเซาะบริเวณท้องน้ำ (Scour)

การกัดเซาะบริเวณท้องน้ำ เป็นการเอาวัสดุออกจากพื้นท้องน้ำซึ่งเป็นผลการกัดเซาะของน้ำที่ไหลผ่าน การกัดเซาะบริเวณท้องน้ำรอบๆ ตอม่อกลางน้ำเป็นสาเหตุทำให้สะพานพังทลายในหลายๆ ครั้ง ดังรูปที่ 4-41

รูปที่ 4-41 แสดงการกัดเซาะบริเวณท้องน้ำ

ในชิ้นส่วนการป้องกันตอม่อกลางน้ำไม่ให้ดูที่ส่วนบนระหว่างระดับน้ำสูงสุดและระดับโคลนเพื่อดู Marine Borers Caddisflies การผุและเช็คความเสียหายของโครงสร้าง

- การเกิดรูพรุนเหมือนรังผึ้ง (Honeycombing)
- การสึกกร่อน (Abrasion)
- การสึกร่อนจากสนิมในเหล็ก (Reinforcing Steel Corrosion)
- การหลุดออกเป็นเม็ดๆ (Pop-Out)
- ความเสียหายที่เกิดจากการถูกชน (Collision Damage)
- รอยแตก (Crack)

ดังแสดงในรูปที่ 4-42 ถึงรูปที่ 4-47

รูปที่ 4-42 การกัดกร่อนและการทับถมของเศษอิฐที่ตอม่อกลางน้ำ

รูปที่ 4-43 แสดงความเสียหายตอม่อกลางน้ำ

รูปที่ 4-44 ความเสียหายบริเวณเสาตอม่อสะพานที่คอนกรีตกะเทาะออกจนสามารถเห็นเหล็กเสริมได้

รูปที่ 4-45 ผิวตอม่อเป็นโพรงและเมื่อปะทะกับกระแสน้ำทำให้เกิดความเสียหายมากขึ้นจนมองเห็นเหล็กเสริม

รูปที่ 4-46 การหลุดล่อนของคอนกรีตบริเวณโคนตอม่อ

รูปที่ 4-47 การแตกร้าวช่วงกลางความยาวเสาตอม่อ

4.6.2 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของเสาตอม่อ

ตารางที่ 4-13 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของเสาตอม่อ

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพเสาตอม่อ	
		ความเสียหาย	เงื่อนไขและรายละเอียด
5	ดีมาก	- สภาพผิวใหม่ ไม่มีความเสียหาย	-
4	ดีพอใช้	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนเล็กน้อย	- ปูนทรายหลุดล่อน มองไม่เห็นผิวหิน
		- คอนกรีตมีโพรงขนาดเล็ก	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนเล็กน้อย	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- รอยแตกเนื่องจากการหดตัว	-
		- รอยแตกลายงาที่ผิว (Map Cracks)	-
		- รอยแตกแบบ Hairline	- ความกว้าง <1.6 mm (RC)
		- เสาบางส่วนเอียงหรือเยื้องศูนย์	-
		- ผิวด้านหน้าเป็นสนิม ไม่มีการสูญเสียหน้าตัด ชิ้นส่วนเกิดการเปลี่ยนรูปแต่ไม่มีผลกระทบต่อชิ้นส่วน	- โครงสร้างเหล็ก
		- เกิดรอยบุ๋มหรือมีการกัดกร่อนจนเป็นหลุมหรือมีการบวมน้ำนูนขึ้น	- โครงสร้างเหล็ก
		- สลัก/น๊อต ไม่เกิดความเสียหาย	- โครงสร้างเหล็ก
3	พอใช้	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะปานกลาง	- ปูนทรายหลุดล่อน 5-10 mm มองเห็นผิวหิน และเห็นเม็ดหิน
		- คอนกรีตมีโพรงขนาดเล็กหลายจุดหรือโพรงขนาดใหญ่	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนเล็กน้อยหลายจุดหรือเป็นบริเวณกว้าง	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- รอยแตกเนื่องจากการหดตัวหลายจุด	-
		- รอยแตกลายงาที่ผิว (Map Cracks) บริเวณกว้าง	-
		- รอยแตกขนาดเล็ก (อาจเกิดพร้อมขี้เกลือคราบน้ำ และ/หรือ สนิม)	- ความกว้าง 1.6–3.2 mm (RC)
		- รอยแตกหรือบิ่นจากการชนลึก	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- คอนกรีตเสียหายถึงเหล็กเสริม ในตำแหน่งที่ไม่มีผลต่อกำลังของโครงสร้าง (อาจมีสนิมเหล็ก)	-

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพเสาตอม่อ	
		ความเสียหาย	เงื่อนไขและรายละเอียด
		- เสามากกว่าครึ่งเอียงหรือเยื้องศูนย์ - เสาเยื้องศูนย์เล็กน้อย เนื่องจากแรงกระแทก/ แรงดันดิน /การเคลื่อนตัวของฐานราก หรือการก่อสร้างที่ไม่ได้มาตรฐาน	-
		- เกิดรอยบุ๋มหรือมีการกัดกร่อนจนเป็นหลุมหรือมีการบวมน้ำนูนขึ้น สูญเสียหน้าตัดของชิ้นส่วนบางส่วน	- โครงสร้างเหล็ก
		- สลัก/น็อต เกิดความเสียหายหรือสูญหายบางส่วนซึ่งไม่มีผลต่อความสามารถรับกำลังของชิ้นส่วนเหล็ก	- โครงสร้างเหล็ก
2	ชำรุด	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะรุนแรง	- ปูนทรายหลุดล่อน 10-20 mm เม็ดหินหลุดล่อน
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	- ลึกถึงระดับเหล็กเสริม
		- รอยแตกขนาดกลาง (อาจเกิดพร้อมขี้เกลือ คราบน้ำ และ/หรือ สนิม) - รอยแตกเนื่องจากเหล็กเสริมเป็นสนิม	- ความกว้าง 3.2–4.8 mm (RC)
		- โครงสร้างเสียหายเนื่องจากการทรุดตัวต่างกันของฐานรากหรือโครงสร้างเคลื่อนตัว - เสาเยื้องศูนย์หรือโครงสร้างเสียหายเนื่องจากแรงกระแทก /แรงดันดิน /การเคลื่อนตัวของฐานราก หรือการก่อสร้างที่ไม่ได้มาตรฐาน	-
		- เสาตอม่อชะลูดเนื่องจากท้องคลองถูกกัดเซาะ	
		- ตอม่อริมตลิ่งอยู่ในสภาพที่ไม่มั่นคงเนื่องจากลาดป้องกันคอสะพานทรุดตัวหรือถูกกัดเซาะรุนแรง	
		- เกิดรอยบุ๋มหรือมีการกัดกร่อนจนเป็นหลุมหรือมีการบวมน้ำนูนขึ้นเป็นบริเวณกว้าง	- โครงสร้างเหล็ก
		- เกิดรอยร้าวบริเวณกว้าง	- โครงสร้างเหล็ก

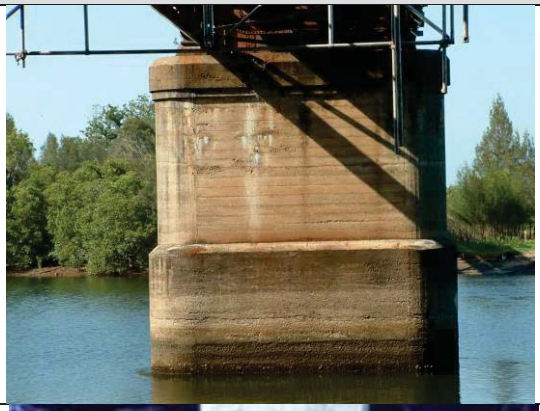
ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพเสาตอม่อ	
		ความเสียหาย	เงื่อนไขและรายละเอียด
		- สูญเสียหน้าตัดของชิ้นส่วนบางส่วนในบริเวณที่เห็นได้ชัดแต่ไม่ถึงขั้นรุนแรงที่มีผลต่อโครงสร้าง	- โครงสร้างเหล็ก
1	วิกฤต	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะรุนแรงมาก	- ปูนทรายหลุดล่อนลึก > 20 mm เม็ดหินหลุดล่อนเป็นหลุมลึก
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมหลายจุดหรือเป็นบริเวณกว้าง	- ลึกถึงระดับเหล็กเสริม
		- รอยแตกขนาดใหญ่ (อาจเกิดพร้อมขี้เกลือคราบน้ำ และ/หรือ สนิม) - รอยแตกขนาดใหญ่เนื่องจากเหล็กเสริมเป็นสนิม	- ความกว้าง >4.8 mm (RC)
		- รอยแตกเนื่องจากแรงเฉือนหรือแรงดัด - ความเสียหายที่มีผลต่อกำลังของโครงสร้าง	- รอยแตกทุกขนาด
		- โครงสร้างเสียหายรุนแรงเนื่องจากการทรุดตัวต่างกันของฐานรากหรือโครงสร้างเคลื่อนตัว - โครงสร้างเสียหายรุนแรงหรือวิบัติจากแรงกระแทก แรงดันดินหรือการเคลื่อนตัวของฐานราก	-
		- เสาตอม่อแตกร้าวจากความชะลูดเนื่องจากท้องคลองถูกกัดเซาะ - ตอม่อริมตลิ่งแตกร้าวเนื่องจากลาดป้องกันคอสะพานทรุดตัวหรือถูกกัดเซาะรุนแรง	-
		ต่อการรับกำลังของชิ้นส่วนหรือโครงสร้างสะพาน	-
		- เกิดรอยร้าวหรือความเสียหายในชิ้นส่วนเหล็กหรือรอยเชื่อม	- โครงสร้างเหล็ก
		- สลัก/น๊อตพังหรือสูญหายจำนวนมากและมีผลต่อความสามารถรับกำลังของชิ้นส่วนเหล็ก	- โครงสร้างเหล็ก

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพเสาตอม่อ	
		ความเสียหาย	เงื่อนไขและรายละเอียด
		- สูญเสียหน้าตัดในขั้นรุนแรงมากและมีผล	- โครงสร้างเหล็ก
0	วิบัติ	- สภาพชำรุดเสียหายมาก ต้องทุบโครงสร้างทิ้งและก่อสร้างใหม่	-

4.6.3 การจัดลำดับความเสียหายของเสาตอม่อ

ตารางที่ 4-14 ตัวอย่างการจัดลำดับความเสียหายของเสาตอม่อ

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
5	- โครงสร้างอยู่ในสภาพดีหรือใหม่	
5	- โครงสร้างอยู่ในสภาพดีหรือใหม่	
5	- โครงสร้างอยู่ในสภาพดีหรือใหม่	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
4	- มีคราบน้ำและสึกกร่อนเล็กน้อย	
4	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนเล็กน้อย (ลึกไม่ถึงเหล็กเสริม)	
4	- ผิวสึกกร่อนเล็กน้อย	
4	- สึกกร่อน หลุดล่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) เป็นบริเวณแคบ	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
4	- เกิดรอยแตกร้าวในแนวราบด้านล่างของเสาตอม่อ	
3	- รอยแตกที่บริเวณหัวเสาของตอม่อ	
3	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมเล็กน้อย	
3	- รอยแตกแบบ Hairline	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
3	- ผิวคอนกรีต หรือถูกกัดเซาะปานกลาง	
3	- คอนกรีตมีโพรงขนาดเล็กหลายจุด หรือโพรงขนาดใหญ่ลึกไม่ถึงเหล็กเสริม	
3	- สึกกร่อน หลุดล่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) เป็นบริเวณกว้าง แต่ไม่เห็นเหล็กเสริม	
3	- มีการบิ่นและ หลุดล่อน	

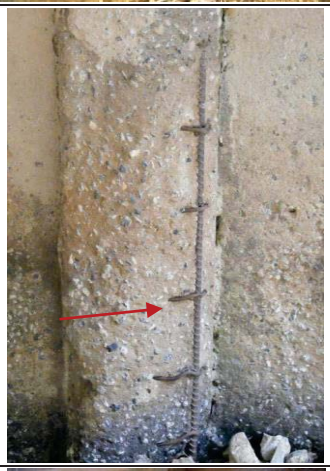
ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
3	- เกิดรอยร้าว	
3	- คอนกรีตเสียหายถึงเหล็กเสริม ในตำแหน่งที่ไม่มีผลต่อกำลังโครงสร้าง	
2	- รอยแตกขนาดใหญ่ และกะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	
2	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมหลายจุด	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
2	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	
2	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะรุนแรง ปูนทรายหลุดล่อน 10-20 มิลลิเมตร เม็ดหินหลุดล่อน	
2	- รอยแตกขนาดกลาง (อาจเกิดพร้อมขี้เกลือ/คราบน้ำ หรือสนิม)	
2	- โครงสร้างเสียหายเนื่องจากการทรุดตัวต่างกันของฐานราก หรือโครงสร้างเคลื่อนตัว เสาเยื้องศูนย์	

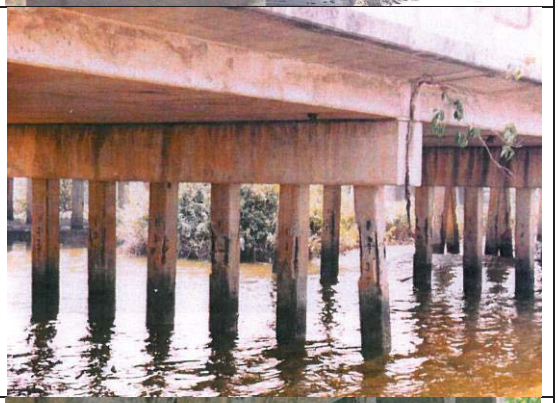
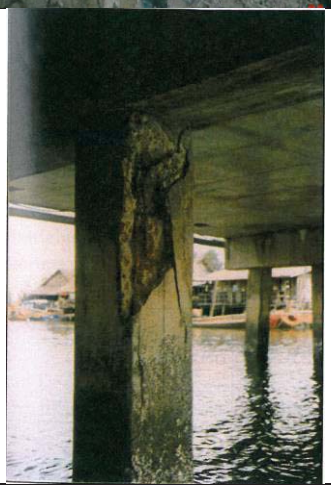
ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
2	- สึกกร่อน หลุดล่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) จนเห็นเหล็กเสริมมาก	
2	- มีการหลุดล่อนและกัดกร่อนบางบริเวณ	
1	- รอยแตกขนาดใหญ่ (อาจเกิดขึ้นพร้อมขี้เกลือ คราบน้ำ หรือสนิม) รอยแตกขนาดใหญ่เนื่องจากเหล็กเสริมเป็นสนิม ความกว้างมากกว่า 4.8 มม.	
1	- เสาแตกหักถึงเหล็กเสริม	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
1	- เสาแตกหักถึงเหล็กเสริม	
1	- เสาแตกหักถึงเหล็กเสริม	
1	- เสาแตกหักถึงเหล็กเสริม	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
1	- รอยแตกร้าวขนาดใหญ่	
1	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมที่เป็นสนิม	
1	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมที่เป็นสนิม และรอยแตกเนื่องจากการทรุดตัวต่างกันของฐานรากหรือโครงสร้างเคลื่อนตัว	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
1	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมที่เป็นสนิม	
1	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนรุนแรงมากจนถึงเหล็กเสริม	
1	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	
1	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมที่เป็นสนิม	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
1	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	
1	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	
1	- สึกกร่อน หลุดล่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) จนเห็นเหล็กเสริมเป็นบริเวณกว้าง และพื้นที่หน้าตัดของเสาหายไปมาก	
1	- มีเสาในตับเอียงและแตกร้าวเนื่องจากแรงดันด้านข้าง	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
1	- โครงสร้างเสียหายรุนแรงเนื่องจากการทรุดตัวต่างกันของฐานรากโครงสร้างเสียหายรุนแรงหรือวิบัติ	
1	- เสาตอม่อแตกร้าวจากความชะลูดเนื่องจากท้องคลองถูกกัดเซาะ เสาตอม่อริมตลิ่งแตกร้าวเนื่องจากลาดป้องกันคอสะพานทรุดตัวหรือถูกกัดเซาะรุนแรง	
1	- รอยแตกเนื่องจากแรงเฉือน หรือแรงดัด	
1	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะรุนแรงมาก	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
1	- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมหลายจุด หรือเป็นบริเวณกว้าง	
1	- มีรอยแตกร้าวในแนวดิ่งที่ฐานของตอม่อ	
1	- มีการสูญเสียหน้าตัดจากการกัดกร่อน มองเห็นเหล็กเสริม มีโพรงและเหล็กเสริมเสริมเป็นสนิม	
0	- โครงสร้างวิบัติจนไม่สามารถใช้การได้	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
0	- เสาตอม่อหักเสียหายรุนแรง	
0	- เสาตอม่อหักเสียหายรุนแรง	
0	- เสาตอม่อเสียหายรุนแรงถึงเหล็กเสริมขนาดใหญ่	
0	- เสาตอม่อเสียหายรุนแรงถึงเหล็กเสริมขนาดใหญ่	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
0	- เสาตอม่อหักเสียหายรุนแรง	
0	- เสาตอม่อเอียง	
0	- เสาตอม่อหักและเอียง	
0	- เสาตอม่อเอียง และเยื้องศูนย์	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
0	- โครงสร้างได้รับความเสียหาย ไม่สามารถใช้งานได้	

4.6.4 แบบฟอร์มการตรวจสอบเสาตอม่อ

แบบบันทึกการสำรวจสภาพและความเสียหายของสะพาน

การตรวจสอบเสาตอม่อ

รหัสสะพาน .....

แผ่นที่ ..... / .....

รหัสองค์ประกอบสะพาน .....

กลุ่ม .....ผู้บันทึก .....

วันที่ .....เวลา.....

ความกว้าง .....เมตร ความยาว .....เมตร ความหนา .....เมตร ชนิดของตอม่อ .....

อื่นๆ .....

ระดับสภาพการใช้งาน		ลักษณะความเสียหายที่พบ
<u>เสาตอม่อ</u>		
5	☐	ไม่พบความเสียหาย
4	☐	สึกกร่อน หลุดล่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) เป็นบริเวณแคบ
	☐	พบรอยแตกขนาดเล็ก
	☐	มีเสาเอียง หรือเยื้องศูนย์เนื่องจากการก่อสร้าง
3	☐	สึกกร่อน หลุดล่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) เป็นบริเวณกว้าง แต่ไม่เห็นเหล็กเสริม
	☐	พบรอยแตกขนาดเล็กกระจายเป็นบริเวณกว้าง
	☐	มีเสาในดับเอียง หรือเยื้องศูนย์เนื่องจากการก่อสร้างเป็นจำนวนมาก
2	☐	สึกกร่อน หลุดล่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) จนเห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย
	☐	พบรอยแตกตามแนวเหล็กเสริม
	☐	พบรอยแตกตามแนวราบ หรือแนวเฉียง
	☐	มีเสาในดับเอียงเนื่องจากแรงดันด้านข้าง
1	☐	สึกกร่อน หลุดล่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) จนเห็นเหล็กเสริมเป็นบริเวณกว้าง และพื้นที่หน้าตัดของเสาหายไปมาก
	☐	มีเสาในดับเอียงและแตกร้าวเนื่องจากแรงดันด้านข้าง
0	☐	มีการพังทลาย หรือไม่สามารถใช้งานได้

รูปวาดประกอบการบันทึก

ความคิดเห็นเพิ่มเติม .....

รูปที่ 4-48 แบบบันทึกการสำรวจสภาพและความเสียหายของเสาตอม่อ

4.7 กำแพงตอม่อ (Pier Wall)

4.7.1 รูปแบบความเสียหายของกำแพงตอม่อ

- การเกิดรอยขี้เกลือ (Efflorescence)
- การเกิดรูพรุนเหมือนรังผึ้ง (Honeycombing)
- การสึกกร่อน (Abrasion)
- การสึกกร่อนจากสนิมในเหล็ก (Reinforcing Steel Corrosion)
- การหลุดเซาะ (Scaling)
- การหลุดแยกออกเป็นแผ่นๆ (Delamination)
- การหลุดล่อน (Spalling)
- รอยแตก (Crack)

ดังแสดงในรูปที่ 4-49 และรูปที่ 4-50

รูปที่ 4-49 แตกร้าวตามแนวเหล็กเสริม

รูปที่ 4-50 มีการหลุดล่อนจนเห็นเหล็กเสริม

4.7.2 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของกำแพงตอม่อ

ตารางที่ 4-15 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของกำแพงตอม่อ

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพกำแพงตอม่อ	
		ความเสียหาย	เงื่อนไขและรายละเอียด
5	ดี	- สภาพผิวใหม่ ไม่มีความเสียหาย	-
4	พอใช้	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนเล็กน้อย	- ปูนทรายหลุดล่อน มองไม่เห็นผิวหิน
		- คอนกรีตมีโพรงขนาดเล็ก	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนเล็กน้อย	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- รอยแตกเนื่องจากการหดตัว	-
		- รอยแตกลายงาที่ผิว (Map Cracks)	-
		- รอยแตกแบบ Hairline	- ความกว้าง <1.6 mm (RC)
3	พอใช้	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะปานกลาง	- ปูนทรายหลุดล่อน 5-10 mm มองเห็นผิวหิน และเห็นเม็ดหิน
		- คอนกรีตมีโพรงขนาดเล็กหลายจุดหรือโพรงขนาดใหญ่	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนเล็กน้อยหลายจุดหรือเป็นบริเวณกว้าง	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- รอยแตกเนื่องจากการหดตัวหลายจุด	-
		- รอยแตกลายงาที่ผิว (Map Cracks) บริเวณกว้าง	-
		- รอยแตกขนาดเล็ก (อาจเกิดพร้อมขี้เกลือ คราบน้ำ และ/หรือ สนิม)	- ความกว้าง 1.6–3.2 mm (RC)
		- รอยแตกหรือบิ่นจากการชนลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- คอนกรีตเสียหายถึงเหล็กเสริม ในตำแหน่งที่ไม่มีผลต่อกำลังของโครงสร้าง (อาจมีสนิมเหล็ก)	-
		- เสาเยื้องศูนย์เล็กน้อย เนื่องจากแรงกระแทก/ แรงดันดิน /การเคลื่อนตัวของฐานราก หรือการก่อสร้างที่ไม่ได้มาตรฐาน	- เฉพาะโครงสร้างส่วนล่าง
2	ชำรุด	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะรุนแรง	- ปูนทรายหลุดล่อน 10-20 mm เม็ดหินหลุดล่อน

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพกำแพงตอม่อ	
		ความเสียหาย	เงื่อนไขและรายละเอียด
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	- ลึกถึงระดับเหล็กเสริม
		- รอยแตกขนาดกลาง (อาจเกิดพร้อมขี้เกลือ คราบน้ำ และ/หรือ สนิม) - รอยแตกเนื่องจากเหล็กเสริมเป็นสนิม	- ความกว้าง 3.2–4.8 mm (RC)
		- โครงสร้างเสียหายเนื่องจากการทรุดตัวต่างกันของฐานรากหรือโครงสร้างเคลื่อนตัว - เสาเยื้องศูนย์หรือโครงสร้างเสียหายเนื่องจากแรงกระแทก /แรงดันดิน /การเคลื่อนตัวของฐานราก หรือการก่อสร้างที่ไม่ได้มาตรฐาน	- เฉพาะโครงสร้างส่วนล่าง
1	ชำรุด	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะรุนแรงมาก	- ปูนทรายหลุดล่อนลึก > 20 mm เม็ดหินหลุดล่อนเป็นหลุมลึก
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมหลายจุดหรือเป็นบริเวณกว้าง	- ลึกถึงระดับเหล็กเสริม
		- รอยแตกขนาดใหญ่ (อาจเกิดพร้อมขี้เกลือ คราบน้ำ และ/หรือ สนิม) - รอยแตกขนาดใหญ่เนื่องจากเหล็กเสริมเป็นสนิม	- ความกว้าง >4.8 mm (RC)
		- รอยแตกเนื่องจากแรงเฉือนหรือแรงดัด - ความเสียหายที่มีผลต่อกำลังของโครงสร้าง	- รอยแตกทุกขนาด
		- โครงสร้างเสียหายรุนแรงเนื่องจากการทรุดตัวต่างกันของฐานรากหรือโครงสร้างเคลื่อนตัว - โครงสร้างเสียหายรุนแรงหรือวิบัติจากแรงกระแทก แรงดันดินหรือการเคลื่อนตัวของฐานราก	- เฉพาะโครงสร้างส่วนล่าง
0	ชำรุดมาก	- สภาพชำรุดเสียหายมาก ต้องทุบโครงสร้างทิ้งและก่อสร้างใหม่	-

4.7.3 การจัดลำดับความเสียหายของกำแพงตอม่อ

ตารางที่ 4-16 ตัวอย่างการจัดลำดับความเสียหายของกำแพงตอม่อ

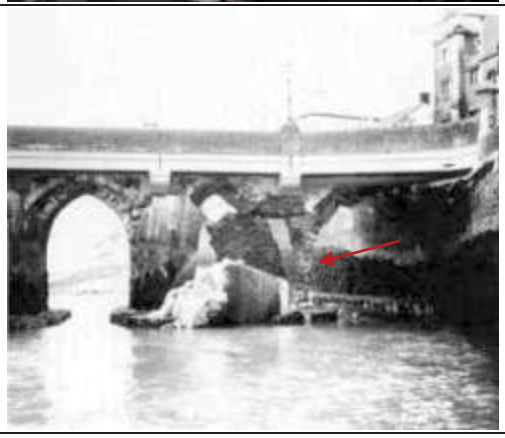
ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
5	- ไม่พบความเสียหาย	
5	- ไม่พบความเสียหาย	
5	- ไม่พบความเสียหาย	
4	- มีคราบน้ำ	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
4	- คอนกรีตสึกกร่อนเล็กน้อย และมีคราบน้ำ	
4	- คอนกรีตสึกกร่อนเล็กน้อย	
4	- คอนกรีตสึกกร่อนเล็กน้อย และมีคราบน้ำ	
3	- โพรงขนาดเล็กหลายจุดลึกไม่ถึงเหล็กเสริม เกิดจากการจี้คอนกรีตระหว่างการก่อสร้างไม่ดี	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
3	- คอนกรีตสึกกร่อน และมีรอยแตกร้าวเล็กน้อย	
3	- มีรอยแตกร้าวเล็กน้อย และคราบน้ำ	
3	- มีรอยแตกร้าวตามแนวยาว	
2	- มีรอยแตกร้าวเล็กน้อย และมีคราบน้ำ	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
2	- คอนกรีตสึกกร่อนและแตกร้าวเล็กน้อย	
2	- คอนกรีตสึกกร่อนและแตกร้าวเล็กน้อย	
2	- คอนกรีตสึกกร่อน หลุดล่อน มีคราบน้ำ และมีรอยแตกร้าวหลายแห่ง	
2	- คอนกรีตสึกกร่อน มีคราบน้ำและ แตกร้าวเล็กน้อย	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
2	- คอนกรีตสึกกร่อน และแตกร้าวเล็กน้อย	
2	- แตกร้าวตามแนวเหล็กเสริม	
1	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมที่เป็นสนิม	
1	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนเห็นเหล็กเสริมที่เป็นสนิม	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
1	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนเห็นเหล็กเสริมที่เป็นสนิม	
1	- แตกร้าวเห็นเหล็กเสริมที่เป็นสนิม	
0	- พังทลาย	

4.7.4 แบบฟอร์มการตรวจสอบกำแพงตอม่อ

แบบบันทึกการสำรวจสภาพและความเสียหายของสะพาน

การตรวจสอบกำแพงตอม่อ

รหัสสะพาน .....

แผ่นที่ ..... / .....

รหัสองค์ประกอบสะพาน .....

กลุ่ม .....ผู้บันทึก .....

วันที่ .....เวลา.....

ความกว้าง .....เมตร ความยาว .....เมตร ความหนา .....เมตร ชนิดของกำแพงตอม่อ .....

อื่นๆ .....

ระดับสภาพการใช้งาน		ลักษณะความเสียหายที่พบ
กำแพงตอม่อ		
5	☐	ไม่พบความเสียหาย
4	☐	สึกกร่อน หลุดล่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) เป็นบริเวณแคบ
	☐	พบรอยแตกขนาดเล็ก
	☐	มีเสาเอียง หรือเยื้องศูนย์เนื่องจากการก่อสร้าง
3	☐	สึกกร่อน หลุดล่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) เป็นบริเวณกว้าง แต่ไม่เห็นเหล็กเสริม
	☐	พบรอยแตกขนาดเล็กกระจายเป็นบริเวณกว้าง
	☐	มีเสาในตับเอียง หรือเยื้องศูนย์เนื่องจากการก่อสร้างเป็นจำนวนมาก
2	☐	สึกกร่อน หลุดล่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) จนเห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย
	☐	พบรอยแตกตามแนวเหล็กเสริม
	☐	พบรอยแตกตามแนวราบ หรือแนวเฉียง
	☐	มีเสาในตับเอียงเนื่องจากแรงดันด้านข้าง
1	☐	สึกกร่อน หลุดล่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) จนเห็นเหล็กเสริมเป็นบริเวณกว้าง และพื้นที่หน้าตัดของเสาหายไปมาก
	☐	มีเสาในตับเอียงและแตกร้าวเนื่องจากแรงดันด้านข้าง
0	☐	มีการพังทลาย หรือไม่สามารถใช้งานได้

รูปวาดประกอบการบันทึก

ความคิดเห็นเพิ่มเติม .....

รูปที่ 4-51 แบบบันทึกการสำรวจสภาพและความเสียหายของกำแพงตอม่อ

4.8 ฐานราก (Footing)

4.8.1 รูปแบบความเสียหายของฐานราก

- การเคลื่อนที่(Displacement)
- การเซาะของดินบริเวณฐานราก(Scour)
- การทรุดตัว(Settlement)
- รอยแตก (Crack)

ดังแสดงในรูปที่ 4-52 และรูปที่ 4-53

รูปที่ 4-52 เกิดการกัดเซาะของดินบริเวณฐานราก

รูปที่ 4-53 เกิดการทรุดตัวของฐานราก

4.8.2 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของฐานราก

ตารางที่ 4-17 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของฐานราก

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพฐานราก	
		ความเสียหาย	เงื่อนไขและรายละเอียด
5	ดีมาก	- สภาพผิวใหม่ ไม่มีความเสียหาย	-
4	ดีพอใช้	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนเล็กน้อย	- ปูนทรายหลุดล่อน มองไม่เห็นผิวหิน
		- คอนกรีตมีโพรงขนาดเล็ก	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนเล็กน้อย	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- รอยแตกเนื่องจากการหดตัว	-
		- รอยแตกลายงาที่ผิว (Map Cracks)	-
		- รอยแตกแบบ Hairline	- ความกว้าง <1.6 mm (RC)

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพฐานราก	
		ความเสียหาย	เงื่อนไขและรายละเอียด
3	พอใช้	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะปานกลาง	- ปูนทรายหลุดล่อน 5-10 mm มองเห็นผิวหิน และบางแห่งเห็นเม็ดหิน
		- คอนกรีตมีโพรงขนาดเล็กหลายจุดหรือโพรงขนาดใหญ่	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนเล็กน้อยหลายจุดหรือเป็นบริเวณกว้าง	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- รอยแตกเนื่องจากการหดตัวหลายจุด	-
		- รอยแตกลายงาที่ผิว (Map Cracks) บริเวณกว้าง	-
		- รอยแตกขนาดเล็ก (อาจเกิดพร้อมขี้เกลือ คราบน้ำ และ/หรือ สนิม)	- ความกว้าง 1.6–3.2 mm (RC)
		- รอยแตกหรือบิ่นจากการชนลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- คอนกรีตเสียหายถึงเหล็กเสริม ในตำแหน่งที่ไม่มีผลต่อกำลังของโครงสร้าง (อาจมีสนิมเหล็ก)	-
		- การเคลื่อนตัวของฐานราก	-
		- ระดับผิวดินต่ำกว่าด้านล่างของฐานรากเล็กน้อย	-
2	ชำรุด	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะรุนแรง	- ปูนทรายหลุดล่อน 10-20 mm เม็ดหินหลุดล่อน
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	- ลึกถึงระดับเหล็กเสริม
		- รอยแตกขนาดกลาง (อาจเกิดพร้อมขี้เกลือ คราบน้ำ และ/หรือ สนิม) - รอยแตกเนื่องจากเหล็กเสริมเป็นสนิม	- ความกว้าง 3.2–4.8 mm (RC)
		- โครงสร้างเสียหายเนื่องจากการทรุดตัวต่างกันของฐานรากหรือโครงสร้างเคลื่อนตัว	-
		- โครงสร้างเสียหายเนื่องจากแรงกระแทก / แรงดันดิน /การเคลื่อนตัวของฐานรากหรือการก่อสร้างที่ไม่ได้มาตรฐาน	

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพฐานราก	
		ความเสียหาย	เงื่อนไขและรายละเอียด
1	วิกฤต	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะรุนแรงมาก	- ปูนทรายหลุดล่อนลึก > 20 mm เม็ดหินหลุดล่อนเป็นหลุมลึก
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมหลายจุดหรือเป็นบริเวณกว้าง	- ลึกถึงระดับเหล็กเสริม
		- รอยแตกขนาดใหญ่ (อาจเกิดพร้อมขี้เกลือ คราบน้ำ และ/หรือ สนิม) - รอยแตกขนาดใหญ่เนื่องจากเหล็กเสริมเป็นสนิม	- ความกว้าง >4.8 mm (RC)
		- รอยแตกเนื่องจากแรงเฉือนหรือแรงดัด - ความเสียหายที่มีผลต่อกำลังของโครงสร้าง	- รอยแตกทุกขนาด
		- โครงสร้างเสียหายรุนแรงเนื่องจากการทรุดตัวต่างกันของฐานรากหรือโครงสร้างเคลื่อนตัว - โครงสร้างเสียหายรุนแรงหรือวิบัติจากแรงกระแทก แรงดันดินหรือการเคลื่อนตัวของฐานราก	-
		- ระดับผิวดินต่ำกว่าด้านล่างของฐานรากมาก จนทำให้เสาเข็มเสียหาย/แตกหัก	-
0	วิบัติ	- สภาพชำรุดเสียหายมาก ต้องทุบโครงสร้างทิ้งและก่อสร้างใหม่	-

4.8.3 การจัดลำดับความเสียหายของฐานราก

ตารางที่ 4-18 ตัวอย่างการจัดลำดับความเสียหายของฐานราก

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
5	- โครงสร้างอยู่ในสภาพดีหรือใหม่	
5	- โครงสร้างอยู่ในสภาพดีหรือใหม่	
4	- ผิวสึกกร่อนเล็กน้อย	
3	- ระดับดินต่ำกว่าฐานของฐานราก หรือ - ต่ำกว่ารอยต่อระหว่างเสาตอม่อและเสาเข็มเล็กน้อย	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
3	- รอยแตกร้าวที่เสาเข็ม กว้าง 0.9 mm	
2	- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนจนเห็นเหล็กเสริม	
2	- ผิวสึกกร่อนรุนแรง	
2	- ผิวสึกกร่อนเห็นเหล็กเสริม	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
2	- ผิวสึกกร่อนเห็นเหล็กเสริม	
2	- ผิวสึกกร่อนเห็นเหล็กเสริม	
2	- สึกกร่อนรุนแรง	
1	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนรุนแรงเห็นเหล็กเสริม	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
1	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนรุนแรงเห็นเหล็กเสริม	
1	- มีการทรุดตัวมาก สามารถเห็นได้ชัดเจน	
1	- มีการทรุดตัวมาก สามารถเห็นได้ชัดเจน	
0	- พังทลายจากน้ำกัดเซาะเนื่องจากพายุ	

4.8.4 แบบฟอร์มการตรวจสอบฐานราก

แบบบันทึกการสำรวจสภาพและความเสียหายของสะพาน

การตรวจสอบฐานราก

รหัสสะพาน .....

แผ่นที่ ..... / .....

รหัสองค์ประกอบสะพาน .....

กลุ่ม ..... ผู้บันทึก .....

วันที่ ..... เวลา .....

ความกว้าง ..... เมตร ความยาว ..... เมตร ความหนา ..... เมตร ชนิดของฐานราก .....

อื่นๆ .....

ระดับสภาพการใช้งาน		ลักษณะความเสียหายที่พบ
ฐานราก		
5	❒	ไม่พบความเสียหาย
4	❒	สึกกร่อน หลุดล่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) เป็นบริเวณแคบ
	❒	พบรอยแตกขนาดเล็ก
3	❒	สึกกร่อน หลุดล่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) เป็นบริเวณกว้าง แต่ไม่เห็นเหล็กเสริม
	❒	พบรอยแตกขนาดเล็กกระจายเป็นบริเวณกว้าง
	❒	ระดับดินต่ำกว่าฐานของฐานราก หรือรอยต่อระหว่างเสาตอม่อและเสาเข็มเล็กน้อย
2	❒	สึกกร่อน หลุดล่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) จนเห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย
	❒	พบรอยแตกขนาดใหญ่
	❒	ระดับดินต่ำกว่าฐานของฐานราก หรือรอยต่อระหว่างเสาตอม่อและเสาเข็มพอประมาณ
	❒	สังเกตเห็นการทรุดตัว
	❒	เสาเข็มบางส่วนได้รับความเสียหาย
1	❒	สึกกร่อน หลุดล่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) จนเห็นเหล็กเสริมเป็นบริเวณกว้าง
	❒	พบรอยแตกขนาดใหญ่ ซึ่งอาจส่งผลต่อการรับน้ำหนักของโครงสร้าง
	❒	ระดับดินต่ำกว่าฐานของฐานราก หรือรอยต่อระหว่างเสาตอม่อและเสาเข็มมาก
	❒	มีการทรุดตัวมาก สามารถเห็นได้ชัดเจน
	❒	เสาเข็มจำนวนมากได้รับความเสียหาย
0	❒	มีการพังทลาย หรือไม่สามารถใช้งานได้

รูปวาดประกอบการบันทึก

ความคิดเห็นเพิ่มเติม .....

รูปที่ 4-54 แบบบันทึกการสำรวจสภาพและความเสียหายของฐานราก

4.9 เสาเข็ม (Pile)

4.9.1 รูปแบบความเสียหายของเสาเข็ม

- การเกิดรูพรุนเหมือนรังผึ้ง (Honeycombing)
- การทรุดตัว (Settlement)
- การสึกกร่อน (Abrasion)
- การสึกหรอของพื้นผิว (Wear)
- การหลุดเซาะ (Scaling)
- การหลุดล่อน (Spalling)
- รอยแตก (Crack)

4.9.2 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของเสาเข็ม

ตารางที่ 4-19 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของเสาเข็ม

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพเสาเข็ม	
		ความเสียหาย	เงื่อนไขและรายละเอียด
5	ดีมาก	- สภาพผิวใหม่ ไม่มีความเสียหาย	-
4	ดีพอใช้	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนเล็กน้อย	- ปูนทรายหลุดล่อน มองไม่เห็นผิวหิน
		- คอนกรีตมีโพรงขนาดเล็ก	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนเล็กน้อย	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- รอยแตกเนื่องจากการหดตัว	-
		- รอยแตกลายงาที่ผิว (Map Cracks)	-
		- รอยแตกแบบ Hairline	- ความกว้าง <1.6 mm (RC) และ <0.10 mm สำหรับคอนกรีตอัดแรง (PC)
3	พอใช้	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะปานกลาง	- ปูนทรายหลุดล่อน 5-10 mm มองเห็นผิวหิน และบางแห่งเห็นเม็ดหิน
		- คอนกรีตมีโพรงขนาดเล็กหลายจุดหรือโพรงขนาดใหญ่	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนเล็กน้อยหลายจุดหรือเป็นบริเวณกว้าง	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพเสาเข็ม	
		ความเสียหาย	เงื่อนไขและรายละเอียด
		- รอยแตกเนื่องจากการหดตัวหลายจุด	-
		- รอยแตกลายงาที่ผิว (Map Cracks) บริเวณกว้าง	-
		- รอยแตกขนาดเล็ก (คราบน้ำ และ/หรือ สนิม)	- ความกว้าง 1.6–3.2 mm (RC) และ 0.10-0.23 mm สำหรับคอนกรีตอัดแรง (PC)
		- รอยแตกหรือบิ่นจากการชนลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- คอนกรีตเสียหายถึงเหล็กเสริม ในตำแหน่งที่ไม่มีผลต่อกำลังของโครงสร้าง	-
		- การเคลื่อนตัวของฐานราก	-
		- ระดับผิวดินต่ำกว่าด้านล่างของฐานรากเล็กน้อย	-
2	ชำรุด	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะรุนแรง	- ปูนทรายหลุดล่อน 10-20 mm เม็ดหินหลุดล่อน
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	- ลึกถึงระดับเหล็กเสริม
		- รอยแตกขนาดกลาง (คราบน้ำ และ/หรือ สนิม) - รอยแตกเนื่องจากเหล็กเสริมเป็นสนิม	- ความกว้าง 3.2–4.8 mm (RC) และ 0.25-0.76 mm สำหรับคอนกรีตอัดแรง (PC)
1	วิกฤต	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะรุนแรงมาก	- ปูนทรายหลุดล่อนลึก > 20 mm เม็ดหินหลุดล่อนเป็นหลุมลึก
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมหลายจุดหรือเป็นบริเวณกว้าง	- ลึกถึงระดับเหล็กเสริม
		- รอยแตกขนาดใหญ่ (คราบน้ำ และ/หรือ สนิม) - รอยแตกขนาดใหญ่เนื่องจากเหล็กเสริมเป็นสนิม	- ความกว้าง >4.8 mm (RC) และ >0.76 mm PC สำหรับคอนกรีตอัดแรง
		- รอยแตกเนื่องจากแรงเฉือนหรือแรงดัด - ความเสียหายที่มีผลต่อกำลังของโครงสร้าง	- รอยแตกทุกขนาด
		- ระดับผิวดินต่ำกว่าด้านล่างของฐานรากมาก จนทำให้เสาเข็มเสียหาย/แตกหัก	-

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพเสาเข็ม	
		ความเสียหาย	เงื่อนไขและรายละเอียด
0	วิบัติ	- สภาพชำรุดเสียหายมาก ต้องทำการเสริมเสาเข็มใหม่และก่อสร้างใหม่	-

4.9.3 การจัดลำดับความเสียหายของเสาเข็ม

ตารางที่ 4-20 ตัวอย่างการจัดลำดับความเสียหายของเสาเข็ม

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
4	- ผิวสึกกร่อนเล็กน้อย	
3	- เสาเข็มชะลูด เสาเข็มสึกกร่อนจนเห็นผิวหิน	
1	- มีคราบน้ำ เสาเข็มเอียงและถูกกัดเซาะ	

4.9.4 แบบฟอร์มการตรวจสอบเสาเข็ม

แบบบันทึกการสำรวจสภาพและความเสียหายของสะพาน

การตรวจสอบเสาเข็ม

รหัสสะพาน .....
แผ่นที่ ..... / .....
รหัสองค์ประกอบสะพาน .....

กลุ่ม .....ผู้บันทึก .....
วันที่ .....เวลา.....

ความกว้าง .....เมตร ความยาว .....เมตร ความหนา .....เมตร ชนิดของเสาเข็ม .....
อื่นๆ .....

ระดับสภาพการใช้งาน		ลักษณะความเสียหายที่พบ
เสาเข็ม		
5	☐	ไม่พบความเสียหาย
4	☐	สึกกร่อน หลุดร่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) เป็นบริเวณแคบ
	☐	พบรอยแตกขนาดเล็ก
	☐	มีเสาเอียง หรือเยื้องศูนย์เนื่องจากการก่อสร้าง
3	☐	สึกกร่อน หลุดร่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) เป็นบริเวณกว้าง แต่ไม่เห็นเหล็กเสริม
	☐	พบรอยแตกขนาดเล็กกระจายเป็นบริเวณกว้าง
	☐	มีเสาในตับเอียง หรือเยื้องศูนย์เนื่องจากการก่อสร้างเป็นจำนวนมาก
2	☐	สึกกร่อน หลุดร่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) จนเห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย
	☐	พบรอยแตกตามแนวเหล็กเสริม
	☐	พบรอยแตกตามแนวราบ หรือแนวเฉียง
	☐	มีเสาในตับเอียงเนื่องจากแรงดันด้านข้าง
1	☐	สึกกร่อน หลุดร่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) จนเห็นเหล็กเสริมเป็นบริเวณกว้าง และพื้นที่หน้าตัดของเสาหายไปมาก
	☐	มีเสาในตับเอียงและแตกร้าวเนื่องจากแรงดันด้านข้าง
0	☐	มีการพังทลาย หรือไม่สามารถใช้งานได้

รูปวาดประกอบการบันทึก

ความคิดเห็นเพิ่มเติม .....

รูปที่ 4-55 แบบบันทึกการสำรวจสภาพและความเสียหายของเสาเข็ม

4.10 หูช้าง (Wing Wall)

4.10.1 รูปแบบความเสียหายของหูช้าง

- การเกิดรูพรุนเหมือนรังผึ้ง (Honeycombing)
- การสึกกร่อน (Abrasion)
- การสึกร่อนจากสนิมในเหล็ก (Reinforcing Steel Corrosion)
- การหลุดเซาะ (Scaling)
- การหลุดแยกออกเป็นแผ่นๆ (Delamination)
- การหลุดล่อน (Spalling)
- รอยแตก (Crack)

ดังแสดงในรูปที่ 4-56 ถึงรูปที่ 4-58

รูปที่ 4-56 มีการแตกร้าวตามแนวยาว

รูปที่ 4-57 มีการหลุดเซาะ

รูปที่ 4-58 เกิดการหลุดล่อนจนเห็นเหล็กเสริม

4.10.2 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของหูช้าง

ตารางที่ 4-21 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของหูช้าง

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพหูช้าง	
		ความเสียหาย	เงื่อนไขและรายละเอียด
5	ดีมาก	- สภาพผิวใหม่ ไม่มีความเสียหาย	-
4	ดีพอใช้	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนเล็กน้อย	- ปูนทรายหลุดล่อน มองไม่เห็นผิวหิน
		- คอนกรีตมีโพรงขนาดเล็ก	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนเล็กน้อย	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- รอยแตกเนื่องจากการหดตัว	-
		- รอยแตกลายงาที่ผิว (Map Cracks)	-
		- รอยแตกแบบ Hairline	- ความกว้าง <1.6 mm (RC)
3	พอใช้	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะปานกลาง	- ปูนทรายหลุดล่อน 5-10 mm มองเห็นผิวหิน และบางแห่งเห็นเม็ดหิน
		- คอนกรีตมีโพรงขนาดเล็กหลายจุดหรือโพรงขนาดใหญ่	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนเล็กน้อยหลายจุดหรือเป็นบริเวณกว้าง	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- รอยแตกเนื่องจากการหดตัวหลายจุด	-
		- รอยแตกลายงาที่ผิว (Map Cracks) บริเวณกว้าง	-
		- รอยแตกขนาดเล็ก (อาจเกิดพร้อมขี้เกลือคราบน้ำ และ/หรือ สนิม)	- ความกว้าง 1.6–3.2 mm (RC)
		- รอยแตกหรือบิ่นจากการชนลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- คอนกรีตเสียหายถึงเหล็กเสริม ในตำแหน่งที่ไม่มีผลต่อกำลังของโครงสร้าง (อาจมีสนิมเหล็ก)	-
2	ชำรุด	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะรุนแรง	- ปูนทรายหลุดล่อน 10-20 mm เม็ดหินหลุดล่อน
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	- ลึกถึงระดับเหล็กเสริม
		- รอยแตกขนาดกลาง (อาจเกิดพร้อมขี้เกลือคราบน้ำ และ/หรือ สนิม)	- ความกว้าง 3.2–4.8 mm (RC)

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพหูช้าง	
		ความเสียหาย	เงื่อนไขและรายละเอียด
1	วิกฤต	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะรุนแรงมาก	- ปูนทรายหลุดล่อนลึก > 20 mm เม็ดหินหลุดล่อนเป็นหลุมลึก
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมหลายจุดหรือเป็นบริเวณกว้าง	- ลึกถึงระดับเหล็กเสริม
		- รอยแตกขนาดใหญ่ (อาจเกิดพร้อมขี้เกลือคราบน้ำ และ/หรือ สนิม) - รอยแตกขนาดใหญ่เนื่องจากเหล็กเสริมเป็นสนิม	- ความกว้าง >4.8 mm (RC)
		- รอยแตกเนื่องจากแรงเฉือนหรือแรงดัด - ความเสียหายที่มีผลต่อกำลังของโครงสร้าง	- รอยแตกทุกขนาด
0	วิบัติ	- สภาพชำรุดเสียหายมาก ต้องทุบโครงสร้างทิ้งและก่อสร้างใหม่	-

4.10.3 การจัดลำดับความเสียหายของหูช้าง

ตารางที่ 4-22 ตัวอย่างการจัดลำดับความเสียหายของหูช้าง

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
5	- ไม่พบความเสียหาย	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
4	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนเล็กน้อย	
4	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนเล็กน้อย	
4	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนเล็กน้อย	
4	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนเล็กน้อย	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
4	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนเล็กน้อย	
4	- เกิดรอยร้าว	
3	- กะเทาะหลุดล่อน	
3	- กะเทาะหลุดล่อน	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
3	- กะเทาะหลุดล่อน	
3	- กะเทาะหลุดล่อน	
3	- มีรอยแตกร้าวเป็นทางยาว	
3	- กะเทาะหลุดล่อน	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
3	- กะเทาะหลุดล่อน	
3	- กะเทาะหลุดล่อน และมีแตกร้าวเล็กน้อย	
2	- แตกร้าวเป็นทางยาว	
2	- แตกร้าวเป็นทางยาว	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
2	- แตกร้าวเป็นทางยาว	
1	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	
1	- กะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	
0	- โครงสร้างได้รับความเสียหาย	

4.10.4 แบบฟอร์มการตรวจสอบหูช้าง

แบบบันทึกการสำรวจสภาพและความเสียหายของสะพาน

การตรวจสอบหูช้าง

รหัสสะพาน .....

แผ่นที่ ..... / .....

รหัสองค์ประกอบสะพาน .....

กลุ่ม .....ผู้บันทึก .....

วันที่ .....เวลา.....

ความกว้าง .....เมตร ความยาว .....เมตร ความหนา .....เมตร

อื่นๆ .....

ระดับสภาพการใช้งาน		ลักษณะความเสียหายที่พบ
<u>หูช้าง</u>		
5	❒	ไม่พบความเสียหาย
4	❒	สึกกร่อน หลุดร่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) เป็นบริเวณแคบ
	❒	พบรอยแตกขนาดเล็ก
3	❒	สึกกร่อน หลุดร่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) เป็นบริเวณกว้าง แต่ไม่เห็นเหล็กเสริม
	❒	พบรอยแตกขนาดเล็กกระจายเป็นบริเวณกว้าง
	❒	ระดับดินต่ำกว่าฐานของกำแพงกันดินเล็กน้อย
2	❒	สึกกร่อน หลุดร่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) จนเห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย
	❒	พบรอยแตกขนาดใหญ่
	❒	ระดับดินต่ำกว่าฐานของกำแพงกันดินพอประมาณ
	❒	เอียงเนื่องจากแรงดันด้านข้าง
1	❒	สึกกร่อน หลุดร่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) จนเห็นเหล็กเสริมเป็นบริเวณกว้าง
	❒	พบรอยแตกขนาดใหญ่เป็นบริเวณกว้าง
	❒	ระดับดินต่ำกว่าฐานของกำแพงกันดินมาก
	❒	เอียงเนื่องจากแรงดันด้านข้าง และมีรอยแตกร้าว
0	❒	มีการพังทลาย หรือไม่สามารถใช้งานได้

รูปวาดประกอบการบันทึก

ความคิดเห็นเพิ่มเติม .....

รูปที่ 4-59 แบบบันทึกการสำรวจสภาพและความเสียหายของหูช้าง

4.11 เชิงลาดสะพาน (Approach)

4.11.1 รูปแบบความเสียหายของเชิงลาดสะพาน

- การทรุดตัว (Settlement)
- การสึกกร่อน (Abrasion)
- การสึกหรอของพื้นผิว (Wear)
- การหลุดเซาะ (Scaling)
- การหลุดล่อน (Spalling)
- การหลุดออกเป็นเม็ดๆ (Pop-Out)
- รอยแตก (Crack)

ดังแสดงในรูปที่ 4-60 และรูปที่ 4-61

รูปที่ 4-60 มีการแตกร้าวตามแนวยาว

รูปที่ 4-61 มีการทรุดตัว

4.11.2 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของเชิงลาดสะพาน

ตารางที่ 4-23 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของเชิงลาดสะพาน

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพเชิงลาดสะพาน	
		ความเสียหาย	เงื่อนไขและรายละเอียด
5	ดีมาก	- สภาพผิวใหม่ ไม่มีความเสียหาย	-
4	ดีพอใช้	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนเล็กน้อย	- ปูนทรายหลุดล่อน มองไม่เห็นผิวหิน
		- คอนกรีตมีโพรงขนาดเล็ก	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนเล็กน้อย	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพเชิงลาดสะพาน	
		ความเสียหาย	เงื่อนไขและรายละเอียด
		- รอยแตกเนื่องจากการหดตัว	-
		- รอยแตกลายงาที่ผิว (Map Cracks)	-
		- รอยแตกแบบ Hairline	- ความกว้าง <1.6 mm (RC)
3	พอใช้	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะปานกลาง	- ปูนทรายหลุดล่อน 5-10 mm มองเห็นผิวหิน และบางแห่งเห็นเม็ดหิน
		- คอนกรีตมีโพรงขนาดเล็กหลายจุดหรือโพรงขนาดใหญ่	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนเล็กน้อยหลายจุดหรือเป็นบริเวณกว้าง	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- รอยแตกเนื่องจากการหดตัวหลายจุด	-
		- รอยแตกลายงาที่ผิว (Map Cracks) บริเวณกว้าง	-
		- รอยแตกขนาดเล็ก	- ความกว้าง 1.6–3.2 mm (RC)
		- คอนกรีตเสียหายถึงเหล็กเสริม ในตำแหน่งที่ไม่มีผลต่อกำลังของโครงสร้าง (อาจมีสนิมเหล็ก)	-
		- มีการทรุดตัวบริเวณรอยต่อที่พื้นสะพานเล็กน้อย (Abutment)	
2	ชำรุด	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะรุนแรง	- ปูนทรายหลุดล่อน 10-20 mm เม็ดหินหลุดล่อน
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	- ลึกถึงระดับเหล็กเสริม
		- รอยแตกขนาดกลาง - รอยแตกเนื่องจากเหล็กเสริมเป็นสนิม	- ความกว้าง 3.2–4.8 mm (RC)
		- โครงสร้างเสียหายเนื่องจากการทรุดตัว โครงสร้างเคลื่อนตัว - โครงสร้างเสียหายเนื่องจากแรงกระแทก / แรงดันดิน หรือการก่อสร้างที่ไม่ได้มาตรฐาน	-
		- มีการทรุดตัวบริเวณรอยต่อที่พื้นสะพานมาก	-
1	วิกฤต	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อน	- ปูนทรายหลุดล่อนลึก > 20 mm เม็ดหินหลุดล่อนเป็นหลุมลึก
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	- ลึกถึงระดับเหล็กเสริม

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพเชิงลาดสะพาน	
		ความเสียหาย	เงื่อนไขและรายละเอียด
		หลายจุดหรือเป็นบริเวณกว้าง	
		- รอยแตกขนาดใหญ่ - รอยแตกขนาดใหญ่เนื่องจากเหล็กเสริมเป็นสนิม	- ความกว้าง >4.8 mm (RC)
		- รอยแตกเนื่องจากแรงเฉือนหรือแรงดัด - ความเสียหายที่มีผลต่อกำลังของโครงสร้าง	- รอยแตกทุกขนาด
		- โครงสร้างเสียหายรุนแรงเนื่องจากการทรุดตัวต่างกันหรือโครงสร้างเคลื่อนตัว - โครงสร้างเสียหายรุนแรงหรือวิบัติจากแรงดันดิน	-
		- ระดับผิวดินต่ำกว่าด้านล่างของฐานรากมากจนทำให้เสาเข็มเสียหาย/แตกหัก	
0	วิบัติ	- สภาพชำรุดเสียหายมาก ต้องทุบโครงสร้างทิ้งและก่อสร้างใหม่	-

4.11.3 การจัดลำดับความเสียหายของเชิงลาดสะพาน

ตารางที่ 4-24 ตัวอย่างการจัดลำดับความเสียหายของเชิงลาดสะพาน

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
5	- โครงสร้างอยู่ในสภาพดีหรือใหม่	
4	- มีรอยแตกร้าวแบบจระเข้	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
3	- มีการทรุดตัว	
2	- มีการทรุดตัวและมีรอยแตกตามแนวขวางของสะพาน	
1	- มีรอยแตกตามแนวขาวงของสะพานซึ่งอาจแยกออกจากกันได้	
0	- เชิงลาดสะพานพังเสียหาย	

4.11.4 แบบฟอร์มการตรวจสอบเชิงลาดสะพาน

แบบบันทึกการสำรวจสภาพและความเสียหายของสะพาน

การตรวจสอบเชิงลาดสะพาน

รหัสสะพาน .....

แผ่นที่ ..... / .....

รหัสองค์ประกอบสะพาน .....

กลุ่ม .....ผู้บันทึก .....

วันที่ .....เวลา.....

ความกว้าง .....เมตร ความยาว .....เมตร ความหนา .....เมตร

วัสดุผิวจราจร.....อื่นๆ .....

ระดับสภาพการใช้งาน		ลักษณะความเสียหายที่พบ
<u>เชิงลาดสะพาน</u>		
5	☐	ไม่พบความเสียหาย
4	☐	หลุดร่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) เป็นบริเวณแคบ
	☐	พบรอยแตกขนาดเล็ก
3	☐	หลุดร่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) เป็นบริเวณกว้าง แต่ไม่เห็นเหล็กเสริม
	☐	พบรอยแตกขนาดเล็กกระจายเป็นบริเวณกว้าง
	☐	พบ Tie Rod เป็นสนิม
	☐	มีการทรุดตัวบริเวณรอยต่อที่พื้นสะพานเล็กน้อย
2	☐	หลุดร่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) จนเห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย
	☐	พบ Tie Rod หลุด หรือเสียหายจนไม่สามารถถ่ายแรงได้
	☐	พบรอยแตกขนาดเล็กตามแนวขวางของสะพานที่บริเวณกึ่งกลางช่วงความยาวหรือใกล้เสาตอม่อ
	☐	แผ่นพื้นส่วนที่วางอยู่บนคานขวางมีพื้นที่น้อยกว่าที่ควรจะเป็น
	☐	มีการทรุดตัวบริเวณรอยต่อที่พื้นสะพานมาก
1	☐	หลุดร่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) จนเห็นเหล็กเสริมเป็นบริเวณกว้าง หรือเห็นลวดอัดแรง
	☐	พบรอยแตกขนาดใหญ่หรือรอยแตกที่มีความลึกมาก ตามแนวขวางของสะพานที่บริเวณกึ่งกลางช่วงความยาว หรือใกล้เสาตอม่อ
	☐	แผ่นพื้นส่วนที่วางอยู่บนคานขวางมีพื้นที่น้อยมากจนอาจเกิดอันตราย
	☐	มีการทรุดตัวบริเวณรอยต่อที่พื้นสะพานมากจนทำให้มีผลกระทบต่อผู้สัญจรไปมา
0	☐	มีการพังทลาย หรือไม่สามารถใช้งานได้

รูปวาดประกอบการบันทึก

ความคิดเห็นเพิ่มเติม .....

รูปที่ 4-62 แบบบันทึกการสำรวจสภาพและความเสียหายของเชิงลาดสะพาน

4.12 แผ่นรองรับคาน (Bearing)

4.12.1 รูปแบบความเสียหายของแผ่นรองรับคาน

- การตรวจสอบรอยแตกร้าวที่ผิว

ซึ่งถือว่าเป็นการตรวจสอบสภาพของอันเนื่องมาจากอายุการใช้งานของแผ่นรองรับคาน โดยผู้ตรวจสอบจะดำเนินการตรวจสอบว่าแผ่นรองรับคาน มีรอยร้าว รอยแตก หรือฉีกขาดจนอยู่ในสภาพที่ไม่สามารถใช้งานได้หรือไม่

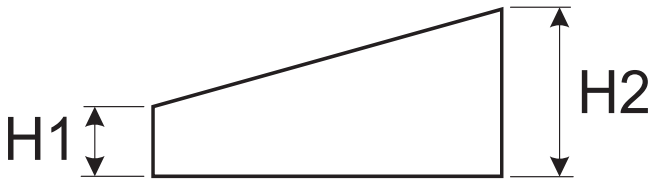
- การเลื่อนหลุดของแผ่นรองรับคาน

ซึ่งอาจเกิดขึ้นเนื่องมา จากพื้นสะพานมีการยืดหดตัวตามอุณหภูมิที่แปรเปลี่ยนในแต่ละช่วงเวลาของวัน การมีสารประกอบประเภท WAX ในเนื้อยางมากเกินไป หรือแผ่นรองรับคาน มีความหนาไม่เพียงพอต่อการใช้งาน ดังรูปที่ 4-63 จึงต้องทำการสำรวจลักษณะ และตำแหน่งของแผ่นรองรับคาน โดยการตรวจวัดตำแหน่งการเลื่อนไถล และวัดค่าความหนาของแผ่นยาง

รูปที่ 4-63 การเลื่อนหลุดระหว่างแผ่นยางรองคอสะพาน

- การตรวจสอบการหมุน

ผู้ตรวจสอบจะทำการตรวจวัดความสูงของแผ่นรองรับคาน ที่บริเวณด้านหน้าและด้านหลังของแผ่นรองรับคาน ซึ่งถ้าตรวจสอบพบว่าค่าความสูงของด้านหน้าและด้านหลังมีค่าแตกต่างกัน ดังรูปที่ 4-64 นั้นหมายความว่าบริเวณจุดรองรับโครงสร้างคานสะพานมีการหมุนเกิดขึ้น



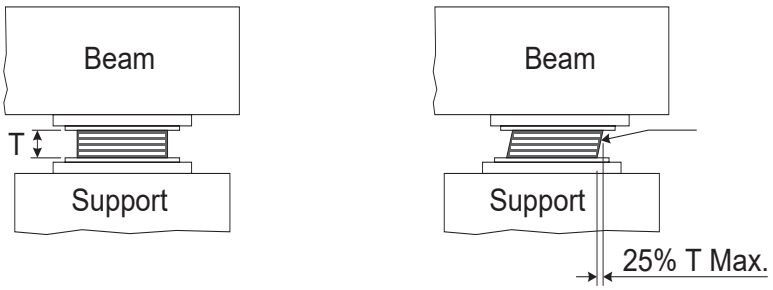
รูปที่ 4-64 การยุบตัวไม่ได้ระดับของแผ่นรองรับคาน

■ การฉีกขาด

การฉีกขาดจะรุนแรงหรือไม่นั้นจะได้จากการวัดขนาดที่ใหญ่ที่สุดของการฉีกขาด

■ การเสียรูปภายใต้แรงเฉือน

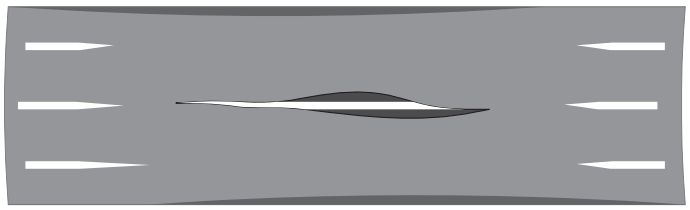
การโย้ตัวไปตามแนวแกนสะพาน หรือลักษณะที่ตั้งฉากกับแนวแกนดังรูปที่ 4-65



รูปที่ 4-65 ลักษณะการเสียรูปของแผ่นรองรับคานสะพานภายใต้แรงเฉือน

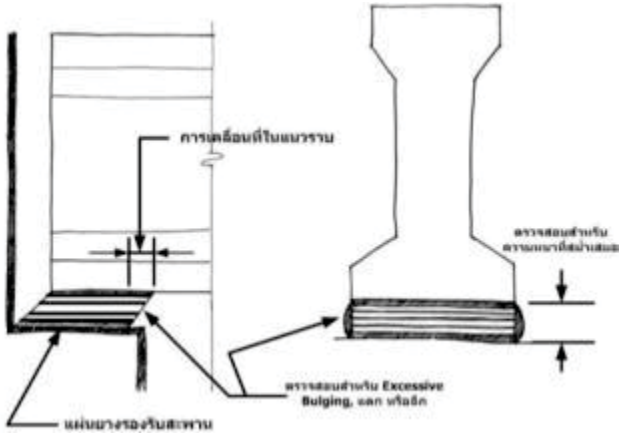
■ การแยกตัวระหว่างยางและแผ่นเหล็ก

สังเกตรอยแยกที่เป็นแนวยาวระหว่างยางและแผ่นเหล็กซึ่งเมื่อระยะเวลานานแผ่นยางจะมีการหดตัวลงจึงทำให้เกิดรอยแยกระหว่างรอยต่อซึ่งส่งผลให้เกิดช่องว่าง ดังรูปที่ 4-66



รูปที่ 4-66 การแยกตัวระหว่างแผ่นรองรับคานและแผ่นเหล็ก

แผ่นรองรับคานเป็นส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างโครงสร้างส่วนบนและโครงสร้างส่วนล่าง ในการถ่ายน้ำหนักที่กระทำต่อโครงสร้างส่วนบน รวมถึงการหดตัวและขยายตัวเนื่องจากแรงกระทำต่างๆรวมถึงอุณหภูมิ จึงจำเป็นต้องพิจารณาความเสียหายอย่างละเอียด โดยตรวจสอบการเสียรูป การเสื่อมสภาพของวัสดุและการทรุดตัวที่ไม่เท่ากันของแผ่นรองรับคาน โดยแสดงการตรวจสอบและลักษณะสภาพของแผ่นรองรับดังรูปที่ 4-67 ถึงรูปที่ 4-69



รูปที่ 4-67 รายการการตรวจสอบ แผ่นรองรับคาน แบบยืดหด

รูปที่ 4-68 รูปแสดงสภาพของแผ่นรองรับคาน

รูปที่ 4-69 รูปแสดงลักษณะแผ่นรองรับคาน

4.12.2 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของแผ่นรองรับคาน

ตารางที่ 4-25 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของแผ่นรองรับคาน

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพแผ่นรองรับ
5	ดีมาก	- สภาพใหม่ ไม่มีความเสียหาย
4	ดีพอใช้	- มีการสะสมของเศษวัสดุในบริเวณแผ่นรองรับคาน
3	พอใช้	- มีการโย้เอียงไม่เกิน 25% ของความหนาของฐานรอง - มีการยุบตัวไม่ได้ระดับต่างกันไม่เกิน 1/10 ของความหนา - มีการเลื่อนของแผ่นยางรองรับคานไม่เกินครึ่งหนึ่งของความหนาของแผ่นยางรองคอสะพาน - มีความสกปรก แต่ไม่พบความเสียหายแผ่น
2	ชำรุด	- มีการโย้เอียงประมาณ 25% ของความหนาของฐานรอง

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพแผ่นรองรับ
		- มีการยุบตัวไม่ได้ระดับต่างกันประมาณ 1/10 ของความหนา - มีการเลื่อนของแผ่นยางรองคอสะพานประมาณครึ่งหนึ่งของความหนาของแผ่นยางรองคอสะพาน - พบการปริแตกที่ผิวแต่ไม่พบรอยฉีกขาด - ไม่พบการแยกตัวระหว่างยางและแผ่นเหล็ก - มีความสกปรก และพบความเสียหาย
1	วิกฤต	- มีการโย้เอียงเกิน 25% ของความหนาของฐานรอง - มีการยุบตัวไม่ได้ระดับต่างกันเกิน 1/10 ของความหนา - มีการเลื่อนของแผ่นยางรองคอสะพานเกินครึ่งหนึ่งของความหนาของแผ่นยางรองคอสะพาน - พบรอยฉีกขาดขนาดใหญ่ - พบการแยกตัวระหว่างยางและแผ่นเหล็ก
0	วิบัติ	- ชำรุดเสียหายมาก จนไม่สามารถใช้งานได้

4.12.3 การจัดลำดับความเสียหายของแผ่นรองรับคาน

ตารางที่ 4-26 ตัวอย่างการจัดลำดับความเสียหายของแผ่นรองรับคาน

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
5	- สภาพดีไม่มีความเสียหาย แผ่นรองรับคานอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง ไม่มีการปูดนูน และมีสภาพดีเหมือนใหม่	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
5	- ไม่พบความเสียหาย	
5	- อยู่ในสภาพดี (Elastomeric Bearing)	
5	- อยู่ในสภาพดี (Metal Bearing)	
5	- อยู่ในสภาพดี (Metal Bearing)	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
5	- อยู่ในสภาพดี (Enclosed/Concealed Bearing)	
5	- อยู่ในสภาพดี (Enclosed/Concealed Bearing)	
4	- มีการเลื่อนของแผ่นรองรับคานไม่เกินครึ่งหนึ่งของความหนาของแผ่นรองรับคาน	
4	- มีสิ่งสกปรกเล็กน้อย (Elastomeric Bearing)	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
4	- พบการปริแตกที่ผิวแต่ไม่พบรอยฉีกขาด	
4	- มีการเลื่อนของแผ่นรองรับคานไม่เกินครึ่งหนึ่งของความหนาของแผ่นรองรับคาน	
4	- มีการกัดกร่อนเล็กน้อยบริเวณขอบ (Metal Bearing)	
4	- สลัก/น๊อตหลวม (Enclosed/Concealed Bearing)	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
4	- มีการกัดกร่อนที่ผิว (Enclosed/Concealed Bearing)	
4	- ผิวของที่รองรับมีการกัดกร่อนเล็กน้อย (Metal Bearing)	
3	- มีการเลื่อนของแผ่นรองรับคานไม่เกินครึ่งหนึ่งของความหนาของแผ่นรองรับคาน	
3	- มีรอยร้าวและหลุดล่อน (Elastomeric Bearing)	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
3	- มีความสกปรก แต่ไม่พบความเสียหาย	
3	- ความหนาลดลงจากเดิม	
3	- มีการเลื่อนของแผ่นรองรับคานไม่เกินครึ่งหนึ่งของความหนาของแผ่นรองรับคาน - มีความสกปรก แต่ไม่พบความเสียหาย	
3	- มีการกัดกร่อน เป็นสนิมเล็กน้อย (Metal Bearing)	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
3	- มีการกัดกร่อน เป็นสนิมและมีสิ่งสกปรกเล็กน้อย (Metal Bearing)	
3	- มีการซึมของแผ่นยางเล็กน้อย (Enclosed/Concealed Bearing)	
3	- มีการซึมของแผ่นยาง (Enclosed/Concealed Bearing)	
2	- มีการเลื่อนของแผ่นรองรับคาน เกินครึ่งหนึ่งของความหนาของแผ่นรองรับคาน	

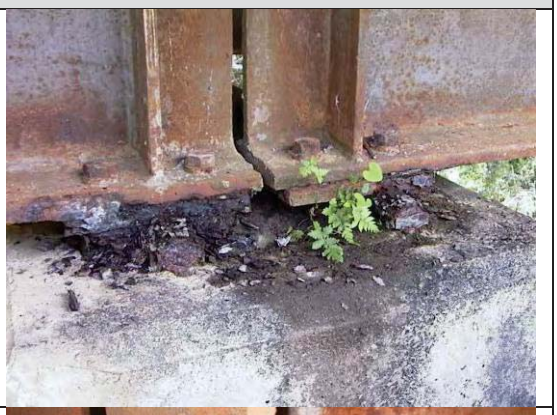
ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
2	- ความหนาลดลงจากเดิมมาก	
2	- มีการเลื่อนหลุดของแผ่นรองรับคานเกินครึ่งหนึ่งของความหนาของแผ่นรองรับคาน	
2	- มีรอยแตกและปูดนูน (Elastomeric Bearing)	
2	- มีรอยแตกและปูดนูน (Elastomeric Bearing)	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
2	- มีการปูดนูน (Elastomeric Bearing)	
2	- มีสิ่งเข้าไปขัดขวางการทำงานของแผ่นรองรับไม่ให้สามารถยืดออกได้ (Enclosed/Concealed Bearing)	
2	- รอยเชื่อมต่อแตกหัก (Enclosed/Concealed Bearing)	
1	- มีการเสียรูปจากแรงเฉือน (Elastomeric Bearing)	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
1	- พบการแยกตัวระหว่างยางและแผ่นเหล็ก	
1	- มีการเลื่อนตัวของแผ่นรองรับคานเกินครึ่งหนึ่งของความหนาของแผ่นรองรับคาน	
1	- มีการเลื่อนของแผ่นรองรับคานเกินครึ่งหนึ่งของความหนาของแผ่นรองรับคาน	
1	- การยุบตัวไม่ได้ระดับต่างกันเกิน 1/10 ของความหนา - มีความสกปรกมาก	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
1	- มีการเลื่อนของแผ่นรองรับคานเกินครึ่งหนึ่งของความหนาของแผ่นรองรับคาน	
1	- เกิดความเสียหายที่รอยต่อเชื่อม (Enclosed/Concealed Bearing)	
1	- มีช่องว่างระหว่างแผ่นรองรับที่มากเกิน (Enclosed/Concealed Bearing)	
1	- แผ่นเหล็กมีรอยบุ๋ม มีการกัดกร่อนเป็นหลุม (Metal Bearing)	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
1	- มีสิ่งสกปรกขัดขวางการทำงานของแผ่นรองรับ (Metal Bearing)	
0	- มีการเสียรูป เสื่อมสภาพ (Elastomeric Bearing)	
0	- แผ่นรองรับเสียหาย (Metal Bearing)	
0	- แผ่นรองรับเสียหาย (Metal Bearing)	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
0	- แผ่นรองรับเสียหายจากการกัดกร่อน (Metal Bearing)	
0	- แผ่นรองรับเสียหายจากการกัดกร่อน (Metal Bearing)	
0	- แผ่นรองเสียหาย หลุดออก มีน้ำซึมผ่าน (Enclosed/Concealed Bearing)	

4.12.4 แบบฟอร์มการตรวจสอบแผ่นรองรับคาน

แบบบันทึกการสำรวจสภาพและความเสียหายของสะพาน

การตรวจสอบแผ่นรองรับคาน

รหัสสะพาน .....

แผ่นที่ ..... / .....

รหัสองค์ประกอบสะพาน .....

กลุ่ม .....ผู้บันทึก .....

วันที่ .....เวลา.....

ความกว้าง .....เมตร ความยาว .....เมตร ความหนา .....เมตร ชนิดของแผ่นรองรับ.....

อื่นๆ .....

ระดับสภาพการใช้งาน		ลักษณะความเสียหายที่พบ
แผ่นรองรับคาน		
5	☐	ไม่พบความเสียหาย
4	☐	มีการสะสมของเศษวัสดุในบริเวณแผ่นรองรับคาน
3	☐	พบรอยฉีกขาดของแผ่นรองรับขนาดใหญ่
	☐	มีการใช้เอียงไม่เกิน 25% ของความหนาของฐานรอง
	☐	มีการยุบตัวไม่ได้ระดับต่างกันไม่เกิน 1/10 ของความหนา
	☐	มีการเลื่อนของแผ่นยางรองคอสะพานไม่เกินครึ่งหนึ่งของความหนาของแผ่นยางรองคอสะพาน
	☐	มีความสกปรกแต่ไม่พบความเสียหาย
2	☐	ความหนาลดลงจากเดิมมาก
	☐	พบรอยแตกของแผ่นรองรับ
	☐	มีการใช้เอียงประมาณ 25% ของความหนาของฐานรอง
	☐	มีการยุบตัวไม่ได้ระดับต่างกันประมาณ 1/10 ของความหนา
	☐	มีการเลื่อนของแผ่นยางรองคอสะพานครึ่งหนึ่งของความหนาของแผ่นยางรองคอสะพาน
	☐	มีความสกปรก
1	☐	คอนกรีตที่อยู่โดยรอบมีรอยแตก
	☐	มีการใช้เอียงเกิน 25% ของความหนาของฐานรอง
	☐	มีการยุบตัวไม่ได้ระดับต่างกันเกิน 1/10 ของความหนา
	☐	มีการเลื่อนของแผ่นยางรองคอสะพานเกินครึ่งหนึ่งของความหนาของแผ่นยางรองคอสะพาน
	☐	พบรอยฉีกขาดของแผ่นรองรับขนาดใหญ่
	☐	พบการแยกตัวระหว่างยางและแผ่นเหล็ก
	☐	มีความสกปรกมาก
0	☐	มีการพังทลาย หรือไม่สามารถใช้งานได้

รูปวาดประกอบการบันทึก

ความคิดเห็นเพิ่มเติม .....

รูปที่ 4-70 แบบบันทึกการสำรวจสภาพและความเสียหายของแผ่นรองรับคาน

4.13 รอยต่อเผื่อการขยาย (Expansion Joint)

4.13.1 รูปแบบความเสียหายของรอยต่อเผื่อการขยาย

หน้าที่หลักของรอยต่อเผื่อการขยายคือ รองรับการยืดตัวและการหดตัวของพื้น รอยต่อของพื้นสะพานยังเป็นส่วนที่ปิดช่องว่างระหว่างส่วนพื้นและกำแพงของตอม่ออีกด้วย นอกจากนี้ รอยต่อของพื้นสะพานนี้ยังช่วยให้การเคลื่อนที่จากถนนคอสะพานขึ้นไปสู่พื้น เป็นไปอย่างนุ่มนวล ซึ่งรอยต่อนี้จะต้องเป็นส่วนที่ทนทานต่อทุกสภาพอากาศในพื้นที่ที่กำหนดให้ โดยรอยต่อเผื่อขยายจะต้องสามารถใช้งานได้อย่างสมบูรณ์ไม่ว่าการจราจรที่ข้ามสะพานจะมีสภาพเป็นอย่างไร รอยต่อสามารถแบ่งออกได้หลายประเภทดังนี้

- รอยต่อแบบหล่อ (Formed Joints)
- รอยต่อแบบใช้แผ่นเหล็ก (Finger Plate Joints)
- รอยต่อแบบปิดโดยการเท (Poured Joint Seal)
- รอยต่อแบบปิดโดยการกด (Compression Seal)
- รอยต่อแบบปิดและมีโพรง (Cellular Seal)
- รอยต่อแบบปิดโดยแผ่นเหล็กเลื่อน (Sliding Plate Joint)
- รอยต่อแบบปิดโดยแผ่นรับความยืดหยุ่นสำเร็จรูป (Prefabricated Elastomeric Seal)
- รอยต่อแบบปิดโดยหน่วยประกอบยืดหยุ่น (Modular Elastomeric Seal)

ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับรอยต่อเผื่อการขยายมีหลายรูปแบบดังนี้

- การบิดตัว (Loss of Parallelism)
- ตัวยึดหลุด (Failure of Anchorages)
- น้ำขัง (Trapped Water)
- รอยแตกของโครงสร้างเหล็กรอยต่อ (Crack of Metallic Component)
- เสื่อมสภาพจากการขึ้นของพืช (Deterioration from Vegetation Growth)
- อุดตัน (Clog)

ดังแสดงในรูปที่ 4-71 ถึงรูปที่ 4-74

รูปที่ 4-71 รอยต่อเผื่อการขยายตัวมีเศษดินอุดตันทำให้พฤติกรรมไม่เป็นไปตามที่ได้ออกแบบ

รูปที่ 4-72 สภาพรอยต่อระหว่างสะพาน

รูปที่ 4-73 การสะสมของเศษดินบริเวณรอยต่อสะพาน

รูปที่ 4-74 สภาพรอยต่อเผื่อการขยายตัวของสะพาน

4.13.2 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของรอยต่อเผื่อการขยาย

ตารางที่ 4-27 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของรอยต่อเผื่อการขยาย

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพรอยต่อสะพาน
5	ดีมาก	- สภาพดี ไม่มีความเสียหาย
4	ดีพอใช้	- สภาพใช้งานได้ เริ่มมีการสะสมของเศษวัสดุ - Joint Filler เริ่มหลุดล่อน (Concrete Joint) - พบรอยแตกตามแนวรอยต่อ (Asphaltic Concrete)
3	พอใช้	- สภาพใช้งานได้ มีการสะสมของเศษวัสดุหรือวัชพืชในปริมาณค่อนข้างมาก - Joint Filler หลุดล่อน (Concrete Joint) - Metal Plate เริ่มเป็นสนิม เสียรูปหรือโก่งงอเล็กน้อย หลวม (Metal Joint)

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพรอยต่อสะพาน
		- ผิวทางเสียหายบริเวณรอยต่อสะพานหรือเสียหายตามแนวยาวสะพาน (Asphaltic Concrete)
2	ชำรุด	- มีการรั่วซึม - มีเศษวัสดุอุดตัน - มีการสะสมของเศษวัสดุหรือวัชพืชอย่างมาก จนทำให้ปลายสะพานเคลื่อนที่ไม่เป็นอิสระ - พบรอยแตกหรือการหลุดล่อนของคอนกรีตที่อยู่ใกล้เคียง - Metal Plate เสียรูป โก่งงอ แตกหัก หลุดออกเป็นบางส่วน (Metal Joint)
1	วิกฤต	- มีการรั่วซึม - มีรอยแตก ฉีกขาด - พบรอยแตกขนาดใหญ่หรือการหลุดล่อนของคอนกรีตที่อยู่ใกล้เคียงเป็นบริเวณกว้าง - Metal Plate เสียรูป โก่งงอ แตกหัก หลุดออกเป็นบริเวณกว้าง (Metal Joint)
0	วิบัติ	- สภาพชำรุดเสียหายมาก จนไม่สามารถใช้งานได้

4.13.3 การจัดลำดับความเสียหายของรอยต่อเผื่อการขยาย

ตารางที่ 4-28 ตัวอย่างการจัดลำดับความเสียหายของรอยต่อเผื่อการขยาย

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
5	- สภาพดีไม่มีความเสียหาย	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
5	- สภาพดีไม่มีความเสียหาย	
5	- สภาพดีไม่มีความเสียหาย	
5	- สภาพดีไม่มีความเสียหาย	
5	- สภาพดีไม่มีความเสียหาย	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
5	- สภาพดีไม่มีความเสียหาย	
4	- สภาพเรียบ มีความเสียหายน้อยมาก ไม่เป็นอุปสรรคต่อการขับขี่	
4	- สภาพเรียบ มีความเสียหายน้อยมาก มีเศษฝุ่นอุดตัน ไม่เป็นอุปสรรคต่อการขับขี่	
4	- สภาพเรียบ มีความเสียหายน้อยมาก ไม่เป็นอุปสรรคต่อการขับขี่	

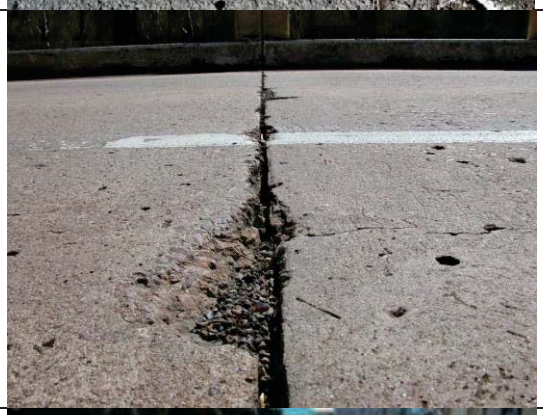
ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
4	- พบรอยแตกตามแนวรอยต่อ (สำหรับผิวจราจรแบบ Asphaltic Concrete)	
4	- รอยแตกร้าว	
4	- เกิดรอยเลื่อนระหว่างรอยต่อ ทำให้ระดับต่างกันประมาณ 10 มม.	
3	- มีการหลุดล่อนบริเวณรอยต่อทำให้มีน้ำซึมไปในสะพาน	

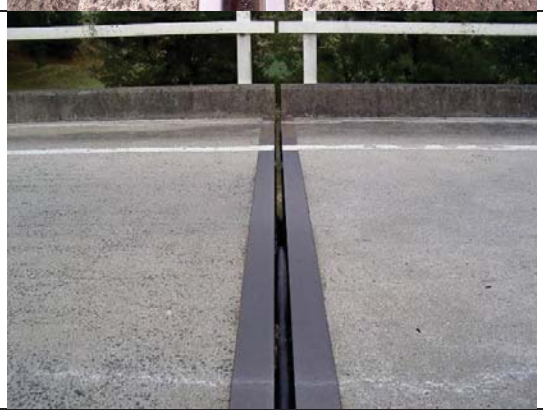
ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
3	- Joint Filler หลุดล่อน และมีเศษวัสดุหรือวัชพืชสะสม (สำหรับ Concrete Joint)	
3	- สภาพพอใช้ มีความเสียหายน้อยกว่าร้อยละ 20 ของพื้นผิว สามารถขับขี่ยานพาหนะในอัตราความเร็วปกติ	
3	- มีเศษสิ่งสกปรกอุดตันอยู่ระหว่างรอยต่อ มีการหลุดล่อนของคอนกรีต	
3	- สภาพพอใช้ มีความเสียหายน้อยกว่าร้อยละ 20 ของพื้นผิว สามารถขับขี่ยานพาหนะในอัตราความเร็วปกติ	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
3	- สภาพพอใช้ มีความเสียหายน้อยกว่าร้อยละ 20 ของพื้นผิว สามารถขับขี่ยานพาหนะในอัตราความเร็วปกติ	
3	- มีน้ำและความชื้นเข้าไปในบริเวณรอยต่อ	
3	- วัสดุเคลือบปิดรอยต่อเสียหายปานกลาง	
2	- เกิดการหลุดล่อนของคอนกรีตด้านข้างของรอยต่อ	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
2	- แผ่นเหล็กหลุดหายไป หรือชำรุดไม่อยู่ในสภาพใช้งาน (สำหรับ Metal Joint)	
2	- สภาพชำรุด มีความเสียหายระหว่างร้อยละ 20-50 ของพื้นผิว ต้องขับขี่ยานพาหนะด้วยความเร็วที่ช้ากว่าปกติ เป็นอุปสรรคต่อการจราจร	
2	- พบรอยแตกที่คอนกรีตบริเวณปลายแผ่นพื้น ขนานกับรอยต่อ	
2	- มีกิ่งไม้กัดขวางการทำงานของรอยต่อ	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
2	- สภาพชำรุด มีความเสียหายประมาณร้อยละ 50 ต้องขับขี่ยานพาหนะด้วยความเร็วต่ำมาก ต้องใช้ความระมัดระวังเป็นอุปสรรคต่อการจราจร	
2	- เกิดเป็นช่องว่าง หรือมีความขรุขระ	
2	- มีรอยคราบของวัสดุที่ใช้เชื่อมระหว่างรอยต่อเปื้อนและไหลออกมาจากสะพาน	
2	- วัสดุเชื่อมระหว่างรอยต่อสูญหายทำให้มีการซึมผ่านของน้ำไปยังสะพาน	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
2	- มีเศษสิ่งปกปิดรอยต่อทำให้การเคลื่อนตัวของรอยต่อไม่สะดวก	
1	- มีการหลุดล่อนขนาดใหญ่และมีเศษสิ่งสกปรกเข้าไปอุดตันบริเวณรอยต่อ	
1	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะรุนแรงมาก	
1	- เกิดความเสียหายทำให้รอยต่อไม่สามารถเคลื่อนตัวได้สะดวก	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
1	- สภาพชำรุด มีความเสียหายมากกว่าร้อยละ 50 ต้องขับขี่ยานพาหนะด้วยความเร็วต่ำมาก ต้องใช้ความระมัดระวังเป็นอุปสรรคต่อการจราจร	
1	- เกิดเป็นช่องว่างขนาดใหญ่ หรือมีความขรุขระมาก อาจส่งผลต่อความปลอดภัยในการขับขี่	
1	- มีการหลุดล่อนและสูญเสีย น๊อตที่ใช้เชื่อมต่อ	
1	- วัสดุที่เชื่อระหว่างรอยต่อสูญหายมาก	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
1	- เกิดการเปลี่ยนรูปของรอยต่อ	
0	- สภาพชำรุด มีความเสียหายมากกว่าร้อยละ 50 ต้องขับขี่ยานพาหนะด้วยความเร็วต่ำมาก ต้องใช้ความระมัดระวังเป็นอุปสรรคต่อการจราจร	
0	- รอยต่อมีความเสียหายมาก	
0	- รอยต่อมีความเสียหายมาก	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
0	- รอยต่อมีความเสียหายมาก	

4.13.4 แบบฟอร์มการตรวจสอบรอยต่อเผื่อขยาย

แบบบันทึกการสำรวจสภาพและความเสียหายของสะพาน

การตรวจสอบรอยต่อเผื่อขยาย

รหัสสะพาน .....
แผ่นที่ ..... / .....
รหัสองค์ประกอบสะพาน .....

กลุ่ม .....ผู้บันทึก .....
วันที่ .....เวลา.....

ความกว้าง .....เมตร ความยาว .....เมตร ความหนา .....เมตร ชนิดของรอยต่อ.....
วัสดุผิวจราจร.....อื่นๆ .....

ระดับสภาพการใช้งาน		ลักษณะความเสียหายที่พบ
รอยต่อเผื่อขยาย		
5	☐	ไม่พบความเสียหาย
4	☐	Joint Filler หลุดร่อน (สำหรับ Concrete Joint)
	☐	พบรอยแตกตามแนวรอยต่อ (สำหรับผิวจราจรแบบ Asphaltic Concrete)
3	☐	Joint Filler หลุดร่อน และมีเศษวัสดุหรือวัชพืชสะสม (สำหรับ Concrete Joint)
	☐	แผ่นเหล็กเป็นสนิม โก่งงอ เริ่มจะหลุดออกจากแผ่นพื้น หรือเคลื่อนตัวได้ไม่สะดวก (สำหรับ Metal Joint)
	☐	ผิวทางเสียหายบริเวณรอยต่อสะพานหรือเสียหายตามแนวยาวสะพาน (สำหรับผิวจราจรแบบ Asphaltic Concrete)
2	☐	พบรอยแตกที่คอนกรีตบริเวณปลายแผ่นพื้น ขนานกับรอยต่อ
	☐	เกิดเป็นช่องว่าง หรือมีความขรุขระ
	☐	แผ่นเหล็กหลุดหายไป หรือชำรุดไม่อยู่ในสภาพใช้งาน (สำหรับ Metal Joint)
	☐	ผิวทางเป็นหลุมเป็นบ่อ มีรอยซ่อมเป็นแห่งๆ (สำหรับผิวจราจรแบบ Asphaltic Concrete)
1	☐	เกิดเป็นช่องว่างขนาดใหญ่ หรือมีความขรุขระมาก อาจส่งผลต่อความปลอดภัยในการขับขี่
	☐	ผิวทางเป็นหลุมเป็นบ่อ มีรอยซ่อม ผิวขรุขระเป็นลูกระนาด ร่องล้อ (สำหรับผิวจราจรแบบ Asphaltic Concrete)
0	☐	มีการพังทลาย หรือไม่สามารถใช้งานได้

รูปวาดประกอบการบันทึก

ความคิดเห็นเพิ่มเติม .....

รูปที่ 4-75 แบบบันทึกการสำรวจสภาพและความเสียหายของรอยต่อเผื่อขยาย

4.14 ผิวทาง (Wearing Surface)

4.14.1 รูปแบบความเสียหายของผิวทาง

- การแยกตัว (Delaminate)
- การเสียรูปตามร่องล้อ (Wheel Track Rutting)
- เป็นหลุม (Potholing)
- รอยแตกตามยาว (Longitudinal Crack)
- รอยแตกแบบแผนที่หรือลายจระเข้ (Map/Alligator Cracks)

ดังแสดงในรูปที่ 4-76 ถึงรูปที่ 4-80

รูปที่ 4-76 ลักษณะการสึกร่อนของผิวถนนจนเห็นเม็ดหินเกิดขึ้นทั่วสะพาน

รูปที่ 4-77 การเป็นหลุมจนเห็นเหล็กเสริมของผิวทาง

รูปที่ 4-78 ลักษณะการสึกกร่อนของผิวถนนจนเป็นหลุมสามารถเห็นเหล็กเสริมได้

รูปที่ 4-79 ลักษณะการสึกกร่อนของผิวถนนจนเห็นเม็ดหินเกิดขึ้นทั่วสะพาน

รูปที่ 4-80 รูปแสดงรอยแตกแบบจระเข้และความขรุขระของผิวทาง

4.14.2 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของผิวทาง

ตารางที่ 4-29 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของผิวทางแอสฟัลต์

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพผิวทางแอสฟัลต์
5	ดีมาก	- สภาพดี ไม่มีความเสียหาย
4	ดีพอใช้	- สภาพเรียบ มีความเสียหายน้อยมาก - ผู้ขับขี่ยานพาหนะไม่สามารถมองเห็นความเสียหาย และไม่เป็นอุปสรรคต่อการขับขี่
3	พอใช้	- สภาพพอใช้ มีความเสียหายน้อยกว่าร้อยละ 20 ของพื้นที่ผิว - ผิวทางเสียหายบริเวณรอยต่อสะพานหรือเสียหายตามแนวยาวสะพาน (รอยต่อของแผ่นพื้น) - สามารถขับขี่ยานพาหนะด้วยอัตราความเร็วปกติ
2	ชำรุด	- สภาพชำรุด มีความเสียหายระหว่างร้อยละ 20-50 ของพื้นที่ผิว - ผิวทางมีรอยซ่อมไม่เรียบร้อยเป็นแห่ง ๆ - ผิวทางเป็นหลุมเป็นบ่อ มีการหลุดล่อน - ผิวทางแตกร้าว หรือแตกร้าวเนื่องจากการหดตัว - ผิวทางเสียรูปร่าง (ขรุขระ เป็นลูกระนาด ร่องล้อ ฯ) - ต้องขับขี่ยานพาหนะด้วยความเร็วที่ช้ากว่าปกติ เป็นอุปสรรคต่อการจราจร
1	วิกฤต	- สภาพชำรุด มีความเสียหายระมากกว่าร้อยละ 50 ของพื้นที่ผิว - ผิวทางเป็นหลุมเป็นบ่อ มีการหลุดล่อน แตกร้าว เสียรูปร่าง (ขรุขระ เป็นลูกระนาด ร่องล้อ ฯ) อย่างรุนแรงหรือเป็นบริเวณกว้าง

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพผิวทางแอสฟัลต์
		- ต้องขับขี่ยานพาหนะด้วยความเร็วต่ำมาก ต้องใช้ความระมัดระวัง เป็นอุปสรรคต่อการจราจร
0	วิบัติ	- สภาพชำรุดเสียหายมาก ต้องรื้อผิวทางทิ้งและปูผิวใหม่

ตารางที่ 4-30 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของผิวทางคอนกรีต

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพของผิวทางคอนกรีต
5	ดีมาก	- สภาพดี ไม่มีความเสียหาย
4	ดีพอใช้	- สภาพพอใช้ในเกณฑ์ดี คอนกรีตสึกกร่อนหรือหลุดล่อนเพียงเล็กน้อย
3	พอใช้	- สภาพพอใช้ ชำรุดบ้าง คอนกรีตเสียหายลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
2	ชำรุด	- สภาพชำรุด คอนกรีตเสียหายลึกถึงเหล็กเสริม
1	วิกฤต	- สภาพชำรุด คอนกรีตเสียหายอย่างรุนแรงลึกถึงเหล็กเสริม หรือความเสียหายมีผลต่อกำลังของโครงสร้าง
0	วิบัติ	- สภาพชำรุดเสียหายมาก ต้องทุบผิวหน้าทิ้งและเทผิวใหม่

4.14.3 การจัดลำดับความเสียหายของผิวทาง

ตารางที่ 4-31 ตัวอย่างการจัดลำดับความเสียหายของผิวทางคอนกรีต

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
5	- โครงสร้างอยู่ในสภาพดีหรือใหม่	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
5	- โครงสร้างอยู่ในสภาพดีหรือใหม่	
4	- ผิวคอนกรีตขรุขระเล็กน้อย	
4	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนเล็กน้อย	
4	- สึกกร่อน หรือหลุดล่อนเล็กน้อย	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
4	- สึกกร่อน หรือหลุดล่อน เล็กน้อย	
3	- รอยแตกตามยาว	
3	- พบรอยแตกขนาดเล็กตามแนวยาวของสะพาน	
3	- สึกกร่อน หรือหลุดล่อนจนเห็นเหล็กเสริม	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
3	- พบรอยแตกขนาดเล็กกระจายเป็นบริเวณกว้าง	
3	- สึกกร่อน หรือหลุดล่อน	
3	- สึกกร่อน หรือหลุดล่อนจนเป็นหลุมเห็นเหล็กเสริม	
2	- พบรอยแตกขนาดใหญ่ตามแนวขวางของสะพาน	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
2	- พบรอยแตกเป็นบริเวณกว้าง	
2	- พบรอยแตกขนาดใหญ่ตามแนวยาวของสะพาน	
2	- สึกกร่อน หรือหลุดล่อนจนเป็นหลุม หรือเห็นเหล็กเสริมเป็นบริเวณกว้าง	
2	- กะเทาะหลุดล่อนเห็นเหล็กเสริม	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
1	- สึกกร่อน หรือหลุดล่อนอย่างมาก หรืออาจส่งผลต่อความปลอดภัยในการขับขี่	
1	- กะเทาะหลุดล่อนลึกถึงเหล็กเสริม เป็นบริเวณกว้าง	
1	- กะเทาะหลุดล่อนลึกถึงเหล็กเสริม เป็นบริเวณกว้าง	
1	- เกิดรอยแตกตามแนวยาว	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
0	- ผิวคอนกรีตหลุดล่อนลึกถึงเหล็กเสริมเป็นบริเวณกว้าง	

ตารางที่ 4-32 ตัวอย่างการจัดลำดับความเสียหายของผิวทางแอสฟัลต์

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
5	- โครงสร้างอยู่ในสภาพดีหรือใหม่	
4	- ผิวทางเป็นหลุมเล็กน้อย	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
3	- ผิวทางมีรอยแตกเป็นทางตามยาว	
3	- ผิวทางหลุดล่อน	
2	- มีรอยแตกตามแนวยาวตลอดสะพาน	
1	- มีวัสดุของผิวทางหลุดออกมาและเป็นคลื่นตามยาว	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
1	- มีรอยแตกร้าวของผิวทางบริเวณกว้าง	
0	- ผิวทางได้รับความเสียหายมากจนทำให้มีผลกระทบต่อการสัญจรไปมา	
0	- ผิวทางได้รับความเสียหายมากจนทำให้มีผลกระทบต่อการสัญจรไปมา	

4.14.4 แบบฟอร์มการตรวจสอบผิวทาง

แบบบันทึกการสำรวจสภาพและความเสียหายของสะพาน

การตรวจสอบผิวทาง

รหัสสะพาน .....

แผ่นที่ ..... / .....

รหัสองค์ประกอบสะพาน .....

กลุ่ม ..... ผู้บันทึก .....

วันที่ ..... เวลา .....

ความกว้าง ..... เมตร ความยาว ..... เมตร ความหนา ..... เมตร ความหนาของคอนกรีตเททับหน้า(Topping) .....

วัสดุผิวจราจร ..... อื่นๆ .....

ระดับสภาพการใช้งาน		ลักษณะความเสียหายที่พบ
<u>ผิวทาง</u>		
5	❒	ไม่พบความเสียหาย
4	❒	สึกกร่อน หรือหลุดร่อนเล็กน้อย
	❒	พบรอยแตกขนาดเล็ก
3	❒	สึกกร่อน หรือหลุดร่อนจนเป็นหลุมหรือเห็นเหล็กเสริม
	❒	พบรอยแตกขนาดเล็กกระจายเป็นบริเวณกว้าง
	❒	พบรอยแตกขนาดเล็กตามแนวยาวของสะพาน
	❒	พบรอยแตกขนาดเล็กตามแนวขวางของสะพาน
2	❒	สึกกร่อน หรือหลุดร่อนจนเป็นหลุมหรือเห็นเหล็กเสริมเป็นบริเวณกว้าง
	❒	พบรอยแตกเป็นบริเวณกว้าง
	❒	พบรอยแตกขนาดใหญ่ตามแนวยาวของสะพาน
	❒	พบรอยแตกขนาดใหญ่ตามแนวขวางของสะพาน
1	❒	สึกกร่อน หรือหลุดร่อนอย่างมาก หรืออาจส่งผลต่อความปลอดภัยในการขับขี่
	❒	พบรอยแตกขนาดใหญ่ หรืออาจส่งผลต่อความปลอดภัยในการขับขี่
0	❒	มีการพังทลาย หรือไม่สามารถใช้งานได้

รูปวาดประกอบการบันทึก

ความคิดเห็นเพิ่มเติม .....

รูปที่ 4-81 แบบบันทึกการสำรวจสภาพและความเสียหายของผิวทาง

4.15 แผงกั้นจราจร (Traffic Barrier)

4.15.1 รูปแบบความเสียหายของแผงกั้นจราจร

- การสึกร่อนจากสนิมในเหล็ก (Reinforcing Steel Corrosion)
- การหลุดล่อน (Spalling)
- ความเสียหายที่เกิดจากการถูกชน (Collision Damage)
- รอยแตก (Crack)

4.15.2 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของแผงกั้นจราจร

ตารางที่ 4-33 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของแผงกั้นจราจร

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพแผงกั้นจราจร
5	ดีมาก	- สภาพใหม่ ไม่มีความเสียหาย
4	ดีพอใช้	- พบการหลุดล่อนหรือเป็นโพรงขนาดเล็ก
3	พอใช้	- พบการหลุดล่อนหรือเป็นโพรงขนาดเล็กจำนวนมาก พบรอยแตกขนาดเล็ก - สามารถสังเกตเห็นเหล็กเสริมได้ แต่เหล็กเสริมยังอยู่ในสภาพที่ดี
2	ชำรุด	- พบการหลุดล่อนหรือเป็นโพรงขนาดใหญ่ เหล็กเสริมเป็นสนิม - พบรอยแตกขนาดใหญ่ มีการเอียงตัวเล็กน้อย
1	วิกฤต	- พบการหลุดล่อนหรือเป็นโพรงขนาดใหญ่เป็นบริเวณกว้าง เหล็กเสริมเป็นสนิมอย่างมาก - พบรอยแตกขนาดใหญ่เป็นจำนวนมาก - มีการเอียงตัวจนอาจทำให้โครงสร้างไม่มีความมั่นคง
0	วิบัติ	- ชำรุดเสียหายมาก จนไม่สามารถใช้งานได้

4.15.3 การจัดลำดับความเสียหายของแผงกั้นจราจร

ตารางที่ 4-34 ตัวอย่างการจัดลำดับความเสียหายของแผงกั้นจราจร

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
5	- ไม่พบความเสียหาย	
5	- ไม่พบความเสียหาย	
4	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนเล็กน้อย	
3	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อน และมีรอยแตกร้าวเห็นเหล็กเสริม	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
3	- คอนกรีตมีรอยร้าว	
3	- คอนกรีตหลุดล่อน	
2	- มีรอยร้าวจนเห็นเหล็กเสริม	
0	- พังทลายจากการถูกชน	

4.15.4 แบบฟอร์มการตรวจสอบแผงกั้นจราจร

แบบบันทึกการสำรวจสภาพและความเสียหายของสะพาน

การตรวจสอบแผงกั้นจราจร

รหัสสะพาน .....
แผ่นที่ ..... / .....
รหัสองค์ประกอบสะพาน .....

กลุ่ม .....ผู้บันทึก .....
วันที่ .....เวลา.....

ความกว้าง .....เมตร ความยาว .....เมตร ความหนา .....เมตร ชนิดของแผงกั้นจราจร .....
อื่นๆ .....

ระดับสภาพการใช้งาน		ลักษณะความเสียหายที่พบ
<u>แผงกั้นจราจร</u>		
5	☐	ไม่พบความเสียหาย
4	☐	สึกกร่อน หรือหลุดล่อน เล็กน้อย โพรงขนาดเล็ก
3	☐	สึกกร่อน หรือหลุดล่อน จนเห็นเหล็กเสริม
	☐	มีรอยแตก
2	☐	สึกกร่อน หรือหลุดล่อน จนเห็นเหล็กเสริมเป็นบริเวณกว้าง เป็นโพรง
	☐	มีรอยแยกตัว
1	☐	มีรอยแยกตัวขนาดใหญ่ หลุดล่อน เป็นโพรงขนาดใหญ่ มีการเอียงตัว เหล็กเป็นสนิม
0	☐	มีการพังทลาย หรือไม่สามารถใช้งานได้

รูปวาดประกอบการบันทึก

ความคิดเห็นเพิ่มเติม .....

รูปที่ 4-82 แบบบันทึกการสำรวจสภาพและความเสียหายของแผงกั้นจราจร

4.16 ราวสะพาน (Railing)

4.16.1 รูปแบบความเสียหายของราวสะพาน

ราวสะพานจะทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้รถหลุดออกไปนอกขอบของสะพาน ราวกั้นบนสะพานนี้จะต้องเปลี่ยนทิศทางของรถที่จะหลุดไปนอกสะพาน ให้กลับเข้ามาทรงตัวอยู่ได้ และไม่เกิดการพลิกคว่ำ และไม่ทำให้ราวกั้นบนสะพานเสียหาย

- การสึกกร่อนจากสนิมในเหล็ก (Reinforcing Steel Corrosion)
- การหลุดล่อน (Spalling)
- ความเสียหายที่เกิดจากการถูกชน (Collision Damage)
- รอยแตก (Crack)

ดังแสดงในรูปที่ 4-83 ถึงรูปที่ 4-85

รูปที่ 4-83 สึกกร่อนจนเห็นเหล็กเสริม

รูปที่ 4-84 เสียหายจากการชน

รูปที่ 4-85 เกิดการแตกร้าว

4.16.2 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของราวสะพาน

ตารางที่ 4-35 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของราวสะพาน

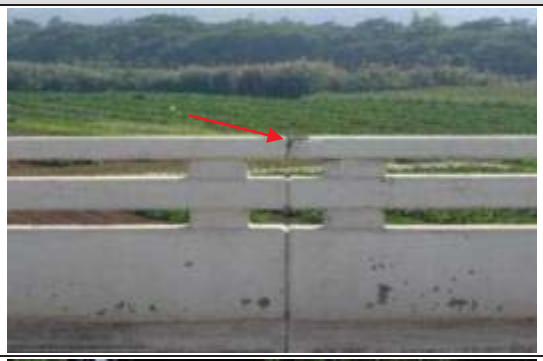
ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพราวสะพาน
5	ดีมาก	- สภาพใหม่ ไม่มีความเสียหาย
4	ดีพอใช้	- พบการหลุดล่อนหรือเป็นโพรงขนาดเล็ก
3	พอใช้	- พบการหลุดล่อนหรือเป็นโพรงขนาดเล็กจำนวนมาก พบรอยแตกขนาดเล็ก - สามารถสังเกตเห็นเหล็กเสริมได้ แต่เหล็กเสริมยังอยู่ในสภาพที่ดี
2	ชำรุด	- พบการหลุดล่อนหรือเป็นโพรงขนาดใหญ่ เหล็กเสริมเป็นสนิม - พบรอยแตกขนาดใหญ่ มีการเอียงตัวเล็กน้อย
1	วิกฤต	- พบการหลุดล่อนหรือเป็นโพรงขนาดใหญ่เป็นบริเวณกว้าง เหล็กเสริมเป็นสนิมอย่างมาก - พบรอยแตกขนาดใหญ่เป็นจำนวนมาก - มีการเอียงตัวจนอาจทำให้โครงสร้างไม่มีความมั่นคง
0	วิบัติ	- ชำรุดเสียหายมาก จนไม่สามารถใช้งานได้

4.16.3 การจัดลำดับความเสียหายของราวสะพาน

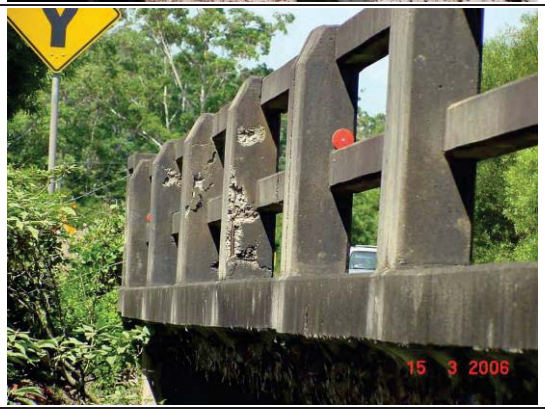
ตารางที่ 4-36 ตัวอย่างการจัดลำดับความเสียหายของราวสะพาน

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
5	- โครงสร้างอยู่ในสภาพดีหรือใหม่	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
5	- โครงสร้างอยู่ในสภาพดีหรือใหม่	
5	- โครงสร้างอยู่ในสภาพดีหรือใหม่	
5	- โครงสร้างอยู่ในสภาพดีหรือใหม่	
4	- คอนกรีตเสียหายเล็กน้อย	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
4	- คอนกรีตเสียหายเล็กน้อย	
4	- สึกกร่อน หรือหลุดล่อน เล็กน้อย	
4	- สีที่เคลือบเริ่มมีการหลุดล่อนหรือจางลง	
4	- สีหลุดล่อนและเกิดการกัดกร่อนของน๊อตที่แผ่นเหล็ก	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
4	- คอนกรีตมีการหลุดล่อน	
3	- คอนกรีตเสียหายไม่ถึงเหล็กเสริม	
3	- คอนกรีตเสียหายไม่ถึงเหล็กเสริม	
3	- มีรอยแตก	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
3	- สึกกร่อน หรือหลุดล่อน จนเห็นเหล็กเสริม	
3	- น็อตหลวม / หลุด / สูญหาย	
3	- คอนกรีตมีการหลุดล่อนและเปิดออกเห็นเหล็กเสริม	
3	- คอนกรีตมีการหลุดล่อนและเปิดออกเห็นเหล็กเสริม	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
3	- คอนกรีตที่ฐานรองรับแตก	
3	- มีการถูกชน	
2	- มีรอยแยกตัว	
2	- สึกกร่อน หรือหลุดล่อน จนเห็นเหล็กเสริมเป็นบริเวณกว้าง	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
2	- ผิวคอนกรีตเสียหายถึงเหล็กเสริม	
2	- ผิวคอนกรีตเสียหายถึงเหล็กเสริม	
2	- ผิวคอนกรีตเสียหายถึงเหล็กเสริม	
2	- ผิวคอนกรีตเสียหายถึงเหล็กเสริม	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
2	- ผิวคอนกรีตเสียหายถึงเหล็กเสริม	
2	- ผิวคอนกรีตเสียหายถึงเหล็กเสริม	
2	- ผิวคอนกรีตเสียหายถึงเหล็กเสริม	
2	- ผิวคอนกรีตเสียหายถึงเหล็กเสริม	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
2	- ผิวคอนกรีตเสียหายถึงเหล็กเสริม	
2	- คอนกรีตเสียหายถึงเหล็กเสริม	
2	- คอนกรีตเสียหายถึงเหล็กเสริม	
2	- คอนกรีตเสียหายถึงเหล็กเสริม	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
2	- คอนกรีตเสียหายถึงเหล็กเสริม	
2	- เกิดความเสียหายที่น็อตและแผ่นคอนกรีตรองรับ	
2	- น็อตสูญหาย/ไม่อยู่ในสภาพดีพร้อมใช้งาน	
1	- เสาคอนกรีตหัก	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
1	- เสาคอนกรีตหักและท่อเหล็กงอ/สูญหาย	
1	- เสาคอนกรีตหักและท่อเหล็กงอ/สูญหาย	
1	- คอนกรีตเสียหายถึงเหล็กเสริม	
1	- เสาคอนกรีตกะเทาะเห็นเหล็กเสริม	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
1	- เสาคอนกรีตกะเทาะเห็นเหล็กเสริม	
1	- เสาคอนกรีตกะเทาะเห็นเหล็กเสริม	
1	- เสาคอนกรีตกะเทาะเห็นเหล็กเสริม	
1	- มีรอยแยกตัวขนาดใหญ่	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
1	- เกิดการแตกร้าวที่รอยเชื่อมบริเวณฐานและเกิดการกัดกร่อนที่น็อต	
0	- ราวสะพานทรุดตัว	
0	- ราวสะพานทรุดตัว	
0	- ราวสะพานทรุดตัว	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
0	- เหล็กราวสะพานฉีกขาด เสียหาย	
0	- เหล็กราวสะพานหลุดแยกออกจากกัน	
0	- เสาคอนกรีตหักพัง	

4.16.4 แบบฟอร์มการตรวจสอบราวสะพาน

แบบบันทึกการสำรวจสภาพและความเสียหายของสะพาน

การตรวจสอบราวสะพาน

รหัสสะพาน .....

แผ่นที่ ..... / .....

รหัสองค์ประกอบสะพาน .....

กลุ่ม .....ผู้บันทึก .....

วันที่ .....เวลา.....

ความกว้าง .....เมตร ความยาว .....เมตร ความหนา .....เมตร ชนิดของราวสะพาน .....

อื่นๆ .....

ระดับสภาพการใช้งาน		ลักษณะความเสียหายที่พบ
<u>ราวสะพาน</u>		
5	☐	ไม่พบความเสียหาย
4	☐	สึกกร่อน หรือหลุดล่อน เล็กน้อย โพรงขนาดเล็ก
3	☐	สึกกร่อน หรือหลุดล่อน จนเห็นเหล็กเสริม
	☐	มีรอยแตก
2	☐	สึกกร่อน หรือหลุดล่อน จนเห็นเหล็กเสริมเป็นบริเวณกว้าง เป็นโพรง
	☐	มีรอยแยกตัว
1	☐	มีรอยแยกตัวขนาดใหญ่ หลุดล่อน เป็นโพรงขนาดใหญ่ มีการเอียงตัว เหล็กเป็นสนิม
0	☐	มีการพังทลาย หรือไม่สามารถใช้งานได้

รูปวาดประกอบการบันทึก

ความคิดเห็นเพิ่มเติม .....

รูปที่ 4-86 แบบบันทึกการสำรวจสภาพและความเสียหายของราวสะพาน

4.17 ทางเท้า (Sidewalk)

4.17.1 รูปแบบความเสียหายของทางเท้า

- การสึกกร่อน (Abrasion)
- การสึกร่อนจากสนิมในเหล็ก (Reinforcing Steel Corrosion)
- การหลุดล่อน (Spalling)
- รอยแตก (Crack)
- ความเสียหายที่เกิดจากการถูกชน (Collision Damage)

ดังแสดงในรูปที่ 4-87 และรูปที่ 4-88

รูปที่ 4-87 มีการหลุดล่อน

รูปที่ 4-88 เสียหายจากการชน

4.17.2 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของทางเท้า

ตารางที่ 4-37 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของทางเท้า

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพทางเท้า
5	ดีมาก	- สภาพใหม่ ไม่มีความเสียหาย
4	ดีพอใช้	- พบการหลุดล่อนหรือเป็นโพรงขนาดเล็ก
3	พอใช้	- พบการหลุดล่อนหรือเป็นโพรงขนาดเล็กจำนวนมาก พบรอยแตกขนาดเล็ก - สามารถสังเกตเห็นเหล็กเสริมได้ แต่เหล็กเสริมยังอยู่ในสภาพที่ดี
2	ชำรุด	- พบการหลุดล่อนหรือเป็นโพรงขนาดใหญ่ เหล็กเสริมเป็นสนิม - พบรอยแตกขนาดใหญ่ มีการเอียงตัวเล็กน้อย

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพทางเท้า
1	วิกฤต	- พบการหลุดล่อนหรือเป็นโพรงขนาดใหญ่เป็นบริเวณกว้าง เหล็กเสริมเป็นสนิมอย่างมาก - พบรอยแตกขนาดใหญ่เป็นจำนวนมาก - มีการเอียงตัวจนอาจทำให้โครงสร้างไม่มีความมั่นคง
0	วิบัติ	- ชำรุดเสียหายมาก จนไม่สามารถใช้งานได้

4.17.3 การจัดลำดับความเสียหายของทางเท้า

ตารางที่ 4-38 ตัวอย่างการจัดลำดับความเสียหายของทางเท้า

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
5	- ไม่พบความเสียหาย	
5	- ไม่พบความเสียหาย	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
5	- ไม่พบความเสียหาย	
5	- ไม่พบความเสียหาย	
4	- ผิวคอนกรีตหลุดล่อนเล็กน้อย	
4	- ผิวคอนกรีตหลุดล่อนเล็กน้อย	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
4	- ผิวคอนกรีตหลุดล่อนเล็กน้อย	
4	- กะเทาะหลุดล่อน	
4	- กะเทาะหลุดล่อน	
4	- ผิวคอนกรีตหลุดล่อนเล็กน้อย	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
3	- คอนกรีตเสียหายลึกไม่ถึงเหล็กเสริม	
3	- คอนกรีตเสียหายลึกไม่ถึงเหล็กเสริม	
1	- คอนกรีตเสียหายถึงเหล็กเสริมหลายจุด	
1	- คอนกรีตเสียหายถึงเหล็กเสริมหลายจุด	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
1	- คอนกรีตเสียหายถึงเหล็กเสริมหลายจุด	
0	- ไม่สามารถใช้งานได้	

4.17.4 แบบฟอร์มการตรวจสอบทางเท้า

แบบบันทึกการสำรวจสภาพและความเสียหายของสะพาน

การตรวจสอบทางเท้า

รหัสสะพาน .....

แผ่นที่ ..... / .....

รหัสองค์ประกอบสะพาน .....

กลุ่ม .....ผู้บันทึก .....

วันที่ .....เวลา.....

ความกว้าง .....เมตร ความยาว .....เมตร ความหนา .....เมตร ชนิดของทางเท้า.....

อื่นๆ .....

ระดับสภาพการใช้งาน		ลักษณะความเสียหายที่พบ
ทางเท้า		
5	☐	ไม่พบความเสียหาย
4	☐	สึกกร่อน หรือหลุดร่อน เล็กน้อย
3	☐	สึกกร่อน หรือหลุดร่อน จนเห็นเหล็กเสริม
	☐	มีรอยแตก
2	☐	สึกกร่อน หรือหลุดร่อน จนเห็นเหล็กเสริมเป็นบริเวณกว้าง
	☐	มีรอยแยกตัว
1	☐	มีรอยแยกตัวขนาดใหญ่
0	☐	มีการพังทลาย หรือไม่สามารถใช้งานได้

รูปวาดประกอบการบันทึก

ความคิดเห็นเพิ่มเติม .....

รูปที่ 4-89 แบบบันทึกการสำรวจสภาพและความเสียหายของทางเท้า

4.18 ระบบระบายน้ำ (Drainage)

4.18.1 รูปแบบความเสียหายของระบบระบายน้ำ

ระบบระบายน้ำมีหน้าที่ขจัดน้ำและสิ่งอื่นๆ ที่อาจเป็นอันตรายต่อสะพาน ถ้าระบบการระบายน้ำของสะพานเกิดปัญหาอาจมีผลกระทบต่อระบบโครงสร้างได้

- การสึกกร่อนจากสนิมในเหล็ก(Reinforcing Steel Corrosion)
- การหลุดล่อน (Spalling)
- รอยแตก (Crack)
- อุดตัน (Clog)
- อุปกรณ์ยึดหลุด (Hanger Failure)

ดังแสดงในรูปที่ 4-90 และรูปที่ 4-91

รูปที่ 4-90 มีการอุดตัน

รูปที่ 4-91 เกิดการสึกกร่อน

4.18.2 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของระบบระบายน้ำ

ตารางที่ 4-39 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของระบบระบายน้ำ

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพระบบระบายน้ำ
5	ดีมาก	- สภาพใหม่ ไม่มีความเสียหาย
4	ดีพอใช้	- ช่องระบายน้ำมีสิ่งปกคลุม แต่ยังมีการระบายน้ำได้ดี
3	พอใช้	- ช่องระบายน้ำมีสิ่งปกคลุม แต่ยังมีการระบายน้ำได้ ส่วนประกอบของระบบระบายน้ำบางส่วนได้รับความเสียหาย เล็กน้อย เช่น มีรอยแตกร้าว มีการรั่วที่รอยต่อเล็กน้อย

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพระบบระบายน้ำ
2	ชำรุด	- ท่อระบายน้ำมีการแตกหักบางส่วนทำให้น้ำรั่วซึมออกมา ช่องระบายน้ำเกิดความเสียหาย มีสิ่งปกคลุม ขวางทางระบายน้ำ ทำให้ระบายน้ำได้ไม่สะดวก
1	วิกฤต	- ท่อระบายน้ำและช่องระบายน้ำ มีการแตกหัก น้ำรั่วซึมออกมามาก มีสิ่งปกคลุม ขวางทางระบายน้ำ ทำให้ระบายน้ำได้น้อย
0	วิบัติ	- ชำรุดเสียหายมาก จนไม่สามารถใช้งานได้

4.18.3 การจัดลำดับความเสียหายของระบบระบายน้ำ

ตารางที่ 4-40 ตัวอย่างการจัดลำดับความเสียหายของระบบระบายน้ำ

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
5	- โครงสร้างอยู่ในสภาพดีหรือใหม่	
4	- มีสิ่งกีดขวางเล็กน้อย	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
3	- มีน้ำซึม	
1	- ท่อระบายน้ำมีการชำรุด น้ำจึงไหลออก	
0	- ได้รับความเสียหาย ไม่สามารถใช้งานได้	

4.18.4 แบบฟอร์มการตรวจสอบระบบระบายน้ำ

แบบบันทึกการสำรวจสภาพและความเสียหายของสะพาน

การตรวจสอบระบบระบายน้ำ

รหัสสะพาน .....

แผ่นที่ ..... / .....

รหัสองค์ประกอบสะพาน .....

กลุ่ม .....ผู้บันทึก .....

วันที่ .....เวลา.....

ความกว้าง .....เมตร ความยาว .....เมตร ความสูง .....เมตร ชนิดของระบบระบายน้ำ.....

อื่นๆ .....

ระดับสภาพการใช้งาน		ลักษณะความเสียหายที่พบ
<u>ระบบระบายน้ำ</u>		
5	❒	ไม่พบความเสียหาย
4	❒	ช่องระบายน้ำมีสิ่งปกคลุม แต่ยังมีการระบายน้ำได้ดี
3	❒	ส่วนประกอบของระบบระบายน้ำบางส่วนได้รับความเสียหาย
	❒	ช่องระบายน้ำมีสิ่งปกคลุม แต่ยังมีการระบายน้ำได้
2	❒	มีสิ่งปกคลุม ขวางทางระบายน้ำ ทำให้ระบายน้ำได้ไม่สะดวก
	❒	ช่องระบายเกิดความเสียหาย
	❒	ท่อระบายน้ำมีการแตกหักบางส่วนทำให้น้ำรั่วซึมออกมา
1	❒	มีสิ่งปกคลุม ขวางทางระบายน้ำ ทำให้ระบายน้ำได้น้อย
	❒	ท่อระบายน้ำและช่องระบายน้ำ มีการแตกหัก น้ำรั่วซึมออกมามาก
0	❒	มีการพังทลาย หรือไม่สามารถใช้งานได้

รูปวาดประกอบการบันทึก

ความคิดเห็นเพิ่มเติม .....

รูปที่ 4-92 แบบบันทึกการสำรวจสภาพและความเสียหายของระบบระบายน้ำ

4.19 กำแพงกันดิน (Retaining Wall)

4.19.1 รูปแบบความเสียหายของกำแพงกันดิน

- การเกิดรอยขี้เกลือ (Efflorescence)
- การเกิดรูพรุนเหมือนรวงผึ้ง (Honeycombing)
- การสึกกร่อน (Abrasion)
- การสึกร่อนจากสนิมในเหล็ก (Reinforcing Steel Corrosion)
- การหลุดเซาะ (Scaling)
- การหลุดแยกออกเป็นแผ่นๆ (Delamination)
- การหลุดล่อน (Spalling)
- รอยแตก (Crack)

ดังแสดงในรูปที่ 4-93 และรูปที่ 4-94

รูปที่ 4-93 สภาพของตอม่อและกำแพงกันดิน

รูปที่ 4-94 สภาพความเสียหายของกำแพงกันดินมีการหลุดล่อนจนเห็นเหล็กเสริม

4.19.2 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของกำแพงกันดิน

ตารางที่ 4-41 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของกำแพงกันดิน

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพกำแพงกันดิน	
		ความเสียหาย	เงื่อนไขและรายละเอียด
5	ดีมาก	- สภาพผิวใหม่ ไม่มีความเสียหาย	-
4	ดีพอใช้	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนเล็กน้อย	- ปูนทรายหลุดล่อน มองไม่เห็นผิวหิน
		- คอนกรีตมีโพรงขนาดเล็ก	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนเล็กน้อย	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- รอยแตกเนื่องจากการหดตัว	-
		- รอยแตกลายงาที่ผิว (Map Cracks)	-
		- รอยแตกแบบ Hairline	- ความกว้าง <1.6 mm (RC)
3	พอใช้	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะปานกลาง	- ปูนทรายหลุดล่อน 5-10 mm มองเห็นผิวหิน และเห็นเม็ดหิน
		- คอนกรีตมีโพรงขนาดเล็กหลายจุดหรือโพรงขนาดใหญ่	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนเล็กน้อยหลายจุดหรือเป็นบริเวณกว้าง	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- รอยแตกเนื่องจากการหดตัวหลายจุด	-
		- รอยแตกลายงาที่ผิว (Map Cracks) บริเวณกว้าง	-
		- รอยแตกขนาดเล็ก (อาจเกิดพร้อมขี้เกลือคราบน้ำ และ/หรือ สนิม)	- ความกว้าง 1.6–3.2 mm (RC)
		- รอยแตกหรือบิ่นจากการชนลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- คอนกรีตเสียหายถึงเหล็กเสริม ในตำแหน่งที่ไม่มีผลต่อกำลังของโครงสร้าง (อาจมีสนิมเหล็ก)	-
2	ชำรุด	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะรุนแรง	- ปูนทรายหลุดล่อน 10-20 mm เม็ดหินหลุดล่อน
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	- ลึกถึงระดับเหล็กเสริม
		- รอยแตกขนาดกลาง (อาจเกิดพร้อมขี้เกลือคราบน้ำ และ/หรือ สนิม) - รอยแตกเนื่องจากเหล็กเสริมเป็นสนิม	- ความกว้าง 3.2–4.8 mm (RC)

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพกำแพงกันดิน	
		ความเสียหาย	เงื่อนไขและรายละเอียด
		- โครงสร้างเสียหายเนื่องจากการทรุดตัวต่างกันของฐานรากหรือโครงสร้างเคลื่อนตัว	-
1	วิกฤต	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะรุนแรงมาก	- ปูนทรายหลุดล่อนลึก > 20 mm เม็ดหินหลุดล่อนเป็นหลุมลึก
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมหลายจุดหรือเป็นบริเวณกว้าง	- ลึกถึงระดับเหล็กเสริม
		- รอยแตกขนาดใหญ่ (อาจเกิดพร้อมขี้เกลือคราบน้ำ และ/หรือ สนิม) - รอยแตกขนาดใหญ่เนื่องจากเหล็กเสริมเป็นสนิม	- ความกว้าง >4.8 mm (RC)
		- รอยแตกเนื่องจากแรงเฉือนหรือแรงดัด - ความเสียหายที่มีผลต่อกำลังของโครงสร้าง	- รอยแตกทุกขนาด
		- โครงสร้างเสียหายรุนแรงเนื่องจากการทรุดตัวต่างกันของฐานรากหรือโครงสร้างเคลื่อนตัว	-
0	วิบัติ	- สภาพชำรุดเสียหายมาก ต้องทุบโครงสร้างทิ้งและก่อสร้างใหม่	-

4.19.3 การจัดลำดับความเสียหายของกำแพงกันดิน

ตารางที่ 4-42 ตัวอย่างการจัดลำดับความเสียหายของกำแพงกันดิน

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
5	- โครงสร้างอยู่ในสภาพดีหรือใหม่	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
5	- โครงสร้างอยู่ในสภาพดีหรือใหม่	
4	- สึกกร่อน หรือหลุดล่อนเล็กน้อย	
3	- มีการพังทลายและหายไปของดินบริเวณลาดป้องกันตลิ่ง	
3	- ระดับดินต่ำกว่าฐานของกำแพงกันดินพอประมาณ	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
3	- ระดับดินต่ำกว่าฐานของกำแพงกันดินพอประมาณ	
3	- ระดับดินต่ำกว่าฐานของกำแพงกันดินเล็กน้อย	
3	- ระดับดินต่ำกว่าฐานของกำแพงกันดินเล็กน้อย	
3	- ระดับดินต่ำกว่าฐานของกำแพงกันดินเล็กน้อย	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
2	- ระดับดินต่ำกว่าฐานของกำแพงกันดินพอประมาณ จนมองเห็นขอบล่างของกำแพงกันดิน	
2	- มีการหายไปของดินบริเวณกำแพงกันดิน และระดับดินต่ำกว่าฐานของกำแพงกันดิน	
2	- ระดับดินต่ำกว่าฐานของกำแพงกันดินพอประมาณ	
2	- ระดับดินต่ำกว่าฐานของกำแพงกันดินพอประมาณ	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
2	- มีการหายไปของดินบริเวณกำแพงกันดิน และระดับดินต่ำกว่าฐานของกำแพงกันดิน	
2	- มีการหายไปของดินบริเวณกำแพงกันดิน และระดับดินต่ำกว่าฐานของกำแพงกันดิน	
2	- ระดับดินต่ำกว่าฐานของกำแพงกันดินพอประมาณ	
2	- ระดับดินต่ำกว่าฐานของกำแพงกันดินพอประมาณ	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
1	- สึกกร่อน หลุดล่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) จนเห็นเหล็กเสริมเป็นบริเวณกว้าง	
1	- ดินพังทลายหายไป ระดับดินต่ำกว่าฐานของกำแพงกันดินมาก	
1	- มีการหายไปของดินบริเวณกำแพงกันดิน และระดับดินต่ำกว่าฐานของกำแพงกันดินมาก	
1	- ดินด้านล่างหายไปจนระดับต่ำกว่าฐานของกำแพงกันดินและเสาตอม่อริมตลิ่งเกิดการหลุดล่อนและมีรอยแตกร้าวแล้ว	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
1	- มีการหายไปของดินบริเวณกำแพงกันดิน และระดับดินต่ำกว่าฐานของกำแพงกันดินมาก	
1	- ระดับดินต่ำกว่าฐานของกำแพงกันดินมาก	
1	- ดินด้านล่างพังทลายและหายไปจนระดับดินต่ำกว่าฐานของกำแพงกันดินมาก	
1	- ระดับดินต่ำกว่าฐานของกำแพงกันดินมาก จนมองเห็นขอบล่างของกำแพงกันดิน	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
1	- ระดับดินต่ำกว่าฐานของกำแพงกันดินมาก	
1	- สึกกร่อน	
1	- ระดับดินต่ำกว่าฐานของกำแพงกันดินมาก	
0	- น้ำกัดเซาะ ดินสไลด์	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
0	- วิบัติด้วยแรงดันดิน	
0	- วิบัติด้วยแรงดันดิน	
0	- เกิดร้าวและเอียงตามเสาที่หักทั้งแผง	

4.19.4 แบบฟอร์มการตรวจสอบกำแพงกันดิน

แบบบันทึกการสำรวจสภาพและความเสียหายของสะพาน

การตรวจสอบกำแพงกันดิน

รหัสสะพาน .....
แผ่นที่ ..... / .....
รหัสองค์ประกอบสะพาน .....

กลุ่ม .....ผู้บันทึก .....
วันที่ .....เวลา.....

ความกว้าง .....เมตร ความยาว .....เมตร ความหนา .....เมตร
อื่นๆ .....

ระดับสภาพการใช้งาน		ลักษณะความเสียหายที่พบ
<u>กำแพงกันดิน</u>		
5	☐	ไม่พบความเสียหาย
4	☐	สึกกร่อน หลุดร่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) เป็นบริเวณแคบ
	☐	พบรอยแตกขนาดเล็ก
3	☐	สึกกร่อน หลุดร่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) เป็นบริเวณกว้าง แต่ไม่เห็นเหล็กเสริม
	☐	พบรอยแตกขนาดเล็กกระจายเป็นบริเวณกว้าง
	☐	ระดับดินต่ำกว่าฐานของกำแพงกันดินเล็กน้อย
2	☐	สึกกร่อน หลุดร่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) จนเห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย
	☐	พบรอยแตกขนาดใหญ่
	☐	ระดับดินต่ำกว่าฐานของกำแพงกันดินพอประมาณ
	☐	เอียงเนื่องจากแรงดันด้านข้าง
1	☐	สึกกร่อน หลุดร่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) จนเห็นเหล็กเสริมเป็นบริเวณกว้าง
	☐	พบรอยแตกขนาดใหญ่เป็นบริเวณกว้าง
	☐	ระดับดินต่ำกว่าฐานของกำแพงกันดินมาก
	☐	เอียงเนื่องจากแรงดันด้านข้าง และมีรอยแตกร้าว
0	☐	มีการพังทลาย หรือไม่สามารถใช้งานได้

รูปวาดประกอบการบันทึก

ความคิดเห็นเพิ่มเติม .....

รูปที่ 4-95 แบบบันทึกการสำรวจสภาพและความเสียหายของกำแพงกันดิน

4.20 ลาดป้องกันตลิ่ง (Slope Protection)

4.20.1 รูปแบบความเสียหายของลาดป้องกันตลิ่ง

- การเซาะของตลิ่ง (Embankment Erosion)
- การทรุดตัว (Settlement)
- รอยแตก (Crack)

ดังแสดงในรูปที่ 4-96 ถึงรูปที่ 4-98

รูปที่ 4-96 มีการทรุดตัว

รูปที่ 4-97 มีการกัดเซาะจากน้ำ

รูปที่ 4-98 เกิดการแตกร้าว

4.20.2 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของลาดป้องกันตลิ่ง

ตารางที่ 4-43 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายของลาดป้องกันตลิ่ง

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพลาดป้องกันตลิ่ง	
		ความเสียหาย	เงื่อนไขและรายละเอียด
5	ดีมาก	- สภาพผิวใหม่ ไม่มีความเสียหาย	-
4	ดีพอใช้	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนเล็กน้อย	- ปูนทรายหลุดล่อน มองไม่เห็นผิวหิน
		- คอนกรีตมีโพรงขนาดเล็ก	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนเล็กน้อย	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- รอยแตกเนื่องจากการหดตัว	-
		- รอยแตกลายงาที่ผิว (Map cracks)	-
		- รอยแตกแบบ Hairline	- ความกว้าง <1.6 mm (RC)
3	พอใช้	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะปานกลาง	- ปูนทรายหลุดล่อน 5-10 mm มองเห็นผิวหิน และบางแห่งเห็นเม็ดหิน
		- คอนกรีตมีโพรงขนาดเล็กหลายจุดหรือโพรงขนาดใหญ่	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนเล็กน้อยหลายจุดหรือเป็นบริเวณกว้าง	- ลึกไม่ถึงผิวเหล็กเสริม
		- รอยแตกเนื่องจากการหดตัวหลายจุด	-
		- รอยแตกลายงาที่ผิว (Map cracks) บริเวณกว้าง	-
		- รอยแตกขนาดเล็ก (อาจเกิดพร้อมขี้เกลือ คราบน้ำ และ/หรือ สนิม)	- ความกว้าง 1.6–3.2 mm (RC)
		- คอนกรีตเสียหายถึงเหล็กเสริม ในตำแหน่งที่ไม่มีผลต่อกำลังของโครงสร้าง (อาจมีสนิมเหล็ก)	-
2	ชำรุด	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะรุนแรง	- ปูนทรายหลุดล่อน 10-20 mm เม็ดหินหลุดล่อน
		- รอยแตกขนาดกลาง (อาจเกิดพร้อมขี้เกลือ คราบน้ำ และ/หรือ สนิม) - รอยแตกเนื่องจากเหล็กเสริมเป็นสนิม	- ความกว้าง 3.2–4.8 mm (RC)
		- โครงสร้างเสียหายเนื่องจากการทรุดตัวต่างกันของฐานรากหรือโครงสร้างเคลื่อนตัว	-

ระดับความเสียหาย	สภาพ	สภาพลาดป้องกันตลิ่ง	
		ความเสียหาย	เงื่อนไขและรายละเอียด
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริม	- ลึกถึงระดับเหล็กเสริม
1	วิกฤต	- ผิวคอนกรีตสึกกร่อนหรือถูกกัดเซาะรุนแรงมาก	- ปูนทรายหลุดล่อนลึก > 20 mm เม็ดหินหลุดล่อนเป็นหลุมลึก
		- คอนกรีตกะเทาะหลุดล่อนถึงเหล็กเสริมหลายจุดหรือเป็นบริเวณกว้าง	- ลึกถึงระดับเหล็กเสริม
		- รอยแตกขนาดใหญ่ (อาจเกิดพร้อมขี้เกลือคราบน้ำ และ/หรือ สนิม) - รอยแตกขนาดใหญ่เนื่องจากเหล็กเสริมเป็นสนิม	- ความกว้าง >4.8 mm (RC)
		- โครงสร้างเสียหายรุนแรงเนื่องจากการทรุดตัวต่างกันของฐานรากหรือโครงสร้างเคลื่อนตัว	- เฉพาะโครงสร้างส่วนล่าง
		- ระดับผิวดินต่ำกว่าด้านล่างของฐานรากมากจนทำให้เสาเข็มเสียหาย/แตกหัก	-
0	วิบัติ	- สภาพชำรุดเสียหายมาก ต้องทุบโครงสร้างทิ้งและก่อสร้างใหม่	-

4.20.3 การจัดลำดับความเสียหายของลาดป้องกันตลิ่ง

ตารางที่ 4-44 ตัวอย่างการจัดลำดับความเสียหายของลาดป้องกันตลิ่ง

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
5	- โครงสร้างอยู่ในสภาพดีหรือใหม่	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
5	- โครงสร้างอยู่ในสภาพดีหรือใหม่	
4	- มีรอยแตกร้าวเล็กน้อย	
3	- ผิวของลาดป้องกันตลิ่งมีการทรุด	
3	- ฐานของลาดป้องกันตลิ่งลอยจากดินเล็กน้อย	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
3	- ถูกกัดเซาะเล็กน้อย	
3	- มีการทรุดตัวหรือถูกกัดเซาะ	
3	- ทรุดตัวเล็กน้อย	
3	- ถูกกัดเซาะเล็กน้อย	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
2	- ผิวของลาดป้องกันตลิ่งมีการยุบตัวเป็นบริเวณกว้าง	
2	- ทรุดตัว	
2	- มีการทรุดตัวหรือถูกกัดเซาะอย่างแรง	
2	- คอนกรีตแตกร้าว	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
1	- ผิวของลาดป้องกันตลิ่งมีการยุบตัวพังลง	
1	- มีการทรุดตัวหรือถูกกัดเซาะ	
1	- พังทลายและเกิดการทรุดตัว	
1	- มีการทรุดตัวและพังทลาย	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
1	- มีการทรุดตัวอย่างรุนแรง	
1	- มีการแตกเสียหาย หรือแยกตัว	
1	- มีการแยกตัวและทรุดตัว	
0	- พังทลาย	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
0	- พังทลายอย่างรุนแรง	
0	- ทรุดตัวและพังทลาย	
0	- พังทลาย	
0	- พังทลาย	

ลำดับความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ภาพตัวอย่างความเสียหาย
0	- มีการทรุดตัวและพังทลาย	
0	- มีการทรุดตัวหรือถูกกัดเซาะอย่างรุนแรง	

4.20.4 แบบฟอร์มการตรวจสอบลาดป้องกันตลิ่ง

แบบบันทึกการสำรวจสภาพและความเสียหายของสะพาน

การตรวจสอบลาดป้องกันตลิ่ง

รหัสสะพาน .....
แผ่นที่ ..... / .....
รหัสองค์ประกอบสะพาน .....

กลุ่ม ..... ผู้บันทึก .....
วันที่ ..... เวลา .....

ความกว้าง ..... เมตร ความยาว ..... เมตร ความหนา ..... เมตร ชนิดของลาดป้องกันตลิ่ง .....
อื่นๆ .....

ระดับสภาพการใช้งาน		ลักษณะความเสียหายที่พบ
ลาดป้องกันตลิ่ง		
5	❒	ไม่พบความเสียหาย
4	❒	สึกกร่อน หลุดร่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) เป็นบริเวณแคบ
	❒	พบรอยแตกขนาดเล็ก
3	❒	สึกกร่อน หลุดร่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) เป็นบริเวณกว้าง แต่ไม่เห็นเหล็กเสริม
	❒	พบรอยแตกขนาดเล็กกระจายเป็นบริเวณกว้าง
	❒	ผิวของลาดป้องกันตลิ่งมีการขุบตัว
	❒	ฐานของลาดป้องกันตลิ่งลอยจากดินเล็กน้อย
2	❒	สึกกร่อน หลุดร่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) จนเห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย
	❒	พบรอยแตกขนาดใหญ่
	❒	ผิวของลาดป้องกันตลิ่งมีการขุบตัวเป็นบริเวณกว้าง
	❒	ฐานของลาดป้องกันตลิ่งลอยจากดินพอประมาณ
1	❒	สึกกร่อน หลุดร่อน หรือเป็นรังผึ้ง (Honeycomb) จนเห็นเหล็กเสริมเป็นบริเวณกว้าง
	❒	มีการแตกเสียหาย หรือแยกตัว
	❒	ฐานของลาดป้องกันตลิ่งลอยจากดินมาก
0	❒	มีการพังทลาย หรือไม่สามารถใช้งานได้

รูปวาดประกอบการบันทึก

ความคิดเห็นเพิ่มเติม .....

รูปที่ 4-99 แบบบันทึกการสำรวจสภาพและความเสียหายของลาดป้องกันตลิ่ง

บทที่ 5

การประเมินผลการจัดลำดับความเสียหาย

จากการจัดลำดับความเสียหายของชิ้นส่วนต่างๆ ในโครงสร้างสะพานโดยการตรวจสอบด้วยสายตาในเบื้องต้นแล้ว จะต้องทำการประเมินสภาพโดยรวมของโครงสร้างทั้งหมดเพื่อวิเคราะห์ว่าสะพานนี้จะยังสามารถรับแรงกระทำจากการสัญจรไปมาได้หรือไม่ ซึ่งจะได้ทำการจำแนกระดับของการบำรุงรักษาต่อไป

5.1 การประเมินผลจากการตรวจสอบปกติ

การตรวจสอบปกติเป็นการตรวจสอบสภาพสะพานอย่างง่ายเพื่อให้ทราบถึงสภาพการใช้งานโดยใช้ระยะเวลาในการตรวจสอบไม่มากและได้ข้อมูลที่บอกถึงสภาพการใช้งานอย่างหยาบ โดยระยะเวลาในการตรวจสอบจะทำทุก 1 ปี สำหรับสะพานที่มี Overall Condition Rating ≤ 3 และ ตรวจสอบทุก 2 ปี สำหรับสะพานที่มี Overall Condition Rating ≥ 4 สำหรับทุกประเภทสะพานของกรมทางหลวง กิจกรรมการตรวจสอบปกติจะทำการถ่ายภาพสะพาน 3 รูป (รูปด้านซ้าย ด้านหน้า ด้านขวา) ดังรูปที่ 5-1 ถึงรูปที่ 5-9 ตารางที่ 5-1และตารางที่ 5-2

ตารางที่ 5-1 การประเมินสภาพการใช้งานของโครงสร้าง ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ โครงสร้างส่วนบน (Superstructure) โครงสร้างส่วนล่าง (Substructure) และส่วนประกอบรอง (Component) การประเมินจะพิจารณาจากชิ้นส่วนที่สามารถมองเห็นได้จากด้านบนของสะพาน เมื่อผู้ตรวจสอบพบความเสียหาย จะทำการบันทึกลงในแบบฟอร์มการตรวจสอบ ถ้าผู้ตรวจสอบพบความเสียหายมากผู้ตรวจสอบจะสามารถร้องขอการตรวจสอบหลักหรือพิเศษ เพื่อให้ผู้ชำนาญด้านงานสะพานเข้ามาตรวจสอบหลักหรือตรวจสอบพิเศษต่อไป

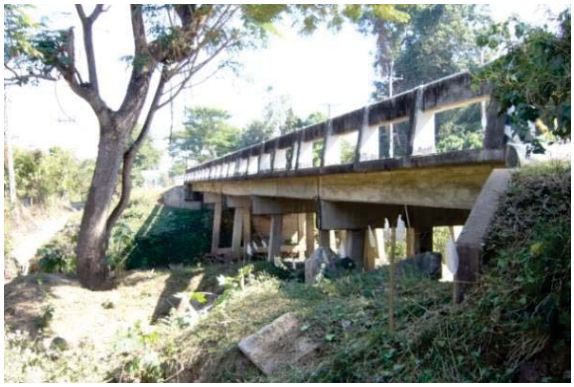
รูปที่ 5-1 ภาพถ่ายด้านซ้าย

รูปที่ 5-2 ภาพถ่ายด้านหน้า

รูปที่ 5-3 ภาพถ่ายด้านขวา

ตารางที่ 5-1 ตัวอย่างการประเมินสภาพสะพานจากการตรวจสอบปกติ สะพานแม่น้ำจัน

รหัสสะพาน	025330083
สำนักทางหลวง	สำนักทางหลวงที่2 (แพร่)
แขวงการทาง	เชียงราย 1
ตอน(ชื่อสายทาง)	แยกทางหลวงหมายเลข 1 (แม่จัน) – กม.10+000 (ต่อเขตแขวงฯ เชียงรายที่ 2)
หมายเลขทางหลวง	1016
กม. ที่	0+905.00
ชื่อสะพาน / สิ่งที่สะพานข้าม	แม่น้ำจัน
ชนิดของสะพาน	Slab Type
ขนาดสะพาน	ST(3x8)



รูปที่ 5-4 ภาพถ่ายด้านซ้าย

รูปที่ 5-5 ภาพถ่ายด้านหน้า

สภาพส่วนบน	3-พอใช้
สภาพส่วนล่าง	3-พอใช้
สภาพส่วนประกอบรอง	3-พอใช้
สภาพโดยรวม	**3-พอใช้**

รูปที่ 5-6 ภาพถ่ายด้านขวา

ตารางที่ 5-2 ตัวอย่างการประเมินสภาพสะพานจากการตรวจสอบปกติ สะพานห้วยคุ

รหัสสะพาน	025370050
สำนักทางหลวง	สำนักทางหลวงที่ 2 (แพร่)
แขวงการทาง	เชียงราย 2
ตอน(ชื่อสายทาง)	กม.29+000 - ผาตั้ง
หมายเลขทางหลวง	1093
กม. ที่	7+667
ชื่อสะพาน / สิ่งที่สะพานข้าม	ห้วยคุ
ชนิดของสะพาน	Slab Type
ขนาดสะพาน	ST(1x5)+ST(1x7)+ST(1x9)+ST(1x7)+ST(1x5)

รูปที่ 5-7 ภาพถ่ายด้านซ้าย

รูปที่ 5-8 ภาพถ่ายด้านหน้า

สภาพส่วนบน	0-วิบัติ
สภาพส่วนล่าง	0-วิบัติ
สภาพส่วนประกอบรอง	2-ชำรุด
สภาพโดยรวม	**0-วิบัติ**

รูปที่ 5-9 ภาพถ่ายด้านขวา

5.2 การประเมินผลจากการตรวจสอบหลัก

การตรวจสอบหลักเป็นการตรวจสอบสภาพสะพานอย่างละเอียดเพื่อทำให้ทราบถึงสภาพของสะพานโดยข้อมูลที่ได้จะมีความละเอียดกว่าการตรวจสอบแบบปกติ โดยผู้ตรวจสอบจะนำข้อมูลที่ตรวจสอบมาจัด วางแผนการซ่อม/บำรุงรักษาให้สะพานมีระดับสภาพการใช้งานในระดับปกติ โดยระยะเวลาในการตรวจสอบทุก 4 ปี สำหรับสะพานที่มี Overall Condition Rating ≤ 3 และ ตรวจสอบทุก 6 ปี สำหรับสะพานที่มี Overall Condition Rating ≥ 4 สำหรับทุกประเภทสะพานของกรมทางหลวง หรือตามคำรองขอตรวจสอบเพิ่มเติม จากการตรวจสอบปกติ

กิจกรรมการตรวจสอบหลักจะทำการถ่ายภาพชิ้นส่วนสะพานในแต่ละบริเวณดังตารางที่ 5-3 ตารางที่ 5-4 รูปที่ 5-10 ถึงรูปที่ 5-33 และทำการประเมินสภาพการใช้งานของแต่ละประเภทชิ้นส่วนในแต่ละบริเวณ และนำมาสรุปผลการใช้งาน โครงสร้างส่วนบน โครงสร้างส่วนล่าง และส่วนประกอบรอง และสรุปการใช้งานโดยรวม กรณีเกิดความเสียหายที่ส่งผลโดยตรงกับโครงสร้างอาจทำให้สะพานไม่ปลอดภัย ผู้ทำการตรวจสอบสามารถร้องขอการตรวจสอบพิเศษจากผู้ชำนาญงานสะพาน เพื่อตรวจสอบพิเศษ

ตารางที่ 5-3 ตัวอย่างการประเมินสภาพสะพานจากการตรวจสอบหลัก

รหัสสะพาน	124210061
สำนักทางหลวง	สำนักทางหลวงที่ 12 (ชลบุรี)
แขวงการทาง	ฉะเชิงเทรา
ตอน (ชื่อสายทาง)	ทางเลี่ยงเมืองฉะเชิงเทราด้านเหนือ
หมายเลขทางหลวง	304
กม. ที่	3+017
ชื่อสะพาน / สิ่งที่สะพานข้าม	สะพานลำห้วย

ชนิดของสะพาน	RC Slab Type (ST)
ขนาดสะพาน	ST(1x10)

รูปที่ 5-10 ภาพรวมสะพาน

รูปที่ 5-11 ราวสะพานด้านซ้าย (3-สภาพพอใช้)

รูปที่ 5-12 ผิวทางเชิงลาด (4-สภาพดีพอใช้)

รูปที่ 5-13 ราวสะพานด้านขวา (3-สภาพพอใช้)

รูปที่ 5-14 รอยต่อเผื่อการขยายตัว (3-สภาพพอใช้)

รูปที่ 5-15 ราวสะพานด้านขวา (3-สภาพพอใช้)

รูปที่ 5-16 ผิวทางเชิงลาด (4-สภาพดีพอใช้)

รูปที่ 5-17 ราวสะพานด้านซ้าย (3-สภาพพอใช้)

รูปที่ 5-18 รอยต่อเผื่อการขยายตัว (3-สภาพพอใช้)

รูปที่ 5-19 ผิวทางเชิงลาด (4-สภาพดีพอใช้)

รูปที่ 5-20 ราวสะพานด้านซ้าย (3-สภาพพอใช้)

รูปที่ 5-21 ราวสะพานด้านขวา (3-สภาพพอใช้)

รูปที่ 5-22 หูช้างด้านซ้าย (3-สภาพพอใช้)

รูปที่ 5-23 หูช้างด้านขวา (3-สภาพพอใช้)

รูปที่ 5-24 หูช้างด้านขวา (3-สภาพพอใช้)

รูปที่ 5-25 หูช้างด้านซ้าย (3-สภาพพอใช้)

รูปที่ 5-26 คานรัดหัวเสา (4-สภาพดีพอใช้)

รูปที่ 5-27 กำแพงกันดิน (3-สภาพพอใช้)

รูปที่ 5-28 คานรัดหัวเสา (4-สภาพดีพอใช้)

รูปที่ 5-29 กำแพงกันดิน (3-สภาพพอใช้)

รูปที่ 5-30 แผ่นพื้น (4-สภาพดีพอใช้)

รูปที่ 5-31 แผ่นพื้น (4-สภาพดีพอใช้)

รูปที่ 5-32 ราวสะพานด้านขวา (3-สภาพพอใช้)

รูปที่ 5-33 ราวสะพานด้านซ้าย (3-สภาพพอใช้)

ตารางที่ 5-4 ผลการประเมินสภาพการใช้งานของสะพาน

ส่วนของโครงสร้าง	รหัสบริเวณ	ชิ้นส่วน	สภาพการใช้งาน
ส่วนประกอบรอง	A1	ผิวทาง-WS1	4
ส่วนประกอบรอง	A1	รอยต่อเผื่อการขยาย-EJ1	3
ส่วนประกอบรอง	A1	เชิงลาดสะพาน-AP1	4
ส่วนประกอบรอง	A1	หูช้าง-WW1	3
ส่วนประกอบรอง	A1	หูช้าง-WW2	3
ส่วนประกอบรอง	A1	แผ่นรองรับคาน-BR1	4
ส่วนประกอบรอง	A1	ลาดป้องกันตลิ่ง-SP1	1
โครงสร้างส่วนล่าง	A1	คานรัดหัวเสา-CB1	4
โครงสร้างส่วนล่าง	A1	เสาตอม่อ-PR1	3
โครงสร้างส่วนล่าง	A1	เสาตอม่อ-PR2	3
โครงสร้างส่วนล่าง	A1	เสาตอม่อ-PR3	3
โครงสร้างส่วนล่าง	A1	เสาตอม่อ-PR4	3
โครงสร้างส่วนล่าง	A1	เสาตอม่อ-PR5	3
โครงสร้างส่วนล่าง	A1	เสาตอม่อ-PR6	3
โครงสร้างส่วนล่าง	A1	เสาตอม่อ-PR7	3
โครงสร้างส่วนล่าง	A1	เสาตอม่อ-PR8	3
โครงสร้างส่วนล่าง	A1	เสาตอม่อ-PR9	3
ส่วนประกอบรอง	A1	กำแพงกันดิน-RW1	3
ส่วนประกอบรอง	A2	ผิวทาง-WS1	4

ส่วนของโครงสร้าง	รหัสบริเวณ	ชิ้นส่วน	สภาพการใช้งาน
ส่วนประกอบรอง	A2	เชิงลาดสะพาน-AP1	4
ส่วนประกอบรอง	A2	ลาดป้องกันตลิ่ง-SP1	1
ส่วนประกอบรอง	A2	แผ่นรองรับคาน-BR1	4
ส่วนประกอบรอง	A2	รอยต่อเผื่อการขยาย-EJ1	3
ส่วนประกอบรอง	A2	หูช้าง-WW1	3
ส่วนประกอบรอง	A2	หูช้าง-WW2	3
โครงสร้างส่วนล่าง	A2	คานรัดหัวเสา-CB1	4
โครงสร้างส่วนล่าง	A2	เสาตอม่อ-PR1	3
โครงสร้างส่วนล่าง	A2	เสาตอม่อ-PR2	3
โครงสร้างส่วนล่าง	A2	เสาตอม่อ-PR3	3
โครงสร้างส่วนล่าง	A2	เสาตอม่อ-PR4	3
โครงสร้างส่วนล่าง	A2	เสาตอม่อ-PR5	3
โครงสร้างส่วนล่าง	A2	เสาตอม่อ-PR6	3
โครงสร้างส่วนล่าง	A2	เสาตอม่อ-PR7	3
โครงสร้างส่วนล่าง	A2	เสาตอม่อ-PR8	3
โครงสร้างส่วนล่าง	A2	เสาตอม่อ-PR9	3
ส่วนประกอบรอง	A2	กำแพงกันดิน-RW1	3
ส่วนประกอบรอง	S1	ผิวทาง-WS1	4
ส่วนประกอบรอง	S1	ราวสะพาน-RL1	3
ส่วนประกอบรอง	S1	ราวสะพาน-RL2	3

ส่วนของโครงสร้าง	รหัสบริเวณ	ชิ้นส่วน	สภาพการใช้งาน
โครงสร้างส่วนบน	S1	พื้นสะพาน-DK1	4
ส่วนประกอบรอง	S1	ระบบระบายน้ำ-DN1	2
โครงสร้างส่วนบน			4
โครงสร้างส่วนล่าง			3
ส่วนประกอบรอง			1
Overall Condition Rating			3

<u>หมายเหตุ</u> A1 คือบริเวณ Approach ชิ้นส่วนที่ 1

S1 คือบริเวณ Span ชิ้นส่วนที่ 1

WS คือผิวทาง (Wearing Surface) ชิ้นส่วนที่ 1 เป็นต้น

5.3 การประเมินผลจากการตรวจสอบพิเศษ

การตรวจสอบพิเศษเป็นการตรวจสอบสภาพสะพานในกรณีที่ สะพานมีความเสียหาย หรือเกิดเหตุฉุกเฉิน ที่อาจส่งผลต่อการใช้งานของสะพาน ซึ่งการวินิจฉัยความเสียหายเกินความสามารถของวิศวกรทั่วไป การตรวจสอบเป็นการตรวจสอบตามคำร้องขอจากการตรวจสอบปกติ การตรวจสอบหลัก หรือเมื่อได้รับการร้องขอเป็นกรณีพิเศษ การตรวจสอบอาจใช้การทดสอบแบบทำลาย (Destructive Testing) หรือการทดสอบแบบไม่ทำลาย (Nondestructive Testing) เพื่อประเมินความสมบูรณ์ของโครงสร้าง โดยใช้ผลการทดสอบเป็น การอ้างอิงสภาพของโครงสร้าง

5.3.1 ตัวอย่างการทดสอบแบบทำลาย (Destructive Testing)

การทดสอบแบบทำลาย คือการทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติต่างๆ ของคอนกรีต เช่น กำลังค่าโมดูลัสยืดหยุ่น ความเป็นเนื้อเดียวกัน รวมถึงความเค้นและความเครียดด้วย เป็นต้น โดยที่ทำให้คอนกรีตได้รับความเสียหาย โดยในการทดสอบจะจำแนกตามชนิดของวัสดุดังเช่น คอนกรีต จะทำการทดสอบแบบทำลายโดยวิธี Core Drilling ตามมาตรฐาน American Society for Testing and Materials (ASTM) C 42 โดยเป็นการเจาะแท่งตัวอย่างคอนกรีตจากชิ้นส่วนของโครงสร้างตามสภาพการใช้งานจริง เพื่อนำมาทดสอบกำลังอัดประลัยของคอนกรีต โดยใช้เครื่อง Universal Testing Machine (UTM) กดแท่งตัวอย่างคอนกรีตจนถึงจุดวิกฤติ ค่าที่ได้จะเป็นกำลังรับแรงอัด (Compressive Strength) ที่แท้จริงในขณะนั้นๆ ของโครงสร้าง ดังแสดงในรูปที่ 5-34

รูปที่ 5-34 เครื่องเจาะเก็บแท่งตัวอย่างคอนกรีต(Coring) และก้อนคอนกรีตตัวอย่าง

5.3.2 ตัวอย่างการทดสอบแบบไม่ทำลาย (Nondestructive Testing)

การทดสอบแบบไม่ทำลายเป็นทดสอบหาคุณสมบัติของคอนกรีตเชิงเปรียบเทียบ เช่น กำลัง ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น ความเป็นเนื้อเดียวกัน รวมถึงความเค้นและความเครียดด้วย โดยที่ไม่ทำให้คอนกรีตได้รับความเสียหาย การเลือกวิธีทดสอบต้องมีการพิจารณาตัดสินที่ดี โดยขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ต้องการ ขนาดและลักษณะของโครงสร้างสภาพหน้า และความเสี่ยงของโครงสร้าง (ACI 207.3R) การใช้วิธีการทดสอบแบบไม่ทำลายที่เหมาะสมต้องใช้เครื่องมือทางเทคนิคและผู้ชำนาญการที่เข้าใจการใช้เครื่องมือที่เหมาะสมในสถานการณ์ต่างๆ วิธีการทดสอบอาจจำแนกเป็นวิธีการทดสอบที่เกี่ยวข้องกับกำลัง และวิธีการทดสอบที่ใช้ในการหาตำแหน่งความเสียหายแอบแฝง

Pullout Test เป็นการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวของคอนกรีต (Bond Strength) มีความสัมพันธ์กับกำลังอัดของคอนกรีต คือ เมื่อกำลังอัดของคอนกรีตเพิ่มขึ้นกำลังยึดเหนี่ยวของคอนกรีตจะเพิ่มตามด้วยดังแสดงในรูปที่ 5-35

รูปที่ 5-35 การทดสอบด้วยวิธี Pullout Test

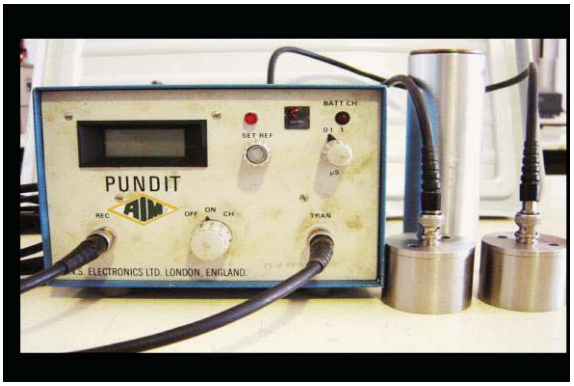
Compressive Strength Test เป็นการทดสอบตามข้อกำหนดมาตรฐาน American Society for Testing and Materials (ASTM) C 805 โดยกำหนดให้นำหัว Plunger ของ Rebound Hammer สัมผัสกับพื้นผิวของคอนกรีตและกด Rebound Hammer จนสุดปลายของ Plunger กระทั่งเกิดเสียงกระแทกภายใน Rebound Hammer และ

ปรากฏค่า Rebound Number ซึ่งค่าดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับค่า Compressive Strength ของคอนกรีตดัง

ผิดพลาด! ไม่พบแหล่งการอ้างอิง

รูปที่ 5-36 เครื่อง Rebound Hammer และวิธีการการทดสอบด้วยวิธี Compressive Strength

Ultrasonic pulse – velocity Method เป็นวิธีการที่ได้รับการใช้อย่างแพร่หลายที่สุดสำหรับการทดสอบคอนกรีตแบบไม่ทำลายในสนาม โดยเกี่ยวข้องกับการวัดการเดินทางของคลื่นแรงอัดเป็นจังหวะทางอิเลคโทรนิคผ่านระยะทางที่ทราบในคอนกรีต จากระยะเวลาที่ทราบและระยะทางที่เดินทางทำให้สามารถคำนวณหา Pulse Velocity ผ่านคอนกรีตที่มีคุณภาพดี โดยปกติแล้วจะให้ค่าความเร็วที่สูงร่วมกับสัญญาณที่ดีของกำลังอัด คอนกรีตที่มีคุณภาพไม่ดีหรือเสื่อมสภาพจะทำให้ความเร็วสูงหรือต่ำ ขึ้นอยู่กับธรรมชาติและจำนวนของรอยแตก แต่จะทำให้ความแรงของสัญญาณลดลงดังแสดงในรูปที่ 5-37



รูปที่ 5-37 วิธีการทดสอบด้วยวิธี Ultrasonic pulse – velocity Method

การทดสอบหาค่าความเสื่อมสภาพของคอนกรีตเนื่องจากปฏิกิริยา Carbonation การทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของคอนกรีตในโครงสร้างสะพาน จะใช้วิธีการตรวจสอบระดับความลึกของการเกิดคาร์บอเนชั่นในคอนกรีต โดยการเกิดคาร์บอเนชั่นเป็นกระบวนการเปลี่ยนผลิตผลบางชนิดจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่น ซึ่งโดยปกติจะเป็นแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) และแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรท (C-S-H) ให้เป็นผลิตภัณฑ์คาร์บอเนต โดยปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อต้องมีความชื้นและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คอนกรีตในสภาวะเริ่มต้นจะเป็นสารประกอบของซีเมนต์ไฮเดรท จำพวกแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) ซึ่งมีสภาวะเป็นด่าง ค่า pH ประมาณ 12 เมื่อปล่อยทิ้งไว้ที่

ภาวะปกติเป็นเวลานานๆ ผิวคอนกรีตจะทำปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ทำให้เกิดสารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_2$) ดังแสดงใน**ผิดพลาด! ไม่พบแหล่งการอ้างอิง**

รูปที่ 5-38 วิธีการทดสอบด้วยวิธี การเกิดปฏิกิริยาคาร์บอเนชั่น

การทดสอบหาค่าความเสื่อมสภาพของคอนกรีตเนื่องจาก Chloride Attack คลอไรด์เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการกัดกร่อนของเหล็กเสริมได้ โดยอิออนของคลอไรด์ (Chloride Ions) เป็นตัวการที่ทำให้ความเป็นด่างของคอนกรีตที่ป้องกันเหล็กเสริมไม่ให้เกิดสนิมลดลงและหลังจากถึงจุดวิกฤติแล้ว ถ้ามีน้ำและออกซิเจนเพียงพอก็จะทำให้เกิดสนิมได้ คลอไรด์อาจมีอยู่ในคอนกรีตเอง เช่น มีอยู่ในน้ำที่ผสมคอนกรีต หิน ทราย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทรายจากแหล่งใกล้ทะเลหรือน้ำยาผสมคอนรีตบางชนิด เช่น แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) ที่มักอยู่ในสารก่อตัว อย่างไรก็ตาม ได้มีการกำหนดมาตรฐานไว้สำหรับปริมาณคลอไรด์ที่ยอมรับได้ในคอนกรีตสด 40-1014 (วสท.)แต่ที่กระทบต่อความทนทานของคอนกรีตนั้น ส่วนมากจะมาจากภายนอกคอนกรีตในช่วงที่ใช้งาน เช่น จากน้ำทะเล จากดิน หรือจากเกลือที่ใช้ละลายน้ำแข็งในประเทศที่มีอากาศหนาว (De-Icing Salt) ดังแสดงในรูปที่ 5-39

รูปที่ 5-39 อุปกรณ์ชุดทดสอบหาปริมาณคลอไรด์

การประเมินความสามารถในการรับน้ำหนักของสะพานโดยวิธี Load and Resistance Factor Rating (LRFR) การประเมินความแข็งแรงหรือความสามารถในการรับน้ำหนักของโครงสร้างสะพาน ไม่ว่าจะเป็นสะพานเก่าหรือสะพานใหม่ จะต้องดำเนินการประมวลผลข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบสะพานในภาคสนาม (Field

Inspection) ควบคู่ไปกับการคำนวณวิเคราะห์ ซึ่งแนวทางในการประเมินความแข็งแรงของสะพานตามข้อกำหนดและมาตรฐานของ AASHTO (American Association of State Highway Transportation Officials) นั้นก็เป็นที่ยอมรับกันในระดับสากล ผลการประเมินที่ได้จะเป็นข้อมูลที่สำคัญให้กับเจ้าของสะพาน ในการตัดสินใจดำเนินการใดๆ ต่อสะพาน เช่น การติดป้ายจำกัดน้ำหนักหรือจำกัดความเร็ว (Posting) การเสริมความแข็งแรงให้กับสะพาน (Strengthening) การปิดสะพานเพื่อบูรณะหรือแม้กระทั่งก่อสร้างสะพานใหม่ดังแสดงในรูปที่ 5-40

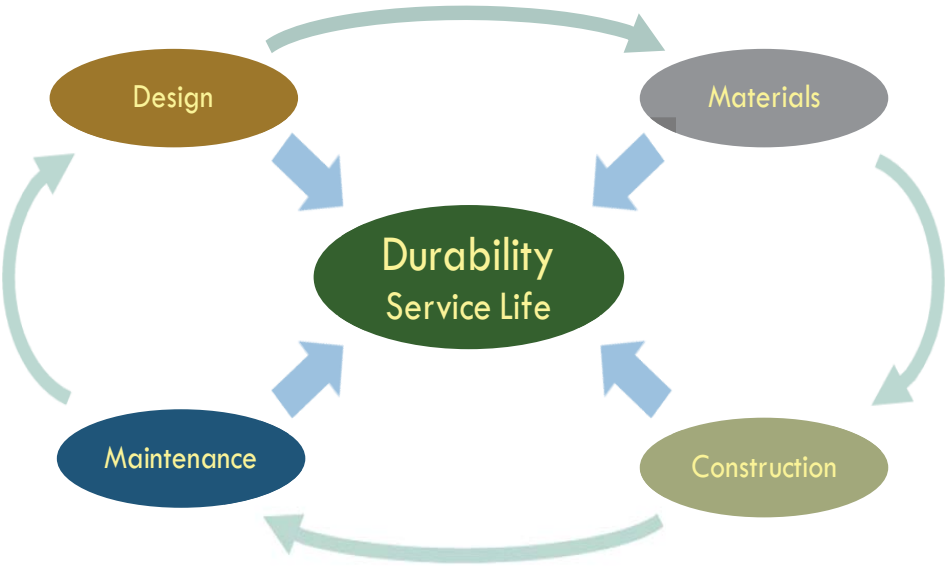
รูปที่ 5-40 การทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกจริง

บทที่ 6

บทสรุปการสำรวจและตรวจสอบสะพาน

การบำรุงรักษาโครงสร้างสะพานโดยเริ่มต้นจากการตรวจสอบโครงสร้างเบื้องต้นด้วยสายตาเพื่อประเมินสภาพการใช้งานของโครงสร้างอย่างหยาบ หากสภาพของโครงสร้างบางส่วนมีแนวโน้มว่าจะเกิดความเสียหายที่รุนแรง และคาดว่าจะมีผลกระทบต่อการรับน้ำหนัก จำเป็นต้องทำการตรวจสอบโดยละเอียดด้วยการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุในชิ้นส่วนนั้นๆ หรือต้องทำการติดตามพฤติกรรมโครงสร้างอยู่ตลอดเวลา จากนั้นต้องค้นหาสาเหตุที่ทำให้โครงสร้างเกิดความเสียหายเพื่อคาดการณ์ความเสื่อมสภาพที่อาจจะเกิดขึ้นต่อไปในอนาคต ทำการประเมินความรุนแรงของความเสียหาย ความสามารถใช้งานโครงสร้าง และอายุใช้งานที่เหลือของโครงสร้าง โดยจัดลำดับความเสียหายของโครงสร้างโดยรวมเพื่อสามารถที่จะจำแนกระดับของการบำรุงรักษาและประเมินลักษณะการซ่อมแซมต่อไป

การได้รับการตรวจสภาพและประเมินสภาพการใช้งานของโครงสร้างเพื่อทำการบำรุงรักษาอยู่เสมอจะทำให้โครงสร้างอยู่ในสภาพที่ดี สามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย ยืดอายุการใช้งานของโครงสร้าง และยังลดภาระค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการซ่อมแซมที่ไม่จำเป็น ดังแสดงระบบการบำรุงรักษาโครงสร้างสะพานในรูปที่ 6-1



รูปที่ 6-1 ระบบการบำรุงรักษาสะพาน

บรรณานุกรม

1. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย มยผ. 1508-51. (2551). *มาตรฐานการเสริมกำลังโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวัสดุคอมโพสิตเสริมเส้นใย*. กรุงเทพมหานคร.
2. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย มยผ. 1901-51. (2551). *มาตรฐานปฏิบัติในการซ่อมแซมคอนกรีต*. กรุงเทพมหานคร.
3. กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น กระทรวงมหาดไทย. *มาตรฐานสะพาน*. วันที่ค้นข้อมูล 10 กันยายน 2554, จากเวปไซด์: http://www.thailocaladmin.go.th/servlet/EbookServlet?_mode=detail&page=&ebookId =27
4. กวี หวังนิเวศน์กุล. (2548). *การออกแบบผิวทาง*. กรุงเทพฯ: ส.เอเซียเพรส.
5. กองวิเคราะห์และวิจัย กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม. (2532). *(ทล.-ม.408/2532) แอสฟัลท์คอนกรีต (Asphalt Concrete or Hot-Mix Asphalt)*. กรุงเทพฯ.
6. จำนง พงษ์วัน และคณะ. (2554). *จุดเหมาะสมของการเสริมกำลังคานคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวัสดุคอมโพสิต*. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่16 มหาวิทยาลัยมหิดล.
7. จิตพันธ์ ประกอบพร. (2547). *คู่มือวิธีการปฏิบัติงานบูรณะและปรับปรุงสะพานและท่อเหลี่ยม*. กรุงเทพฯ.
8. ณัฐวุฒิ อัศวสงคราม. *วิธีการก่อสร้างสะพานคอนกรีตในประเทศไทย*. วันที่ค้นข้อมูล 16 กันยายน 2554, จากภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร จากเวปไซด์ : http://www.civil.mut.ac.th/06/วิธีการก่อสร้างสะพานคอนกรีต
9. ธรรมชาติ กุลประภา. (2552). *เทคโนโลยีวัสดุ Fiber Reinfored Cemrntious matrix (FRCM) ในการเสริมกำลังโครงสร้างคอนกรีต*. สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย. วารสารคอนกรีต(10).
10. บริษัท ไอเอ็มเอ็มเอส จำกัด. (2549). *รายงานการตรวจสอบและประเมินโครงสร้างสะพาน RC Slab : โครงการศึกษาผลกระทบต่อโครงสร้างสะพานในการรับน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นและออกแบบเพิ่มความแข็งแรงให้กับโครงสร้างสะพาน*. กรมทางหลวง.
11. บริษัท ไอเอ็มเอ็มเอส จำกัด. (2551). *รายงานฉบับสมบูรณ์ : โครงการสำรวจสภาพความเสียหายและทดสอบการรับน้ำหนักของสะพานกรมทางหลวงในพื้นที่สำนักทางหลวงที่ 2 (แพร่)*. กรมทางหลวง.
12. บริษัท ไอเอ็มเอ็มเอส จำกัด. (2554). *คู่มือซ่อมแซมสะพานประเภท Slab Type, I-Girder และ Plank Girder* กรมทางหลวง.
13. ปริญญา จินดาประเสริฐ, ชัย จาตุรพิทักษ์กุล. (2553). *ปูนซีเมนต์ ปอซโซลาน และคอนกรีต*. (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย.
14. สำนักส่งเสริมและบริการวิชาการพระจอมเกล้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. (2553). *มาตรฐานปฏิบัติการซ่อมบำรุงชิ้นส่วนโครงสร้างสะพาน*. กรุงเทพฯ.

15. อนันต์ ตรีวัชระนุกูล. (2547). *การซ่อมแซมผิวทาง และผิวพื้นสะพานคอนกรีตด้วยวัสดุคอนกรีตที่ให้กำลังอย่างรวดเร็ว.*

16. พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตสถาน, 2542 จากเวปไซด์ : http://rirs3.royin.go.th/new-search/word-search-all-x.asp

17. ที่ระลึกงานพระราชทานเพลิงศพ นายมนัส คอวินิช. *หนังสือบนเส้นทางวิศวกรรรม*. วันที่ค้นข้อมูล 18 กรกฎาคม 2555 จากเวปไซด์: http://www.globalsecurity.org/military/library/policy/army/fm/3-34-343/chap3.htm

18. American Concrete Institute (ACI). (1998). *(ACI 503R-93) USE OF EPOXY COMPOUNDS WITH CONCRETE*. United State of America: American Concrete Institute.

19. American Concrete Institute (ACI). (1998). *(ACI 548.5R-94) Guide for Polymer Concrete Overlays*. United State of America: American Concrete Institute.

20. American Concrete Institute (ACI). (2003). *(ACI 548.3R-03) Polymer-Modified Concrete*. United State of America: American Concrete Institute.

21. American Concrete Institute (ACI). (2003). Field Guide to Concrete Repair Application Procedure *(ACI RAP-1) Structural Crack Repair by Epoxy Injection*. United State of America: American Concrete Institute.

22. American Concrete Institute (ACI). (2003). Field Guide to Concrete Repair Application Procedure *(ACI RAP-4) Structural Repair Using Form-and-Pour Techniques*. United State of America: American Concrete Institute.

23. American Concrete Institute (ACI). (2003). Field Guide to Concrete Repair Application Procedure *(ACI RAP-7) Spall Repair of Horizontal Concrete surfaces*. United State of America: American Concrete Institute

24. American Concrete Institute (ACI). (2003). Field Guide to Concrete Repair Application Procedure *(ACI RAP-9) Spall Repair by the Preplaced Aggregate Method*. United State of America: American Concrete Institute.

25. American Society for Testing and Material (ASTM). ASTM C 1059-99 Standard Specification for Latex Agents for Bonding Fresh To Hardened Concrete.

26. American Society for Testing and Material (ASTM). ASTM C 1438-99 Standard Specification for Latex and Powder polymer Modifiers for Hydraulic Cement Concrete and Mortar.

27. American Society for Testing and Material (ASTM). ASTM C 1439-99 Standard Test Methods for Polymer-Modified Mortar and Concrete.

28. American Society for Testing and Material (ASTM). ASTM C 387-00 Standard Specification for Packaged, Dry, Combined materials for mortar and Concrete.

29. American Society for Testing and Material (ASTM). ASTM C 881/C881M-02 Standard Specification for Epoxy-Resin-Base Bonding Systems for Concrete.

30. American Society for Testing and Material (ASTM). ASTM C 928-00 Standard Specification for Packaged, Dry, Rapid-Hardening Cementitious Materials for Concrete.

31. American Society for Testing and Material (ASTM). ASTM C 94/C 94M-00 Standard Specification for ready-Mixed Concrete.

32. Carmichael, B. M., & Barnes, R. W. (2005). REPAIR OF THE UPHAPEE CREEK BRIDGE WITH FRP LAMINATES. Retrieved 18/12/2011, 2011, from http://www.eng.auburn.edu/files/centers/hrc/930-466-2.pdf

33. Emmons, P. H. (1993). *Concrete Repair and maintenance Illustrated*. United States of America: RSMeans CMD GROUP.

34. Florida Department of Transportation. BRIDGE MAINTENANCE AND REPAIR HANDBOOK Retrieved 21 October 2011, from http://www.dot.state.fl.us/statemaintenanceoffice/CBR/BridgeInformation.shtm

35. International Concrete Repair Institute (ICRI). IC*RI Guildeline No.03731* Guide for Selecting Application Methods for repair of Concrete Surface.

36. Hartle, R. A., Amrhein, W.J., Wilson, K.E., Baughman, D.E. & Tkacs, J.J (1991) BRIDGE INSPECTOR'S TRAINING MANUAL/90. US Department of Transportation, Federal Highway Administration.

37. Michigan Department of Transportation (MDOT). (2007). POINTIS BRIDGE INSPECTION MANUAL.

38. Raina, V. K. (2003). *CONCRETE BRIDGES Inspection, Repair, Strengthening, Testing and Load Capacity Evaluation*. New Delhi, India: Tata McGraw-Hill.

39. RTA. (2007). *BRIDGE INSPECITON PROCEDURE MANUAL : Second Edition*. Bridge Engineering Section, Engineering Technology Branch, Directorate Regional Operations and Services, Roads and Traffic Authority, NSW.

40. Ryall, M. J., & others. (2003). *MANUAL OF BRIDGE ENGINEERING* (3 ed.). London: Thomas Telford Publishing.

41. Tonias, D. E. (1995). *Design, Rehabilitation, and Maintenance of Modern Highway Bridges*. USA: McGraw-Hill.

42. Waheed, A., Kowal, E., & Loo, T. (2005). *Technical Standards Branch Bridge Engineering Section Technical Standards Branch Alberta Infrastructure and Transportation* (Vol. 1): GOVERNMENT OF THE PROVINCE OF ALBERTA.

43. White, K.R., Minor, J. & Derucher, K. N. (1992) *Bridge Maintenance Inspection and Evaluation: Second Edition, Revised and Expanded*. MARCEL DEKKER, New York.