3.5 การพิจารณาสาเหตุการเสื่อมสภาพและมาตรการรับมือ

ในที่นี้ จะกล่าวถึงวิธีการเตรียมรับมือและการคาดการณ์และสันนิษฐานถึงการเสื่อมสภาพและสภาพปัจจุบันโดยมุ่งเน้นที่ปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละแห่งซึ่งเป็นแบ่งเป็นสะพานคอนกรีตอัดแรง (7 สะพาน) สะพานโครงถัก (3 สะพาน) และสะพานขึงเคเบิล (2 สะพาน)

3.5.1 โครงสร้างส่วนบน

(1) สะพานคอนกรีตอัดแรง

ในที่นี้ จะกล่าวถึงรอยแตกที่เกิดขึ้นกับสะพานคอนกรีตอัดแรง ซึ่งในช่วงท้ายจะกล่าวถึงผลการทดสอบแบบไม่ทำลาย

1) รอยแตกรูปตัว V ที่เกิดขึ้นในปลายตอม่อริมที่อยู่ในแม่น้ำ

สะพานพระราม 4 และพระราม 5 รวมทั้งสะพานอื่น ๆ มองเห็นรอยแตกรูปตัว V บริเวณฐานตอม่อ สิ่งนี้สันนิษฐานได้ว่ามีรอยแตกเมื่อมีการต่อเติมแผ่นรองท้องสะพานและกำแพงกั้นขวางหลังจากที่ต่อเติมแผ่นพื้นด้านล่าง การเติมคอนกรีตและติดตั้งแผ่นกรอบบริเวณกำแพงกั้นขวางและแผ่นรองท้องสะพานหลังจากที่แผ่นพื้นด้านล่างเกิดการแข็งตัวแต่ว่าในตอนนั้นเกิดรอยแตกที่ตำแหน่งที่อยู่ลึกลงไปมาก ตำแหน่งที่ทำให้เกิดรอยแตกนั้นเป็นการยากที่จะคาดว่าจะมีการพัฒนาขึ้นบริเวณที่มีการบีบอัดจากโครงสร้าง การจัดการรอยแตกจึงคิดว่าเป็นการอัตชีลอาจจะดีกว่า

2) คานหลัก

ตรวจสอบพบหินปุ่นและรอยแตกบริเวณคานในช่วงคานที่ 3 ซึ่งอยู่ใกล้กับแนวแม่น้ำบริเวณริมฝั่งขวาของสะพานตากสิน (ฝั่งธนบุรี) อีกทั้ง ยังพบการเปลี่ยนรูปร่างลักษณะเดียวกันที่พื้นผิวแผ่นปีก ทั้งสองด้านจากตอม่อของแนวป้องกันราว 23 เมตรเหนือแม่น้ำ

การเปลี่ยนรูปร่างนี้ ขณะที่พบสันนิษฐานว่าเป็น Coil Joint In จากการปรากฏที่พื้นผิวด้านหน้าที่เกิดจากทรายตามรอยแตกโดยสันนิษฐานว่าเป็นขั้นตอนของการก่อสร้าง ความเป็นไปได้ในการพัฒนารอยแตกนี้คาดว่ามีต่ำมากและจำเป็นต้องมีมาตรการป้องกันการรั่วซึมของน้ำจากด้านนอกและมีการอุดวัสดุซีล

3) ผลการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย

โครงสร้างคอนกรีตโดยทั่วไปอยู่ในสภาพดีและมีรอยแตกเล็กน้อย ตัวอย่างเช่น การปรากฏของการเสริมแรงด้วยเหล็กเส้นที่มองเห็นภายในขอบกันชนของสะพานในประเทศญี่ปุ่นนั้นไม่มีเลย

ในที่นี้ ได้ทดลองทดสอบเกี่ยวกับสภาพการวางเหล็กเส้น ความลึกของตำแหน่งเหล็กเสริมที่ใช้เรดาร์คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าพร้อมกับการตรวจสอบระดับความแข็งของคอนกรีตด้วยค้อนทดสอบ ทว่า เนื่องจากไม่มีแบบแปลนเพื่อพิจารณาผลลัพธ์ได้อย่างละเอียดจึงไม่สามารถเปรียบเทียบกับค่าที่ดำเนินการกับแบบแปลนได้

ตาราง3.5.1: ผลลัพธ์การทดสอบแบบไม่ทำลาย

ชื่อการทดสอบ / ชื่อสะพาน	การวัดความแข็งแบบสะท้อนกลับ (N/mm^2) การตรวจสอบระดับความแข็งของคอนกรีต	เรดาร์คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (mm) การตรวจสอบระยะการวางเหล็กเส้นและความลึกของตำแหน่งเหล็กเสริม
สะพานพระราม 4 (สร้างเสร็จปี 2006)	เฉลี่ย 29 N/mm^2 (ส่วนตอม่อ) (26.7-30.8 N/mm^2)	· เหล็กเส้นที่มีระยะเสมอกัน (การเสริมเหล็กเส้น100 มม. การวางเหล็กเส้น150มม.) · ความลึกของตำแหน่งเหล็กเสริม 50มม.
สะพานพระราม 5 (สร้างเสร็จปี 2002)	เฉลี่ย 32 N/mm^2 (ส่วนตอม่อ) (31.4-33.3 N/mm^2)	· เหล็กเส้นที่มีระยะเสมอกัน (การเสริมเหล็กเส้น 300มม, การวางเหล็กเส้น150 มม.) · ความลึกของตำแหน่งเหล็กเสริม 58 มม.
สะพานพระปิ่นเกล้า (สร้างเสร็จปี 1984)	24 N/mm^2 (ส่วนขอบกันชน)	· การวางเหล็กเส้นมีการกระจายตัว (การเสริมเหล็กเส้น 150-300 มม.) ·ความลึกของตำแหน่งเหล็กเสริม 44.8 มม.

(2) สะพานโครงถัก

ในที่นี้ จะกล่าวถึง สนิมเหล็ก ความล้าและการเปลี่ยนรูปทรงของวัสดุ ซึ่งเป็นความเสียหายหลักของสิ่งก่อสร้างประเภทเหล็ก

1) สนิมเหล็ก

ได้ดำเนินการตรวจวัดเกลือที่ติดกับพื้นผิวด้านหน้าที่ทาเคลือบสีเพื่อดำเนินการคาดการณ์การเสื่อมสภาพของวัตถุที่เกิดจากสนิมเหล็กเกี่ยวกับสิ่งก่อสร้างประเภทเหล็ก อีกทั้ง ยังได้ดำเนินการตรวจวัดความหนาเพื่อยืนยันถึงปริมาณสนิมเหล็กที่พบอยู่ในปัจจุบัน อนึ่งตำแหน่งของสะพานกรุงธน สะพานพุทธและสะพานกรุงเทพอยู่ห่างจากแนวชายฝั่งทะเล 26 กม. 22 กม. และ 18 กม.ตามลำดับ

a) การตรวจวัดปริมาณเกลือที่ติดอยู่

เมื่อพิจารณาจากผลการตรวจวัดจึงทำให้เข้าใจว่าพื้นผิวด้านบนและด้านข้างมีผลข้างเคียงจากการชะล้างด้วยน้ำฝนซึ่งเป็นเหตุให้ปริมาณเกลือลดน้อยลงเมื่อเทียบกับด้านล่างที่ไม่ได้ถูกชะล้างด้วยน้ำฝน อีกทั้งจากระยะเวลาที่มีการทาเคลือบสีใหม่ ความแตกต่างของปริมาณเกลือที่เกาะอยู่บริเวณสะพานพุทธที่ถูกทาเคลือบสีใหม่เมื่อปี 2001 ทำให้พื้นผิวด้านล่างของชิ้นส่วนแนวเฉียงมีค่า 56.6 มิลลิกรัม/ตารางเมตร ซึ่งค่าดังกล่าวเป็นคาดที่เกินความคาดการณ์

b) การตรวจวัดความหนา

ดำเนินการตรวจวัดความหนาของโครงสร้างบางจุดบนชิ้นงานหลักที่มีอายุ 50-80ปีโดยใช้อุปกรณ์ บางจุดพบว่าความหนาลดลงประมาณ 2มิลลิเมตร

c) การคาดการณ์การเสื่อมสภาพและมาตรการรับมือ

เนื่องจากไม่สามารถหาแบบแปลนโครงสร้าง เอกสารการคำนวณแบบที่เกี่ยวข้องกับการลดความหนาจึงไม่กล่าวถึงในเชิงความเห็นด้านความปลอดภัย โครงถักเป็นโครงสร้างที่ยึดติดและบริเวณช่องเสียบชิ้นส่วน คานหลักที่รองรับแผ่นพื้นนั้นเป็นชิ้นงานที่รองรับแรงโดยตรง คานชอยจะรับแรงบิด จุดที่บรรจบกันระหว่างโครงถักตัวล่างกับคานขวางก็เช่นเดียวกัน ดังนั้นแล้วสะพานโครงถักจึงมีโครงสร้างที่มี Degree of redundancy สูง

จากความเห็นของผู้ตรวจสอบคิดว่ายังไม่ต้องรีบซ่อมแซมเนื่องจากความหนาของชิ้นงานไม่ได้ลดลงมากจนอาจส่งผลกระทบต่อโครงสร้างหลัก สำหรับสะพานโครงถักมีการจำกัดน้ำหนักรถ (รวมจำนวนแกนล้อรถ) อีกทั้งยังมีการเข้าไปทาสีใหม่จึงเป็นการป้องกันไม่ให้ความหนาของแผ่นเหล็กลดลง

ที่ญี่ปุ่น ค่าปริมาณเกลือที่ยอมรับได้คือค่า NaCl ที่ต่ำกว่า 50 มิลลิกรัม/ตารางเมตร และในสีบางชนิดอาจยอมรับได้ถึง 100มิลลิกรัม/ตารางเมตร และก่อนที่จะเข้าไปทาสีใหม่นั้นควรจะเข้าไปดำเนินการชะล้างคราบเกลือที่ติดอยู่บนผิววัสดุก่อน

สำหรับการบำรุงรักษาในประเทศไทย มีการระบุไว้ว่าจะล้างสีเก่าออกก่อนจึงจะทาสีใหม่ สำหรับชิ้นงานที่มีสนิมก็จะใช้วิธีการพ่นทรายขัดสนิมออกจากนั้นจึงทาสีใหม่ ส่วนชิ้นงานที่ไม่มีสนิมก็จะล้างทำความสะอาดด้วย

อนึ่ง รายละเอียดการตรวจสอบแบบไม่ทำลายความเสียหายจะอธิบายไว้ในAppendix 5

ชื่อการทดสอบ / ชื่อสะพาน	การตรวจวัดปริมาณเกลือ (มิลลิกรัม/ตารางเมตร) (ค่าเฉลี่ย)	การตรวจวัดความหนา (มม.) การยืนยันการลดลงของความหนาในวัสดุเหล็ก
สะพานกรุงธน (สร้างเสร็จปี 1958) (ทาสีใหม่ปี 2010)	· ชิ้นส่วนแนวเฉียง แนวตั้งฉาก คานส่วนปลาย (ด้านข้าง) 6.7 มิลลิกรัม/ตารางเมตร · ชิ้นส่วนแนวเฉียงและคานส่วนปลาย (ด้านล่าง) 29.5 มิลลิกรัม/ตารางเมตร	· ความหนาไม่ลดลง
สะพานพุทธ (สร้างเสร็จปี 1932) (ทาสีใหม่ปี 2001)	· คานส่วนปลายและชิ้นส่วนแนวเฉียง (ด้านบน) 30.7 มิลลิกรัม/ตารางเมตร · คานส่วนปลายและชิ้นส่วนแนวเฉียง (ด้านWeb) 11.7 มิลลิกรัม/ตารางเมตร · คานส่วนปลายและชิ้นส่วนแนวเฉียง (ด้านล่าง) 56.6 มิลลิกรัม/ตารางเมตร	· คานส่วนปลายและชิ้นส่วนแนวเฉียง (แผ่นปีกบน) ความหนาลดลงราว 2 มม. (โดยรอบ 19 มม. ตำแหน่งที่ความหนาลดลง 17 มม.) · ตำแหน่งของแผ่นเหล็กที่สัมผัสกับคานส่วนปลายและชิ้นส่วนแนวเฉียง ความหนาลดลง 1-3 มม. (โดยรอบ 10 มม. ตำแหน่งที่ความหนาลดลง 7-9 มม.)
สะพานกรุงเทพ (สร้างเสร็จปี 1959) (ทาสีใหม่ปี 2005)	· คานส่วนปลาย ชิ้นส่วนแนวตั้งฉาก และ Web ส่วนเปิดปิด 11.1 มิลลิกรัม/ตารางเมตร · คานส่วนปลายและส่วนเปิดปิด (พื้นผิวด้านล่าง) 38.3 มิลลิกรัม/ตารางเมตร	· ตำแหน่งที่เกิดสนิมเหล็กบริเวณปลายด้านล่างของวัสดุที่เสริมแนวตั้งฉากส่วนเปิดเปิด ความหนาลดลง 3-7 มม. (โดยรอบ 13 มม. ตำแหน่งดังกล่าว 7-10 มม.)

ตาราง3.5.2: สรุปผลลัพธ์การตรวจสอบแบบไม่ทำลาย (สะพานโครงถักเหล็ก)

2) ความล้า

2-1 สภาพความทนทานต่อความล้าของสะพานโครงถัก

ในบรรดาสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา 12 แห่ง มีสะพานโครงถัก 3 สะพาน (สะพานกรุงธน สะพานพุทธ และสะพานกรุงเทพ) ที่ยังใช้อยู่ในปัจจุบัน ซึ่งสะพานแต่ละแห่งทนทานต่อการใช้งานยาวนานหลังจากก่อสร้าง DRR ซึ่งเป็นผู้ควบคุมเส้นทางได้เปลี่ยนแปลงข้อจำกัดของรถยนต์ที่เคลื่อนผ่านของสะพานเหล่านี้ไปตามยุคสมัย ทว่า ในสภาพความเป็นจริงที่กล่าวถึงในการตรวจสอบปริมาณการสัญจรแยกตามชนิดรถบนด์นั้นมีรถยนต์ราว 1% บริเวณสะพานกรุงธนที่ไม่ปฏิบัติตามข้อจำกัดการบรรทุกและเป็นรถยนต์ที่ไม่ได้อนุญาตให้เคลื่อนผ่าน

กรณีที่คำนึงถึงสภาพความทนทานต่อความล้าของวัสดุโครงสร้างเหล็ก โดยพื้นฐานทั่วไปแล้ว การบรรทุกเป็นสองเท่าจะมีผลกระทบเป็น 8 เท่าต่อวัสดุโครงสร้างเหล็ก จึงขออธิบายเกี่ยวกับสภาพความทนทานต่อความล้าที่ควรจับตามองในรถยนต์ที่มีขนาดใหญ่ (รถบรรทุก รถเทรลเล่อร์ขนาดกลางและรถ

เทรลเล่อร์)

สะพานที่เป็นเป้าหมายคือสะพานกรุงธน เหตุผลก็คือได้รับการยืนยันว่ามีรถยนต์ที่เกินกว่าข้อจำกัดการเคลื่อนผ่านอยู่มาก ส่วนสะพานกรุงธนและกรุงเทพมีลักษณะเดียวกันสามารถใช้ผลการตรวจวัดการบิดเบี้ยวโดยใช้รถยนต์ทดลองวิ่งซึ่งดำเนินการโดยบริษัทที่ปรึกษาเมื่อหลายปีงบประมาณที่ผ่านมา อนึ่ง ในส่วนของสะพานพุทธที่มีระยะเวลาเปิดใช้นานที่สุด ทางไจก้าไม่ได้รับแบบคำนวณ จึงไม่สามารถให้คำแนะนำโดยละเอียดได้

a) บทสรุปของการทดสอบการบรรทุกน้ำหนักเชิงสถิตย์

- ดำเนินการทดสอบโดยปิดการจราจรบนสะพานกรุงธน
- ตำแหน่งในการวิ่ง (ความเร็ว 5 กม.) ควบคู่กันของรถยนต์ 2 คัน น้ำหนักบรรทุก 25 ตัน (3 เพลา 10 ล้อ) ซึ่งดำเนินการเป็น 2 กรณีคือ วิ่งโดยให้ล้อรถห่างจากแนวเส้นด้านข้าง 1.2 เมตร อีกกรณีหนึ่งคือวิ่งโดยให้ล้อรถเข้ามาในแนวเส้นแบ่งผิวจราจร 1.2 เมตร
- ตำแหน่งตรวจวัดการบิดเบี้ยวส่วนที่ต้องจับตาดูในครั้งนี้คือ วัสดุในแนวตั้งฉาก ชิ้นส่วนแนวเฉียง โครงถักตัวบน โครงถักตัวล่าง คานพื้นและคานชอย ซึ่งการบิดเบี้ยวของแผ่นพื้นปีกล่างใต้เส้นแยกตัวรถใกล้ศูนย์กลางระยะห่างระหว่างตอม่อกับตอม่อตับริม (Span) มีค่าเท่ากับ 92 μ
- จากการทดสอบเพื่อกำหนดการผ่านและไม่ผ่านของผลิตภัณฑ์วัสดุเหล็ก (Coupon Test) เทียบเท่า SS400
- ค่าสัมประสิทธิ์ความหนืดของวัสดุเหล็กกล้าเท่ากับ 20,000MPa จากการทดสอบ

เกิดแรงเค้น (Stress) 19.3N/mm^2 จากปริมาณการบิดงอ 92 μ

อนึ่ง ได้ดำเนินการตรวจสอบรายละเอียดเกี่ยวกับสะพานกรุงธนโดยใช้เวลาหลายเดือน จากผลลัพธ์นี้มองเห็นรอยแตกบริเวณโครงถักส่วนบนแต่ว่าจากการที่เป็นวัสดุที่มีการบีบอัดจึงคาดว่าจะมีริ้วรอยที่ชั้นที่สร้างไว้ชั่วคราว

b) การจัดการปริมาณการสัญจรที่เคลื่อนผ่าน

ความล้าที่เกิดขึ้นจะมาจากล้อด้านหลังของรถบรรทุก จึงได้มีการเปรียบเทียบประเภทของรถบรรทุกในประเทศไทย กับรถบรรทุกที่ญี่ปุ่น (2 เพลา 8ล้อ เพลาละ 10 ตัน) ซึ่งผลสำรวจพบว่าส่วนใหญ่รถบรรทุกในเมืองไทยจะใช้แบบ 2 เพลา 8ล้อ เพลาละ 10 ตัน ดังนั้นจึงได้สมมุติการคำนวณน้ำหนักรถบรรทุกที่วิ่งผ่านสะพานกรุงธนในวันหยุดและวันธรรมดาโดยใช้เกณฑ์ที่กล่าวมาข้างต้น (2 เพลา 8ล้อ เพลาละ 10 ตัน) และสรุปผลลงในตาราง 3.5.3 ดังนี้

ตาราง 3.5.3 : ปริมาณการจราจรของรถน้ำหนักเกินที่คำนวณโดยแทนค่าด้วยรถบรรทุก (สะพานกรุงธน)

วันหยุด (24ชม.)		วันธรรมดา (24ชม.)	
ทิศทางฝั่ง กทม.	ทิศทางฝั่ง ธนบุรี	ทิศทางฝั่ง กทม.	ทิศทางฝั่ง ธนบุรี
453 คัน (0.31)	513 คัน (0.36)	449 คัน (0.31)	478 คัน (0.33)

หมายเหตุ : เลขในวงเล็บคือจำนวนรถที่วิ่งผ่านไปมาในหนึ่งนาที

เมื่อรถยนต์ขนาดใหญ่เคลื่อนผ่านด้วยความเร็ว 60 กิโลเมตร/ชั่วโมงและระยะเวลาที่อยู่บนโครงถักเดี่ยว 58 เมตร ใช้เวลา 3.5 วินาที ซึ่งรถบรรทุกจะมุ่งหน้าเรียงตั้งฉากกันกับคานขวางนั้นมีความเป็นไปได้ต่ำ จึงสมมุติให้บนสะพานมีรถบรรทุกน้อยกว่า 1คันวิ่งไปวิ่งมาตลอด กรณีนี้ ระดับแรงเค้นที่เกิดขึ้นก่อนหน้านี้จะลดลงเท่ากับ 9.65 N/mm^2 (96.5kgf/mm^2)

สมมุติให้น้ำหนักของรถบรรทุกที่ใช้ในการคำนวณมีน้ำหนักเท่ากับน้ำหนักพิกัดที่อนุญาตให้วิ่งผ่านบนสะพาน จากนั้นหากมีรถบรรทุกที่น้ำหนักเกินพิกัดนี้ แรงเค้นจะมีมากขึ้น จากการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่กรมทางหลวงชนบท ทราบว่ามีรถบรรทุกน้ำหนักเกินวิ่งข้ามอยู่ที่สะพานอื่น หากคำนึงถึงเรื่องน้ำหนักบรรทุกที่วิ่งผ่านไปมาจริงๆ ก็นับว่าปัญหาเรื่องแรงเค้นที่เกิดกับสะพานจะเป็นเรื่องใหญ่

c) สรุป

หมุดย้ำที่ใช้ในปัจจุบันคาดว่าแต่ละตัวมีการเสียดสีกับสลักเกลียวทนแรงดึงสูง (High-Tensile Bolt) จึงได้ทดลองความเกี่ยวข้องกับระดับความเข้มของความล้ากรณีที่ใช้การสลักเกลียวทนแรงดึงสูงด้วยรอยต่อ (Joint) ที่รองรับแรงเค้นตั้งฉาก ผลลัพธ์คือในแรงเค้นที่มีแอมพลิจูดผันแปร ความล้าจะอยู่ในระดับ D มีค่า 45N/mm^2 สภาพปัจจุบันการสัญจรรถยนต์ที่เกินกว่าข้อจำกัดการบรรทุกมีอยู่อย่างต่อเนื่องจึงเกิดปัญหาความล้าได้ในอนาคต

ในที่นี้ ได้คำนึงถึงน้ำหนักรถที่เกินพิกัดบรรทุกเป็นเป้าหมาย ในส่วนรถยนต์ที่มีการบรรทุกเกินจะไม่ใช่เป้าหมาย

ไม่เพียงแต่การตรวจสอบทั่วไป เจ้าหน้าที่ที่มีโอกาสเข้าใกล้สิ่งก่อสร้าง เช่น งานทาเคลือบสี จำเป็นต้องสังเกตรอยแตกได้เร็วกว่า

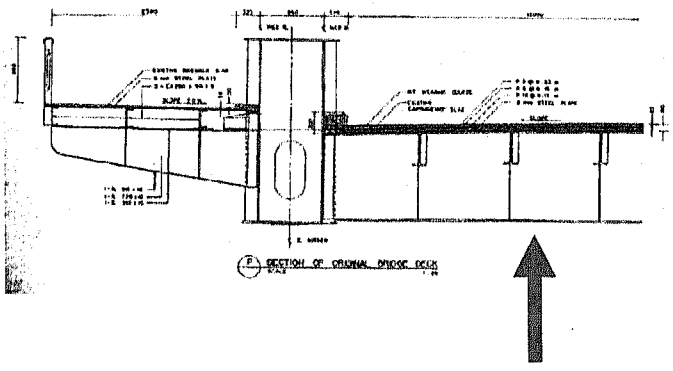
2-2) ความเสียหายของรอยแตกในแผ่นพื้นผสม

มองเห็นรอยแตกมีความยาวราว 3.5 เมตรบริเวณแนวแกนสะพานในแผ่นพื้นเหล็กผสมในฝั่งธนบุรีบริเวณสะพานชัก (ช่วงคานตรงกลาง) ของสะพานกรุงเทพ

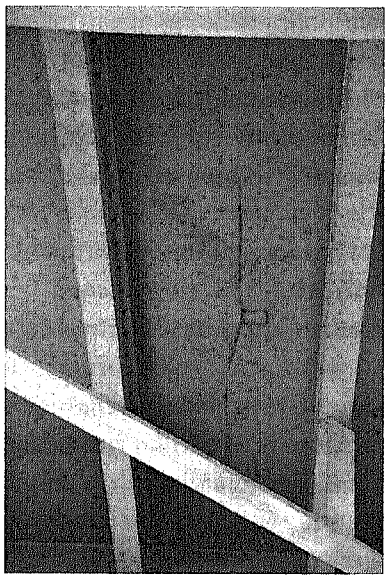
รอยแตกนี้เข้าใจว่าจะมีการพัฒนามากจากมุมอื่น พร้อมกับการเคลื่อนผ่านแนวเดียวกันกับมุม 2 มุมบริเวณจุดที่ตัดเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า อนึ่ง เนื่องจากมีน้ำสนิมจากรอยแตก จึงคาดว่ามีน้ำซึมซึ่งมาจากน้ำฝนบริเวณพื้นผิวจราจรและรอยแตกยังเคลื่อนผ่านแผ่นคอนกรีต RC

ระยะคานขวางของจุดที่กล่าวนี้เท่ากับ 6.1 เมตร ส่วนระยะคานชอยเท่ากับ 1.25 เมตร โครงสร้างของแผ่นพื้นผสมเป็นแผ่นเหล็ก 8 มม. และแผ่นคอนกรีต 90 มม. เป็นพื้นผิวสัญจร 10 มม. และมีตะปุ่หลอมตกอยู่บนพื้นเหล็ก

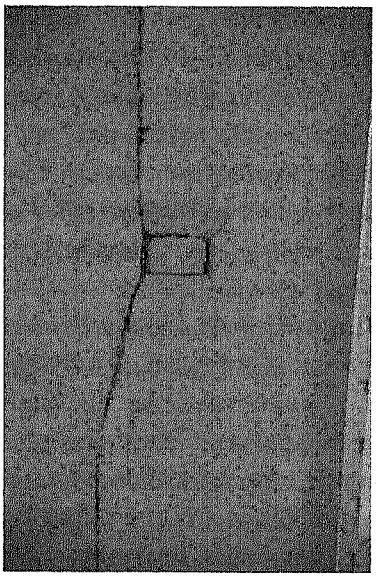
ตำแหน่งที่เกิดรอยแตกอยู่เหนือเส้นแนวแบ่งพื้นผิวจราจร ความเสียหายที่สังเกตจากพื้นผิวจราจรไม่สามารถตรวจสอบได้ แต่พื้นผิวของแนวเส้นรถวิ่งบริเวณตำแหน่งที่ใกล้การเกิดความเสียหายนั้นมีร่องรอยของการซ่อมเสริมมาก่อนในอดีต



ภาพ3.5.1: ตำแหน่งรอยแตกของแผ่นพื้นผสม



ภาพ3.5.2: ตำแหน่งรอยแตกของแผ่นพื้นผสม 1



ภาพ3.5.3: ตำแหน่งรอยแตกของแผ่นพื้นผสม 2

- การคาดคะเนสาเหตุการเกิดความเสียหายและมาตรการ

จังหวะการบิดงอที่ใช้ในการแผ่นเหล็กผสมจากการสัญจรของรถยนต์ เมื่อพิจารณาจากระยะห่างของคานขวางและคานซอย โดยแยกแยะได้ด้วยระยะห่างระหว่างตอม่อกับตอม่อตับริมของแผ่นพื้น (แนวตั้งฉากกับแกนสะพาน) แรงเค้นตั้งฉากที่เกิดจากสิ่งนี้มีผลต่อการพัฒนารอยแตก ดังนั้นคาดว่าอาจเกิดรอยแตกที่เกิดขึ้นในศูนย์กลางแรงเค้นของมุมทั้งสี่ที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า

จุดที่กล่าวถึงนี้เป็นรอยแตกที่อยู่เหนือแนวเส้นแบ่ง เนื่องจากว่าระยะห่างระหว่างตอม่อกับตอม่อตับริมของแผ่นพื้นแคบเพียง 1.25 เมตร จึงจำเป็นต้องสังเกตการพัฒนาของรอยแตกซึ่งจะเกิดขึ้นด้านที่ปลอดภัยจากรถยนต์ที่สัญจร

อนึ่ง บางส่วนของแผ่นเหล็กที่นอกเหนือจากจุดตังกล่าวได้ถูกตัดออก และได้แนะนำว่าควรเปลี่ยนรูปแบบการเชื่อมจากสี่เหลี่ยมมาเป็นวงกลม หรือวงรี เนื่องจากแรงเค้นอาจจะส่งผลให้มุมของสี่เหลี่ยมเกิดรอยแตกที่ไม่อาจมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

2-3) การเปลี่ยนรูปร่างของวัสดุ

การเปลี่ยนรูปร่างของวัสดุได้ถูกตรวจสอบโดยการปะทะจากรถยนต์ที่สัญจร การเดินเรือไปยังบริเวณโครงถักตัวล่างและตัวยึดแนวเฉียงด้านล่างของสะพานโครงถัก สิ่งเหล่านี้เป็นการเคลื่อนตัวหรือไม่นั้น ไม่อาจจะคาดเดาในอนาคตได้เนื่องจากเป็นอุบัติเหตุที่มีความแตกต่างจากการเสื่อมสภาพตามกาลเวลา ในที่นี้จะกล่าวถึงจุดที่ควรระวังในกรณีที่มีการเปลี่ยนและซ่อมแซมวัสดุที่มีการเปลี่ยนรูปร่างตามความต้องการของกรมทางหลวงชนบท

ก่อนอื่นคิดว่าวิธีการตัดด้วยความร้อนเป็นวิธีการซ่อมแซมวัสดุ ทว่าในส่วนที่เกี่ยวกับโครงถักตัวล่างนั้นเป็นวัสดุที่ซ่อมแซมด้วยความร้อนแบบบังคับ (Forced Heating) ได้ยาก อีกทั้งในส่วนที่เกี่ยวข้อง

กับตัวยึดแนวเฉียงด้านล่างในเชิงตรงกันข้ามนั้น การเปลี่ยนวัสดุด้วยความร้อนแบบบังคับมีความเหมาะสมกว่า

ในการปรับเปลี่ยนที่แท้จริงนั้น จำเป็นต้องเตรียมแบบแปลนสำหรับการออกแบบเกี่ยวกับสิ่งก่อสร้างในปัจจุบัน เอกสารการคำนวณการออกแบบและแบบแปลน ตั้งแต่ขั้นตอนการเริ่มสร้างจนถึงปัจจุบันหากกรณีที่มีการปรับเปลี่ยนสิ่งก่อสร้าง จะต้องเตรียมเอกสารแบบแปลนเหล่านี้ไว้ แต่ว่าในกรณีที่ไม่สามารถหาแบบแปลนได้ จึงจำเป็นต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับคุณสมบัติในเชิงกลของวัสดุด้วยการทดสอบว่าผ่านหรือไม่ผ่าน (Coupon Test) และทำความเข้าใจรูปทรงของสิ่งก่อสร้างที่เกี่ยวข้อง อีกทั้งยังต้องทำความเข้าใจความสัมพันธ์ของปริมาณการเปลี่ยนรูปร่างและน้ำหนักในการบรรทุกและดำเนินการทดสอบน้ำหนักบรรทุกตามความจำเป็น

จากข้อมูลเหล่านี้สามารถทำให้เข้าใจถึงสภาพของสิ่งก่อสร้างและคัดเลือกโมเดลในการคำนวณโครงสร้างที่เหมาะสม

จากนั้นจึงคำนวณสิ่งก่อสร้างทั้งหมดตามขั้นตอนการก่อสร้างเช่น การติดตั้งและการถอดวัสดุ ซึ่งจำเป็นต้องยืนยันถึงความปลอดภัยตามแต่ละขั้นตอน

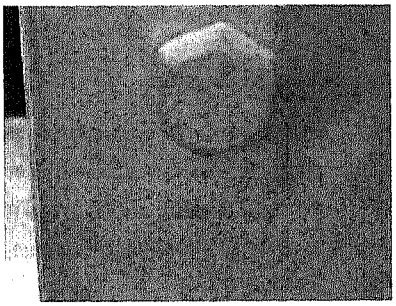
จุดที่ควรระวังในการเปลี่ยนวัสดุบริเวณพื้นผิวจะต้องดำเนินมาตรการความปลอดภัยโดยต้องระวังเมื่อจะเปลี่ยนชิ้นงานที่มีการเปลี่ยนรูป เนื่องจากตอนที่นำชิ้นงานออก ชิ้นงานที่เปลี่ยนรูปดังกล่าวรับแรงเค้นมากกว่าปกติจึงอาจกระเด้งออกมาได้ ขั้นตอนในการเปลี่ยนชิ้นงานใหม่บางครั้งต้องปรับแรงเค้นของสะพานโดยใช้แจ็ค

อย่างไรก็ตาม ทางไจก้าได้ให้คำแนะนำว่าจำเป็นต้องมีการยืนยันความปลอดภัยในแต่ละขั้นตอนตั้งแต่เริ่มต้นก่อสร้างจนถึงเสร็จสิ้นการก่อสร้าง

2-4) Bolt หลุด

จากการสำรวจ ทางไจก้าพบว่าบนสะพานมีรูสำหรับใส่ Bolt แต่ไม่พบ Bolt จึงสันนิษฐานว่า Bolt อาจจะมีการเสื่อมสภาพตามเวลาและหลุดไปจึงเหลือแต่รูเปล่าเท่านั้น สาเหตุของความเสียหายตามเวลาดังกล่าวนี้เป็นความเสียหายที่ไม่มีการเปลี่ยนรูปแต่จะมีการรับแรงดึง เมื่อเวลาผ่านไปแรงดึงมีสูงขึ้นก็จะส่งผลให้Boltหลุด

ที่ประเทศญี่ปุ่นพบความเสียหายกับBolt F13T (รับแรงดึงได้ : 1,300N/mm^2) และ F11T (รับแรงดึงได้ : 1,100N/mm^2) ตอนที่ออกตรวจสะพานโครงถัก ทางไจก้าได้ตรวจรุ่นของ Bolt ซึ่งเป็นรุ่น F10T จึงวิเคราะห์ได้ว่าสาเหตุที่ Bolt หลุดไม่ใช่มาจากสาเหตุการเสื่อมสภาพตามเวลา เนื่องจากBolt F10T เป็นรุ่นที่ดีที่สุด
(อ้างอิง)



ภาพ 3.5.4 : Boltที่รับแรงสูง (F10T)

(3) สะพานชิงเคเบิล

IRR สะพานวงแหวนอุตสาหกรรม (ใต้) และ (เหนือ) พบเห็นความเสียหายที่มีลักษณะเดียวกันซึ่งเป็นรูปแบบของการก่อสร้างเดียวกัน

1) รอยแตกในแนวตั้งฉากของฐานเสา

สังเกตเห็นรอยแตกในแนวตั้งฉากของเสาหลัก สิ่งนี้ที่คิดว่าเป็นรอยแตกจากอุณหภูมิ คอนกรีตจะมีแนวโน้มในการบีบอัดตามเวลาที่เคลื่อนผ่านโดยจะพองตัวหลังการติดตั้งและเป็นการควบคุมการทำงานของการพองตัว-บีบอัดของคอนกรีตบริเวณพื้นผิวที่มีการปรับเรียบ สาเหตุดังกล่าวจึงทำให้คิดว่าเกิดรอยแตกในแนวตั้งฉากของซีเมนต์ที่แทนที่ลงไป

รอยแตกนี้คิดว่ามีความเป็นไปได้ที่จะพัฒนามาจากขั้นตอนการก่อสร้างน้อยมาก ในส่วนของมาตรการเตรียมรับมือคิดว่าต้องอุดซีลในรอยแตกเพื่อป้องกันสนิมเหล็กของเหล็กเส้นภายในและป้องกันการซึมของน้ำจากภายนอกจึงจะเหมาะสม

2) รอยแตกส่วนคานขวาง

ในเชิงโครงสร้างแล้ว ยังเป็นจุดที่ไม่แน่ใจว่าในความเป็นจริงแล้วมีสภาพแรงเค้นอย่างไร ทว่า มีตัวอย่างที่รอยแตกเกิดการแตกแขนงในรอยแตกของคานขวาง สิ่งนี้เองคาดว่าเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นตามการถ่ายทอดของแรงจากทิศทางคงที่ได้ยาก และคิดว่าเป็นสิ่งที่มีผลมาจากแรงเค้นผันผวน (Alternate Stress) ตัวอย่างของแรงเค้นผันผวนเช่น ลม แผ่นดินไหว แต่สันนิษฐานว่าเป็นแผ่นดินไหวที่มาจากเงื่อนไขของการกำหนดสถานที่

อนึ่ง เนื่องจากเป็นจุดที่มีความซับซ้อนของสภาพแรงเค้น จึงจำเป็นต้องสังเกตว่ารอยแตกจะเกิดการพัฒนาหรือไม่

3) รอยแตกของแผ่นพื้นที่ยื่นออกด้านนอก

สังเกตเห็นรอยแตกในทิศทางคงที่ในแผ่นคอนกรีตที่รายรอบบริเวณคานขวาง คานหลักและคานซอย ซึ่งความเสียหายในลักษณะเดียวกันถูกสังเกตด้วยแผ่นคอนกรีตหลายแผ่น บางส่วนมองเห็นการสังเคราะห์ของหินปูน สาเหตุของรอยแตกนี้คิดว่าแผ่นคอนกรีตเกิดการเปลี่ยนรูปทรงหน้าตัดจากแรงดึงตัวของเคเบิล ผลลัพธ์นี้จึงคิดว่าเกิดรอยแตกหลายแห่งในแนวจุดที่ยึดเคเบิลใกล้เสาหลัก

สิ่งนี้คิดว่าเป็นสาเหตุมาจากการก่อสร้างหรือการออกแบบ แต่จำเป็นต้องมีการวางแผนซีลบริเวณพื้นผิวด้านบนแผ่นพื้นที่ยื่นออกด้านนอกเพื่อป้องกันการแทรกซึมของน้ำฝนร่วมกับการสังเกตว่าจะมีการพัฒนารอยแตกหรือไม่บริเวณหน้างานนับจากนี้ อนึ่ง คิดว่าจำเป็นต้องมีการทบทวนขั้นตอนการออกแบบเพื่อค้นหาสาเหตุหลัก

4) รอยแตกของส่วนที่ยึดเคเบิล

ในส่วนยึดเคเบิลมีการพัฒนารอยแตกบริเวณโดยรอบจากจุดศูนย์กลางของเคเบิล รอยแตกนี้ในปัจจุบันมีการพัฒนามาจากขั้นตอนการก่อสร้างหรือไม่ยังไม่แน่ชัด หากสมมุติว่าเป็นการพัฒนามาจากขั้นตอนการก่อสร้าง จะสันนิษฐานว่าเป็นการนำเอาแรงดึงในขั้นตอนไม่แสดงปรากฏระดับความแข็งของคอนกรีตหรือดำเนินการด้วยการนำเอาแรงดึงที่ไม่เหมาะสม หลังจากการก่อสร้าง หากรอยแตกเกิดพัฒนาตัวแม้ว่าจะปรากฏระดับความแข็งของคอนกรีตที่กำหนดไว้ตอนแรก ก็อาจจะมีปัญหาในการนำเอาแรงดึงมาใช้

อย่างไรก็ตาม คิดว่าจำเป็นต้องตรวจสอบระดับความแข็งของคอนกรีตในพื้นที่หน้างานและทบทวนขั้นตอนการออกแบบร่วมกับการตรวจสอบว่ามีหรือไม่มีการพัฒนารอยแตกอย่างต่อเนื่อง

5) รอยแตกของตอม่อ

แนวขนานกับทิศทางที่ตรงไปกับทิศทางแกนของตอม่อบริเวณต่อม่อเกิดระยะห่าง นอกเหนือจากนี้รอยแตกที่มีลักษณะเป็นตาข่ายยังขยายวงกว้างออกไปจากจุดดังกล่า เมื่อตรวจสอบอีกครั้งแนวตะแกรงมองเห็นตอม่อโดยรอบไม่เพียงเกิดขึ้นกับตอม่อที่กำหนดเท่านั้น ซึ่งคาดว่าเป็นแบบพิมพ์ไม่ใช่รอยแตกจากการใช้วิธีการหล่อแม่พิมพ์แบบ Slipform เมื่อก่อสร้าง

อีกทั้ง รอยแตกที่มีลักษณะเป็นตาข่ายสานยังได้สังเกตเห็นว่ามีความเป็นไปได้สูงว่ามาจากการหดตัวแบบแห้ง (Dying Shrinkage)

การหดตัวเนื่องจากแห้ง หากรอยแตกมีขนาดใหญ่ขึ้นควรมีการดำเนินการซ่อมโดยเคลือบผิวกันน้ำ

3.5.2 โครงสร้างส่วนล่าง

เนื่องจากได้ตรวจสอบการลาดเอียงของตอม่อในฝั่งกรุงเทพที่ฝั่งธนบุรีของสะพานพระราม 5 ด้วยการตรวจสอบด้วยตาเปล่าจึงได้ดำเนินการสันนิษฐานสาเหตุและการตรวจสอบสภาพแวดล้อมโดยรอบ พร้อมทั้งตรวจวัดปริมาณการลาดเอียง

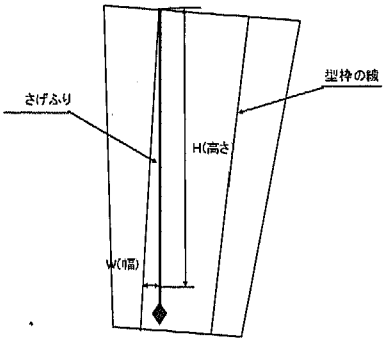
1) การตรวจวัดปริมาณการลาดเอียงของตอม่อ (ปริมาณการเอียงตัว)

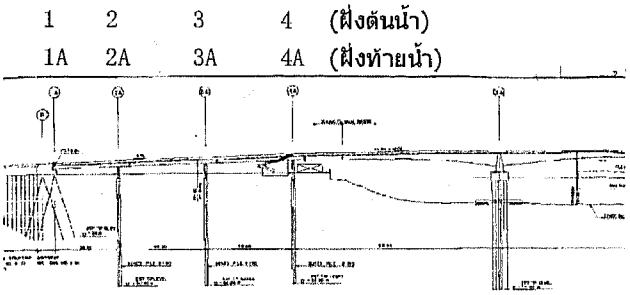
ดำเนินการตรวจวัดโดยใช้ลูกดิ่งเพื่อยืนยันปริมาณการเอียงตัวของตอม่อ

วิธีที่เรียกว่า "ลูกดิ่ง" นี้เป็นเครื่องมือเพื่อการตรวจวัดแนวตั้งฉากโดยติดเชือกไว้กับลูกตุ้มเหล็ก (ทรงวงกลม) ให้ห้อยลงมา การตรวจวัดของสะพานพระราม 5 ได้สมมุติให้แนวเส้นแม่แบบเป็นแนวตั้งฉาก ซึ่งยืนยันแล้วถึงการลาดเอียงของแนวแม่แบบและเป็นการลาดเอียงของตอม่อเนื่องจากโดยทั่วไปแล้วแม่แบบจะต้องติดตั้งในแนวตั้งฉาก (ดูภาพด้านล่างซ้ายประกอบ)

"ลูกดิ่ง" ที่นำมาใช้ในครั้งนี้มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 43.0 (มม.) x ความยาวทั้งหมด 84.5 (มม.) หนัก 300 กรัม

ได้ดำเนินการตรวจวัดแนวเส้นแม่แบบในเชิงเปรียบเทียบในจุด H (ความสูง) และ W (ความกว้าง) ที่ชัดเจนโดยยึดเชือกให้เข้ากับรอยแม่แบบของพื้นผิวด้านบนของตอม่อ ความละเอียดของการวัดเป็นมิลลิเมตร ซึ่งเป็นค่าการตรวจวัดโดยปัดเศษให้เป็นจำนวนเต็ม





ตาราง 3.5.4: บทสรุปของปริมาณการลาดเอียง

ชื่อการตรวจสอบ / ชื่อสะพาน	การตรวจวัดด้วย "ลูกดิ่ง" (rad) การตรวจสอบการลาดเอียงของตอม่อ (ปริมาณการเอียงตัว)
สะพานพระราม 5 (สร้างเสร็จเมื่อปี 2002)	ตอม่อ 4 (ฝั่งต้นน้ำ) ทิศทางแกนสะพาน H=4280(mm), W=20(mm) ปริมาณการลาดเอียง : 0.0046(rad) (ในแนวแม่น้ำเจ้าพระยา)
	ตอม่อ 3 (ฝั่งต้นน้ำ) ทิศทางแกนสะพาน H=3220(mm), W=20(mm) ปริมาณการลาดเอียง : 0.0062(rad) (ในแนวแม่น้ำเจ้าพระยา)
	ตอม่อ 3 (ฝั่งต้นน้ำ) ทิศทางตั้งฉากกับแกนสะพาน H=3300(mm), W=2(mm) ปริมาณการลาดเอียง : 0.0006(rad) (ในแนวแม่น้ำเจ้าพระยา)

2) การตรวจสอบสภาพแวดล้อมโดยรอบ

ได้สังเกตแนวกำแพงป้องกัน หลอดไฟ บ้านเรือนที่อยู่อาศัยโดยรอบที่ปริมาณการลาดเอียงถูกตรวจสอบแต่ว่าไม่สามารถยืนยันถึงการเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้

นอกเหนือจากนี้ ยังได้ดำเนินการตรวจสอบในช่วง 500 เมตรจนถึงสี่แยกกับวัดสังฆทาน ผลลัพธ์เป็นไปดังนี้

- บริเวณตอม่อจากสี่แยกและจากแม่น้ำเจ้าพระยา สังเกตเห็นด้านหนึ่งของแผ่นบล็อกประสาน (Interlocking Block)เกิดการทรุดตัว
- สะพานลอยจนถึงสี่แยกนี้ถูกสร้างขึ้น 2 สะพาน ฐานตอม่อส่วนปลายทั้งสองเกิดผิวทางไม่เรียบ แต่ไม่ได้รู้สึกว่าตอม่อกำลังเอียง

อนึ่ง จากภาพแนวราบของแบบแปลนมองเห็นสภาพก่อนการก่อสร้าง ฝั่งกรุงเทพฯ มีบ้านเรือนที่อยู่อาศัยรวมตัวกันแต่ว่าในฝั่งธนบุรีมีบ้านเรือนที่อยู่ริมแม่น้ำอยู่รอบ ๆ ทางน้ำด้านหลังเรียงกันตามแนว

ด้วยสิ่งเหล่านี้ ทำให้สันนิษฐานได้ว่าไม่ได้มีการปรับพื้นที่จากดินที่ขุดกลบจนถึงความลึกบางระดับในการก่อสร้างเส้นทางสัญจรที่มีการติดตั้งกับสะพานนี้

3) การประเมินดินที่ขุดกลบ

หากการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวของรายละเอียดข้อมูลจำเพาะสำหรับสะพานสัญจร V ซึ่งมี 4 ข้อที่เป็นชั้นดินที่มีลักษณะเป็นทรายที่จำเป็นในการตัดสินการเปลี่ยนสภาพเป็นของเหลวเมื่อสร้างสะพานใหม่

a) ชั้นดินที่มีลักษณะเป็นทรายของชั้นดินที่มีการถับทมจากตะกอนที่พัดมา
b) ระดับน้ำใต้ดินอยู่ในระยะ 10 เมตรจากพื้นผิวฐานราก และชั้นดินอิ่มตัวที่ปรากฏอยู่ที่ความลึกในระยะ 20 เมตร จากพื้นผิวฐานราก
c) ชั้นดินที่มี FC ซึ่งมีอัตราการผสมของเม็ดดิน (อัตรา 100 ส่วนของปริมาณที่เคลื่นอผ่านเม็ดดินที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 75 μm) ต่ำกว่า 35% หรือชั้นดินที่มีดัชนีพลาสติก (Plasticity Index) ต่ำกว่า 15 FC
d) ชั้นดินที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเม็ดดินโดยเฉลี่ย D50 ต่ำกว่า 10 มม. และเส้นผ่าศูนย์กลางเม็ดดิน 10% D10 ต่ำกว่า 1มม.

เมื่อนำไปประยุกต์ผลลัพธ์ของการทดสอบในร่มของดินที่เก็บมาและสภาพปัจจุบันของพื้นที่พบว่า

a) คิดว่าเป็นดินที่ขุดกลบหรือชั้นดินที่มีลักษณะเป็นทรายของชั้นดินที่มีการถับทมจากตะกอนที่พัดมา จากการหุ้มห่อของเม็ดดินในชั้นดินที่มีการทับถมจากตะกอนที่พัดมา
b) คาดคะเนโดยการพิจารณาจากระดับน้ำของแม่น้ำเจ้าพระยาว่าระดับน้ำใต้ดินจากพื้นฐานรากอยู่ในระยะ 10 เมตร
c) เป็นที่น่าพึงพอใจเนื่องจากอัตราการผสมของเม็ดดินละเอียดมีค่าเท่ากับ 10.2%
d) เป็นที่น่าพอใจว่าเส้นผ่าศูนย์กลางเม็ดดินโดยเฉลี่ย D50 เท่ากับ 0.25 มม. และเส้นผ่าศูนย์กลางเม็ดดิน 10% D10 มีค่าเท่ากับ 0.071 มม.

อนึ่ง ชนิดของดินที่เก็บมาได้ถูกแบ่งชนิดไว้เป็นทราย
จากข้อดังกล่าวข้างต้น คิดว่าควรจะพิจารณาคุณสมบัติของดินโดยสังเกตจากทรายบนผิวดิน

3.6 สภาพการจัดการการบำรุงรักษา

ในการตรวจสอบสะพาน (การตรวจสอบด้วยสายตา) ครั้งนี้ สภาพความเป็นจริงในการซ่อมแซมสะพานที่ควบคุมโดย DRR มีความชัดเจน ในส่วนรายละเอียดจะลงรูปถ่ายไว้ใน Appendix 4

สำหรับสะพานเหล็ก ได้ดำเนินการเปลี่ยนหมุดยึดเป็น HTB (F10T) และทาสีเคลือบใหม่เป็นประจำ อีกทั้งในสะพานคอนกรีตได้ตรวจสอบพบการซ่อมพื้นผิวหน้าตัดตรงจุดที่มีรอยแตกบนคอนกรีต และนอกเหนือจากนี้ ยังได้เปลี่ยนแผ่นพื้นและทำความสะอาดเป็นประจำ รวมทั้งทำความสะอาดรอยขีดเขียนต่าง ๆ

3.7 สรุป (การพิจารณาสาเหตุการเสื่อมสภาพ)

(1) โครงสร้างส่วนบน

1) สะพานคอนกรีต

รอยแตกที่เห็นได้ชัดคิดว่าเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนในการก่อสร้าง

2) สะพานเหล็ก

กรณีที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามสภาพการจราจรในปัจจุบัน จากจำนวนปีของการเปิดให้บริการนับจากนี้อาจมีปัญหาความล้า

3) สะพานยึงเคเบิล

รอยแตกที่เห็นได้ชัดเป็นสิ่งที่ยังไม่แน่ชัดว่ามีสาเหตุหลักมาจากการก่อสร้างหรือการออกแบบ นอกเหนือจากนี้อาจเป็นผลกระทบที่มาจากแผ่นดินไหว

(2) โครงสร้างส่วนล่าง

ไม่สามารถปฏิเสธถึงความเป็นไปได้ว่าได้รับผลกระทบจากสภาพของแผ่นดินไหว

บทที่ 4 การวางแผนงานบำรุงรักษาระยะยาวของสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา

4.1 การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลของระบบที่มีอยู่

สะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา 12 แห่งนั้น ถูกดำเนินการบำรุงรักษาโดยสำนักงานแต่ละแห่งที่ตั้งอยู่ใกล้สะพานนั้น โดยรูปแบบของงานบำรุงรักษานั้นจะเป็นแบบ "การซ่อมบำรุงหลังพบความเสียหาย" (Breakdown Maintenance) คือจะดำเนินการซ่อมแซมภายหลังจากพบความเสียหายในการตรวจสอบปกติ โดยทั่วไปแล้วการบำรุงรักษาสะพานโดยแยกเป็นแห่งๆ และใช้วิธีการซ่อมบำรุงหลังพบความเสียหายนี้ จะทำให้ค่าใช้จ่ายตลอดช่วงอายุใช้งาน (Life Cycle Cost - LCC) สูง และทำให้ความปลอดภัยและความมั่นใจในโครงสร้างลดลง

ดังที่ได้กล่าวในบทที่ 2 หัวข้อที่ 2.2 และ 2.3 เกี่ยวกับการจัดระเบียบข้อมูลงานบำรุงรักษาสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาใน DRR พบว่าไม่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญและจำเป็นในการวางแผนงานบำรุงรักษาระยะยาว (ข้อมูลสะพาน, ผลการตรวจสอบ, ประวัติของงานซ่อมแซม) ไว้อย่างเป็นระบบ เนื่องด้วยเหตุผลดังกล่าว แผนงานบำรุงรักษาที่เสนอนี้ได้จัดทำขึ้นโดยอ้างอิงจากข้อมูลที่สามารถเข้าถึงได้, ข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบประจำที่คาดว่าได้ดำเนินการตาม "คู่มือการตรวจสอบและประเมินผล" และข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติงานจริงในประเทศญี่ปุ่น ในอนาคตนั้น ควรให้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบประจำและงานซ่อมแซมซึ่งได้ดำเนินการอย่างต่อเนื่องเพื่อนำไปทบทวนแผนงานบำรุงรักษาระยะยาว ซึ่งจะทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของแผนงานบำรุงรักษาระยะยาวได้

4.2 ข้อเสนอในการวางแผนการจัดการบำรุงรักษาระยะยาว

เนื่องจากสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา 12 แห่ง นั้นมีความสำคัญเป็นอย่างสูง จึงมีการดำเนินงานบำรุงรักษาประจำวันโดยเริ่มตั้งแต่การลาดตระเวนด้วยรถตรวจการณ์ อย่างไรก็ตาม งานบำรุงรักษาที่ดำเนินการนั้น เป็นแบบซ่อมแซมความเสียหายหลังจากตรวจพบ และไม่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานบำรุงรักษาอย่างเป็นระบบ

ในอนาคตเป็นที่คาดการณ์ว่า งบประมาณที่จำเป็นในงานบำรุงรักษาจะเพิ่มขึ้นตามการเสื่อมสภาพของสะพาน การเปลี่ยนไปใช้ระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) นั้นจะช่วยลดต้นทุน LCC และเพิ่มอายุการใช้งานของสะพานได้ รวมทั้งยังสามารถรักษาความปลอดภัยและความเชื่อมั่นในโครงสร้างสะพานซึ่งมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง

ในบทนี้ได้เสนอแนวทางการวางแผนงานบำรุงรักษาระยะยาวซึ่งเป็นการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เพื่อทำให้สามารถใช้งบประมาณที่มีจำกัดอย่างมีประสิทธิภาพและเกิดผลประโยชน์สูงสุด

เนื้อหาหลักของข้อเสนอมีดังข้างล่างนี้ ส่วนรายละเอียดนั้นได้อธิบายไว้ในหัวข้อที่ 4.3

- กำหนดเป้าหมายและระดับของงานบำรุงรักษาที่ชัดเจน
- การวิเคราะห์พิจารณาความจำเป็นในการซ่อมแซมและมาตรการฉุกเฉิน โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบประจำที่ได้ดำเนินการตาม "คู่มือการตรวจสอบและประเมินผล"
- การคำนวณค่า LCC โดยคำนวณค่าซ่อมแซมที่ประเมินจากระดับความเสียหายที่พบในระหว่างงานตรวจสอบหรือสภาพความเสียหายที่เสื่อมลงภายหลังงานตรวจสอบ

4.3 การคำนวณค่า LCC

4.3.1 การคำนวณค่า LCC เพื่อแผนงานซ่อมแซม

(1) แนวคิดเรื่องระดับของงานบำรุงรักษา

แนวคิดเรื่องระดับของงานบำรุงรักษาได้ถูกนำมาใช้ เพื่อให้งานบำรุงรักษาสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา 12 แห่งเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยวิธีการดังกล่าว คือ การกำหนดระดับของงานบำรุงรักษาที่เหมาะสมกับระดับความสำคัญและการใช้งานของสะพาน หรือกล่าวคือ การจัดทำแผนงานบำรุงรักษาของสะพานในแต่ละแห่ง

จากการพิจารณาลักษณะสะพาน (ระดับความสำคัญ, สภาพแวดล้อม เป็นต้น), สภาพการบำรุงรักษาและผลการตรวจสอบของสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาทั้ง 12 แห่งนั้น ระดับงานบำรุงรักษาขั้นต่ำที่สุด ที่ควรรักษาไว้นั้นได้ถูกกำหนดไว้ที่ระดับขั้นที่ 3 ดังได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.3.1 (เมื่อระดับมาตรการถึงขั้นที่ 2 ก็ควรให้มีการดำเนินงานซ่อมบำรุงอย่างเร่งด่วน) โดยการยึดหลักของระดับขั้นของงานบำรุงรักษานี้ จะทำให้สามารถรักษาความปลอดภัยและความสามารถในการใช้งานของสะพานได้อย่างมีระบบ

ตารางที่ 4.3.1 ระดับของงานบำรุงรักษาของสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา 12 แห่ง

ระดับมาตรการ (ระดับสภาพ)	รายละเอียด	ข้อมูลอ้างอิง	
		AASHTO	ญี่ปุ่น
5	ไม่มีการชำรุดหรือความเสียหาย	VERY GOOD	A
4	มีความเสียหายเพียงเล็กน้อย	GOOD	A
3	อาจมีความจำเป็นต้องซ่อมแซมขึ้นอยู่กับสภาพความเสียหาย	FAIR	B
2	มีความจำเป็นต้องซ่อมบำรุงอย่างเร่งด่วน	POOR	C
1	ต้องซ่อมบำรุงอย่างฉุกเฉิน เนื่องจากมีผลกระทบต่อความปลอดภัยของโครงสร้าง หรืออาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อบุคคลทั่วไป	CRITICAL	E

(2) แนวคิดเรื่องการคำนวณ LCC

แผนการบำรุงรักษาระยะยาวของสะพานแต่ละแห่งนั้น จะใช้การแสดงค่าใช้จ่ายทั้งหมดตลอดช่วงอายุการใช้งาน 100 ปี

ในแผนการบำรุงรักษาระยะยาวนี้ จะเริ่มต้นโดยการดำเนินมาตรการที่สอดคล้องกับระดับขั้นมาตรการ ซึ่งประเมินจากสภาพความเสียหายที่ตรวจพบในงานตรวจสอบประจำครั้งแรก หลังจากได้ดำเนินงานซ่อมบำรุงแล้ว การซ่อมบำรุงตามระยะเวลาที่กำหนดและการเปลี่ยนวัสดุที่ชำรุด จะถูกดำเนินการอย่างเหมาะสมตามหลักการของ "การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน" ซึ่งจะทำให้สามารถรักษาความปลอดภัยของสะพานอย่างมีประสิทธิภาพได้ แผนผังแสดงขั้นตอนการคำนวณ LCC ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.3.1

LCC = ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในงานบำรุงรักษาตลอดอายุการใช้งาน 100 ปี

[ขั้นที่1 ค่าใช้จ่ายงานซ่อมบำรุงความเสียหายที่ตรวจพบในงานตรวจสอบประจำ]

= ค่าใช้จ่ายงานซ่อมบำรุงความเสียหายที่ตรวจพบในงานตรวจสอบประจำ ····ค่าใช้จ่าย (1)

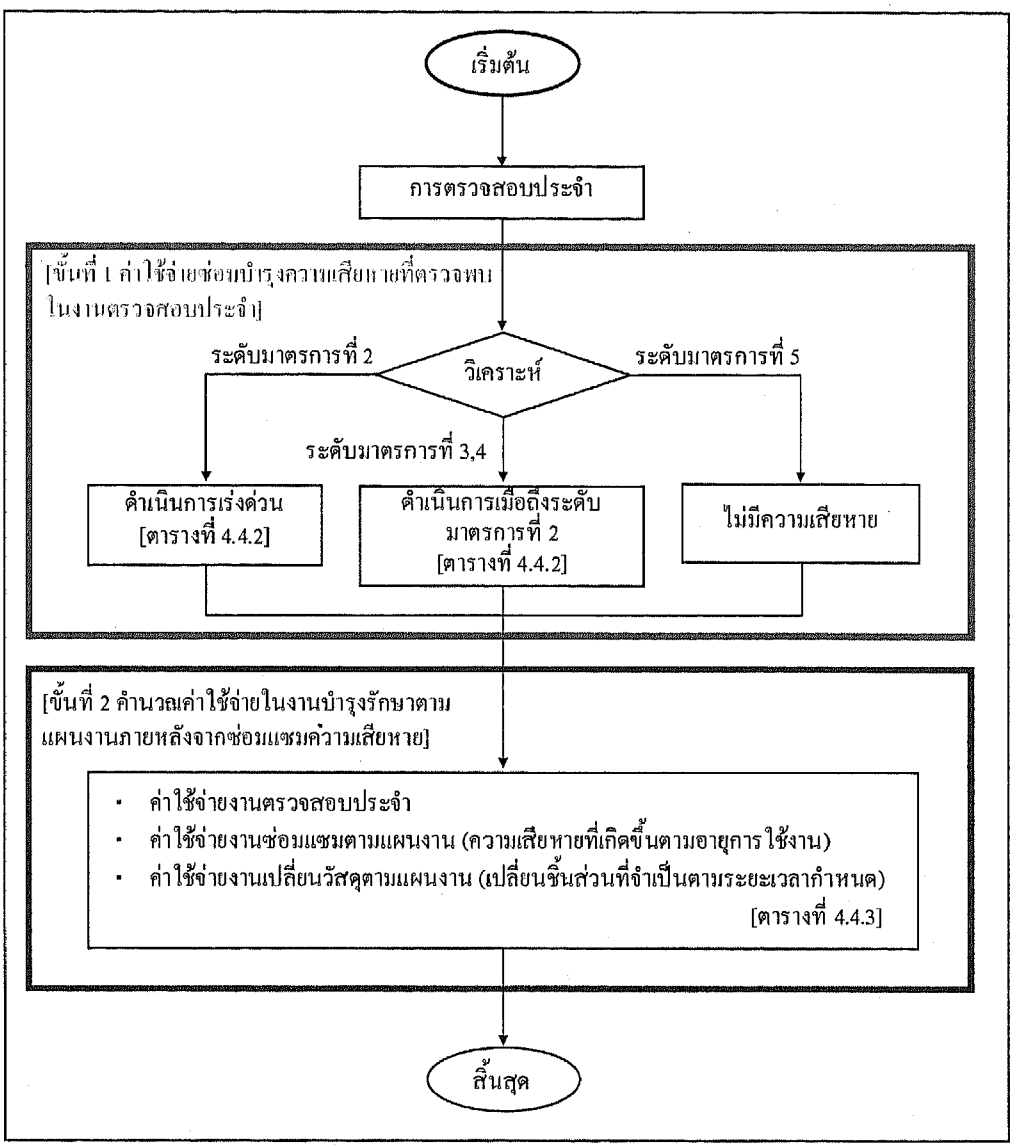
[ขั้นที่2 คำนวณค่าใช้จ่ายในงานบำรุงรักษาตามแผนงานภายหลังจากซ่อมแซมความเสียหาย]

\+ ค่าใช้จ่ายงานตรวจสอบประจำ ·····ค่าใช้จ่าย (2)

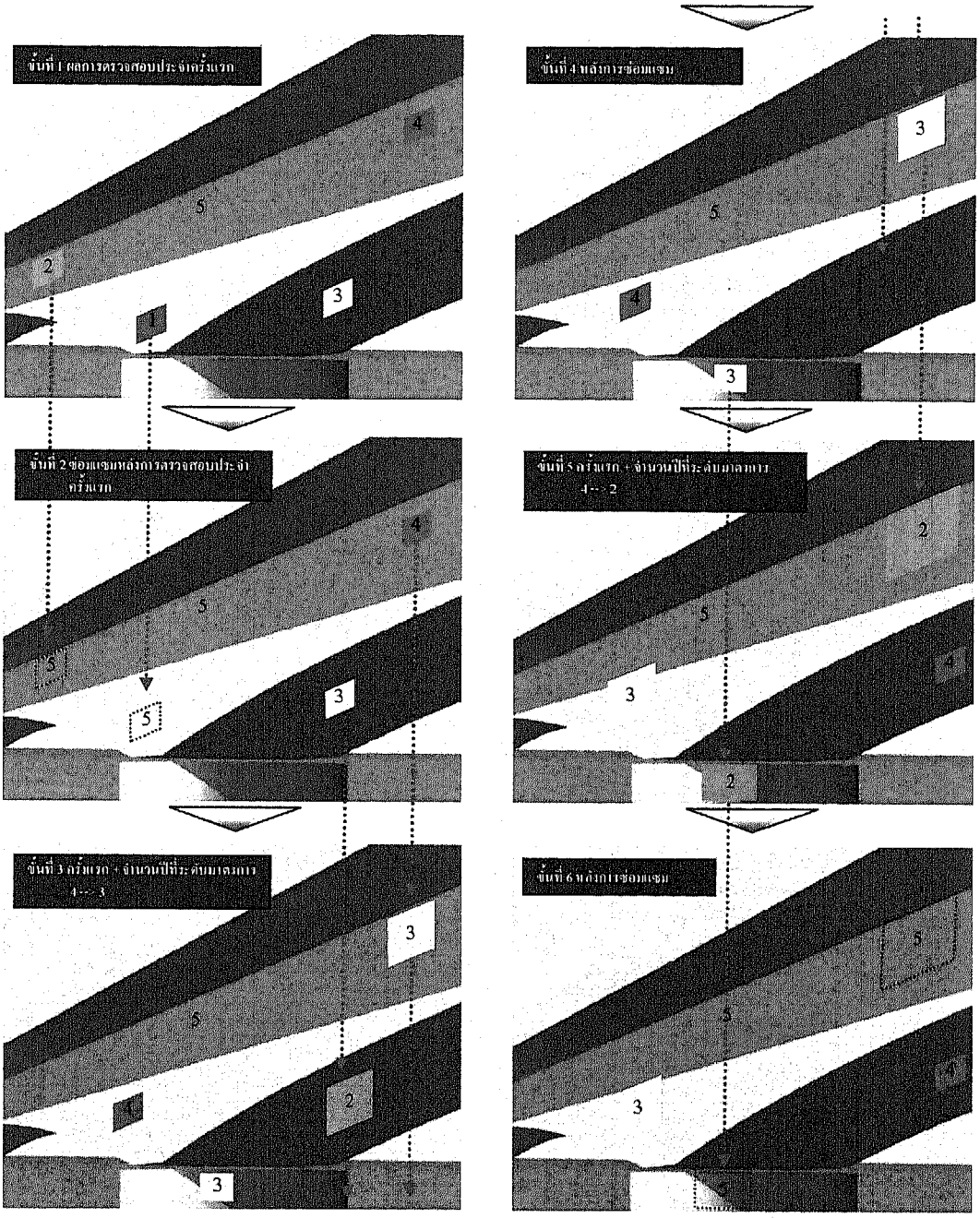
\+ ค่าใช้จ่ายงานซ่อมแซม (ความเสียหายที่เกิดขึ้นตามอายุการใช้งาน) ·····ค่าใช้จ่าย (3)

\+ ค่าใช้จ่ายงานเปลี่ยนชิ้นส่วนที่จำเป็นตามระยะเวลากำหนด ·····ค่าใช้จ่าย (4)

- ค่าใช้จ่าย (1)
  รวบรวมค่าใช้จ่ายในงานซ่อมแซมความเสียหายของชิ้นส่วนที่ได้รับการประเมินว่ามีระดับมาตรการที่ 2 ในงานตรวจสอบครั้งแรก
- ค่าใช้จ่าย (2)
  รวบรวมค่าใช้จ่ายในงานตรวจสอบประจำ, งานบำรุงรักษารายวัน และงบสำรองในกรณีที่ต้องดำเนินการสำหรับเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิด
- ค่าใช้จ่าย (3)
  รวบรวมค่าใช้จ่ายในงานซ่อมแซมความเสียหายของชิ้นส่วนที่ได้รับการประเมินว่ามีระดับมาตรการที่ 5~3 ในงานตรวจสอบครั้งแรก ซึ่งมีการเสื่อมสภาพตามระยะเวลาจนถึงระดับมาตรการที่ 2 นอกจากนี้ รวมถึงค่าใช้จ่ายงานซ่อมแซมความเสียหายบางประเภทของชิ้นส่วนเมื่อถึงกำหนดระยะเวลาที่ต้องดำเนินการซ่อมแซม
- ค่าใช้จ่าย (4)
  รวบรวมค่าใช้จ่ายในงานซ่อมแซมชิ้นส่วนทั่วไปเมื่อถึงกำหนดเวลาที่ต้องทำการเปลี่ยนชิ้นส่วน
- ระยะเวลาในการคำนวณค่าใช้จ่ายในงานซ่อมแซม
  ระยะเวลาในการคำนวณค่าใช้จ่ายในงานซ่อมแซม จะเปลี่ยนแปลงโดยขึ้นอยู่กับอายุการใช้งานและระดับมาตรการของแต่ละชิ้นส่วน ภาพแนวคิดเกี่ยวกับระดับมาตรการที่เปลี่ยนไปตามการเสื่อมสภาพตามระยะเวลาแสดงไว้ในรูปที่ 4.3.2
- ในกรณีที่ประเมินว่ามีระดับมาตรการขั้นที่ 1
  เนื่องจากเป็นการดำเนินมาตรการอย่างฉุกเฉิน จึงไม่นับรวมอยู่ในการคำนวณ LCC



รูปที่ 4.3.1 แผนผังแสดงการคำนวณ LCC

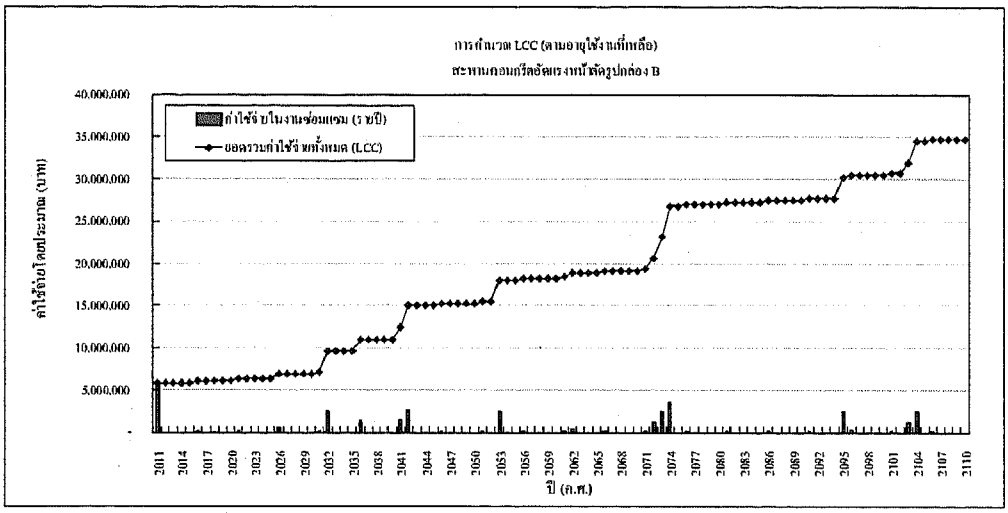


รูปที่ 4.3.2 แผนภาพแนวคิดแสดงการซ่อมแซมความเสียหายที่เกิดขึ้นตามการเสื่อมสภาพตามอายุใช้งาน

ตารางที่ 4.3.2 ตารางแสดงระดับมาตรการ

ระดับมาตรการ	รายละเอียดการประเมินผล
5	ไม่มีความเสียหายหรือเพิ่งผ่านการซ่อมแซมมา
4	มีความเสียหายเพียงเล็กน้อยและไม่มีความจำเป็นต้องซ่อมแซม
3	อาจจมีความจำเป็นต้องซ่อมแซมขึ้นกับสภาพความเสียหาย
2	มีความจำเป็นต้องซ่อมแซมอย่างเร่งด่วน
1	ต้องดำเนินมาตรการฉุกเฉินโดยทันที เนื่องพิจารณาความปลอดภัยของโครงสร้างและความเสียหายต่อบุคคลทั่วไป

ตัวอย่างการคำนวณค่า LCC ได้แสดงไว้ดังข้างล่างนี้



รูปที่ 4.3.3 ตัวอย่างการคำนวณ LCC (สมมติช่วงอายุการใช้งาน 100 ปี)

ตารางที่ 4.3.3 รายละเอียดการซ่อมบำรุงตามแผนงานและปีที่ดำเนินการ (ตัวอย่าง)

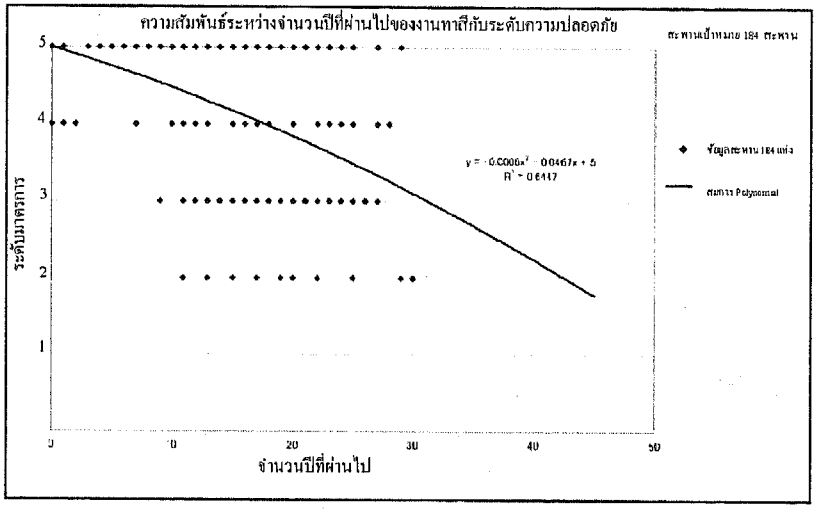
รายชื่อชิ้นส่วน	หมายเลข	ประเภทของความเสียหาย	ปี 2011		ปี 2012		ปี 2013		ปี 2014		. . .	ปี 2109		ปี 2110	
			ระดับมาตรการ	ค่าซ่อมแซม (บาท)	ระดับมาตรการ	ค่าซ่อมแซม (บาท)	ระดับมาตรการ	ค่าซ่อมแซม (บาท)	ระดับมาตรการ	ค่าซ่อมแซม (บาท)		ระดับมาตรการ	ค่าซ่อมแซม (บาท)	ระดับมาตรการ	ค่าซ่อมแซม (บาท)
คานหลัก	01	รอยแตก	4	-	3.9	-	3.7	-	3.6	-		-	-	-	-
		การโค่งของเหล็กเสริม	5	-	4.9	-	4.8	-	4.7	-		4.5	-	4.4	-
		ความผิดปกติในที่รัดรวดร้าวแรง	5	-	5.0	-	4.9	-	4.9	-		2.1	-	2.0	-
แผ่นพื้น	01	การโค่งของเหล็กเสริม	4	-	3.9	-	3.7	-	3.6	-		-	-	-	-
		การหลุดร่อน	5	-	5.0	-	4.9	-	4.9	-		2.1	-	2.0	-
		รอยแตกในแผ่นพื้น	4	-	3.9	-	3.8	-	3.8	-		2.5	-	2.2	-
		ความผิดปกติในที่รัดรวดร้าวแรง	5	-	5.0	-	4.9	-	4.9	-		2.1	-	2.0	-
	02	การโค่งของเหล็กเสริม	2	35,000	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-
		การหลุดร่อน	5	-	5.0	-	4.9	-	4.9	-		2.1	-	2.0	-
		รอยแตกในแผ่นพื้น	2	450,000	5.0	-	4.9	-	4.9	-		2.2	-	2.2	-
		ความผิดปกติในที่รัดรวดร้าวแรง	5	-	5.0	-	4.9	-	4.9	-		2.1	-	2.0	-
ที่รองรับสะพาน	101	ความเสียหายในที่รองรับสะพาน	2	120,000	5.0	-	4.9	-	4.8	-		4.6	-	4.5	-
	102	ความเสียหายในที่รองรับสะพาน	2	120,000	5.0	-	4.9	-	4.8	-		4.6	-	4.5	-
	201	ความเสียหายในที่รองรับสะพาน	5	-	4.9	-	4.8	-	4.7	-		4.5	-	4.4	-
	202	ความเสียหายในที่รองรับสะพาน	5	-	4.9	-	4.8	-	4.7	-		4.5	-	4.4	-
พื้นถนน	01	ความไม่เรียบของพื้นถนน	5	-	5.0	-	4.9	-	4.7	-		3.1	-	2.9	-
		ความผิดปกติของพื้นถนน	2	2,500,000	5.0	-	4.9	-	4.7	-		3.1	-	2.9	-
ราวกันชน	01	ความผิดปกติของราวกันชน	2	400,000	5.0	-	4.9	-	4.8	-		4.6	-	4.5	-
รอยต่อระดับ	01	ความผิดปกติของรอยต่อระดับ	2	1,467,400	5.0	-	4.9	-	4.8	-		4.6	-	4.5	-
งานตรวจตรา + งานประมาณการ			-	233,400	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-
ยอดรวมค่าใช้จ่าย				5,822,800		-		-		-			-		-

4.3.2 แนวคิดเกี่ยวกับการคาดการณ์การเสื่อมสภาพ

การคาดการณ์การเสื่อมสภาพมีความสำคัญต่อการทำความเข้าใจการเปลี่ยนแปลงของความเสียหายภายหลังจากดำเนินการตรวจสอบซึ่งเกิดขึ้นตามอายุการใช้งาน ในการคาดการณ์ความเสียหายนั้น การวิเคราะห์ข้อมูลตรวจสอบและข้อมูลพื้นฐานนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่ง แต่เนื่องจากในปัจจุบันไม่ได้มีการจัดเก็บข้อมูลพื้นฐาน การคาดการณ์ความเสียหายจากข้อมูลตรวจสอบเพียงอย่างเดียวจึงทำได้ค่อนข้างลำบาก

ดังนั้น วิธีการกำหนดระยะเวลาในการดำเนินมาตรการซ่อมบำรุงนั้น จึงอ้างอิงจากแนวโน้มโดยทั่วไปของการเสื่อมสภาพ และการเชื่อมโยงกับระดับมาตรการที่ได้ประเมินจากงานตรวจสอบประจำ

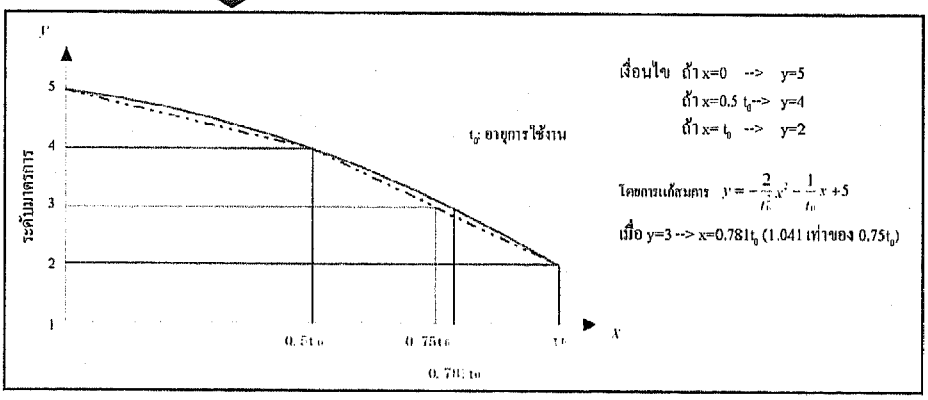
แนวโน้มโดยทั่วไปของการเสื่อมสภาพได้อธิบายไว้ข้างล่างนี้



รูปที่ 4.3.4 ตัวอย่างเส้นโค้งแสดงการเสื่อมสภาพ

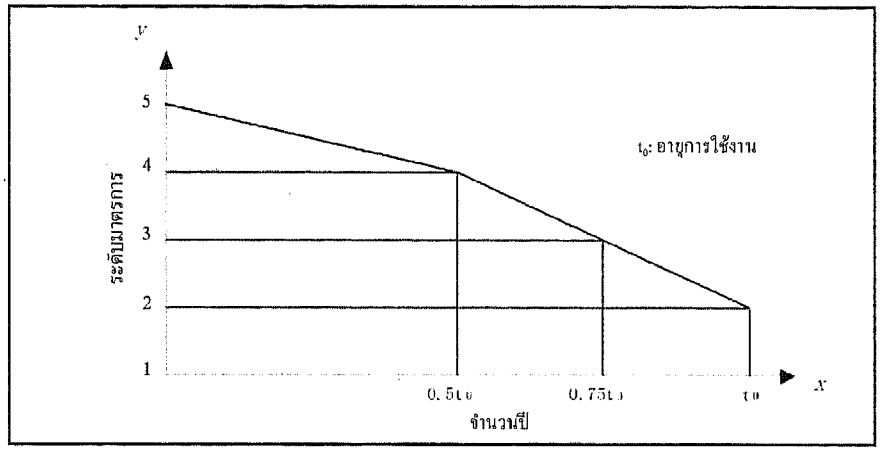
- เส้นกราฟแสดงการเสื่อมสภาพ, แกนแนวตั้ง : ระดับมาตรการ, แกนแนวนอน : จำนวนปีที่ผ่านไป (อายุการใช้งาน)
- รูปที่ 4.3.4 แสดงกราฟ "ผลการตรวจสอบการทาสี : ความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานกับความปลอดภัย" ของกลุ่มข้อมูลของสะพานต่างๆ (ที่มีลักษณะการออกแบบ, การก่อสร้าง, การใช้งาน, สภาพแวดล้อม ที่แตกต่างกัน)
- ประสิทธิภาพในการใช้งานของโครงสร้างมีแนวโน้มที่จะลดลงอย่างรวดเร็วกับอายุการใช้งานที่เพิ่มขึ้น

การประมาณเส้นกราฟแสดงการเสื่อมสภาพด้วยเส้นโค้งแบบพาราโบลา และประมาณจุดตัดระหว่างประสิทธิภาพและอายุการใช้งานด้วยเส้นเชื่อมต่อแบบเส้นตรง



รูปที่ 4.3.5 การประมาณเส้นกราฟแสดงการเสื่อมสภาพด้วยเส้นโค้งแบบพาราโบลา

การกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพ (ระดับมาตรการ) และเวลาในการดำเนินมาตรการ



รูปที่ 4.3.6 การประมาณเส้นกราฟแสดงการเสื่อมสภาพด้วยเส้นตรง

4.3.3 การคำนวณ LCC โดยคำนึงถึงวิธีการและเวลาในการดำเนินงานซ่อมแซม

การคำนวณค่าใช้จ่ายในงานซ่อมบำรุงของชิ้นส่วนต่างๆ นั้น จะกำหนดระยะเวลาในการดำเนินการซ่อมแซมโดยอาศัยระดับมาตการที่ประเมินได้จากผลการตรวจสอบ และความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับระยะเวลาในการดำเนินงานซ่อมแซมตามที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.3.6

ราคาต่อหน่วยของงานซ่อมบำรุงสำหรับประเภทของความเสียหายนั้น ได้ถูกกำหนดจากวิธีมาตรฐานที่ใช้ในประเทศญี่ปุ่น นอกจากนี้ในการคำนวณค่าซ่อมบำรุงความเสียหายนั้นได้อ้างอิงจากตัวอย่างในญี่ปุ่น โดยคำนวณจาก "พื้นที่ผิวสะพาน x ค่าคงที่"

สมการในการคำนวณได้แสดงไว้ดังข้างล่างนี้

ค่าใช้จ่ายในงานซ่อมแซมที่มีระดับมาตรการขั้นที่ 2

= ราคาต่อหน่วยของงานซ่อมแซมความเสียหาย x [พื้นที่ผิวสะพาน x ค่าคงที่ (อ้างอิงจากข้อมูลในญี่ปุ่น)]

4.4 การวางแผนการจัดการบำรุงรักษาระยะยาว

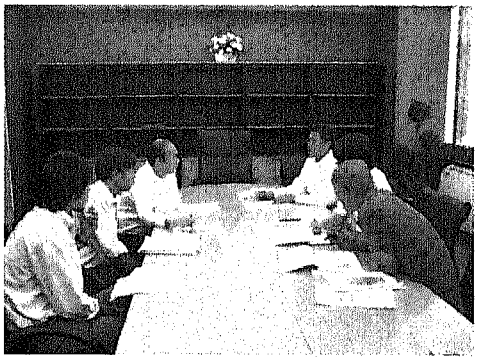
4.4.1 การจัดทำคู่มือการวางแผนงานบำรุงรักษาระยะยาว

ในการจัดทำคู่มือการวางแผนงานบำรุงรักษาระยะยาวนี้ ได้มีการเสนอและอธิบายสาระสำคัญหลักๆ ของคู่มือและทำการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับ DRR หลังจากที่จัดทำคู่มือใกล้เสร็จ ก็มีการเสนอและอธิบายอีกครั้งและนำเอาความคิดเห็นแลกเปลี่ยนที่ได้ไปปรับปรุงแก้ไขคู่มือ

ภาพถ่ายการประชุมระหว่างตัวแทนของ DRR กับทีมสำรวจของ JICA แสดงไว้ในรูปที่ 4.4.1 และ 4.4.2

ถึงแม้ว่าเนื้อหาหลักของงานสำรวจนี้ คือการวางแผนงานบำรุงรักษาระยะยาวของสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา ทาง DRR ได้เสนอให้สามารถนำผลการสำรวจไปประยุกต์ใช้กับสะพานที่เสื่อมสภาพในส่วนภูมิภาคด้วย อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา 12 แห่งซึ่งมีเกณฑ์การบำรุงรักษาที่สูงและมีข้อมูลโครงสร้างอย่างชัดเจน กับสะพานในเขตชนบทซึ่งมีอยู่มากกว่า 7000 แห่ง อีกทั้งมีลักษณะโครงสร้าง, การก่อสร้าง, การใช้งาน และ สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันนั้น การใช้วิธีเดียวกันในแผนงานบำรุงรักษาระยะยาวจึงเป็นเรื่องที่ไม่สมเหตุสมผล สำหรับการจัดทำแผนงานบำรุงสะพานในส่วนภูมิภาคนั้นได้ตกลงให้ใช้เอกสารอ้างอิงที่สรุปไว้ในภาคผนวกที่ 7

รูปที่ 4.4.1 การประชุมเกี่ยวกับสาระที่สำคัญของแผนงานบำรุงรักษาระยะยาว (วันที่ 30 กรกฎาคม 2010)



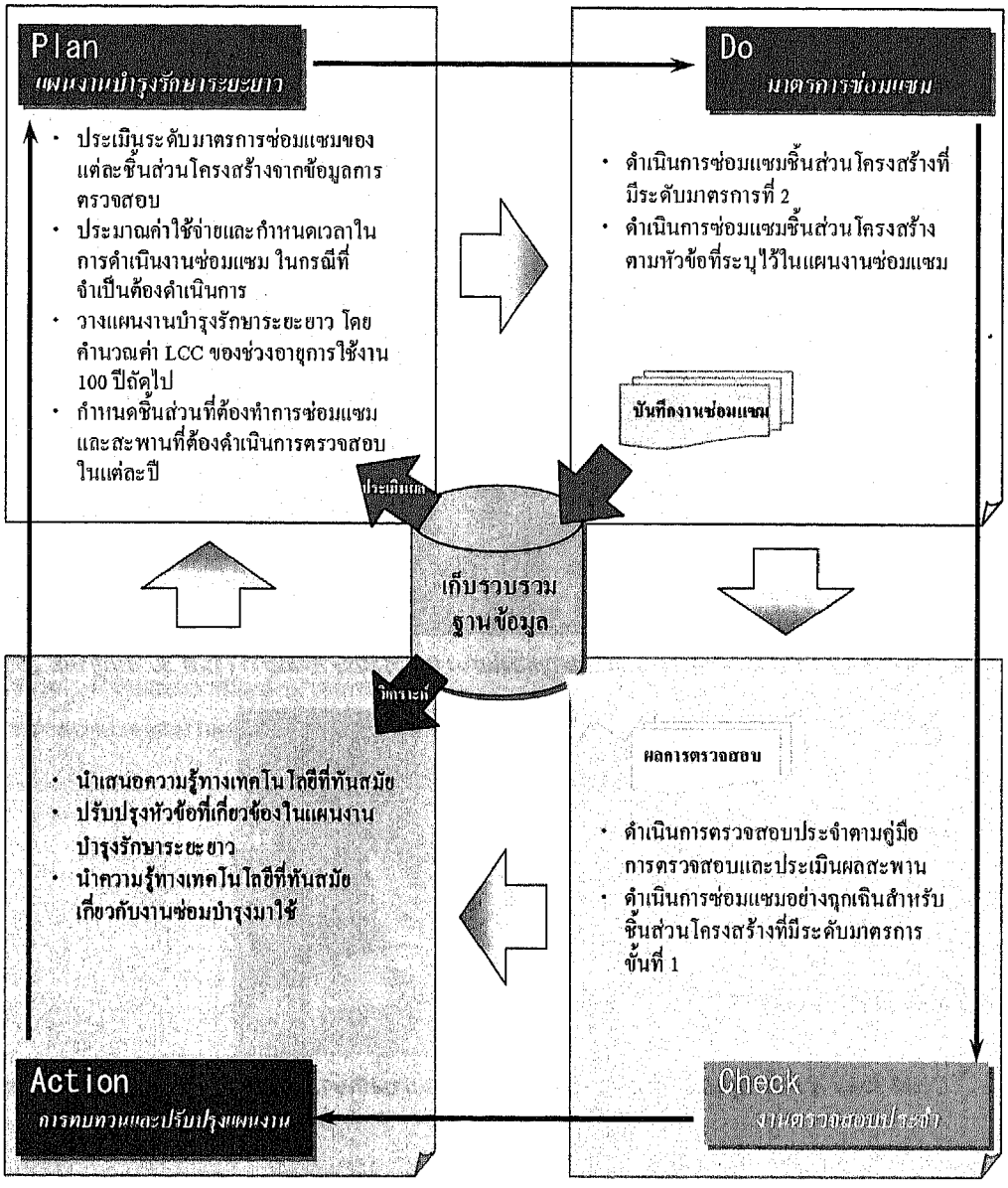
รูปที่ 4.4.2 การประชุมเกี่ยวกับรายละเอียดของแผนงานบำรุงรักษาระยะยาว (วันที่ 29-30 พฤศจิกายน 2010)

4.4.2 โครงสร้างและขอบเขตของแผนงานบำรุงรักษาระยะยาว

(1) ขั้นตอนของแผนงานบำรุงรักษาระยะยาว

ในแผนงานบำรุงรักษาสะพานนั้น มีความจำเป็นที่จะต้องดำเนินการตามขั้นตอนทั้ง 4 อย่างซ้ำๆ ซึ่งได้แก่ Plan (แผนงานบำรุงรักษาระยะยาว) --> Do (มาตรการซ่อมแซม) --> Check (งานตรวจสอบสะพาน) --> Action (ทบทวนและปรับปรุงแผนงาน) ซึ่งจะทำให้สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐานและความรู้ประสบการณ์เพื่อนำไปปรับปรุงแผนงานได้อย่างต่อเนื่อง และมีเป้าหมายเพื่อให้มีการปฏิบัติงานบำรุงรักษาที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

การบำรุงรักษาสะพานได้แสดงไว้ตามรูปที่ 4.4.3



รูปที่ 4.4.3 ระบบการบำรุงรักษาสะพาน

1) Plan (การวางแผนงานบำรุงรักษาระยะยาว)

การดำเนินงานบำรุงรักษาแบบเชิงป้องกันที่ทำให้สามารถตรวจพบความเสียหายและดำเนินมาตรการในเบื้องต้นได้ ซึ่งจะทำให้ช่วยลดค่าใช้จ่าย LCC และเพิ่มอายุการใช้งานของโครงสร้าง รวมถึงการวางแผนงานบำรุงรักษาระยะยาวที่ มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้สามารถดำเนินงานบำรุงรักษาที่มีประสิทธิภาพได้

2) Do (การดำเนินงานซ่อมแซม, เสริมกำลังโครงสร้าง)

การดำเนินงานซ่อมแซมตามวิธีการที่ได้ออกแบบไว้ โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบอย่างละเอียด (การทดลองในห้องแล็บ, การทดสอบแบบไม่ทำลายในภาคสนาม), การศึกษาวิธีการซ่อมแซม (ประเมินสาเหตุของความเสียหาย, คัดเลือกวิธีการซ่อมแซมที่เหมาะสมที่สุด เป็นต้น) ของสะพานเป้าหมาย

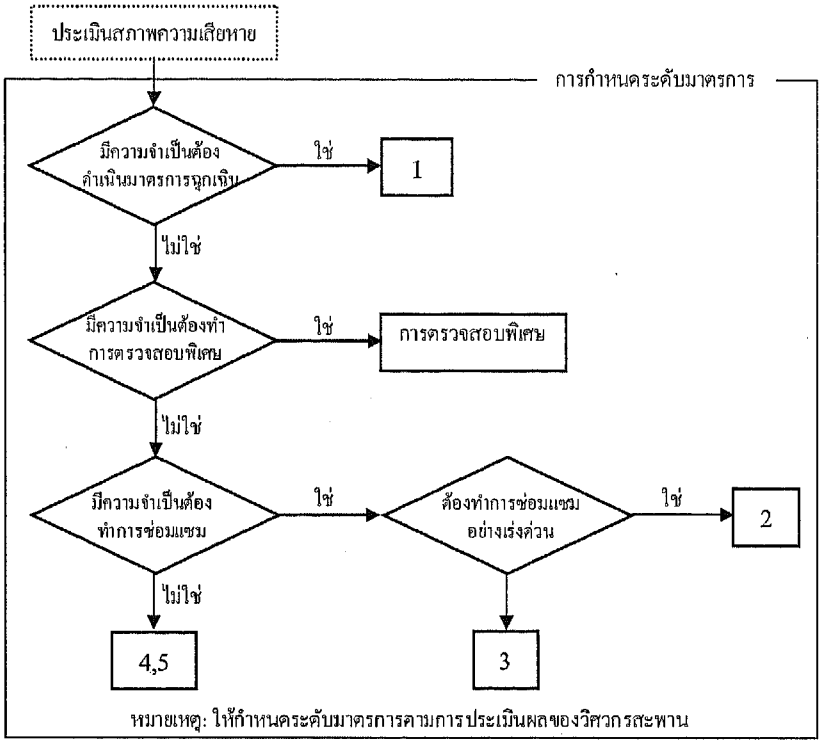
3) Check (การตรวจสอบประจำของสะพาน)

การดำเนินงานตรวจสอบประจำตามคู่มือการตรวจสอบและประเมินผลนั้น มีเป้าหมายเพื่อประเมินสภาพของสะพานพร้อมทั้งเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นในการวางแผนบำรุงรักษาระยะยาว นอกจากนี้ การประเมินสภาพเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาของสะพานที่ได้ดำเนินการซ่อมแซมหรือเสริมกำลังแล้ว จะทำให้สามารถเก็บสะสมความรู้เกี่ยวกับความเหมาะสมของวิธีการซ่อมแซมและอายุการใช้งานได้ ซึ่งสามารถนำไปใช้เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการคาดการณ์ความเสียหายในแผนงานบำรุงรักษาระยะยาว

4) Action (การทบทวนและปรับปรุงแผนงานอย่างต่อเนื่อง)

การวิเคราะห์มาตรการซ่อมแซมและเสริมกำลัง, ข้อมูลงานตรวจสอบประจำและการนำองค์ความรู้ใหม่ๆ มาใช้ จะทำให้สามารถปรับปรุงแก้ไขระดับของงานบำรุงรักษาที่กำหนดไว้และเพิ่มความแม่นยำในการคาดการณ์ความเสื่อมสภาพ โดยมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพของงานบำรุงรักษาให้สูงยิ่งขึ้น

(2) การกำหนดระดับมาตรการ



รูปที่ 4.4.4 ขั้นตอนในการกำหนดระดับมาตรการ

ในการกำหนดระดับมาตรการนั้นสามารถทำได้ตามขั้นตอนที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.4.4 โดยทำการประเมินผลปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเสียหายโดยภาพรวม ซึ่งได้แก่ ความสำคัญของชิ้นส่วน, ลักษณะของความเสียหาย และ สภาพแวดล้อม เป็นต้น โดยหลักการแล้วจะดำเนินการวิเคราะห์ให้เหมาะสมกับสภาพความเสียหายของแต่ละวัสดุหรือกลุ่มของชิ้นส่วนในโครงสร้าง

ตารางที่ 4.4.1 แสดงเกณฑ์พื้นฐานในการกำหนดระดับมาตรการที่สอดคล้องกับระดับความเสียหายที่ประเมินได้จากผลการตรวจสอบ

ตารางที่ 4.4.1 ระดับมาตรการที่สอดคล้องกับระดับความเสียหาย

ความเสียหาย	ระดับความเสียหาย	ระดับมาตรการ	รายละเอียดของแต่ละระดับมาตรการ
น้อย	a	5	5: ไม่พบความเสียหายหรือเพิ่งผ่านการซ่อมแซม
	b	4	4: มีความเสียหายเพียงเล็กน้อยและไม่มีความจำเป็นต้องดำเนินการซ่อมแซม
	c	3	3: อาจมีความจำเป็นต้องซ่อมแซมขึ้นอยู่กับสภาพความเสียหาย
	d	2	2: มีความจำเป็นต้องซ่อมแซมอย่างเร่งด่วน
มาก	e	1	1: ต้องซ่อมแซมอย่างฉุกเฉินเนื่องจากมีผลต่อความปลอดภัยของโครงสร้างและความเสียหายต่อบุคคลทั่วไป

คำอธิบายเกี่ยวกับระดับมาตรการ

[ระดับมาตรการขั้นที่ 5]

ระดับมาตรการที่กำหนดขึ้นในกรณีที่ไม่พบความเสียหายใดๆ ในการตรวจสอบประจำ

[ระดับมาตรการขั้นที่ 4]

ระดับมาตรการที่กำหนดขึ้นในกรณีที่พบความเสียหายเล็กน้อยในการตรวจสอบประจำ แต่ไม่จำเป็นต้องดำเนินการซ่อมแซม

[ระดับมาตรการขั้นที่ 3]

ระดับมาตรการที่กำหนดขึ้นในกรณีที่พบความเสียหายในการตรวจสอบประจำ และมีความจำเป็นต้องดำเนินการซ่อมแซม อย่างไรก็ตาม ในบางกรณีนั้น เนื่องจากทราบสาเหตุและขอบเขตของความเสียหายอย่างชัดเจน และสามารถประเมินได้ว่าจะไม่ส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของโครงสร้าง จนกระทั่งถึงการตรวจสอบประจำครั้งต่อไป ก็ไม่จำเป็นต้องรีบดำเนินการซ่อมแซมก็ได้

[ระดับมาตรการขั้นที่ 2]

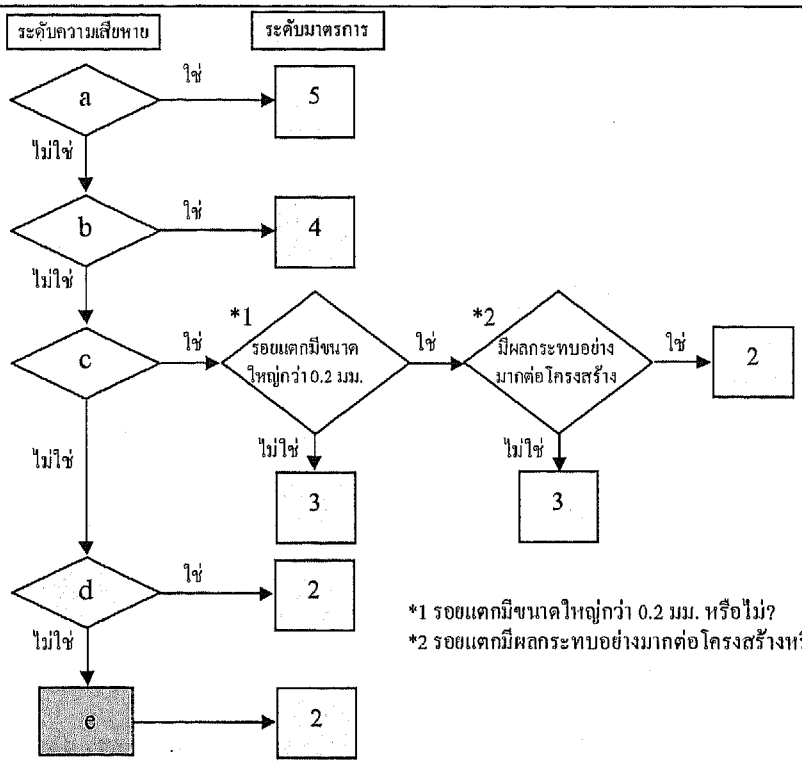
ระดับมาตรการที่กำหนดขึ้นในกรณีที่พบความเสียหายในการตรวจสอบประจำ ซึ่งความเสียหายมีความรุนแรงค่อนข้างมากและส่งผลทำให้ความสามารถในการทำงานและอัตราความปลอดภัยของชิ้นส่วนโครงสร้างลดลง ดังนั้นจึงควรให้มีการซ่อมแซมความเสียหายก่อนที่จะถึงการตรวจสอบประจำครั้งต่อไป

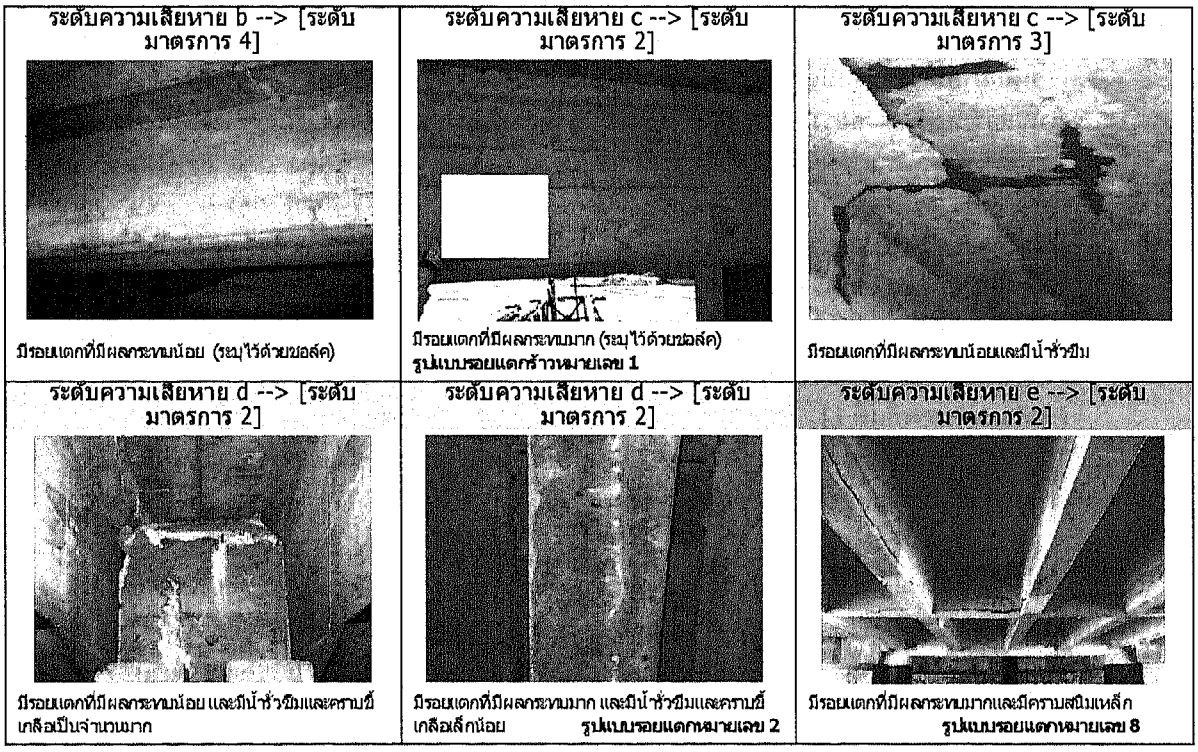
[ระดับมาตรการขั้นที่ 1]

ระดับมาตรการที่กำหนดขึ้นในกรณีที่พบว่ามีสภาพที่เป็นอันตรายต่อความปลอดภัยของโครงสร้างสะพาน และ มีความจำเป็นต้องดำเนินมาตรการแก้ไขอย่างฉุกเฉิน

ในคู่มือการวางแผนงานบำรุงรักษาระยะยาวนั้น จะทำการคำนวณค่า LCC ตามระดับมาตรการที่กำหนดไว้ล่วงหน้าตามประเภทของความเสียหาย 17 อย่าง ตามที่ระบุไว้ในคู่มือตรวจสอบและประเมินผล

ตัวอย่างในหัวข้อ "รอยแตก, น้ำรั่วซึม, คราบขี้เกลือ (โครงสร้างส่วนบน)" ได้แสดงไว้ในหน้าถัดไป





รูปที่ 4.4.5 ตัวอย่างการกำหนดระดับมาตรการ (รอยแตก, น้ำรั่วซึม, คราบเกลือ (โครงสร้างส่วนบน))

(3) การซ่อมแซมความเสียหายที่พบในงานตรวจสอบประจำ

[นโยบายพื้นฐานของการซ่อมแซม]

(a) เวลาในการดำเนินงานซ่อมแซม

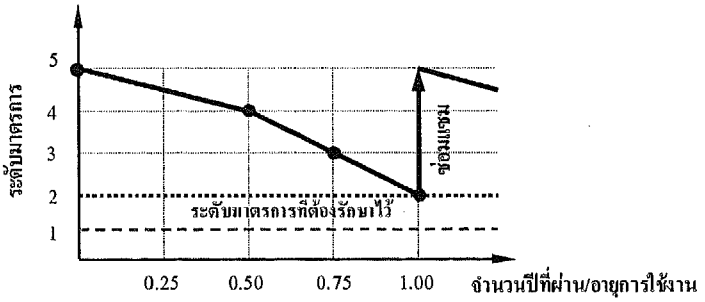
ความเสียหายที่พบในงานตรวจสอบประจำนั้น มีความจำเป็นที่จะต้องดำเนินมาตรการที่เหมาะสมในขณะที่ยังสามารถรักษาระดับการบำรุงรักษาไว้ได้ ในคู่มือนี้ ได้กำหนดให้มีการดำเนินงานซ่อมแซมที่เหมาะสมเมื่อพบว่าความเสียหายมีระดับมาตรการขั้นที่ 2 ซึ่งประเมินได้ในระหว่างงานตรวจสอบหรือพบหลังจากงานตรวจสอบเนื่องจากการเสื่อมสภาพตามเวลา ซึ่งถือว่าเป็นนโยบายพื้นฐานของงานบำรุงรักษาระดับความเสียหายในสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาทั้ง 12 แห่ง

(b) แนวคิดเกี่ยวกับการทำนายการเสื่อมสภาพ

การทำนายการเสื่อมสภาพของความเสียหายแต่ละประเภท มีความสำคัญต่อการทำความเข้าใจอัตราการเสื่อมสภาพตามอายุการใช้งานภายหลังจากงานตรวจสอบ เนื่องจากเหตุผลดังที่ได้อธิบายไว้ข้างล่าง ในคู่มือนี้จะใช้วิธีการกำหนดอายุการใช้งานของชิ้นส่วนกับรูปแบบการเสื่อมสภาพโดยทั่วไป ในการกำหนดเวลาในการดำเนินงานซ่อมแซมและการคำนวณค่า LCC โดยจะไม่ใช้วิธีการทำนายการเสื่อมสภาพโดยอาศัย "วิธีการทางทฤษฎี" และ "วิธีการโดยการวิเคราะห์ข้อมูล"

[เหตุผลที่ใช้อายุการใช้งานของชิ้นส่วนในการกำหนดเวลาในการดำเนินมาตรการ]

- สะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาทั้ง 12 แห่ง ได้ถูกดำเนินการตรวจสอบรายวันซึ่งมีระดับการบำรุงรักษาค่อนข้างสูง โดยสำนักงานบำรุงรักษาที่ตั้งอยู่ใกล้สะพานแต่ละแห่ง มีการซ่อมบำรุงตามกำหนดระยะเวลา เช่น การทาสีใหม่และการเปลี่ยนชิ้นส่วนที่ชำรุด
- ถึงแม้ว่าจะใช้การกำหนดเวลาในการดำเนินงานซ่อมบำรุงจากการทำนายการเสื่อมสภาพ เนื่องจากไม่มีการจัดเก็บข้อมูลการตรวจสอบที่ดำเนินการแล้วหลายครั้งในอดีต ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นในการคาดการณ์ความเสียหาย จึงเป็นการยากที่จะได้ผลการทำนายที่มีความแม่นยำ
- นอกจากนี้ การทำนายความเสียหายบนพื้นฐานความรู้ทางทฤษฎีในอดีตนั้น จำเป็นต้องใช้ผลการทดสอบต่างๆ (การทดสอบในห้องปฏิบัติการของกลุ่มตัวอย่าง, การทดสอบแบบไม่ทำลาย) อีกทั้งคุณภาพและสภาพแวดล้อมในระหว่างการก่อสร้างก็มีโอกาสที่จะทำให้ความแม่นยำในการทำนายความเสียหายลดลงได้ จึงพิจารณาว่าไม่สมควรที่จะนำมาใช้
- การเสื่อมสภาพของชิ้นส่วนต่างๆ โดยทั่วไปแล้วจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ผ่านไป และความปลอดภัยในการใช้งานของชิ้นส่วนนั้นจะลดลงในอัตราอย่างรวดเร็วเมื่อเข้าใกล้อายุการใช้งาน แนวคิดดังกล่าวนี้ได้อธิบายไว้ในรูปที่ 4.4.6 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานกับระดับของมาตรการซ่อมแซม



- กำหนดจำนวนปีที่ใช้ในการลดลงจากระดับมาตรการขั้นที่ 5 ถึง ขั้นที่ 2 เป็น อายุการใช้งานของชิ้นส่วน
- กำหนดจำนวนปีที่ใช้ในการลดลงจากระดับมาตรการขั้นที่ 5 ถึง ขั้นที่ 4 เท่ากับ "อายุการใช้งาน×0.50"
- กำหนดจำนวนปีที่ใช้ในการลดลงจากระดับมาตรการขั้นที่ 4 ถึง ขั้นที่ 3 เท่ากับ "อายุการใช้งาน×0.25"
- กำหนดจำนวนปีที่ใช้ในการลดลงจากระดับมาตรการขั้นที่ 3 ถึง ขั้นที่ 2 เท่ากับ "อายุการใช้งาน×0.25"
- คำนวณค่าใช้จ่ายในงานซ่อมแซมของแต่ละชิ้นส่วน โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานกับระดับมาตรการและการกำหนดเวลาในการดำเนินงานซ่อมแซมที่ชัดเจนและสอดคล้องกับระดับมาตรการ

รูปที่ 4.4.6 แนวคิดเกี่ยวกับการกำหนดเวลาในการดำเนินมาตรการโดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานกับระดับมาตรการ

[แนวคิดเกี่ยวกับการซ่อมแซมที่สอดคล้องกับระดับมาตรการ]

(a) การซ่อมแซมสำหรับระดับมาตรการที่ 2

สำหรับชิ้นส่วนของโครงสร้างที่ได้รับการประเมินจากผลการตรวจสอบประจำว่ามีระดับมาตรการขั้นที่ 2 ให้ทำการคัดเลือกวิธีการซ่อมแซมที่เหมาะสมกับประเภทของชิ้นส่วนนั้นและความเสียหาย หลังจากนั้นให้คำนวณค่าใช้จ่ายที่จำเป็นในการซ่อมแซมจากสมการ [ราคาต่อหน่วยของงานซ่อมแซม × ปริมาณงานซ่อมแซม] (ดูตารางที่ 4.4.2)

(b) การซ่อมแซมสำหรับระดับมาตรการที่ 3, 4, 5

สำหรับชิ้นส่วนของโครงสร้างที่ได้รับการประเมินจากผลการตรวจสอบประจำว่ามีระดับมาตรการขั้นที่ 3, 4, 5 นั้น จะมีการเสื่อมสภาพตามอายุการใช้งาน ให้ทำการกำหนดเวลาที่จำเป็นในการดำเนินงานซ่อมแซมเมื่อระดับมาตรการถึงขั้นที่ 2 ดังแสดงในรูปที่ 4.4.7 และทำการคัดเลือกวิธีการซ่อมแซมที่เหมาะสมกับประเภทของชิ้นส่วนและความเสียหาย หลังจากนั้นให้คำนวณค่าใช้จ่ายที่จำเป็นในการซ่อมแซมจากสมการ [ราคาต่อหน่วยของงานซ่อมแซม × ปริมาณงานซ่อมแซม] (ดูตารางที่ 4.4.2)

ในรูปที่ 4.4.6 นั้น เมื่อทำการซ่อมแซมหรือการเปลี่ยนชิ้นส่วนเมื่อถึงระดับมาตรการที่ 2 แล้ว ให้ย้อนกลับไปที่ระดับมาตรการที่ 5 หลังจากนั้นให้กำหนด "จำนวนปีที่ผ่าน / อายุการใช้งาน" ที่ถึงระดับมาตรการที่ 2 เท่ากับ 1.00อย่างไรก็ตาม ควรสังเกตด้วยว่าอายุการใช้งานของการซ่อมแซมและการเปลี่ยนชิ้นส่วนนั้นมีค่าต่างกันโดยในกรณีแรกจะมีค่าที่น้อยกว่า

นอกจากนี้ การจัดเก็บข้อมูลงานซ่อมแซมพร้อมกับมีการปรับปรุงค่าใช้จ่ายต่อหน่วยของงานซ่อมแซมและกำหนดอายุการใช้งานที่เหมาะสมนั้น เป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยเพิ่มความถูกต้องของแผนงานบำรุงรักษาระยะยาว

ตารางที่ 4.4.2 รายการแสดงมาตรการซ่อมแซมสำหรับความเสียหายที่พบในระหว่างการตรวจสอบ

รูปแบบตะพาน	ประเภทขององค์ชิ้นส่วน			ประเภทของความเสียหาย	วิธีการซ่อมแซม	หน่วย	ค่าซ่อมแซมโดยประมาณ ราคาต่อหน่วย (บาท)	การประมาณปริมาณงานซ่อมแซม สูตรการคำนวณ	หมายเหตุ	จำนวนปีที่ดีระดับมาตรการที่ 2 ระดับมาตรการที่ 3	ระดับมาตรการที่ 4	ระดับมาตรการที่ 5
ตะพานคอนกรีต (RC, PC)	ชิ้นส่วนหลัก	แผ่นพื้น	คอนกรีต (RC)	การไหล่ของเหล็กเสริม	ซ่อมแซมผิว	บาท/ตร.ม.	17,500	พื้นที่ผิวตะพาน × 0.120	สมมติ 20%ของรอยแตก (a) × 20%	30	15	7
				รอยแตกในแผ่นพื้น	ติดแผ่นคาร์บอนไฟเบอร์	บาท/ตร.ม.	22,500	พื้นที่ผิวตะพาน × 0.620	จากข้อมูลในอดีต =(a)	30	15	7
			คอนกรีต (PC)	การไหล่ของเหล็กเสริม	ซ่อมแซมผิว	บาท/ตร.ม.	17,500	พื้นที่ผิวตะพาน × 0.100	สมมติ 20%ของรอยแตก (b) × 20%	30	15	7
				รอยแตกในแผ่นพื้น	ติดแผ่นคาร์บอนไฟเบอร์	บาท/ตร.ม.	22,500	พื้นที่ผิวตะพาน × 0.500	สมมติ 80% ของแผ่นพื้น RC (c) × 80% − (b)	50	25	12
				ความผิดปกติในที่ยึดลวดอัดแรง	ติดแผ่นคาร์บอนไฟเบอร์(กรณีแผลเล็ก)	บาท/แห่ง	45,000	จำนวนแห่งที่ผิดปกติ	ขนาด 1.0m×1.0m ต่อแห่ง, ถือเป็นว่าทำการซ่อม 2 แห่ง	-	-	-
		คานหลัก คานขวาง	คอนกรีต (RC)	รอยแตก, น้ำรั่วซึม, คราบขี้เกลือ	ฉีด Epoxy resin	บาท/ม.	5,000	พื้นที่ผิวตะพาน × 0.050	จากข้อมูลในอดีต =(c)	30	15	7
				การไหล่ของเหล็กเสริม	ซ่อมแซมผิว	บาท/ตร.ม.	17,500	พื้นที่ผิวตะพาน × 0.010	จากข้อมูลในอดีต =(d)	30	15	7
			คอนกรีต (PC)	รอยแตก, น้ำรั่วซึม, คราบขี้เกลือ	ฉีด Epoxy resin	บาท/ม.	5,000	พื้นที่ผิวตะพาน × 0.040	สมมติ 80% ของแผ่นพื้น RC (c) × 80%	30	15	7
				การไหล่ของเหล็กเสริม	ซ่อมแซมผิว	บาท/ตร.ม.	17,500	พื้นที่ผิวตะพาน × 0.008	สมมติ 80% ของแผ่นพื้น RC (d) × 80%	30	15	7
				ความผิดปกติในที่ยึดลวดอัดแรง	ใช้ลวดอัดแรงภายนอก	บาท/แห่ง	1,000,000	จำนวนแห่งที่ผิดปกติ	สมมติว่าใช้ลวดอัดแรงในการซ่อม 5m x 4 เส้น ต่อแห่ง	-	-	-
		โครงสร้างส่วนล่าง	โครงสร้างคอนกรีต	รอยแตก, น้ำรั่วซึม, คราบขี้เกลือ	ฉีด Epoxy resin	บาท/ม.	5,000	จำนวนตอม่อ × 5.540	จากข้อมูลในอดีต	30	15	7
				การไหล่ของเหล็กเสริม	ซ่อมแซมผิว	บาท/ตร.ม.	17,500	จำนวนตอม่อ × 2.240	จากข้อมูลในอดีต	30	15	7
				ความผิดปกติในโครงสร้างส่วนล่าง (ทรุดตัวฯ)	การป้องกันฐานราก	บาท/แห่ง	1,750,000	จำนวนตอม่อ × 1.000	จากข้อมูลในอดีต	-	-	-
	ชิ้นส่วนรอง	ที่รองรับสะพาน		ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ (เคลื่อนที่)	พ่นเคลือบเหล็ก	บาท/แห่ง	120,000	จำนวนที่รองรับ × 1.000	จากข้อมูลในอดีต	30	15	7
ตะพานเหล็ก	ชิ้นส่วนหลัก	แผ่นพื้น	คอนกรีต (RC)	การไหล่ของเหล็กเสริม	ซ่อมแซมผิว	บาท/ตร.ม.	17,500	พื้นที่ผิวตะพาน × 0.120	สมมติ 20%ของรอยแตก (e) × 20%	30	15	7
				รอยแตกในแผ่นพื้น	ติดแผ่นคาร์บอนไฟเบอร์	บาท/ตร.ม.	22,500	พื้นที่ผิวตะพาน × 0.620	จากข้อมูลในอดีต =(e)	30	15	7
				ความผิดปกติในที่ยึดลวดอัดแรง	ติดแผ่นคาร์บอนไฟเบอร์(กรณีแผลเล็ก)	บาท/แห่ง	45,000	จำนวนแห่งที่ผิดปกติ	ขนาด 1.0m×1.0m ต่อแห่ง, ถือเป็นว่าทำการซ่อม 2 แห่ง	-	-	-
		คานหลัก (ส่วนที่เป็นเหล็ก)	เหล็ก	การเกิดสนิม	ทาสีใหม่ด้วยสี Ro-1	บาท/ตร.ม.	3,500	พื้นที่ทาสี × 1.000	ตะพานโครงอัดข้อหมุน : พื้นที่ผิวตะพาน ×(-1.09×10^{-3}L^2+0.153L-0.820)	20	10	5
					พื้นที่บังร่าน	บาท/ตร.ม.	3,000	พื้นที่ผิวตะพาน × 1.000	---	-	-	-
				รอยแตก	เสริมด้วยเหล็กแผ่น	บาท/แห่ง	166,700	จำนวนรอยร้าว × 1.000	---	-	-	-
				การหลุดของน็อต	เปลี่ยนน็อตทั้งแผง	บาท/แห่ง	133,400	จำนวนแห่งที่เปลี่ยน × 1.000	---	-	-	-
				การฉีกขาด	เสริมส่วนที่ฉีกขาด	บาท/แห่ง	166,700	จำนวนแห่งที่ฉีกขาด × 1.000	---	-	-	-
		โครงสร้างส่วนล่าง	โครงสร้างคอนกรีต	รอยแตก, น้ำรั่วซึม, คราบขี้เกลือ	ฉีด Epoxy resin	บาท/ม.	5,000	จำนวนตอม่อ × 5.540	จากข้อมูลในอดีต	30	15	7
				การไหล่ของเหล็กเสริม	ซ่อมแซมหน้าตัด	บาท/ตร.ม.	17,500	จำนวนตอม่อ × 2.240	จากข้อมูลในอดีต	30	15	7
				ความผิดปกติในโครงสร้างส่วนล่าง (ทรุดตัวฯ)	การป้องกันฐานราก	บาท/แห่ง	1,750,000	จำนวนตอม่อ × 1.000	จากข้อมูลในอดีต	-	-	-
			ตอม่อเหล็ก	การเกิดสนิม	ทาสีใหม่ด้วยสี Ro-1	บาท/ตร.ม.	3,500	จำนวนตอม่อ × 5.000	สมมติ 5.0m^2 ต่อแห่ง	20	10	5
	ชิ้นส่วนรอง	ที่รองรับสะพาน		ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ (เคลื่อนที่)	พ่นเคลือบเหล็ก	บาท/แห่ง	120,000	จำนวนที่รองรับ × 1.000	จากข้อมูลในอดีต	30	15	7
ชิ้นส่วนทั่วไป	ชิ้นส่วนรอง	พื้นถนน		ความหยุขระของผิว, ความผิดปกติของพื้นถนน	ปรับปรุงพื้นสะพาน	บาท/ตร.ม.	5,000	พื้นที่ผิวตะพาน × 1.000	รวมผิวชั้นบน, ผิวชั้นล่าง และผิวเคลือบกันน้ำ	20	10	5
		ราวกันชน	เหล็ก	ความผิดปกติของราวกันชน (เคลื่อนที่)	ซ่อมเปลี่ยนพื้นสะพาน	บาท/ม.	20,000	ความยาวช่วง × จำนวนราว	---	30	15	7
			คอนกรีต	ความผิดปกติของราวกันชน (มีหรือเสริมไฟเบอร์)	ซ่อมแซมผิว	บาท/ตร.ม.	17,500	พื้นที่ผิวตะพาน × 0.004	จากข้อมูลในอดีต	30	15	7
		รอยต่อขยายตัว	ยาง	ความผิดปกติของรอยต่อขยายตัว	ซ่อมเปลี่ยนวัสดุยาง	บาท/ม.	66,700	ความกว้างทั้งหมด × 1.000	---	15	7	3
			เหล็ก	ความผิดปกติของรอยต่อขยายตัว	ซ่อมเปลี่ยนวัสดุเหล็ก	บาท/ม.	133,400	ความกว้างทั้งหมด × 1.000	---	30	15	7
			วัสดุยืดหยุ่น	ความผิดปกติของรอยต่อขยายตัว	อุดปิดรอยต่อ	บาท/ม.	10,000	ความกว้างทั้งหมด × 1.000	---	10	5	2

หมายเหตุ :
* ราคาต่อหน่วยของงานซ่อมแซมนั้นได้รวมค่าใช้จ่ายอื่นๆ 50% แล้ว (ต้นทุนโดยตรง × 1.5)
* ค่าที่แสดงในระดับมาตรการที่ 5 นั้นคืออยู่ภายใต้งานโดยทั่วไป
* ส่วนพื้นที่ตรงโดยเฉลี่ยนั้น คือการซ่อมแซมความเสียหายที่พบในงานตรวจสอบประจำ
* ในการประมาณปริมาณงานซ่อมแซมนั้น อ้างอิงจากข้อมูลปฏิบัติงานจริงในประเทศญี่ปุ่น

(4) การซ่อมแซมและเปลี่ยนชิ้นส่วนตามแผนงานที่วางไว้ภายหลังจากงานซ่อมแซมความเสียหาย

ภายหลังดำเนินการซ่อมแซมความเสียหายที่พบในงานตรวจสอบประจำแล้ว ให้ถือว่าโครงสร้างสะพานมีการฟื้นฟูความปลอดภัย จากนั้นโดยอาศัยแนวคิดของการบำรุงรักษาแบบเชิงป้องกัน ควรให้มีดำเนินการซ่อมบำรุงและเปลี่ยนชิ้นส่วนโครงสร้างตามระยะเวลาที่กำหนดไว้อย่างเหมาะสม เพื่อทำให้สามารถบำรุงรักษาความปลอดภัยของสะพานได้อย่างมีประสิทธิภาพ การซ่อมแซมและเปลี่ยนชิ้นส่วนตามกำหนดระยะเวลานั้น ให้อ้างอิงจากตารางที่ 4.4.3

ตารางที่ 4.4.3 รายการแสดงการซ่อมแซมและเปลี่ยนชิ้นส่วนตามแผนงานที่วางไว้

	รูปแบบสะพาน	ประเภทของชิ้นส่วน		ประเภทของความเสียหาย	รอบเวลาดำเนินการ (ปี)	วิธีการซ่อมแซม	หน่วย	ค่าซ่อมแซมโดยประเภทราคาต่อหน่วย (บาท)	การประมาณปริมาณงานซ่อมแซม สูตรการคำนวณ
การซ่อมแซมและเปลี่ยนชิ้นส่วนตามแผนงาน	สะพานคอนกรีต (RC, PC)	แผ่นพื้น	คอนกรีต (RC)	รอยแตกในแผ่นพื้น	30	ติดแผ่นคาร์บอนไฟเบอร์	บาท/ตร.ม.	22,500	พื้นที่ผิวสะพาน × 0.620
			คอนกรีต (PC)	รอยแตกในแผ่นพื้น	50	ติดแผ่นคาร์บอนไฟเบอร์	บาท/ตร.ม.	22,500	พื้นที่ผิวสะพาน × 0.500
		คานหลัก คานรอง	คอนกรีต (RC)	การไหล่ของเหล็กเสริม	30	ซ่อมแซมผิว	บาท/ตร.ม.	17,500	พื้นที่ผิวสะพาน × 0.010
			คอนกรีต (PC)	การไหล่ของเหล็กเสริม	30	ซ่อมแซมผิว	บาท/ตร.ม.	17,500	พื้นที่ผิวสะพาน × 0.008
		โครงสร้างส่วนล่าง	โครงสร้างคอนกรีต	การไหล่ของเหล็กเสริม	30	ซ่อมแซมผิว	บาท/ตร.ม.	17,500	จำนวนตอม่อ × 2.240
	สะพานเหล็ก	แผ่นพื้น	คอนกรีต (RC)	รอยแตกในแผ่นพื้น	30	ติดแผ่นคาร์บอนไฟเบอร์	บาท/ตร.ม.	22,500	พื้นที่ผิวสะพาน × 0.620
		คานหลัก	เหล็ก	การเกิดสนิม	20	ทาสีใหม่ด้วยสี Rc-1	บาท/ตร.ม.	3,500	พื้นที่ทาสี × 1.000
						พื้นที่นั่งร้าน	บาท/ตร.ม.	3,000	พื้นที่ผิวสะพาน × 1.000
		โครงสร้างส่วนล่าง	โครงสร้างคอนกรีต	การไหล่ของเหล็กเสริม	30	ซ่อมแซมผิว	บาท/ตร.ม.	17,500	จำนวนตอม่อ × 2.240
			ตอม่อเหล็ก	การเกิดสนิม	20	ทาสีใหม่ด้วยสี Rc-1	บาท/ตร.ม.	3,500	จำนวนตอม่อ × 5.000
การเปลี่ยนวัสดุตามแผนงาน	ชิ้นส่วนทั่วไป	ที่รองรับ		ความเสียหายในที่รองรับ (สนิมเหล็ก)	30	พ่นเคลือบโลหะ	บาท/แห่ง	120,000	จำนวนที่รองรับ × 1.000
		พื้นถนน	ชั้นกันน้ำ	ความไม่เรียบของผิวถนน ความผิดปกติของพื้นถนน	20	ปรับปรุงพื้นสะพาน	บาท/ตร.ม.	5,000	พื้นที่ผิวสะพาน × 1.000
		ราวกันชน	เหล็ก	ความผิดปกติของราวกันชน (สนิมเหล็ก)	30	ซ่อมเปลี่ยนราวกันชนเหล็ก	บาท/ม.	20,000	ความยาวช่วง × จำนวนราว
			คอนกรีต	ความผิดปกติของราวกันชน (เหล็กเสริมไหล่)	30	ซ่อมแซมผิว	บาท/ตร.ม.	17,500	ความยาวช่วง×2.0m × จำนวนราว
		รอยต่อขยายตัว	ยาง	ความผิดปกติในรอยต่อ	15	ซ่อมเปลี่ยนวัสดุยาง	บาท/ม.	66,700	ความกว้างทั้งหมด × 1.000
			เหล็ก	ความผิดปกติในรอยต่อ	30	ซ่อมเปลี่ยนวัสดุเหล็ก	บาท/ม.	133,400	ความกว้างทั้งหมด × 1.000
การตรวจสอบประจำ + ค่าใช้จ่ายสำรอง					5	---	บาท/สะพาน	233,400	ต่อ 1 สะพาน

หมายเหตุ: ราคาต่อหน่วยของค่าซ่อมแซมโดยประมาณนั้นได้รวมค่าใช้จ่ายอื่นๆ 50% แล้ว (ต้นทุนโดยตรง × 1.5)

- สำหรับความเสียหายที่มีโอกาสเกิดขึ้นภายหลังจากการซ่อมแซมตาม (1) แล้วนั้น ให้ดำเนินการตรวจสอบประจำอย่างต่อเนื่อง และนำผลการตรวจสอบที่ได้ไปปรับปรุงและพัฒนาแผนการบำรุงรักษา
- การจัดเก็บข้อมูลงานซ่อมแซมพร้อมกับมีการปรับปรุงค่าใช้จ่ายต่อหน่วยของงานซ่อมแซมและกำหนดอายุการใช้งานของโครงสร้างที่เหมาะสมนั้น เป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยเพิ่มความถูกต้องในแผนงานบำรุงรักษาระยะยาว

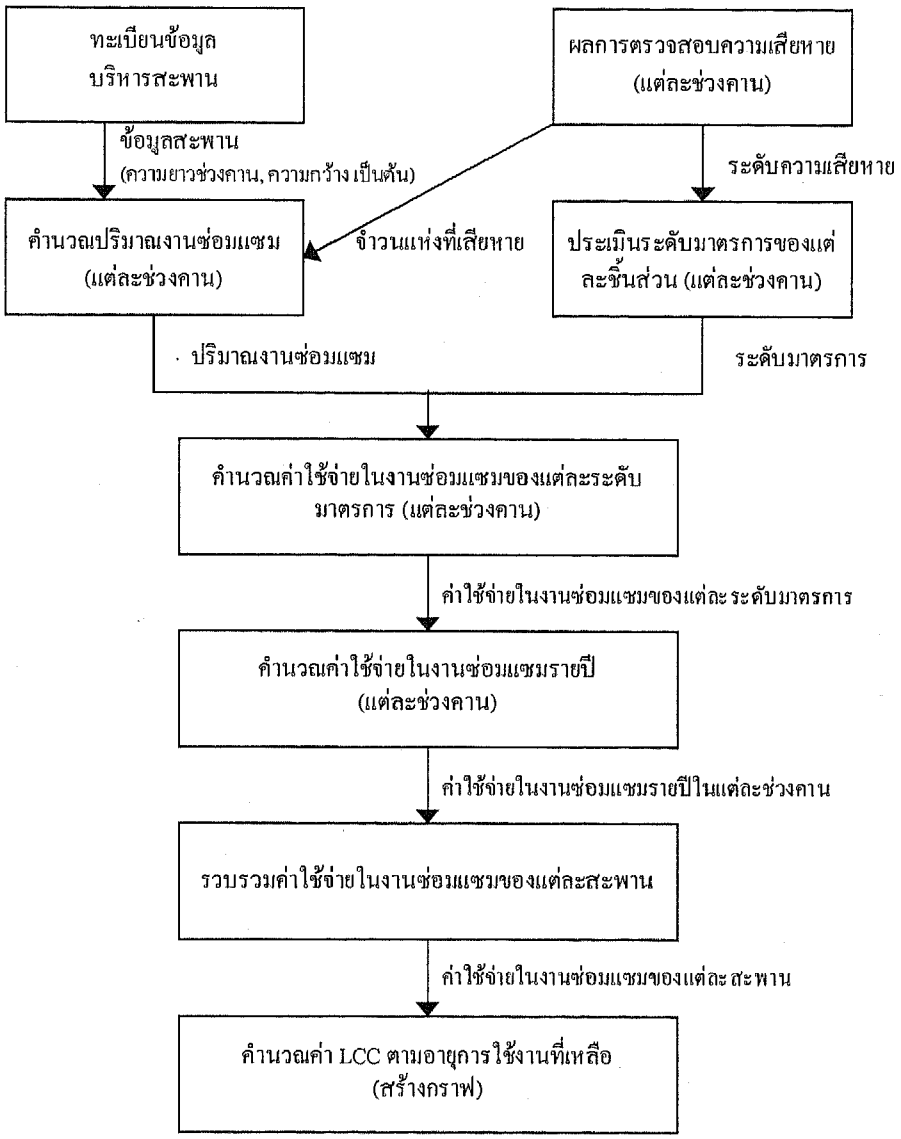
4.4.3 แผนงานบำรุงรักษาระยะยาวของแต่ละสะพาน

(1) แผนงานบำรุงรักษาระยะยาว

ทำการประเมินค่าใช้จ่ายที่จำเป็นในงานบำรุงรักษาสะพานแต่ละแห่งในช่วงระยะเวลา 100 ปีถัดไป ตามขั้นตอนที่แสดงไว้ข้างล่าง โดยพิจารณาจากระดับมาตรการที่ได้วิเคราะห์ตามคู่มือการบำรุงรักษาสะพานในระยะยาวและผลการตรวจสอบสะพาน

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากค่าใช้จ่ายโดยประมาณในงานซ่อมแซมนั้นได้อ้างอิงข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในประเทศญี่ปุ่น จึงมีแนวโน้มที่จะมีราคาค่อนข้างสูง

นอกจากนี้ ค่า LCC ของแต่ละสะพานนั้น สามารถดูเพิ่มเติมได้ใน "รายงานเล่มที่ 4"



รูปที่ 4.4.7 ขั้นตอนการจัดทำแผนงานบำรุงรักษาระยะยาว

1) กำหนดระดับมาตรการของแต่ละชิ้นส่วน (แต่ละช่วงคาน)

ทำการกำหนดระดับมาตรการของแต่ละชิ้นส่วนจากผลการสำรวจความเสียหาย ตามวิธีการกำหนดระดับมาตรการที่สอดคล้องกับระดับความเสียหาย ในบางกรณี ต้องทำการประเมินระดับมาตรการโดยอาศัยข้อมูลอ้างอิงเพิ่มเติมซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทและระดับของความเสียหาย

2) คำนวณปริมาณงานซ่อมแซม (แต่ละช่วงคาน)

ทำการคำนวณปริมาณงานซ่อมแซมของแต่ละชิ้นส่วนจากทะเบียนข้อมูลสะพานและผลการสำรวจความเสียหาย ตามวิธีการประมาณปริมาณงานซ่อมแซมในตารางที่ 4.4.2

3) คำนวณค่าใช้จ่ายโดยประมาณในงานซ่อมแซมของแต่ละระดับมาตรการ

ทำการคำนวณค่าใช้จ่ายโดยประมาณของงานซ่อมแซมจากปริมาณงานซ่อมแซมและระดับมาตรการที่กำหนดของแต่ละชิ้นส่วน โดยพิจารณาราคาต่อหน่วยของค่าใช้จ่ายในงานซ่อมแซมดังแสดงในตารางที่ 4.4.2

4) คำนวณค่าใช้จ่ายโดยประมาณในงานซ่อมแซมรายปี (แต่ละช่วงคาน)

ทำการรวบรวมค่าใช้จ่ายในงานซ่อมแซมโดยเริ่มตั้งแต่ปีถัดไป ในกรณีที่ผลการสำรวจความเสียหายระบุว่ามีระดับมาตรการที่ 2 และเริ่มตั้งแต่ปีที่ระดับมาตรการถึงขั้นที่ 2 ในกรณีที่มีระดับมาตรการที่ 3 หรือ 4 ในผลการสำรวจ

สำหรับระดับมาตรการที่ 5 และปีภายหลังจากรวบรวมค่าใช้จ่ายตามกรณีข้างบนนั้น ให้ทำการรวบรวมค่าใช้จ่ายโดยประมาณในงานซ่อมแซมหรืองานเปลี่ยนชิ้นส่วนตามแผนที่วางไว้ ตามรอบระยะเวลาในการดำเนินงาน

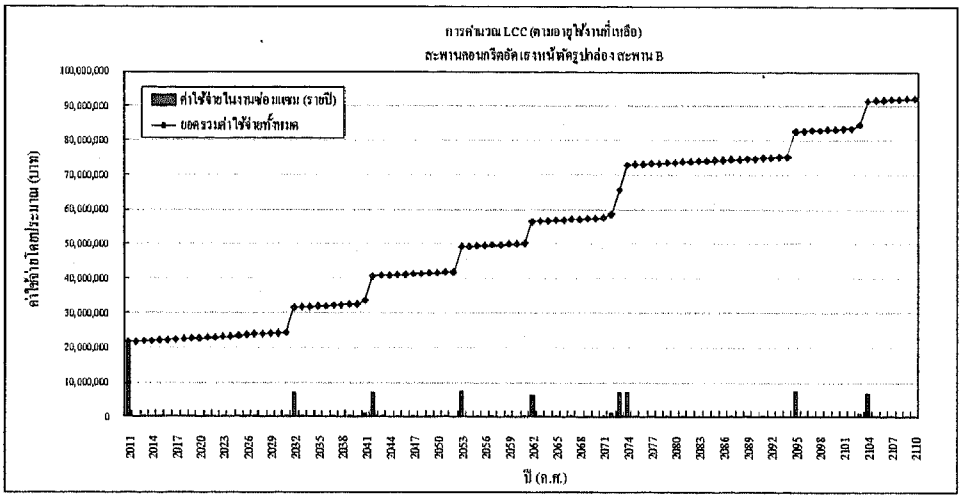
ทำการรวบรวมค่าใช้จ่ายงานซ่อมแซมดังกล่าวข้างต้น เป็นระยะเวลา 100 ปี

5) รวบรวมค่าใช้จ่ายงานซ่อมแซมของแต่ละสะพาน

ทำการรวบรวมค่าใช้จ่ายในงานซ่อมแซมโดยประมาณในแต่ละช่วงคานทั้งหมดของสะพาน

6) คำนวณค่า LCC ตามอายุการใช้งานที่เหลือ

ทำการรวบรวมค่าใช้จ่ายในงานซ่อมแซมของแต่ละสะพานและเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ เพื่อทำการวิเคราะห์ค่า LCC ตามอายุการใช้งานที่เหลือ



รูปที่ 4.4.8 ตัวอย่างการคำนวณค่า LCC ของสะพานคอนกรีตอัดแรงหน้าตัดรูปกล่อง

(2) แผนงานบำรุงรักษาระยะยาวของสะพานคอนกรีตอัดแรง

1) แผ่นพื้น

ในกรณีแผ่นพื้น RC ได้แก่ ความเสียหายประเภทเหล็กเสริมที่โผล่และรอยแตกในแผ่นพื้น สำหรับวิธีการซ่อมแซมของความเสียหายแต่ละประเภทนั้น ได้แก่ การซ่อมแซมผิวและการติดแผ่นคาร์บอนไฟเบอร์ ตามข้อมูลปฏิบัติงานจริงในประเทศญี่ปุ่น

สำหรับงานซ่อมแซมตามแผนที่วางไว้นั้น เนื่องจากเป็นชิ้นส่วนที่ได้รับแรงโดยตรงจากน้ำหนักรถยนต์ กำหนดให้ใช้รอยแตกในแผ่นพื้นซึ่งเป็นความเสียหายที่เกิดก่อนการโผล่ของเหล็กเสริม ส่วนรอบระยะเวลาในงานซ่อมแซมนั้น กำหนดให้เท่ากับ 30 ปี ตามข้อมูลปฏิบัติงานจริงในประเทศญี่ปุ่น

ในกรณีแผ่นพื้น PC ให้เพิ่มประเภทของความเสียหายเนื่องจากความผิดปกติในที่ยึดลวดอัดแรงนอกเหนือจากความเสียหายที่พบในแผ่นพื้น RC โดยมีวิธีการซ่อมแซมความเสียหายเหมือนกับกรณีของแผ่นพื้นคอนกรีต สำหรับความผิดปกติในที่ยึดลวดอัดแรงนั้น ให้ใช้การติดแผ่นคาร์บอนไฟเบอร์ที่ผิวทั้งด้านบนและล่าง

ประเภทของความเสียหายที่ดำเนินการซ่อมแซมตามแผนที่วางไว้นั้น คือ รอยแตกในแผ่นพื้นซึ่งเหมือนในกรณีแผ่นพื้น RC ส่วนรอบระยะเวลาในงานซ่อมแซมนั้นเท่ากับ 50 ปี ตามข้อมูลในประเทศญี่ปุ่น

2) คานหลัก, คานขวาง

ในกรณีชิ้นส่วน RC ประเภทของความเสียหาย คือ รอยแตก, น้ำรั่วซึม, คราบขี้เกลือ สำหรับวิธีการซ่อมแซมของความเสียหายแต่ละประเภทนั้น ได้แก่ การฉีด Epoxy resin, การซ่อมแซมผิว ตามข้อมูลปฏิบัติงานจริงในประเทศญี่ปุ่น

สำหรับงานซ่อมแซมตามแผนที่วางไว้นั้น กำหนดให้ใช้การโผล่ของเหล็กเสริม เนื่องจากได้รับผลกระทบจากแรงภายนอกน้อยเมื่อเทียบกับแผ่นพื้น ส่วนรอบระยะเวลาในงานซ่อมแซมนั้นกำหนดให้เท่ากับ 30 ปี ตามข้อมูลในประเทศญี่ปุ่น

ในกรณีชิ้นส่วน PC ให้เพิ่มประเภทของความเสียหายเนื่องจากความผิดปกติในที่ยึดลวดอัดแรงนอกเหนือจากความเสียหายที่พบในชิ้นส่วน RC ในกรณีที่พบความเสียหายในที่ยึดลวดอัดแรง ให้ทำการซ่อมแซมโดยใช้วิธีเสริมกำลังด้วยลวดอัดแรงภายนอก

ประเภทของความเสียหายที่ดำเนินการซ่อมแซมตามแผนที่วางไว้นั้น คือ การโผล่ของเหล็กเสริมซึ่งเหมือนในกรณีของชิ้นส่วน RC ส่วนรอบระยะเวลาในงานซ่อมแซมนั้นเท่ากับ 30 ปี ตามข้อมูลปฏิบัติงานจริงในประเทศญี่ปุ่น

(3) แผนงานบำรุงรักษาระยะยาวของสะพานโครงเหล็ก

1) แผ่นพื้น

โดยทั่วไปแล้วเหมือนกับสะพานคอนกรีตอัดแรง

2) ชิ้นส่วนโครงเหล็ก

ประเภทของความเสียหาย ได้แก่ สนิมเหล็ก, รอยแตก, การหลุดของน็อต, การฉีกขาด และการเปลี่ยนรูปหรือเสียรูปร่าง สำหรับวิธีการซ่อมแซมของความเสียหายแต่ละประเภทนั้น ได้แก่ การทาสีใหม่, เสริมด้วยแผ่นเหล็ก, เปลี่ยนสลักเกลียวทั้งหมดในแผ่นเหล็กประกับ และเปลี่ยนชิ้นส่วนที่มีการเปลี่ยนรูปหรือเสียรูปร่าง ในงานทาสีนั้น ให้พิจารณาพื้นที่นั่งร้านในการคำนวณค่าใช้จ่ายงานซ่อมแซมโดยประมาณด้วย

สำหรับงานซ่อมแซมตามกำหนดเวลานั้น ให้ใช้การเกิดสนิมเหล็กเป็นตัวควบคุม ซึ่งมีรอบระยะเวลาในการซ่อมแซมเท่ากับ 20 ปี ตามข้อมูลในประเทศญี่ปุ่น

(4) แผนงานบำรุงรักษาระยะยาวของสะพานขึง

1) แผ่นพื้น

โดยทั่วไปแล้วเหมือนกับสะพานคอนกรีตอัดแรง

2) ชิ้นส่วนโครงเหล็ก

โดยทั่วไปแล้วเหมือนกับสะพานคอนกรีตอัดแรง

3) สายเคเบิล

ในกรณีที่มีความเสียหายในบริเวณที่ยึดสายเคเบิล ให้ใช้การติดแผ่นคาร์บอนไฟเบอร์ที่ผิวทั้งด้านบนและล่างเหมือนในการซ่อมแซมความเสียหายในที่ยึดลวดอัดแรง สำหรับวัสดุเคลือบผิวนั้น เนื่องจากมีความทนทาน (Durability) ค่อนข้างสูง จึงไม่นับรวมในงานซ่อมแซมตามกำหนดเวลา

(5) แผนงานบำรุงรักษาระยะยาวของชิ้นส่วนโครงสร้างทั่วไป

สำหรับชิ้นส่วนโครงสร้างทั่วไปนั้น ให้ดำเนินการเปลี่ยนชิ้นส่วนโครงสร้างทั้งหมดตามกำหนดรอบระยะเวลาในการซ่อมแซม

1) โครงสร้างส่วนล่าง

ในกรณีโครงสร้างคอนกรีต กำหนดให้เหมือนกับคานหลักหรือคานขวางในสะพานคอนกรีตอัดแรง ส่วนโครงสร้างเหล็กนั้น ให้เหมือนกันชิ้นส่วนเหล็กในสะพานโครงสร้างเหล็ก

2) ที่รองรับสะพาน

ประเภทของความเสียหายในที่รองรับนั้น คือ ความบกพร่องในการทำงาน (สนิมเหล็ก) วิธีการซ่อมแซมความเสียหายที่นิยมใช้ในประเทศญี่ปุ่น ได้แก่ การเคลือบผิวเหล็ก ซึ่งมีรอบระยะเวลาในการซ่อมแซมเท่ากับ 30 ปี

3) พื้นผิวถนน

ประเภทของความเสียหาย คือ ความไม่เรียบของผิวถนนและความผิดปกติในแผ่นพื้นถนน วิธีการซ่อมแซมความเสียหายทั้งสองประเภทคือ การซ่อมเปลี่ยนพื้นถนนรวมทั้งการติดตั้งชั้นกันน้ำซึม ซึ่งมีรอบระยะเวลาในการซ่อมแซมเท่ากับ 20 ปี

4) ราวกันชน

ประเภทของความเสียหายในกรณีราวกันชนเหล็ก คือ สนิมเหล็ก ส่วนในกรณีราวกันชนคอนกรีต คือ สนิมในเหล็กเสริม วิธีการซ่อมแซมสำหรับความเสียหายแต่ละประเภทตามลำดับ ได้แก่ การเปลี่ยนราวกันชนและการซ่อมปะผิว ซึ่งมีรอบระยะเวลาในการซ่อมแซมทั้งสองประเภทเท่ากับ 30 ปี

5) รอยต่อขยายตัว

จำแนกประเภทของรอยต่อขยายตัวเป็น วัสดุยาง, วัสดุเหล็ก และวัสดุยึดรอยต่อ ในกรณีที่มีความเสียหายให้ทำการซ่อมแซมตามแต่ละวัสดุ ได้แก่ การเปลี่ยนวัสดุยาง, การเปลี่ยนวัสดุเหล็ก และการยึดติดรอยต่อ สำหรับรอบระยะเวลาในการซ่อมแซมนั้น เมื่อพิจารณาข้อมูลเกี่ยวกับความทนทานในประเทศญี่ปุ่น

กำหนดให้เท่ากับ 15 ปีสำหรับวัสดุยาง, 30 ปี สำหรับวัสดุเหล็ก และ 10 ปี สำหรับวัสดุยืดรอยต่อ

4.4.4 ระดับมาตรการของแต่ละสะพาน

(1) สะพานพระราม 4

ตารางที่ 4.4.4 ระดับมาตรการของสะพานพระราม 4

รายชื่อชิ้นส่วน	หมายเลข	ประเภทของความเสียหาย	ช่วงคานที่ 1	ช่วงคานที่ 2	ช่วงคานที่ 3
คานหลัก	01	รอยแตก, น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	5	5	3
		การโผล่ของเหล็กเสริม	5	5	5
		ความผิดปกติของที่ยึดลวดอัดแรง	5	5	5
	02	รอยแตก, น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	5	5	3
		การโผล่ของเหล็กเสริม	5	5	5
		ความผิดปกติของที่ยึดลวดอัดแรง	5	5	5
แผ่นพื้น	01	การโผล่ของเหล็กเสริม	5	5	5
		การหลุดร่อน	5	5	5
		รอยแตกในแผ่นพื้น	5	5	5
	03	การโผล่ของเหล็กเสริม	5	5	5
		การหลุดร่อน	5	5	5
		รอยแตกในแผ่นพื้น	5	5	5
	04	การโผล่ของเหล็กเสริม	5	5	5
		การหลุดร่อน	5	5	5
		รอยแตกในแผ่นพื้น	5	5	5
	06	การโผล่ของเหล็กเสริม	5	5	5
		การหลุดร่อน	5	5	5
		รอยแตกในแผ่นพื้น	5	5	5
ตอม่อ กลางน้ำ	01	รอยแตก, น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	5	3	5
		การโผล่ของเหล็กเสริม	5	5	5
		ความผิดปกติในโครงสร้างส่วนล่าง	5	5	5
	02	รอยแตก, น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	5	5	5
		การโผล่ของเหล็กเสริม	5	5	5
		ความผิดปกติในโครงสร้างส่วนล่าง	5	5	5
ที่รองรับ สะพาน	101	ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ	5	5	5
	102	ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ	5	5	5
	103	ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ	5	5	5
	104	ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ	5	5	5
	105	ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ	5	5	5
	106	ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ	5	5	5
ผิวถนน	01	ความไม่เรียบของผิวถนน	5	5	5
	01	ความผิดปกติของพื้นถนน	5	5	5
ราวกันชน	01	ความผิดปกติของราวกันชน	2	5	5
	02	ความผิดปกติของราวกันชน	2	2	2
	03	ความผิดปกติของราวกันชน	5	5	2
	04	ความผิดปกติของราวกันชน	5	5	5
รอยต่อขยายตัว	01	ความผิดปกติของรอยต่อขยายตัว	5	5	5

(2) สะพานพระราม 5

ตารางที่ 4.4.5 ระดับมาตรการของสะพานพระราม 5

รายชื่อชิ้นส่วน	หมายเลข	ประเภทของความเสียหาย	ช่วงตอนที่ 1	ช่วงตอนที่ 2	ช่วงตอนที่ 3	ช่วงตอนที่ 4	ช่วงตอนที่ 5	ช่วงตอนที่ 6	ช่วงตอนที่ 7
ตานหลัก	01	รอยแตก, น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	5	5	5	5	5	3	5
		การไหล่ของเหล็กเสริม	5	5	5	5	5	5	5
		ความผิดปกติของที่ยึดลวดอัดแรง	5	5	5	5	5	5	5
	02	รอยแตก, น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	5	5	5	3	5	3	5
		การไหล่ของเหล็กเสริม	5	5	5	5	5	5	5
		ความผิดปกติของที่ยึดลวดอัดแรง	5	5	5	5	5	5	5
แผ่นพื้น	01	การไหล่ของเหล็กเสริม	5	5	5	5	5	5	5
		การหลุดร่อน	5	5	5	5	5	5	5
		รอยแตกในแผ่นพื้น	5	5	5	5	5	5	5
	03	การไหล่ของเหล็กเสริม	5	5	5	5	5	5	5
		การหลุดร่อน	5	5	5	5	5	5	5
		รอยแตกในแผ่นพื้น	5	5	5	5	5	5	5
	04	การไหล่ของเหล็กเสริม	5	5	5	5	5	5	5
		การหลุดร่อน	5	5	5	5	5	5	5
		รอยแตกในแผ่นพื้น	5	5	5	5	5	5	5
	06	การไหล่ของเหล็กเสริม	5	5	5	5	5	5	5
		การหลุดร่อน	5	5	5	5	5	5	5
		รอยแตกในแผ่นพื้น	5	5	5	5	3	5	5
ตอม่อกลางน้ำ	01	รอยแตก, น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	5	5	5	5	5	5	5
		การไหล่ของเหล็กเสริม	5	5	5	5	5	5	5
		ความผิดปกติในโครงสร้างส่วนล่าง	5	5	5	5	5	5	5
	02	รอยแตก, น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	5	5	5	5	5	5	5
		การไหล่ของเหล็กเสริม	5	5	5	5	5	5	5
		ความผิดปกติในโครงสร้างส่วนล่าง	5	5	5	5	5	5	5
ที่รองรับสะพาน	101	ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ	5	5	5	5	5	5	5
	102	ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ	5	5	5	5	5	5	5
	103	ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ	5	5	5	5	5	5	5
	104	ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ	5	5	5	5	5	5	5
ผิวถนน	01	ความไม่เรียบของผิวถนน	5	5	5	5	5	5	5
		ความผิดปกติของพื้นถนน	5	5	5	5	5	5	5
ราวกันชน	01	ความผิดปกติของราวกันชน	5	5	5	2	5	2	5
	02	ความผิดปกติของราวกันชน	5	5	5	2	5	2	5
	03	ความผิดปกติของราวกันชน	5	5	5	5	5	2	5
รอยต่อขยายตัว	01	ความผิดปกติของรอยต่อขยายตัว	5	-	-	-	-	-	5

(3) สะพานพระราม 7

ตารางที่ 4.4.6 ระดับมาตรการของสะพานพระราม 7

รายชื่อชิ้นส่วน	หมายเลข	ประเภทของความเสียหาย	ช่วงตานที่ 1	ช่วงตานที่ 2	ช่วงตานที่ 3
ตานหลัก	01	รอยแตก, น้ำรั่วซึม,กราบขี้เกลือ	3	5	3
		การโผล่ของเหล็กเสริม	5	5	5
		ความผิดปกติของที่ยึดลวดอัดแรง	5	5	5
	02	รอยแตก, น้ำรั่วซึม,กราบขี้เกลือ	3	5	3
		การโผล่ของเหล็กเสริม	5	5	5
		ความผิดปกติของที่ยึดลวดอัดแรง	5	5	5
แผ่นพื้น	01	การโผล่ของเหล็กเสริม	5	5	5
		การหลุดร่อน	5	5	5
		รอยแตกในแผ่นพื้น	3	5	3
	03	การโผล่ของเหล็กเสริม	5	5	5
		การหลุดร่อน	5	5	5
		รอยแตกในแผ่นพื้น	3	5	5
	04	การโผล่ของเหล็กเสริม	5	5	5
		การหลุดร่อน	5	5	5
		รอยแตกในแผ่นพื้น	5	5	5
	06	การโผล่ของเหล็กเสริม	5	5	5
		การหลุดร่อน	5	5	5
		รอยแตกในแผ่นพื้น	3	5	3
คอม่อกลางน้ำ	01	รอยแตก, น้ำรั่วซึม,กราบขี้เกลือ	5	5	5
		การโผล่ของเหล็กเสริม	5	5	5
		ความผิดปกติในโครงสร้างส่วนล่าง	5	5	5
	02	รอยแตก, น้ำรั่วซึม,กราบขี้เกลือ	5	5	5
		การโผล่ของเหล็กเสริม	5	5	5
		ความผิดปกติในโครงสร้างส่วนล่าง	5	5	5
ที่รองรับสะพาน	101	ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ	5	-	5
	102	ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ	5	-	5
	103	ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ	5	-	5
	104	ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ	5	-	0
ผิวถนน	01	ความไม่เรียบของผิวถนน	5	5	5
		ความผิดปกติของพื้นถนน	5	5	5
ราวกันชน	01	ความผิดปกติของราวกันชน	2	2	2
	02	ความผิดปกติของราวกันชน	2	2	2
	03	ความผิดปกติของราวกันชน	2	2	2
รอยต่อขยายตัว	01	ความผิดปกติของรอยต่อขยายตัว	2	-	5

(4) สะพานกรุงธน

ตารางที่ 4.4.7 ระดับมาตรการของสะพานกรุงธน

รายชื่อชิ้นส่วน	หมายเลข	ประเภทของความเสียหาย	ช่วงคานที่ 1	ช่วงคานที่ 2	ช่วงคานที่ 3	ช่วงคานที่ 4	ช่วงคานที่ 5	ช่วงคานที่ 6
โครงถักตัวบน	01, 02	สนิมเหล็ก	5	5	5	5	5	5
		รอยแตก	5	5	5	5	5	5
		น็อตหลุด	5	5	5	5	5	5
		การฉีกขาด	5	5	5	5	5	5
โครงถักตัวล่าง	01	สนิมเหล็ก	5	5	5	5	5	5
		รอยแตก	5	5	5	5	5	5
		น็อตหลุด	5	5	2	5	5	5
		การฉีกขาด	5	5	2	2	5	5
	02	สนิมเหล็ก	5	5	5	5	5	5
		รอยแตก	5	5	5	5	5	5
		น็อตหลุด	5	5	2	5	5	5
		การฉีกขาด	5	5	2	2	5	5
ชิ้นส่วนแนวเฉียง	01, 02	สนิมเหล็ก	5	5	5	5	5	5
		รอยแตก	5	5	5	5	5	5
		น็อตหลุด	5	5	5	5	5	5
		การฉีกขาด	5	5	5	5	5	5
ชิ้นส่วนแนวตั้ง	01	สนิมเหล็ก	5	4	5	5	5	5
		รอยแตก	5	5	5	5	5	5
		น็อตหลุด	5	5	5	5	5	5
		การฉีกขาด	5	5	5	5	5	5
	02	สนิมเหล็ก	4	5	5	5	5	5
		รอยแตก	5	5	5	5	5	5
		น็อตหลุด	5	5	5	5	5	5
		การฉีกขาด	5	5	5	5	5	5
ตัวยึดแนวเฉียงบน	01	สนิมเหล็ก	5	5	5	5	5	5
ตัวยึดแนวเฉียงล่าง	01	รอยแตก	5	5	5	5	5	5
ตัวยึดแนวขวางด้านบน	01~03	น็อตหลุด	5	5	5	5	5	5
		การฉีกขาด	5	5	5	5	5	5
คานซอย	01~12	สนิมเหล็ก	5	5	5	5	5	5
คานขวาง	01~03	รอยแตก	5	5	5	5	5	5
		น็อตหลุด	5	5	5	5	5	5
		การฉีกขาด	5	5	5	5	5	5
ตัวยึดแนวขวางด้านล่าง	01, 03	สนิมเหล็ก	5	5	5	5	5	5
		รอยแตก	5	5	5	5	5	5
		การหลุดของน็อต	5	5	5	5	5	5
		การเปลี่ยนรูปร่าง, การเสียรูปร่าง	5	5	5	5	5	5
	02	สนิมเหล็ก	5	5	5	5	5	5
		รอยแตก	5	5	5	5	5	5
		การหลุดของน็อต	5	3	5	5	5	5
		การเปลี่ยนรูปร่าง, การเสียรูปร่าง	5	5	2	2	5	5
แผ่นพื้น	01	เหล็กเสริมโค่	5	5	5	5	5	5
		หลุดร่อน	5	5	5	5	5	5
		รอยแตกในแผ่นพื้น	5	3	3	3	3	3
		ที่ยึดลวดอัดแรงผิดปกติ	5	5	5	5	5	5
	02~12	เหล็กเสริมโค่	5	5	5	5	5	5
		หลุดร่อน	5	5	5	5	5	5
		รอยแตกในแผ่นพื้น	5	5	5	5	5	5
		ที่ยึดลวดอัดแรงผิดปกติ	5	5	5	5	5	5
	13	เหล็กเสริมโค่	5	5	5	5	5	5
		หลุดร่อน	5	5	5	5	5	5
		รอยแตกในแผ่นพื้น	5	3	3	3	3	3
		ที่ยึดลวดอัดแรงผิดปกติ	5	5	5	5	5	5
โครงสร้างส่วนล่าง	01, 02	รอยแตก	5	5	5	5	5	5
		เหล็กเสริมโค่	5	5	5	5	5	5
		ความผิดปกติในโครงสร้าง	5	5	5	5	5	5
ที่รองรับสะพาน	101	ความผิดปกติในการทำงาน	5	5	5	5	5	3
	102	ความผิดปกติในการทำงาน	5	5	5	5	5	3
	201	ความผิดปกติในการทำงาน	5	5	5	5	5	5
	202	ความผิดปกติในการทำงาน	5	5	5	5	5	5
ผิวถนน	01	ปรับปรุงพื้นถนน	5	5	5	5	5	5
		ตามขั้งบน	5	5	5	5	5	5
ราวกันชน	01	ความผิดปกติในราวกันชน	5	2	2	2	2	2
	02	ความผิดปกติในราวกันชน	2	2	2	2	2	2
รอยต่อ	01	ความผิดปกติในรอยต่อ	5	5	5	5	5	5
	02	ความผิดปกติในรอยต่อ	5	-	-	-	-	5

(5) สะพานพระปิ่นเกล้า

ตารางที่ 4.4.8 ระดับมาตรการของสะพานพระปิ่นเกล้า

รายชื่อชิ้นส่วน	หมายเลข	ประเภทของความเสียหาย	ช่วงคานที่ 1	ช่วงคานที่ 2	ช่วงคานที่ 3
คานหลัก	01	รอยแตก, น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	5	3	5
		การโผล่ของเหล็กเสริม	5	5	5
		ความผิดปกติของที่ยึดลวดอัดแรง	5	5	5
	02	รอยแตก, น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	3	3	3
		การโผล่ของเหล็กเสริม	5	5	5
		ความผิดปกติของที่ยึดลวดอัดแรง	5	5	5
แผ่นพื้น	01	การโผล่ของเหล็กเสริม	5	5	5
		การหลุดร่อน	5	5	5
		รอยแตกในแผ่นพื้น	3	3	3
	03	การโผล่ของเหล็กเสริม	5	5	5
		การหลุดร่อน	5	5	5
		รอยแตกในแผ่นพื้น	5	5	5
	05	การโผล่ของเหล็กเสริม	5	5	5
		การหลุดร่อน	5	5	5
		รอยแตกในแผ่นพื้น	3	3	3
ตอม่อกลางน้ำ	01	รอยแตก, น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	3	3	5
		การโผล่ของเหล็กเสริม	5	5	5
		ความผิดปกติใน โครงสร้างส่วนล่าง	5	5	5
	02	รอยแตก, น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	5	5	5
		การโผล่ของเหล็กเสริม	5	5	5
		ความผิดปกติใน โครงสร้างส่วนล่าง	5	5	5
ที่รองรับสะพาน	101	ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ	3	-	3
	102	ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ	3	-	3
	103	ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ	3	-	3
	104	ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ	3	-	3
ผิวถนน	01	ความไม่เรียบของผิวถนน	5	5	5
		ความผิดปกติของพื้นถนน	2	5	5
ราวกันชน	01	ความผิดปกติของราวกันชน	2	2	2
	02	ความผิดปกติของราวกันชน	2	2	2
	03	ความผิดปกติของราวกันชน	2	2	2
	04	ความผิดปกติของราวกันชน	5	5	5
รอยต่อขยายตัว	01	ความผิดปกติของรอยต่อขยายตัว	2	2	2

(6) สะพานพระพุทธยอดฟ้า

ตารางที่ 4.4.9 ระดับมาตรการของสะพานพระพุทธยอดฟ้า

รายชื่อชิ้นส่วน	หมายเลข	ประเภทของความเสียหาย	ช่วงคานที่ 1	ช่วงคานที่ 2	ช่วงคานที่ 3
โครงถักตัวบน	01	สนิมเหล็ก	5	4	5
		รอยแตก	5	5	5
		น็อตหลุด	5	5	5
		การฉีกขาด	5	5	5
	02	สนิมเหล็ก	5	4	5
		รอยแตก	5	5	5
		น็อตหลุด	5	5	5
		การฉีกขาด	5	5	5
โครงถักตัวล่าง	01	สนิมเหล็ก	5	2	4
		รอยแตก	5	5	5
		น็อตหลุด	5	2	2
		การฉีกขาด	5	5	5
	02	สนิมเหล็ก	4	2	4
		รอยแตก	5	5	5
		น็อตหลุด	5	2	2
		การฉีกขาด	5	5	5
ชิ้นส่วนแนวเฉียง	01	สนิมเหล็ก	5	5	5
		รอยแตก	5	5	5
		น็อตหลุด	5	5	5
		การฉีกขาด	5	5	5
	02	สนิมเหล็ก	5	4	5
		รอยแตก	5	5	5
		น็อตหลุด	5	5	5
		การฉีกขาด	5	5	5
ชิ้นส่วนแนวตั้ง	01	สนิมเหล็ก	5	5	5
		รอยแตก	5	5	5
		น็อตหลุด	5	5	5
		การฉีกขาด	1	5	5
	02	สนิมเหล็ก	5	5	5
		รอยแตก	5	5	5
		น็อตหลุด	5	5	2
		การฉีกขาด	5	5	5
ตัวยึดแนวเฉียงบน	01, 02	สนิมเหล็ก	5	5	5
ตัวยึดแนวเฉียงล่าง	01, 02	รอยแตก	5	5	5
ตัวยึดแนวขวางด้านบน	01	น็อตหลุด	5	5	5
		การฉีกขาด	5	5	5
คานขอบ	01~10	สนิมเหล็ก	5	5	5
คานขวาง	01~03	รอยแตก	5	5	5
		น็อตหลุด	5	5	5
		การฉีกขาด	5	5	5
ตัวยึดแนวขวางด้านล่าง	01	สนิมเหล็ก	4	2	4
		รอยแตก	5	5	5
		การหลุดของน็อต	5	2	5
		การฉีกขาด	5	5	5
แผ่นพื้น	01	เหล็กเสริมโผล่	5	5	5
		หลุดร่อน	5	5	5
		รอยแตกในแผ่นพื้น	3	3	3
		ที่ยึดลวดอัดแรงผิดปกติ	5	5	5
	02~12	เหล็กเสริมโผล่	5	5	5
		หลุดร่อน	5	5	5
		รอยแตกในแผ่นพื้น	5	5	5
		ที่ยึดลวดอัดแรงผิดปกติ	5	5	5
	13	เหล็กเสริมโผล่	5	5	5
		หลุดร่อน	5	5	5
		รอยแตกในแผ่นพื้น	3	3	3
		ที่ยึดลวดอัดแรงผิดปกติ	5	5	5
โครงสร้างส่วนล่าง	01	รอยแตก	5	3	3
		เหล็กเสริมโผล่	5	5	5
		ความผิดปกติในโครงสร้าง	5	5	5
	02	รอยแตก	3	3	5
		เหล็กเสริมโผล่	5	5	5
		ความผิดปกติในโครงสร้าง	5	5	5
ที่รองรับสะพาน	ทั้งหมด	ความผิดปกติในการทำงาน	5	5	5
ผิวถนน	01	ปรับปรุงพื้นถนน	5	5	5
		ตามช่วงบน	2	5	5
ราวกันชน	01	ความผิดปกติในราวกันชน	5	5	5
	02	ความผิดปกติในราวกันชน	5	5	5
รอยต่อ	01	ความผิดปกติในรอยต่อ	5	5	5
	02	ความผิดปกติในรอยต่อ	5	-	5

(7) สะพานพระปกเกล้า

ตารางที่ 4.4.10 ระดับมาตรการของสะพานพระปกเกล้า

รายชื่อชิ้นส่วน	หมายเลข	ประเภทของความเสียหาย	ช่วงคานที่ 1	ช่วงคานที่ 2	ช่วงคานที่ 3	ช่วงคานที่ 4	ช่วงคานที่ 5
คานเหล็ก	01	รอยแตก, น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	5	3	5	5	5
		การโผล่ของเหล็กเสริม	5	5	5	5	5
		ความผิดปกติของที่ยึดลวดอัดแรง	5	5	5	5	5
	02	รอยแตก, น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	5	3	5	5	5
		การโผล่ของเหล็กเสริม	5	5	5	5	5
		ความผิดปกติของที่ยึดลวดอัดแรง	5	5	5	5	5
แผ่นพื้น	01	การโผล่ของเหล็กเสริม	5	5	5	5	5
		การหลุดร่อน	5	5	5	5	5
		รอยแตกในแผ่นพื้น	5	3	5	3	5
	03	การโผล่ของเหล็กเสริม	5	5	5	5	5
		การหลุดร่อน	5	5	5	5	5
		รอยแตกในแผ่นพื้น	5	5	5	5	5
	04	การโผล่ของเหล็กเสริม	5	5	5	5	5
		การหลุดร่อน	5	5	5	5	5
		รอยแตกในแผ่นพื้น	5	5	5	5	5
	06	การโผล่ของเหล็กเสริม	5	5	5	5	5
		การหลุดร่อน	5	5	5	5	5
		รอยแตกในแผ่นพื้น	5	3	5	3	5
ตอม่อกลางน้ำ	01	รอยแตก, น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	5	5	3	5	5
		การโผล่ของเหล็กเสริม	5	5	5	5	5
		ความผิดปกติในโครงสร้างส่วนล่าง	5	5	5	5	5
	02	รอยแตก, น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	5	5	5	5	5
		การโผล่ของเหล็กเสริม	5	5	5	5	5
		ความผิดปกติในโครงสร้างส่วนล่าง	5	5	5	5	5
ที่รองรับสะพาน	101	ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ	5	-	-	-	5
	102	ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ	5	-	-	-	5
	103	ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ	5	-	-	-	5
	104	ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ	5	-	-	-	5
ผิวถนน	01	ความไม่เรียบของผิวถนน	5	4	5	5	5
		ความผิดปกติของพื้นถนน	5	2	5	5	5
ราวกันชน	01	ความผิดปกติของราวกันชน	5	2	2	2	5
	02	ความผิดปกติของราวกันชน	5	5	5	5	5
	03	ความผิดปกติของราวกันชน	5	5	2	5	5
	04	ความผิดปกติของราวกันชน	5	2	2	2	5
รอยต่อขยายตัว	01	ความผิดปกติของรอยต่อขยายตัว	5	-	-	-	5

(8) สะพานตากสิน

ตารางที่ 4.4.11 ระดับมาตรการของสะพานตากสิน

รายชื่อชิ้นส่วน	หมายเลข	ประเภทของความเสียหาย	ช่วงคานที่ 1	ช่วงคานที่ 2	ช่วงคานที่ 3
คานหลัก	01	รอยแตก น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	3	3	3
		การไหลของเหล็กเสริม	5	5	5
		ความผิดปกติของที่ยึดลวดอัดแรง	5	5	5
	02	รอยแตก น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	3	3	3
		การไหลของเหล็กเสริม	5	5	5
		ความผิดปกติของที่ยึดลวดอัดแรง	5	5	5
แผ่นพื้น	01	การไหลของเหล็กเสริม	5	5	5
		การหลุดร่อน	5	5	5
		รอยแตกในแผ่นพื้น	3	5	3
	03	การไหลของเหล็กเสริม	5	5	5
		การหลุดร่อน	5	5	5
		รอยแตกในแผ่นพื้น	3	5	3
	04	การไหลของเหล็กเสริม	5	5	5
		การหลุดร่อน	5	5	5
		รอยแตกในแผ่นพื้น	3	5	3
	06	การไหลของเหล็กเสริม	5	5	5
		การหลุดร่อน	5	5	5
		รอยแตกในแผ่นพื้น	3	5	3
ตอม่อกลางน้ำ	01	รอยแตก น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	5	3	5
		การไหลของเหล็กเสริม	5	5	5
		ความผิดปกติในโครงสร้างส่วนล่าง	5	5	5
	02	รอยแตก น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	5	5	3
		การไหลของเหล็กเสริม	5	5	5
		ความผิดปกติในโครงสร้างส่วนล่าง	5	5	5
ที่รองรับสะพาน	101	ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ	3	-	5
	102	ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ	3	-	5
	103	ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ	3	-	5
	104	ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ	3	-	5
ผิวถนน	01	ความไม่เรียบของผิวถนน	5	5	4
		ความผิดปกติของพื้นถนน	5	5	2
ราวกันชน	01	ความผิดปกติของราวกันชน	2	2	5
	02	ความผิดปกติของราวกันชน	2	2	2
	03	ความผิดปกติของราวกันชน	5	5	5
	04	ความผิดปกติของราวกันชน	2	5	5
รอยต่อขยายตัว	01	ความผิดปกติของรอยต่อขยายตัว	5	-	5

(9) สะพานพระราม 3

ตารางที่ 4.4.12 ระดับมาตรการของสะพานพระราม 3

รายชื่อชิ้นส่วน	หมายเลข	ประเภทของความเสียหาย	ช่วงคานที่ 1	ช่วงคานที่ 2	ช่วงคานที่ 3
คานหลัก	01	รอยแตก น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	3	5	3
		การไหลย่นของเหล็กเสริม	5	5	5
		ความผิดปกติของที่ยึดลวดอัดแรง	5	5	5
แผ่นพื้น	01	การไหลย่นของเหล็กเสริม	5	5	5
		การหลุดร่อน	5	5	5
		รอยแตกในแผ่นพื้น	5	3	5
	03	การไหลย่นของเหล็กเสริม	5	5	5
		การหลุดร่อน	5	5	5
		รอยแตกในแผ่นพื้น	5	5	3
ตอม่อกลางน้ำ	01	รอยแตก น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	3	5	5
		การไหลย่นของเหล็กเสริม	5	5	5
		ความผิดปกติในโครงสร้างส่วนล่าง	5	5	5
	02	รอยแตก น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	3	3	3
		การไหลย่นของเหล็กเสริม	5	5	5
		ความผิดปกติในโครงสร้างส่วนล่าง	5	5	5
ผิวถนน	01	ความไม่เรียบของผิวถนน	5	5	5
		ความผิดปกติของพื้นถนน	5	5	5
ราวกันชน	01	ความผิดปกติของราวกันชน	5	5	5
	02	ความผิดปกติของราวกันชน	5	5	5
	03	ความผิดปกติของราวกันชน	5	5	5
รอยต่อขยายตัว	01	ความผิดปกติของรอยต่อขยายตัว	5	-	5

(10) สะพานกรุงเทพ

ตารางที่ 4.4.13 ระดับมาตรการของสะพานกรุงเทพ

รายชื่อชิ้นส่วน	หมายเลข	ประเภทของความเสียหาย	ช่วงถนนที่ 1	ช่วงถนนที่ 2	ช่วงถนนที่ 3	ช่วงถนนที่ 4	ช่วงถนนที่ 5
โครงถักตัวบน	01	สนิมเหล็ก	5	5	4	5	5
		รอยแตก	5	5	5	5	5
		น็อตหลุด	5	5	5	5	5
		การกัดขาด	5	5	5	5	5
	02	สนิมเหล็ก	5	5	5	5	5
		รอยแตก	5	5	5	5	5
		น็อตหลุด	5	5	5	5	5
		การกัดขาด	5	5	5	5	5
โครงถักตัวล่าง	01, 02	สนิมเหล็ก	5	4	5	4	5
		รอยแตก	5	5	5	5	5
		น็อตหลุด	5	5	5	5	5
		การกัดขาด	5	5	5	5	5
ชิ้นส่วนแนวเฉียง	01	สนิมเหล็ก	5	4	5	4	4
		รอยแตก	5	5	5	5	5
		น็อตหลุด	5	5	5	5	5
		การกัดขาด	5	5	5	5	5
	02	สนิมเหล็ก	4	4	5	4	4
		รอยแตก	5	5	5	5	5
		น็อตหลุด	5	5	5	5	5
		การกัดขาด	5	5	5	5	5
ชิ้นส่วนแนวตั้ง	01	สนิมเหล็ก	4	4	5	4	4
		รอยแตก	5	5	5	5	5
		น็อตหลุด	5	5	5	5	5
		การกัดขาด	5	5	5	5	5
	02	สนิมเหล็ก	5	4	5	5	4
		รอยแตก	5	5	5	5	5
		น็อตหลุด	5	5	5	5	5
		การกัดขาด	5	5	5	5	5
ตัวยึดแนวเฉียงบน	01	สนิมเหล็ก	4	4	4	4	4
		รอยแตก	5	5	5	5	5
		น็อตหลุด	5	5	5	5	5
		การกัดขาด	5	5	5	5	5
ตัวยึดแนวเฉียงล่าง	01	สนิมเหล็ก	5	5	5	5	5
		รอยแตก	5	5	5	5	5
		น็อตหลุด	5	5	5	5	5
		การกัดขาด	5	5	5	5	5
ตัวยึดแนวขวางด้านบน	01	สนิมเหล็ก	4	5	5	4	4
		รอยแตก	5	5	5	5	5
		น็อตหลุด	5	5	5	5	5
		การกัดขาด	5	5	5	5	5
คานขอบ	01–04 06–10	สนิมเหล็ก	5	5	5	5	5
		รอยแตก	5	5	5	5	5
		น็อตหลุด	5	5	5	5	5
		การกัดขาด	5	5	5	5	5
	05	สนิมเหล็ก	5	5	5	5	5
		รอยแตก	5	5	2	5	5
		น็อตหลุด	5	5	5	5	5
		การกัดขาด	5	5	5	5	5
คานขวาง	01–03	สนิมเหล็ก	5	5	5	5	5
		รอยแตก	5	5	5	5	5
		น็อตหลุด	5	5	5	5	5
		การกัดขาด	5	5	5	5	5
ตัวยึดแนวขวางด้านล่าง	01	สนิมเหล็ก	5	5	5	4	5
		รอยแตก	5	5	5	5	5
		น็อตหลุด	5	5	5	5	5
		การกัดขาด	5	5	5	5	5
โครงสร้างส่วนล่าง	01, 02	รอยแตก	5	5	5	3	5
		เหล็กเสริมโผล่	5	5	5	5	5
		ความผิดปกติในโครงสร้าง	5	5	5	5	5
ที่รองรับสะพาน	ทั้งหมด	ความผิดปกติในการทำงาน	5	5	5	5	5
ตีวถนน	01	ปรับปรุงพื้นถนน	5	5	5	5	5
		ตามขวางบน	2	5	5	5	5
ราวกันชน	01	ความผิดปกติในราวกันชน	2	2	5	2	2
	02	ความผิดปกติในราวกันชน	2	2	5	2	2
รอยต่อ	01,02	ความผิดปกติในรอยต่อ	5	5	5	5	5

(11) สะพาน IRR เหนือ

ตารางที่ 4.4.14 ระดับมาตรการของสะพาน IRR เหนือ

รายชื่อชิ้นส่วน	หมายเลข	ประเภทของความเสียหาย	ช่วงคนที่ 1	ช่วงคนที่ 2	ช่วงคนที่ 4	ช่วงคนที่ 5
คานหลัก	01	รอยแตก, น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	5	5	5	5
		การไหล่ของเหล็กเสริม	5	5	5	5
		ความผิดปกติของที่ยึดลวดอัดแรง	5	5	5	5
	02	รอยแตก, น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	5	5	5	5
		การไหล่ของเหล็กเสริม	5	5	5	5
		ความผิดปกติของที่ยึดลวดอัดแรง	5	5	5	5
	03	รอยแตก, น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	5	5	5	5
		การไหล่ของเหล็กเสริม	5	5	5	5
		ความผิดปกติของที่ยึดลวดอัดแรง	5	5	5	5
คานขวาง	01	รอยแตก, น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	5	5	5	5
		การไหล่ของเหล็กเสริม	5	5	5	5
		ความผิดปกติของที่ยึดลวดอัดแรง	5	5	5	5
	02	รอยแตก, น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	5	5	5	5
		การไหล่ของเหล็กเสริม	5	5	5	5
		ความผิดปกติของที่ยึดลวดอัดแรง	5	5	5	5
	03	รอยแตก, น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	5	5	5	5
		การไหล่ของเหล็กเสริม	5	5	5	5
		ความผิดปกติของที่ยึดลวดอัดแรง	5	5	5	5
แผ่นพื้น	01	การไหล่ของเหล็กเสริม	5	5	5	5
		การหลุดร่อน	5	5	5	5
		รอยแตกในแผ่นพื้น	3	5	3	3
	02	การไหล่ของเหล็กเสริม	5	5	5	5
		การหลุดร่อน	5	5	5	5
		รอยแตกในแผ่นพื้น	5	5	5	5
	03	การไหล่ของเหล็กเสริม	5	5	5	5
		การหลุดร่อน	5	5	5	5
		รอยแตกในแผ่นพื้น	3	5	3	3
โครงสร้างส่วนล่าง	01	รอยแตก, น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	3	3	3	3
		การไหล่ของเหล็กเสริม	5	5	5	5
		ความผิดปกติในโครงสร้างส่วนล่าง	5	5	5	5
	02	รอยแตก, น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	3	-	-	3
		การไหล่ของเหล็กเสริม	5	-	-	5
		ความผิดปกติในโครงสร้างส่วนล่าง	5	-	-	5
ผิวถนน	01	ความไม่เรียบของผิวถนน	5	5	5	5
		ความผิดปกติของพื้นถนน	5	5	5	5
ราวกันชน	01	ความผิดปกติของราวกันชน	5	5	5	5
	02	ความผิดปกติของราวกันชน	5	5	5	5
	03	ความผิดปกติของราวกันชน	5	5	5	5
	04	ความผิดปกติของราวกันชน	5	5	5	5
รอยต่อขยายตัว	01	ความผิดปกติของรอยต่อขยายตัว	5	5	5	5

รายชื่อชิ้นส่วน	หมายเลข	ประเภทของความเสียหาย	ช่วงคนที่ 3
คานหลัก	01-04	สนิมเหล็ก	5
		รอยแตก	5
		การหลุดของมีเดค	5
		การฉีกขาด	5
คานขวาง	01-03	สนิมเหล็ก	5
		รอยแตก	5
		การหลุดของมีเดค	5
		การฉีกขาด	5
แผ่นพื้น	01-05	การไหล่ของเหล็กเสริม	5
		การหลุดร่อน	5
		รอยแตกในแผ่นพื้น	5
		ความผิดปกติของที่ยึดลวดอัดแรง	5
เสาชิง	01	รอยแตก, น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	3
		การไหล่ของเหล็กเสริม	5
		ความผิดปกติของที่ยึดลวดอัดแรง	5
	02	รอยแตก, น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	3
		การไหล่ของเหล็กเสริม	5
		ความผิดปกติของที่ยึดลวดอัดแรง	5
ที่รองรับสะพาน	101	ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ	5
	102	ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ	5
	103	ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ	5
	104	ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ	5
	201	ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ	5
	202	ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ	5
	203	ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ	5
	204	ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ	5
ผิวถนน	01	ความไม่เรียบของผิวถนน	5
		ความผิดปกติของพื้นถนน	5
ราวกันชน	01	ความผิดปกติของราวกันชน	5
	02	ความผิดปกติของราวกันชน	5
	03	ความผิดปกติของราวกันชน	5
	04	ความผิดปกติของราวกันชน	5

(12) สะพาน IRR ใต้

ตารางที่ 4.4.15 ระดับมาตรการของสะพาน IRR ใต้

รายชื่อชิ้นส่วน	หมายเลข	ประเภทของความเสียหาย	ช่วงคะแนนที่ 1	ช่วงคะแนนที่2	ช่วงคะแนนที่ 4	ช่วงคะแนนที่5
คานหลัก	01	รอยแตก, น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	5	5	5	5
		การไหล่ของเหล็กเสริม	5	5	5	5
		ความผิดปกติของที่ยึดลวดอัดแรง	5	5	5	5
	02	รอยแตก, น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	5	5	5	5
		การไหล่ของเหล็กเสริม	5	5	5	5
		ความผิดปกติของที่ยึดลวดอัดแรง	5	5	5	5
	03	รอยแตก, น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	5	5	5	5
		การไหล่ของเหล็กเสริม	5	5	5	5
		ความผิดปกติของที่ยึดลวดอัดแรง	5	5	5	5
คานขวาง	01	รอยแตก, น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	5	5	5	5
		การไหล่ของเหล็กเสริม	5	5	5	5
		ความผิดปกติของที่ยึดลวดอัดแรง	5	5	5	5
	02	รอยแตก, น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	5	5	5	5
		การไหล่ของเหล็กเสริม	5	5	5	5
		ความผิดปกติของที่ยึดลวดอัดแรง	5	5	5	5
	03	รอยแตก, น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	5	5	5	5
		การไหล่ของเหล็กเสริม	5	5	5	5
		ความผิดปกติของที่ยึดลวดอัดแรง	5	5	5	5
แผ่นพื้น	01	การไหล่ของเหล็กเสริม	5	5	5	5
		การหลุดร่อน	5	5	5	5
		รอยแตกในแผ่นพื้น	3	3	3	3
	02	การไหล่ของเหล็กเสริม	5	5	5	5
		การหลุดร่อน	5	5	5	5
		รอยแตกในแผ่นพื้น	5	5	5	5
	03	การไหล่ของเหล็กเสริม	5	5	5	5
		การหลุดร่อน	5	5	5	5
		รอยแตกในแผ่นพื้น	3	5	3	3
โครงสร้างส่วนล่าง	01	รอยแตก, น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	3	5	3	3
		การไหล่ของเหล็กเสริม	5	5	5	5
		ความผิดปกติในโครงสร้างส่วนล่าง	5	5	5	5
	02	รอยแตก, น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	3	-	-	3
		การไหล่ของเหล็กเสริม	5	-	-	5
		ความผิดปกติในโครงสร้างส่วนล่าง	5	-	-	5
ผิวถนน	01	ความไม่เรียบของผิวถนน	5	5	5	5
		ความผิดปกติของพื้นถนน	5	5	5	5
ราวกันชน	01	ความผิดปกติของราวกันชน	5	5	5	5
	02	ความผิดปกติของราวกันชน	5	5	5	5
	03	ความผิดปกติของราวกันชน	5	5	5	5
	04	ความผิดปกติของราวกันชน	5	5	5	5
รอยต่อขยายตัว	01	ความผิดปกติของรอยต่อขยายตัว	5	5	5	5

รายชื่อชิ้นส่วน	หมายเลข	ประเภทของความเสียหาย	ช่วงคะแนนที่ 3
คานหลัก	01-04	สนิมเหล็ก	5
		รอยแตก	5
		การหลุดของน็อต	5
		การฉีกขาด	5
คานขวาง	01-03	สนิมเหล็ก	5
		รอยแตก	5
		การหลุดของน็อต	5
		การฉีกขาด	5
แผ่นพื้น	01-05	การไหล่ของเหล็กเสริม	5
		การหลุดร่อน	5
		รอยแตกในแผ่นพื้น	5
		ความผิดปกติของที่ยึดลวดอัดแรง	5
เสาพิง	01	รอยแตก, น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	3
		การไหล่ของเหล็กเสริม	5
		ความผิดปกติของที่ยึดลวดอัดแรง	5
	02	รอยแตก, น้ำรั่วซึม,คราบขี้เกลือ	3
		การไหล่ของเหล็กเสริม	5
		ความผิดปกติของที่ยึดลวดอัดแรง	5
สายเคเบิล	01	ความผิดปกติของที่ยึดลวดอัดแรง	2
	02	ความผิดปกติของที่ยึดลวดอัดแรง	2
ที่รองรับสะพาน	101	ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ	5
	102	ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ	5
	103	ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ	5
	104	ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ	5
	201	ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ	5
	202	ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ	5
	203	ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ	5
	204	ความผิดปกติในการทำงานของที่รองรับ	5
ผิวถนน	01	ความไม่เรียบของผิวถนน	5
		ความผิดปกติของพื้นถนน	5
ราวกันชน	01	ความผิดปกติของราวกันชน	5
	02	ความผิดปกติของราวกันชน	5
	03	ความผิดปกติของราวกันชน	5
	04	ความผิดปกติของราวกันชน	5

4.4.5 การจัดทำแผนปฏิบัติการ (Action Plan) เพื่อดำเนินการและทบทวนแผนงาน

โดยทั่วไปแล้ว ในการจัดทำแผนงานบำรุงรักษาระยะยาวแบบเชิงป้องกันนั้น จำเป็นต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นจำนวนมาก ซึ่งไม่ว่าในองค์กรใดๆ ก็ตามในปัจจุบันยังไม่มีการดำเนินการที่เพียงพอ

สถานการณ์ในปัจจุบันใน DRR ก็เช่นเดียวกัน ต้องเผชิญกับปัญหาหลายประการและยังไม่มีการดำเนินงานบำรุงรักษาระยะยาวแบบเชิงป้อง

ในอนาคตอันใกล้ เป็นที่คาดการณ์ว่าปัญหาเหล่านี้จะสามารถแก้ไขได้ โดยการดำเนินการตรวจสอบและประเมินผลในรูปแบบเดียวกันของหน่วยงานต่างๆ ใน DRR ทั้งหมด และทำการวางแผนงานบำรุงรักษาระยะยาวตาม "คู่มือการตรวจสอบและประเมินผล" นอกจากนี้ กระบวนการเหล่านี้ไม่มีรูปแบบที่แน่นอนตายตัว ควรมีการปรับปรุงและแก้ไขให้เหมาะสมตามระยะเวลาด้วย

(1) วงจร PDCA ในงานบำรุงรักษา

ระบบการบำรุงรักษาสะพานในระยะยาวนั้น สามารถแสดงด้วยวงจร PDCA ได้ตามข้างล่าง

Plan : วางแผนงานบำรุงรักษาระยะยาว
Do : ดำเนินมาตรการซ่อมแซม, เสริมกำลัง
Check : ตรวจสอบสะพานตามกำหนดเวลา
Action : ทบทวนและปรับปรุงแก้ไขอย่างต่อเนื่อง

ในแผนงานบำรุงรักษาระยะยาวนั้น เนื่องจากมีความจำเป็นที่จะต้องเพิ่มความแม่นยำในการพยากรณ์ ดังนั้นจึงควรมีการปรับปรุงแผนงานอยู่เสมอในระหว่างดำเนินการตามวงจร PDCA ให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมด้านต่างๆ (ด้านเทคโนโลยี, ด้านสังคม, ด้านสิ่งแวดล้อม และอื่นๆ)

(2) ข้อเสนอต่อแผนปฏิบัติการเพื่อดำเนินการและทบทวนแผนงาน

1) ข้อกำหนดทั่วไป

ข้อกำหนดทั่วไปของสะพานทั้งหมดได้แสดงไว้ดังข้างล่างนี้ คือ มีความจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงแผนงานให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไป

a) การเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยี: วิธีการซ่อมแซม, การทำนายการเสื่อมสภาพในอนาคต เป็นต้น
b) การเปลี่ยนแปลงทางด้านสังคม : ปริมาณการจราจร, งบประมาณของงานซ่อมแซม เป็นต้น
c) การเปลี่ยนแปลงทางด้านสิ่งแวดล้อม: ดัชนีทำนายอัตราการเสื่อมสภาพ เป็นต้น
d) การเปลี่ยนแปลงของระบบบำรุงรักษา : ผังองค์กรงานบำรุงรักษา, ระบบการอบรมบุคคลากร, ความถี่ในการตรวจสอบประจำ เป็นต้น

โดยทั่วไปแล้ว การดำเนินงานตรวจสอบประจำในวงจร PDCA ในทุกระยะเวลา 5 ปี นั้นถือว่าเป็นมาตรการที่เหมาะสมในการปฏิบัติงานจริง

2) แผนปฏิบัติการสำหรับสะพานเหล็กโครงถักข้อหมุน (Steel Truss Bridge)

ความเสียหายโดยทั่วไปที่พบในสะพานเหล็กโครงถักข้อหมุน (สะพานกรุงธน, สะพานกรุงเทพ, สะพานพระพุทธยอดฟ้า) ได้แก่ การชนของเรือหรือรถยนต์และการเกิดสนิมในชิ้นส่วนหลักของโครงสร้าง

ในกรณีแรกนั้น เนื่องจากไม่ได้เป็นความเสียหายที่เกิดขึ้นตามระยะเวลา ถ้าหากสามารถดำเนินมาตรการป้องกันการชนได้เป็นผลสำเร็จก็จะสามารถลดความเสียหายลงได้อย่างมาก การตรวจสอบความถูกต้องของการทำนายความเสียหายของสะพานเหล่านี้ในวงจร PDCA อาจจะพิจารณาให้มีการดำเนินการในช่วงเวลา

เดียวกันได้

ส่วนในกรณีหลังนั้น เนื่องจากเป็นความเสียหายที่เกิดขึ้นตามเวลาที่ผ่านไป โดยทั่วไปจึงอาจจะกำหนดให้มีการดำเนินการตรวจสอบประจำทุกๆ 5 ปี ในวงจร PDCA ได้ อย่างไรก็ดี เนื่องจากงานทาสีใหม่จะดำเนินการทุกๆ 4 ปี ซึ่งนั่งร้านที่ใช้งานทาสีสามารถนำมาใช้สำหรับงานตรวจสอบได้ ก็อาจจะกำหนดให้มีการรายงานว่ามีความเสียหายรุนแรงหรือไม่ รวมถึงตำแหน่งของความเสียหายถ้ามี ซึ่งจะช่วยทำให้งานตรวจสอบมีประสิทธิภาพมากขึ้น

นอกจากนี้ อาจมีการปรับปรุงเพิ่มคุณภาพและความทนทานของวิธีการทาสี ซึ่งจะทำให้งานทาสีซ่อมแซมสามารถดำเนินงานไปพร้อมกันและเป็นส่วนหนึ่งของการดำเนินงานตามวงจร PDCA ได้

3) แผนปฏิบัติการสำหรับสะพานคอนกรีต (Concrete Bridge)

ความเสียหายโดยทั่วไปที่พบในสะพานคอนกรีต (สะพานพระราม 4, สะพานพระราม 5, สะพานพระราม 7, สะพานพระปิ่นเกล้า, สะพานพระปกเกล้า, สะพานสมเด็จพระเจ้าตากสิน, สะพานพระราม 3) ได้แก่ ความเสียหายเบื้องต้นที่เกิดในระหว่างการก่อสร้างและคราบขี้เกลือที่บริเวณใต้คานซึ่งเกิดจากน้ำที่รั่วซึมผ่านรอยต่อขยายตัว เนื่องจากระดับความรุนแรงของความเสียหายเหล่านี้อยู่ในเกณฑ์ทั่วไป จึงพิจารณาว่าไม่น่ามีปัญหาใด ถ้ามีการดำเนินงานตรวจสอบประจำและซ่อมแซมทุกๆ ระยะเวลา 5 ปี ในสะพานพระราม 5 นั้น เนื่องจากมีการเอียงตัวของเสาสะพานซึ่งอาจจะเป็นปัญหาใหญ่ต่อโครงสร้างได้ จึงควรให้มีการตรวจสอบอย่างละเอียดเพิ่มเติมเป็นการเร่งด่วน นอกเหนือจากงานตรวจสอบประจำ

4) แผนปฏิบัติการสำหรับสะพานขึง (Cable-stayed Bridge)

ความเสียหายโดยทั่วไปที่พบในสะพานขึง (สะพาน IRR เหนือ, IRR ใต้) คือ รอยแตกในแผ่นพื้นสะพาน, บริเวณมุมขอบของเสาขึง (Pylon), บริเวณโครงสร้างส่วนล่างของเสาขึง, บริเวณผิวด้านข้างของเสาตอม่อ

ถึงแม้ว่าความเสียหายใน 2 กรณีแรกนั้นจะไม่มีผลกระทบต่อโครงสร้างโดยรวม ในกรณีแผ่นพื้นยื่น (Cantilever Slab) ควรให้มีการตรวจสอบงานออกแบบและศึกษาการติดตั้งชั้นกันน้ำซึม สำหรับบริเวณมุมขอบของเสาขึงนั้น ควรให้มีการติดตั้งนั่งร้านและทำการตรวจสอบในระยะใกล้ด้วยตาเปล่าในระหว่างงานตรวจสอบประจำที่จะดำเนินการในปีหน้า

สำหรับความเสียหายใน 2 กรณีหลังนั้น เนื่องจากพิจารณาว่าไม่ได้เป็นความเสียหายที่เกิดขึ้นเนื่องจากโครงสร้าง แต่น่าจะเกิดขึ้นในระหว่างการก่อสร้าง ถ้าดำเนินงานตรวจสอบประจำและซ่อมแซมทุกๆ ระยะเวลา 5 ปีอย่างต่อเนื่องก็ไม่น่าจะมีปัญหาใด