

กลยุทธ์การบำรุงรักษาสะพานของกรมทางหลวงในพื้นที่กรุงเทพมหานคร เพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

Maintenance strategies for Highway's bridge structures in Bangkok area to reduce carbon dioxide emissions

วชิรวิทย์ สวัสดิ์ณานา^{1,*} พรชัย ศิลาธรรม² อภิชา ชูศรี³ ทิพย์ธรา จิระเจริญสมบัติ⁴ กุลติลลิก หาญกักตบฏินา⁵ และ ศุภณัฐ ศรีสุวรรณ⁶

^{1,2,3,4,5,6} แขวงทางหลวงกรุงเทพ กรมทางหลวง กรุงเทพมหานคร

*Corresponding author; E-mail address: wachi.sa@doh.go.th

บทคัดย่อ

แขวงทางหลวงกรุงเทพ กรมทางหลวง มีสะพานในความรับผิดชอบจำนวนมากกว่า 200 แห่ง ความยาวรวมมากกว่า 39,500 เมตร โดยมีจำนวนสะพานที่อายุมากกว่า 20 ปีเกือบร้อยละ 50 ของสะพานทั้งหมด สะพานเหล่านี้มีสภาพโดยรวมทั้งสมบูรณ์และเกิดความเสียหาย ซึ่งประเมินได้จากค่า Overall Condition Rating (OCR) สะพานส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร มีการคมนาคมขนส่งจำนวนมาก รองรับปริมาณจราจรสูงสุด 84,838 คันต่อวัน รวมทั้งในปัจจุบันมีการให้ความสำคัญเรื่องความยั่งยืนทางสิ่งแวดล้อม การบำรุงรักษาสะพานมีความซับซ้อนและดำเนินการได้ค่อนข้างยาก จำเป็นต้องมีการประเมินและวางแผน การบำรุงรักษาสะพานจำแนกได้ 2 ประเภท ได้แก่ การบูรณะซ่อมแซม วิธีนี้ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จำนวนมากเหมาะสำหรับสะพานที่มีค่า OCR ระดับ 1 (วิกฤต) และ 2 (ชำรุด) เป็นสะพานที่เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างค่อนข้างมาก มีจำนวนรวม 51 แห่ง เมื่อมีการซ่อมแซมจะปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมกัน 1,099,609 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ และการบำรุงรักษาสะพานแบบป้องกันหรือการเสริมกำลังด้วยวัสดุเส้นใยไฟเบอร์เสริมแรง การบำรุงรักษาด้วยวิธีนี้ไม่ก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เนื่องจากไม่มีการนำคอนกรีตและเหล็กเสริมมาใช้ เหมาะสำหรับสะพานที่มีค่า OCR ระดับ 3 (พอใช้) เป็นสะพานที่เกิดความเสียหายเล็กน้อย มีจำนวน 42 แห่ง หากไม่มีการเสริมกำลังจะส่งผลให้โครงสร้างเสียหายเพิ่มขึ้น จำเป็นต้องทำการบูรณะซ่อมแซม และทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมกันเพิ่มสูงถึง 905,560 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ การวางแผนบำรุงรักษาสะพานด้วยวิธีการที่เหมาะสมตามระดับ OCR และมุ่งเน้นการบำรุงรักษาสะพานแบบป้องกัน จะช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ไม่น้อยกว่า 905,560 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ หรือเทียบเท่าการปลูกต้นไม้ทดแทน 905 ต้น เพื่อเพิ่มความยั่งยืนของสะพานและสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ: การบำรุงรักษาสะพาน, Overall Condition Rating, ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, ความยั่งยืน

Abstract

The Bangkok Highway District, Department of Highways (DOH), THAILAND, is responsible for highway bridges, more than two hundred (>200) with a combined length of more than 39,500 meters. Almost 50 percent of these bridges are more than 20 years old. These bridges range in condition from good to damaged. Evaluation is based on the Overall Condition Rating (OCR). Most of the bridges are in the Bangkok Metropolitan area, with high traffic and a maximum traffic of 84,838 vehicles per day. Currently, there is an emphasis on environmental sustainability. Maintenance of these bridges are complex and challenging tasks, requiring thorough assessment and planning. Two categories of bridge maintenance are bridge restoration and preventive maintenance. Bridge restoration is the removal and replacement of damaged components. This type of maintenance is appropriate for bridges with OCR levels 1 (Critical) and 2 (Poor). Fifty-one (51) of these bridges require repair, which generates 1,099,609 kg of carbon dioxide. Bridges with an OCR level of 3 (Fair) are suitable for preventive maintenance or strengthening. Fiber-reinforced material is one of the alternatives. This process does not generate carbon dioxide emissions because it does not involve the use of concrete and reinforced steel materials. There are forty-two (42) such bridges, if reinforcement is not done, it will result in increased structural damage, necessitating bridge restoration and generates 905,560 kg of carbon dioxide. To enhance the

sustainability of the bridge and the environment, bridge maintenance should be planned using appropriate techniques based on OCR level and emphasis on preventive maintenance. This will reduce carbon dioxide emissions, which is equivalent to planting 905 new trees.

Keywords: Bridge maintenance, Overall condition rating, Carbon dioxide emissions, Sustainability

1. บทนำ

แขวงทางหลวงกรุงเทพ กรมทางหลวง รับผิดชอบดูแลรักษาทางหลวงตามพระราชบัญญัติทางหลวง พ.ศ. 2535 ทางหลวงส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นเมืองหลวงของประเทศไทย มีประชากรอาศัยหรือทำงานอยู่มากกว่า 10 ล้านคน[1] ทำให้เกิดการคมนาคมขนส่งทางถนนจำนวนมาก การคมนาคมขนส่งมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาประเทศทั้งในด้านเศรษฐกิจและสังคม โดยเมื่อเมืองมีการขยายตัวขึ้น ส่งผลให้ความต้องการในการเดินทางเพิ่มขึ้น การจราจรหนาแน่น ปริมาณจราจรสูง โครงสร้างพื้นฐานของทางหลวง ได้แก่ ถนนและสะพาน ต้องรองรับปริมาณจราจรจำนวนมาก เมื่อมองในระยะยาวจะเกิดความเสื่อมโทรมและเสียหายของโครงสร้างถนนและสะพานตามมา ดังนั้นจึงต้องมีการบำรุงรักษา บำรุงและซ่อมแซมโครงสร้างดังกล่าวด้วยวิธีการที่เหมาะสม ประกอบกับในปัจจุบันเกิดภาวะโลกร้อน เนื่องจากมีปริมาณก๊าซเรือนกระจกหรือการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น ซึ่งจำเป็นต้องคำนึงถึงผลกระทบและความยั่งยืนทางสิ่งแวดล้อม

แขวงทางหลวงกรุงเทพดูแลรักษาทางหลวงระยะทางรวมทั้งหมด 206.56 กิโลเมตร มีปริมาณจราจรสูงสุด 84,838 คัน/วัน (สำรวจปี พ.ศ. 2567) รวมทั้งมีสะพานในพื้นที่รับผิดชอบทั้งหมด 228 ตัว ระยะทางรวมกว่า 39,500 เมตร แสดงให้เห็นว่าสะพานในพื้นที่รับผิดชอบของแขวงทางหลวงกรุงเทพมีจำนวนมาก โดยมีสะพานที่มีอายุการใช้งานมากกว่า 20 ปี มีจำนวนมากถึง 108 ตัว คิดเป็น 47.37% ของสะพานทั้งหมด

ในปัจจุบันสะพานมีทั้งสภาพดีและชำรุดเสียหาย สะพานที่ชำรุดเสียหายมีสาเหตุจากอายุการใช้งานหลายสิบปี และรองรับปริมาณจราจรจำนวนมาก รวมทั้งถูกกัดกร่อนด้วยสภาวะอากาศที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา จำเป็นต้องได้รับการบำรุงรักษา เพื่อให้สะพานมีอายุการใช้งานเพิ่มขึ้น การบูรณะซ่อมแซมหรือการซ่อมแซมโครงสร้างแบบทำลาย ส่งผลให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จำนวนมาก ในทางกลับกันหากมีการวางแผนบำรุงรักษาสะพานตั้งแต่สะพานเริ่มชำรุดเสียหายเล็กน้อย ด้วยการบำรุงรักษาสะพานแบบป้องกันหรือการเสริมกำลัง จะช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากกระบวนการบำรุงรักษาสะพานในพื้นที่แขวงทางหลวงกรุงเทพ และเป็นการลดต้นเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการบำรุงรักษาสะพานของแขวงทางหลวงกรุงเทพ เพื่อลดปริมาณ การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์—และเพื่อเป็นข้อเสนอแนะของคณะผู้จัดทำในการจัดทำแผนงาน การบำรุงรักษาสะพานในพื้นที่แขวงทางหลวงกรุงเทพ

2. เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายโครงสร้างสะพานของกรมทางหลวง (Overall Conditions Rating)

2.1 การตรวจสอบสะพานและเกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายโครงสร้างสะพานของกรมทางหลวง[2]

การตรวจสอบสะพานตามรอบกำหนดเวลา เป็นการประเมินสภาพของสะพานอย่างละเอียดในแต่ละชิ้นส่วนและภาพรวมของสะพาน โดยระดับ ความสมบูรณ์ของสะพานจะแบ่งโดยใช้เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายโครงสร้างสะพานของกรมทางหลวง (Overall Conditions Rating, OCR) ดังตารางที่ 1 และการตรวจสอบสะพาน[2] มีทั้งหมด 3 รูปแบบดังนี้

- 1) การตรวจสอบปกติ เป็นการตรวจสอบสภาพสะพานอย่างง่าย เพื่อให้ทราบถึงสภาพการใช้งาน การประเมินจะพิจารณาจากชิ้นส่วนที่สามารถมองเห็นได้จากด้านบนของสะพาน เมื่อผู้ตรวจสอบพบความเสียหาย จะทำการบันทึกลงในแบบฟอร์มการตรวจสอบ โดยระยะเวลาในการตรวจสอบจะทำการทุก 1 ปี สำหรับสะพานที่มี OCR ≤ 3 และ ตรวจสอบทุก 2 ปี สำหรับสะพานที่มี OCR ≥ 4
- 2) การตรวจสอบหลัก เป็นการตรวจสอบสภาพสะพานอย่างละเอียดเพื่อให้ทราบถึงสภาพของสะพานโดยข้อมูลที่ได้จะมีความละเอียดกว่าการตรวจสอบแบบปกติ ทำการประเมินสภาพการใช้งานของแต่ละประเภทชิ้นส่วนในแต่ละบริเวณ และนำมาสรุปผลการใช้งาน โครงสร้างส่วนบน โครงสร้างส่วนล่าง และส่วนประกอบรอง และสรุปการใช้งานโดยรวม โดยระยะเวลาในการตรวจสอบทุก 4 ปี สำหรับสะพานที่มี OCR ≤ 3 และ ตรวจสอบทุก 6 ปี สำหรับสะพานที่มี OCR ≥ 4
- 3) การตรวจสอบพิเศษ เป็นการตรวจสอบสภาพสะพานในกรณีที่มีสะพานมีความเสียหาย หรือเกิดเหตุฉุกเฉินที่อาจส่งผลกระทบต่อการใช้งานของสะพาน การตรวจสอบอาจใช้การทดสอบแบบทำลาย (Destructive Testing) หรือการทดสอบแบบไม่ทำลาย (Nondestructive Testing) เพื่อประเมินความสมบูรณ์ของโครงสร้าง โดยใช้ผลการทดสอบเป็นการอ้างอิงสภาพของโครงสร้าง

ตารางที่ 1 เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายโครงสร้างสะพานของกรมทางหลวง (Overall Conditions Rating)[2]

ระดับ OCR	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 - โครงสร้างส่วนที่ไม่รับแรงหรือส่วนที่ไม่สำคัญต้องดำเนินการซ่อมแซมให้กลับคืนสู่สภาพเดิม
1	วิกฤต	- สภาพชำรุดที่ต้องพิจารณาซ่อมแซมอย่างเร่งด่วนหรือต้องทำการบูรณะ - โครงสร้างส่วนที่รับแรงหรือส่วนที่สำคัญ มีสภาพชำรุดเสียหายมากที่ต้องดำเนินการซ่อมแซมอย่างเร่งด่วนหรือต้องทำการบูรณะ - โครงสร้างส่วนที่ไม่รับแรงหรือส่วนที่ไม่สำคัญต้องดำเนินการซ่อมแซมให้กลับคืนสู่สภาพเดิม
0	วิบัติ	- สภาพชำรุดเสียหายมาก ต้องทุบสะพานทิ้งและก่อสร้างใหม่

Corrosion) จำนวนมาก ดังรูปที่ 1 และรูปที่ 2 ซึ่งสามารถพบได้ใน สะพานที่มีค่า OCR ระดับ 1 (วิกฤต) และ 2 (ชำรุด)



รูปที่ 1 การเกิดสนิมในเหล็กเสริมคอนกรีต



รูปที่ 2 การหลุดร่อนและแตกออกของคอนกรีต

2.2 ความเสียหายของสะพานและการเสื่อมสภาพ[3]

เมื่อระยะเวลาหนึ่งผ่านไป สะพานจะเกิดสภาพความเสียหายขึ้น บริเวณชิ้นส่วนของสะพาน เช่น รอยแตก (Cracking) การหลุดแยก ออกเป็นแผ่นๆ (Delamination) การหลุดล่อน (Spalling) การสึกหรอ ของพื้นผิว (Wears) และการเกิดสนิมในเหล็กเสริม (Reinforced Steel Corrosion) เป็นต้น ซึ่งเกิดจากปัจจัยต่างๆ และถูกทำลายมาอย่างต่อเนื่องยาวนาน ได้แก่ การทำลายจากคลอไรด์ การกัดกร่อน การเกิดปฏิกิริยาคาร์บอนชั่น น้ำท่วม ไฟไหม้ วัฏจักรสภาพแห้ง-เปียก สลับกันตลอดเวลา และอุบัติเหตุทางถนน

3. การบูรณะซ่อมแซม

การบูรณะซ่อมแซมหรือการซ่อมแซมโครงสร้างแบบทำลาย คือ การซ่อมแซมโครงสร้างสะพานด้วยวิธีการรื้อส่วนที่เสียหายออกแล้ว ก่อสร้างใหม่ทดแทน มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงสภาพโครงสร้างหลังจาก เกิด การเสื่อมสภาพที่รุนแรงแล้ว[4] เหมาะสำหรับสะพานที่มีสภาพ ความเสียหายค่อนข้างหนักถึงหนัก ประเมินเบื้องต้นด้วยการสังเกตด้วย สายตาและเคาะฟังเสียงด้วยค้อน หากโครงสร้างคอนกรีตเกิดรอยแตก (Cracking) การหลุดแยกออกเป็นแผ่นๆ (Delamination) การหลุดร่อน (Spalling) หรือการเกิด สนิมในเหล็กเสริม (Reinforced Steel

3.1 ขั้นตอนการบูรณะซ่อมแซมสะพาน[5]

3.1.1 การซ่อมแซมพื้นสะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก

- 1) ตัดคอนกรีตที่เสียหายเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือสี่เหลี่ยมด้านเท่า หลังจากนั้นทำการสกัดคอนกรีตที่เสียหายออกด้วย Jack Hammer หรือใช้แรงดันน้ำ สกัดจนถึงผิวชั้นบนของเหล็กเสริม โดยการสกัดคอนกรีตออกอีก 1 นิ้ว ได้ชั้นผิวบนของเหล็กเสริม
- 2) ทำความสะอาดเหล็กเสริมด้วยการฉีดน้ำหรือทราย และหาก หน้าตัดเหล็กเกิดการ สูญหาย ควรทำการเพิ่มเหล็กเข้าไป เพื่อให้โครงสร้างรับน้ำหนักได้เหมือนเดิม
- 3) ทำการซ่อมแซมด้วยวัสดุซ่อมแซม ซึ่งได้แก่ ปูนทรายที่ ปราศจากการหดตัว ก่อตัวเร็ว และมีการปรับปรุงโดยใช้โพลีเมอร์ (Non-Shrink, Quick-Setting Polymer Modified Cementitious Mortar)
- 4) หากบริเวณที่ต้องทำการซ่อมแซมมีขนาดใหญ่ ควรเลือกใช้ คอนกรีตทั่วไป ในกรณีนี้ภายหลังที่ทำความสะอาดคอนกรีต เดิมด้วยแรงดันน้ำ หรือแรงดันลม ควรทำการเพิ่มแรงยึดเหนี่ยว

ระหว่างคอนกรีตเก่ากับคอนกรีตใหม่ด้วยการทาอีพ็อกซีลงบนผิวคอนกรีตเดิม และผิวชั้นล่างเหล็กเสริม ก่อนที่อีพ็อกซีจะแข็งตัวควรทำการเทคอนกรีต

- 5) เคลือบคอนกรีตและทำการตกแต่งผิว
- 6) ในพื้นสะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก หากมีการหลุดร่อนมากกว่า 30 ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นผิวสะพานทั้งหมด วิธีการซ่อมแซมทั่วไปทำได้โดยสกัดคอนกรีตที่เสียหายจากทางเดินถึงทางเดิน และต้องสกัดคอนกรีตจนต่ำกว่าระดับผิวบนเหล็กเสริม หลังจากนั้นทำการเทคอนกรีตให้เหนือระดับเหล็กเสริม และทำการปูทับด้วยคอนกรีตที่มีการยุบตัวต่ำ
- 7) การป้องกันบริเวณที่ทำการซ่อมแซมจากสิ่งรอบข้างระหว่างการซ่อมแซม ควรวางแผนการป้องกันการจราจร ป้องกันคนเดินเท้า ป้องกันสาธารณูปโภค ทั้งด้านบนและด้านล่างสะพานด้วยอุปกรณ์อำนวยความสะดวกจราจร เครื่องหมาย และการทำทางเบี่ยงอย่างเหมาะสม

3.1.2 การซ่อมแซมโครงสร้างส่วนบนของสะพาน

- 1) สกัดคอนกรีตที่เสื่อมสภาพออก โดยค้ำยันขึ้นส่วนที่ต้องการซ่อมแซม ตัดขึ้นส่วนให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมก่อนที่จะทำการสกัดคอนกรีตที่เสื่อมสภาพออก บริเวณที่เหล็กเสริมโผล่ ควรทำการสกัดคอนกรีตรอบๆ เหล็กเสริมอย่างน้อย 1 นิ้ว เพื่อเพิ่มการยึดเหนี่ยวกับคอนกรีต
- 2) สกัดสนิมเหล็ก ควรทำการขัดสนิมเหล็กออกจากเหล็กเสริมด้วยแปรงลวดหรือเครื่องเจียร์ หลังจากขัดสนิมออกจากเหล็กเสริมแล้ว หากพบว่าหน้าตัดเหล็กเสริมลดลงมากกว่าร้อยละ 10 ควรเปลี่ยนเหล็กเสริมเพื่อเพิ่มความแข็งแรง โดยต้องมีระยะทับที่เพียงพอตามหลักวิศวกรรม
- 3) ทำความสะอาดผิวหน้า ระหว่างที่ทำการสกัดสนิมเหล็ก ควรทำความสะอาดผิวคอนกรีตให้ปราศจากเศษหิน เศษปูนบนผิวคอนกรีต หลังจากนั้นใช้ความดันลมหรือความดันน้ำทำความสะอาดผิวคอนกรีตอีกครั้ง
- 4) ทาเคลือบเหล็กเสริมด้วยวัสดุ Epoxy เพื่อป้องกันการเกิดสนิมและทาน้ำยาประสานคอนกรีตเพื่อเพิ่มแรงยึดเกาะของวัสดุซ่อมแซมกับพื้นผิวของคอนกรีตเดิม
- 5) การเทคอนกรีต ทำการติดตั้งไม้แบบสำหรับเทคอนกรีต หลังจากนั้นเทคอนกรีตพร้อมด้วยการจี้เขย่าอย่างสม่ำเสมอ ถ้าบริเวณที่ทำการซ่อมแซมมีขนาดใหญ่ วิธีการที่เหมาะสมคือการใช้ปูนทรายที่ปราศจากการหดตัวและปรับปรุงด้วยโพลีเมอร์ (Nonshrink Cement Mortar Containing Polymer) ในการซ่อมแซม
- 6) การบ่มคอนกรีต คอนกรีตที่ได้รับการซ่อมแซมควรที่ได้รับการบ่มตามระยะเวลาที่บอกไว้ในข้อกำหนด หรือตามที่ผู้ผลิตวัสดุซึ่งใช้ใน การซ่อมแซมคอนกรีต

- 7) การป้องกันบริเวณที่ทำการซ่อมแซมจากสิ่งรอบข้างระหว่างการซ่อมแซม ควรวางแผนการป้องกันการจราจร ป้องกันคนเดินเท้า ป้องกันสาธารณูปโภค ทั้งด้านบนและด้านล่างสะพานด้วยอุปกรณ์อำนวยความสะดวกจราจร เครื่องหมาย และการทำทางเบี่ยงอย่างเหมาะสม

3.2 การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศ[6]

การบูรณะซ่อมแซม เป็นการซ่อมแซมโครงสร้างสะพานที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศจำนวนมาก โดยสามารถแบ่งปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศตามวัสดุที่ใช้ในการซ่อมแซมโครงสร้างสะพาน ได้แก่ คอนกรีตและเหล็กเสริมคอนกรีต ค่าเทียบเท่าปริมาณการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละวัสดุแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าของวัสดุ[6]

วัสดุ	หน่วยเทียบเท่า	ปริมาณ CO ₂ เทียบเท่าต่อหน่วย (กก.CO ₂)
คอนกรีต	ลบ.ม.	314.81
เหล็กเสริมคอนกรีต	กก.	0.553

4. การบำรุงรักษาสะพานแบบป้องกัน

การบำรุงรักษาสะพานแบบป้องกันหรือการเสริมกำลัง คือ การเสริมกำลังด้วยวัสดุเส้นใยไฟเบอร์เสริมแรง เหมาะสำหรับสะพานที่มีสภาพความเสียหายเล็กน้อย ประเมินเบื้องต้นด้วยการสังเกตด้วยสายตาและเคาะฟังเสียงด้วยค้อน เช่น โครงสร้างคอนกรีตเกิดรอยแตก (Cracking) เล็กน้อย หรือการหลุดร่อน (Spalling) เล็กน้อย ดังรูปที่ 3 ซึ่งสามารถพบได้ในสะพานที่มีค่า OCR ระดับ 3 (พอใช้) นอกจากนี้การเสริมกำลังด้วยวัสดุเส้นใยไฟเบอร์เสริมแรงยังช่วยให้สะพานรับน้ำหนักบรรทุกได้ตามที่ผู้ออกแบบกำหนดไว้ดั้งเดิม เพิ่มอายุการใช้งานของสะพาน เพิ่มระยะเวลาการเสื่อมสภาพของโครงสร้างสะพาน ทำให้สะพานมีค่า OCR ระดับ 4 (ดี) หรือระดับ 3 (พอใช้) ลดโอกาสในการบูรณะซ่อมแซมสะพาน

วัสดุเส้นใยไฟเบอร์เสริมแรงมีทั้งหมด 3 ประเภทหลัก[7] ได้แก่

- 1) Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) 2) Aramid Fiber Reinforced Polymer (AFRP) และ 3) Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) ซึ่งคุณสมบัติด้านกำลังรับแรงดึงมีค่าแตกต่างกันออกไป โดยกำลังรับแรงดึงของ CFRP มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ AFRP และ GFRP มีค่าน้อยที่สุด ซึ่งการเลือกใช้วัสดุเส้นใยไฟเบอร์เสริมแรงในแต่ละชิ้นส่วนโครงสร้างจะขึ้นอยู่กับลักษณะของโครงสร้าง การคำนวณออกแบบ และชนิดของวัสดุเส้นใยไฟเบอร์ที่มีอยู่ในท้องตลาดบริเวณนั้น

วัสดุเส้นใยไฟเบอร์เสริมแรงที่นิยมมากที่สุดในปัจจุบัน คือ CFRP เนื่องจากวัสดุทำจากเส้นใยที่มีความแข็งแรงสูง (High Strength Fibers) มี

กำลังรับแรงดึงมากกว่าเหล็กประมาณ 10 เท่า โดยปกติ CFRP ที่ใช้ทั่วไปมี 3 ประเภทได้แก่ แบบแผ่น (Sheet) ความหนาประมาณ 0.11-0.17 มม. แบบสทริป (STRIP) ความหนาประมาณ 1.2-1.4 มม. และแบบแท่งกลม (ROD) เส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 8 มม. ขึ้นไป[8]

ในปัจจุบันวัสดุเส้นใยไฟเบอร์เสริมแรงได้รับการยอมรับในการใช้เสริมกำลังโครงสร้างอย่างแพร่หลายมากขึ้น เนื่องจากตัววัสดุไม่เกิดสนิม น้ำหนักเบาทำให้สามารถทำงานในพื้นที่จำกัดได้ ติดตั้งง่าย มีกำลังรับแรงดึงสูงมาก มีอายุการใช้งานยาวนาน และสามารถผลิตให้มีขนาดและความเหนียวได้ตามที่ต้องการ [7]



รูปที่ 3 ความเสียหายเนื่องจากการหลุดร่อนของผิวคอนกรีต

4.1 ขั้นตอนการบำรุงรักษาสะพานแบบป้องกันหรือการเสริมกำลัง[8]

การบำรุงรักษาสะพานแบบป้องกันด้วยวิธีการเสริมกำลังด้วยวัสดุเส้นใยไฟเบอร์เสริมแรงสามารถทำได้ทั้งโครงสร้างสะพานส่วนบน (Superstructure) เช่น พื้นสะพานและคานตามยาว เป็นต้น และโครงสร้างสะพานส่วนล่าง (Substructure) เช่น คานรัดหัวเสา (Cap beam) และ เสาตอม่อ (Pier) ซึ่งลักษณะการติดตั้งจะใกล้เคียงกัน มีรายละเอียด การติดตั้งดังนี้

1) เตรียมพื้นผิวคอนกรีตเดิมที่จะติดตั้งวัสดุเส้นใยไฟเบอร์เสริมแรง (FRP) โดยสกัดปูนฉาบโครงสร้างเดิมและผิวคอนกรีตที่เปราะออก หากพบการแตกร้าวให้ทำการซ่อมแซมก่อนการติดตั้งด้วยวิธี Concrete Repair หรือ Epoxy Injection รวมทั้งกำจัดฝุ่นและสิ่งสกปรกออกจากพื้นผิวก่อน

2) ทาหน้ายารองพื้นผิวคอนกรีตที่จะติดตั้งวัสดุเส้นใยไฟเบอร์เสริมแรง (FRP) ด้วยอีพ็อกซีเรซิน เพื่อการยึดเกาะที่ดีระหว่างคอนกรีตกับวัสดุ FRP ควรผสมอีพ็อกซีเรซิน ตามคำแนะนำของผู้ผลิต เครื่องมือที่เหมาะสมควรเป็นใบพัดไฟฟ้า ผสมที่อุณหภูมิที่เหมาะสมภายในระยะเวลาที่

กำหนด ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิมีผลต่อการแข็งตัวของอีพ็อกซีเรซิน

3) วางแผ่นเส้นใยไฟเบอร์เสริมแรง (FRP) บนอีพ็อกซีเรซินที่ทาไว้ขณะที่ยังไม่แข็งตัว ริดฟองอากาศด้วยลูกกลิ้ง จากนั้นทาอีพ็อกซีเรซินทับบนแผ่น FRP ให้ชุ่ม โดยอีพ็อกซีเรซินจะต้องซึมผ่านบนแผ่น FRP

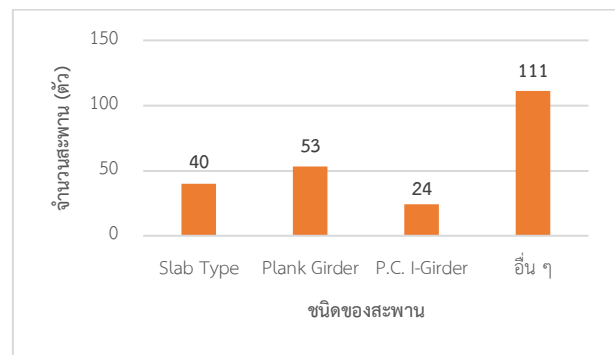
4) ในกรณีต้องวางแผ่นเส้นใยไฟเบอร์เสริมแรง (FRP) ซ้อนทับแผ่นเดิม ให้ทาอีพ็อกซีเรซิน และวางแผ่นก่อนที่อีพ็อกซีเรซินในชั้นแรกจะแข็งตัว โดยกำหนดความยาวในช่วงซ้อนทับตามคำแนะนำของผู้ผลิต โดยความยาวของการซ้อนทับต้องไม่น้อยกว่า 10 เซนติเมตร

5) ทาเคลือบผิวหน้าแผ่นเส้นใยไฟเบอร์เสริมแรง (FRP) ด้วยอีพ็อกซีเรซิน โดยทาเคลือบ 2 ครั้ง สักส่วนและปริมาณตามคำแนะนำของผู้ผลิต

5. ผลการสำรวจสะพานในความรับผิดชอบของ แขวงทางหลวงกรุงเทพ

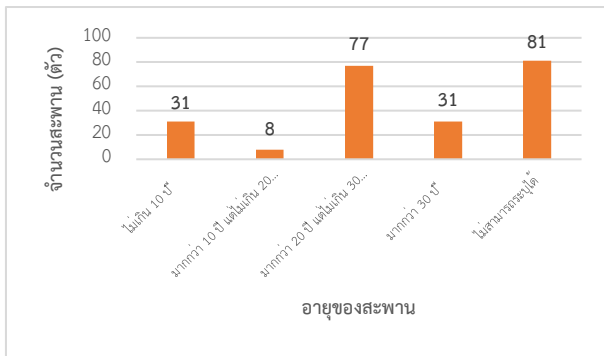
คณะผู้จัดทำลงพื้นที่สำรวจข้อมูลสะพานในความรับผิดชอบของแขวงทางหลวงกรุงเทพทั้งหมด ประกอบด้วยข้อมูลชื่อสะพาน สายทาง กม.ในสายทาง ลักษณะทางกายภาพของสะพาน ชนิดของสะพาน ลักษณะความเสียหาย หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจมาตรวจสอบกับฐานข้อมูลสะพานปี พ.ศ. 2566 ของแขวงฯ ที่เกิดจากการตรวจสอบหลักของเจ้าหน้าที่แขวงฯ และทำการประเมินลักษณะความเสียหายของสะพานแต่ละตัว เพื่อกำหนดระดับ OCR ของสะพานนั้นๆ

ผลการสำรวจสะพานในพื้นที่รับผิดชอบของแขวงทางหลวงกรุงเทพมีทั้งหมด 228 ตัว ระยะทางรวมกว่า 39,500 เมตร สามารถแบ่งชนิดของสะพานตามลักษณะของพื้นสะพานตามแบบมาตรฐานกรมทางหลวงได้ดังนี้ 1) สะพานชนิด Slab Type จำนวน 40 ตัว (17.26%) 2.สะพานชนิด Plank Girder จำนวน 53 ตัว (23.35%) 3.สะพานชนิด PC. I-Girder จำนวน 24 ตัว (10.66%) และ 4.สะพานชนิดอื่นๆ จำนวน 111 ตัว (48.73%) ดังรูปที่ 4

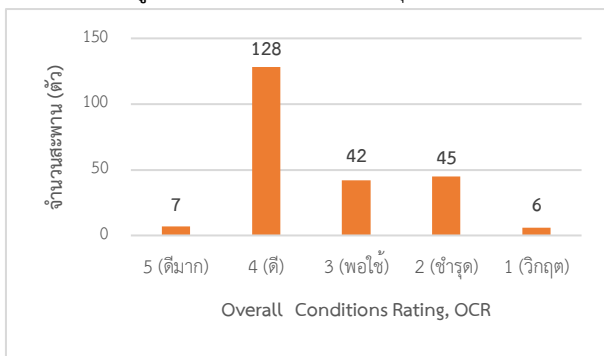


รูปที่ 4 จำนวนสะพานแบ่งตามลักษณะของพื้นสะพานตามมาตรฐานกรมทางหลวง

นอกจากนี้แบ่งสะพานตามอายุการใช้งานได้ดังนี้ 1.อายุการใช้งานไม่เกิน 10 ปี จำนวน 31 ตัว (13.60%) 2.อายุการใช้งานมากกว่า 10 ปี แต่ไม่เกิน 20 ปี จำนวน 8 ตัว (3.51%) 3.อายุการใช้งานมากกว่า 20 ปี แต่ไม่เกิน 30 ปี จำนวน 77 ตัว (33.77%) 4.อายุการใช้งานมากกว่า 30 ปี จำนวน 31 ตัว (13.60%) และ 5.อื่นๆ (ไม่สามารถระบุอายุการใช้งานได้) จำนวน 81 ตัว (35.52%) ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 จำนวนสะพานแบ่งตามอายุการใช้งาน



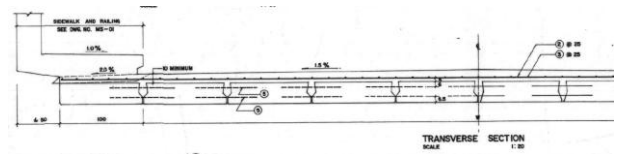
รูปที่ 6 จำนวนสะพานแบ่งตามค่า Overall Conditions Rating

การประเมินลักษณะความเสียหายหรือสภาพสะพานโดยรวม ซึ่งใช้เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายโครงสร้างสะพานของกรมทางหลวง (Overall Conditions Rating, OCR) สามารถจำแนกได้ดังนี้ 1.สะพานที่มีความสมบูรณ์ ไม่มีชิ้นส่วนโครงสร้างเสียหาย มีค่า OCR ระดับ 5 (ดีมาก) จำนวน 7 ตัว (3.07%) 2.สะพานที่มีความสมบูรณ์อยู่ในเกณฑ์ดี มีโครงสร้างส่วนที่รับแรงมีสภาพอยู่ในเกณฑ์พอใช้ มีค่า OCR ระดับ 4 (ดี) จำนวน 128 ตัว (56.14%) ซึ่งมีจำนวนมากที่สุดจากจำนวนสะพานในพื้นที่รับผิดชอบของแขวงกรุงเทพทั้งหมด 3.สะพานที่มีโครงสร้างส่วนที่รับแรง มีสภาพอยู่ในเกณฑ์พอใช้ และโครงสร้างส่วนที่รับแรงมีสภาพอยู่ในเกณฑ์พอใช้ มีค่า OCR ระดับ 3 (พอใช้) จำนวน 42 ตัว (18.42%) 4.สะพานที่มีโครงสร้างส่วนที่รับแรงมีสภาพชำรุดที่ต้องพิจารณาซ่อมแซม และโครงสร้างส่วนที่รับแรงต้องดำเนินการซ่อมแซมให้กลับคืนสู่สภาพเดิม มีค่า OCR ระดับ 2 (ชำรุด) จำนวน 45 ตัว (19.74%) และ 5.สะพานที่มีโครงสร้างส่วนที่รับแรงมีสภาพชำรุดเสียหายมาก ต้องดำเนินการ

ซ่อมแซมเร่งด่วน และโครงสร้างส่วนที่รับแรงต้องดำเนินการซ่อมแซมให้กลับสู่สภาพเดิม มีค่า OCR ระดับ 1 (วิกฤต) จำนวน 6 ตัว (2.63%) ดังรูปที่ 6

6. การคาดการณ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการบำรุงรักษาสะพานของแขวงทางหลวงกรุงเทพ

พิจารณาการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สำหรับการบูรณะซ่อมแซมสะพานที่มีระดับ OCR 1 และ 2 โดยคำนวณจากกรณีศึกษาอ้างอิงการซ่อมแซมพื้นสะพานข้ามคลองบางชัน ซึ่งเป็นชนิดสะพานที่มีจำนวนมากที่สุดในพื้นที่แขวงฯ จากการสำรวจพบว่าพื้นของสะพานส่วนใหญ่เกิดความเสียหายจำนวนมาก เมื่อมีการดำเนินการซ่อมแซมจะพิจารณาดำเนินการซ่อมแซมพื้นที่ทั้งหมดของพื้นสะพานในครั้งเดียว ความหนาพื้นคอนกรีตเท่ากับ 10 ซม. ดังรูปที่ 7[9] และการเสริมเหล็กดังรูปที่ 8[9] จึงสามารถสรุปปริมาณการใช้คอนกรีตและเหล็กเสริมคอนกรีตต่อพื้นที่หนึ่งตารางเมตร รวมทั้งปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในการซ่อมแซมพื้นสะพานดังกล่าวต่อพื้นที่สะพานหนึ่งตารางเมตร ได้ดังตารางที่ 3 จะพบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นมีค่าทั้งหมด 33.689 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตร



รูปที่ 7 รูปตัดพื้นสะพาน Plank Girder ตามแบบมาตรฐานกรมทางหลวง[9]

BAR REINFORCE DIAGRAM	BAR	4	SPAN 5.00 M.	SPAN 6.00 M.	SPAN 7.00 M.	SPAN 8.00 M.	SPAN 9.00 M.	SPAN 10.00 M.
NO. 10 @ 200	1	211	272	323	374	425	476	527
NO. 10 @ 200	2	211	272	323	374	425	476	527
NO. 10 @ 200	3	211	272	323	374	425	476	527
NO. 10 @ 200	4	211	272	323	374	425	476	527
NO. 10 @ 200	5	211	272	323	374	425	476	527
NO. 10 @ 200	6	211	272	323	374	425	476	527
NO. 10 @ 200	7	211	272	323	374	425	476	527
NO. 10 @ 200	8	211	272	323	374	425	476	527
NO. 10 @ 200	9	211	272	323	374	425	476	527
NO. 10 @ 200	10	211	272	323	374	425	476	527

รูปที่ 8 รายละเอียดการเสริมเหล็กพื้นสะพาน Plank Girder[9]

ตารางที่ 3 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการซ่อมแซมพื้นสะพานชนิด Plank Girder ต่อพื้นที่หนึ่งตารางเมตร สำหรับสะพานระดับ OCR1 และ 2

วัสดุ	หน่วยเทียบเท่า	จำนวน	ปริมาณ CO ₂ เทียบเท่าต่อหน่วย (กก.CO ₂)	ปริมาณ CO ₂ เทียบเท่าต่อตร.ม. (กก.CO ₂)
คอนกรีต	ลบ.ม.	0.10	314.81	31.481
เหล็กเสริมคอนกรีต	กก.	3.992	0.553	2.208
รวมทั้งหมด				33.689

จากการสำรวจสะพานข้ามคลองบางชั้นเป็นสะพานขนาด PG (4x10) มีความกว้างรวม 16.00 ม. ความยาวรวม 40.00 ม. ตั้งอยู่ด้านขวาทาง (RT) ของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 304 ตอนควบคุม 0202 ตอนคันนายาว - แยกเข้ามินบุรี กม.23+898 สามารถคำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นทั้งหมดสำหรับการบูรณะซ่อมแซมสะพานดังกล่าวได้ดังตารางที่ 4 จะพบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นทั้งหมด 21,560.960 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อสะพาน

ตารางที่ 4 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการบูรณะซ่อมแซมสะพานต่อหนึ่งสะพาน สำหรับสะพานระดับ OCR 1 และ 2

วัสดุ	พื้นที่ (ตร.ม.)	ปริมาณ CO ₂ เทียบเท่าต่อตร.ม. (กก.CO ₂)	ปริมาณ CO ₂ เทียบเท่าต่อสะพาน (กก.CO ₂)
คอนกรีต	640.00	31.481	20,147.840
เหล็กเสริมคอนกรีต		2.208	1,413,120
รวมทั้งหมด			21,560.960

6.1 กรณีที่ 1 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการบูรณะซ่อมแซมสะพานของสะพานที่มีระดับ OCR 1 และ 2

จากการสำรวจพบสะพานในพื้นที่รับผิดชอบของแขวงทางหลวงกรุงเทพที่มีระดับ OCR 1 จำนวน 6 ตัว และระดับ OCR 2 จำนวน 45 ตัว จำเป็นต้องดำเนินการบูรณะซ่อมแซม ซึ่งจะเกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมทั้งหมด 1,099,608.960 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ สามารถแบ่งตามชนิดวัสดุก่อสร้างได้แก่ คอนกรีตปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวม 1,027,539.84 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ และเหล็กเสริมคอนกรีตปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวม 72,069.12 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การคาดการณ์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการบูรณะซ่อมแซมสะพาน สำหรับสะพานระดับ OCR 1 และ 2 ทั้งหมด

สะพาน ระดับ OCR	จำนวน	วัสดุ	ปริมาณ CO ₂ เทียบเท่าต่อ สะพาน (กก.CO ₂)	ปริมาณ CO ₂ เทียบเท่าทั้งหมด (กก.CO ₂)
1	6	คอนกรีต	20,147.840	120,887.040
		เหล็กเสริม คอนกรีต	1,413,120	8,478.720
2	45	คอนกรีต	20,147.840	906,652.800
		เหล็กเสริม คอนกรีต	1,413,120	63,590.400
รวมปริมาณ CO ₂ ที่เกิดจากคอนกรีต				1,099,608.960
รวมปริมาณ CO ₂ ที่เกิดจากเหล็กเสริมคอนกรีต				72,069.120
รวมทั้งหมด				1,099,608.960

6.2 กรณีที่ 2 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หากไม่ดำเนินการบำรุงรักษาแบบป้องกันสำหรับสะพานระดับ OCR 3 จนเสื่อมสภาพเป็น OCR 1-2

จากการสำรวจพบสะพานในพื้นที่รับผิดชอบของแขวงทางหลวงกรุงเทพที่มีระดับ OCR 3 จำนวน 42 ตัว เป็นสะพานที่มีความเสียหายเล็กน้อย โครงสร้างส่วนที่รับแรงและไม่รับแรงอยู่ในเกณฑ์พอใช้ ควรดำเนินการบำรุงรักษาแบบป้องกันหรือการเสริมกำลัง หากปล่อยไว้จนเกิดการเสื่อมสภาพและความเสียหายเพิ่มขึ้น จนนำไปสู่สะพานระดับ OCR 1-2 ต้องดำเนินการบูรณะซ่อมแซม ซึ่งคาดการณ์ว่าจะเกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมทั้งหมดประมาณ 905,560.320 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ สามารถแบ่งตามชนิดวัสดุก่อสร้างได้แก่ คอนกรีตปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมประมาณ 846,209.280 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ และเหล็กเสริมคอนกรีตปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ รวมประมาณ 59,351.040 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การคาดการณ์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น กรณีสะพานระดับ OCR 3 เสียหายเพิ่มขึ้นจนจำเป็นต้องบูรณะซ่อมแซม

สะพาน ระดับ OCR	จำนวน	วัสดุ	ปริมาณ CO ₂ เทียบเท่าต่อ สะพาน (กก.CO ₂)	ปริมาณ CO ₂ เทียบเท่าทั้งหมด (กก.CO ₂)
3	42	คอนกรีต	20,147.840	846,209.280
		เหล็กเสริม คอนกรีต	1,413,120	59,351.040
รวมทั้งหมด				905,560.320

7. ผลการศึกษา

คณะผู้จัดทำลงพื้นที่สำรวจสะพานทั้งหมดในความรับผิดชอบของแขวงทางหลวงกรุงเทพ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลสะพานและความเสียหายที่เกิดขึ้น แล้วนำมาตรวจสอบกับฐานข้อมูลสะพานปี พ.ศ. 2566 ที่มีอยู่เพื่อทำการประเมินและกำหนดระดับสภาพสะพานโดยรวมในแต่ละสะพาน ซึ่งใช้เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายโครงสร้างสะพานของกรมทางหลวง (Overall Conditions Rating) เป็นเกณฑ์กำหนด

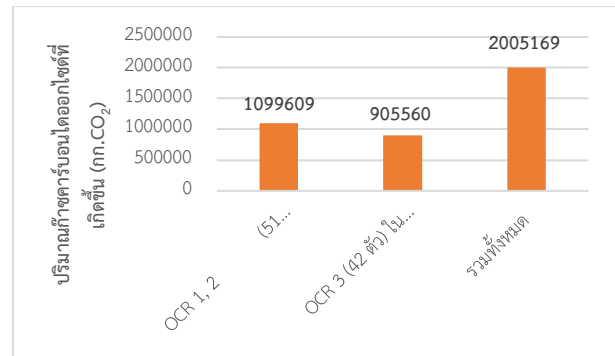
จากการสำรวจและตรวจสอบข้อมูลพบว่า สะพานในพื้นที่รับผิดชอบของแขวงทางหลวงกรุงเทพมีทั้งหมด 228 ตัว ระยะทางรวมมากกว่า 39,500 เมตร โดยมีสะพานที่มีอายุการใช้งานมากกว่า 20 ปี จำนวน 108 ตัว คิดเป็น 47.37% ของจำนวนสะพานทั้งหมด สะพานเหล่านี้มีสภาพความเสียหายตั้งแต่เสียหายเล็กน้อยถึงมาก ซึ่งเกิดจากปัจจัยต่างๆ ถูกทำลายอย่างต่อเนื่องยาวนาน และรองรับปริมาณจราจรจำนวนมาก หากไม่วางแผนในการซ่อมบำรุงสะพาน เมื่อเวลาผ่านไปจำนวนสะพานที่มีอายุการใช้งานมากกว่า 20 ปีจะเพิ่มมากขึ้น ความเสียหายของสะพานที่ไม่ถูกบำรุงรักษาจะเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน เมื่อพิจารณาถึงความเสียหายของสะพานโดยใช้เกณฑ์การจัดลำดับความเสียหายฯ มีค่าระดับตั้งแต่ 0-5 เรียงจากความเสียหายมากที่สุด (วิบัติ) ถึงความเสียหายน้อยที่สุดหรือ

สภาพสมบูรณ์ (ดีมาก) พบว่าสะพานที่มีค่า OCR ระดับ 1 (วิกฤต) และ 2 (ชำรุด) จำนวนรวม 51 ตัว มีความจำเป็นต้องบูรณะซ่อมแซม และสะพานที่มีค่า OCR ระดับ 3 (พอใช้) จำนวน 42 ตัว ควรมีการบำรุงรักษาแบบป้องกัน

การบูรณะซ่อมแซมสะพานหรือการซ่อมแซมโครงสร้างแบบทำลาย คือ การซ่อมแซมโครงสร้างสะพานด้วยวิธีการรื้อส่วนที่เสียหายออกแล้วก่อสร้างใหม่ทดแทน มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงสภาพโครงสร้างหลังจากเกิดการเสื่อมสภาพที่รุนแรงแล้ว วิธีการนี้เหมาะกับสะพานที่มี OCR ระดับ 1-2 การบำรุงรักษารูปแบบนี้ส่งผลให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศจำนวนมาก โดยเกิดจากการใช้วัสดุก่อสร้างในการซ่อมแซม ได้แก่ คอนกรีตทำให้เกิดก๊าซ จำนวน 314.81 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อลูกบาศก์เมตร และเหล็กเสริมคอนกรีตทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จำนวน 0.553 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อกิโลกรัมเหล็ก เมื่อวิเคราะห์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาจากการซ่อมแซมพื้นสะพานรูปแบบ Plank Girder ต่อตารางเมตร มีค่าเท่ากับ 33.689 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตร แบ่งเป็นเกิดจากคอนกรีต 31.481 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตร และเหล็กเสริมคอนกรีต 2.208 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตร หลังจากนั้นนำไปวิเคราะห์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการบูรณะซ่อมแซมสะพานต่อตัวใน ความรับผิดชอบของแขวงฯ เพื่อนำไปใช้คาดการณ์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่จะถูกปล่อยออกมาจากการบูรณะซ่อมแซมสะพานสำหรับสะพานที่มีค่า OCR ระดับ 1-2 ทั้งหมด โดยคำนวณจากกรณีศึกษาอ้างอิงการซ่อมแซมพื้นสะพานข้ามคลองบางชัน เพื่อใช้เป็นตัวแทนสะพานในการคาดการณ์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นทั้งหมด ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการบูรณะซ่อมแซมสะพานข้ามคลอง บางชันเท่ากับ 21,560.960 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ แบ่งเป็นเกิดจากคอนกรีต 20,147.840 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ และเหล็กเสริมคอนกรีต 1,413,120 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์

การบูรณะซ่อมแซมสะพานในความรับผิดชอบของแขวงฯ พบว่าปัจจุบันมีสะพานที่มีระดับ OCR เท่ากับ 1 และ 2 จำนวนรวม 51 ตัว จำเป็นต้องดำเนินการบูรณะซ่อมแซม จะทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมด 1,099,608.960 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนี้สะพานที่มีความเสียหายเล็กน้อย ระดับ OCR เท่ากับ 3 มีจำนวน 42 ตัว สามารถบำรุงรักษาแบบป้องกันได้ โดยการเสริมกำลังรับแรงด้วยวัสดุเส้นใยไฟเบอร์เสริมแรง แต่ถ้าสะพานเหล่านี้ไม่ได้รับการบำรุงรักษาแบบป้องกัน เมื่อระยะเวลาผ่านไป โครงสร้างสะพานจะเกิดความเสียหายเพิ่มขึ้นจากสภาพแวดล้อมและปัจจัยต่างๆ จนทำให้สะพานเปลี่ยนระดับ OCR เป็น 1 หรือ 2 ทำให้ไม่สามารถใช้วิธีการบำรุงรักษาแบบป้องกัน จำเป็นต้องบูรณะซ่อมแซมสะพาน ส่งผลให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งจากการคาดการณ์จะมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นรวมทั้งหมดประมาณ 905,560.320 กิโลกรัม

คาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อรวมกับสะพานที่มีระดับ OCR เท่ากับ 1 และ 2 ในปัจจุบันที่ถูกบูรณะซ่อมแซม จะมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาทั้งหมด 2,005,169.280 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 การคาดการณ์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่จะเกิดขึ้นจากการบูรณะซ่อมแซมสะพานของแขวงทางหลวงกรุงเทพ

8. สรุปผลการศึกษา

สะพานในพื้นที่รับผิดชอบของแขวงทางหลวงกรุงเทพทั้งหมด 228 ตัว มีลักษณะและสภาพความเสียหายแตกต่างกันออกไป โดยมีสะพานที่มีค่า OCR ระดับ 1 (วิกฤต) และ 2 (ชำรุด) จำนวนรวม 51 ตัว นั่นคือสะพานที่มีความเสียหายค่อนข้างมาก มีความจำเป็นต้องบูรณะซ่อมแซม และสะพานที่มีค่า OCR ระดับ 3 (พอใช้) จำนวน 42 ตัว นั่นคือสะพานที่มีความเสียหายเล็กน้อย ควรมีการวางแผนบำรุงรักษาสะพานแบบป้องกันหรือการเสริมกำลังด้วยวัสดุเส้นใยไฟเบอร์เสริมแรง เพื่อป้องกันการเกิดความเสียหายเพิ่มเติม จนนำไปสู่การบูรณะซ่อมแซมสะพานดังกล่าว

จากข้อมูลการคาดการณ์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่จะเกิดขึ้นเมื่อมีการบูรณะซ่อมแซม ที่มีความเสียหายค่อนข้างมากหรือสะพานที่มีค่า OCR ระดับ 1 และ 2 มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นรวมทั้งหมดมากถึง 1,099,608.960 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ และหากไม่มีการบำรุงรักษาสะพานแบบป้องกันหรือการเสริมกำลังโครงสร้างสะพานที่มีความเสียหายเล็กน้อยหรือสะพานที่มีค่า OCR ระดับ 3 จนมีความจำเป็นต้องบูรณะซ่อมแซม จะทำให้เกิดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมทั้งหมดประมาณ 905,560.320 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นจำนวนมากมหาศาล ส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม

ในกรณีของสะพานที่เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างของสะพาน เช่น เกิดรอยแตกหรือการกะเทาะบนโครงสร้างจนถึงเนื้อเหล็กเสริมเนื่องจากเหล็กเสริมเป็นสนิม คอสะพาน(Abutment) เกิดการทรุดตัว เป็นต้น จำเป็นต้องบูรณะซ่อมแซมสะพานหรือการซ่อมแซมโครงสร้างแบบทำลาย ซึ่งทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จำนวนมาก ส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม ส่วนในกรณีของสะพานที่จำเป็นต้องวางแผนบำรุงรักษาในระยะยาวอาจเกิดความเสียหายเล็กน้อย เช่น เกิดรอยร้าวบริเวณแผ่นพื้นสะพาน รอย

แตกร้าบริเวณ Cap beam รอยกะเทาะเล็กน้อยบริเวณเสาตอม่อ เป็นต้น ดังนั้นควรนำวิธีการบำรุงรักษาสะพานแบบป้องกันหรือการเสริมกำลังด้วยวัสดุเส้นใยไฟเบอร์มาวางแผนงานและปรับเปลี่ยนกลยุทธ์การบำรุงรักษาสะพานในพื้นที่รับผิดชอบของแขวงทางหลวงกรุงเทพ เพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกิจกรรมการบำรุงรักษาสะพานดังกล่าว ซึ่งเป็นวิธีการที่ไม่ก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เนื่องจากไม่มีการใช้งานวัสดุคอนกรีตและเหล็กเสริมคอนกรีต ส่งผลดีต่อสิ่งแวดล้อมจะช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากงานบูรณะซ่อมแซมลงได้ไม่น้อยกว่า 905,560.320 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์หรือเทียบเท่าการปลูกต้นไม้ทดแทน 905 ต้น (ต้นไม้ 1 ต้นดูดซับก๊าซฯ เฉลี่ย 1,000 กิโลกรัม) ส่งผลดีต่อการจราจรและสิ่งแวดล้อม ในอีกแง่มุมหนึ่งคือสะพานสามารถรองรับน้ำหนักการจราจรได้เพิ่มมากขึ้น มีอายุการใช้งานที่เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นถึงความยั่งยืนและความคุ้มค่าในการใช้งานสะพานอย่างเต็มประสิทธิภาพ รวมทั้งทำให้เกิดความยั่งยืนทางสิ่งแวดล้อม

เอกสารอ้างอิง

- [1] Statista. (2024). Number of inhabitants in Bangkok Metropolitan Area (BMA) in Thailand from 2015 to 2024 (Online). Available : <https://www.statista.com/statistics/910999/thailand-population-in-bangkok-metropolitan-area>.
- [2] สำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวง (2555). *คู่มือการสำรวจและตรวจสอบสะพาน*. หน้า 4-1 - 4-2, 5-1 - 5-15.
- [3] Phoonsak P., Sato Y., and Tidarut W. (2023). Current Conditions of Pridi-Thamrong Bridge. *International Meeting for Inspection Results of Existing Bridges*, Ayutthaya, Thailand, 9 January 2023, pp.2.
- [4] อรุณ เพชรเชิดชู (2554). ความยั่งยืนและความคงทนของโครงสร้าง. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 22, ฉบับที่ 1, หน้า 212.
- [5] สำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวง. *คู่มือการบำรุงรักษาสะพาน*, หน้า 6-5 - 6-7, 6-11 - 6-12.
- [6] Mohamad Omar Alzokani (2022). *Sustainable Bridge Construction*. B.E. Dissertation, Chalmers University of Technology, Sweden.
- [7] ธวัชชัย คงศักดิ์ตระกูล (2546). การเสริมกำลังโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กแบบภายนอกด้วยวัสดุเส้นใยเสริมแรง, หน้า 14-16
- [8] ภาควิชา มงคลสังข์ (2561). การเสริมกำลัง CFRP โครงสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก. *การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ครั้งที่ 3*, ประจวบคีรีขันธ์, 18-20 กรกฎาคม 2561, หน้า 14-15, 17.
- [9] กรมทางหลวง (1994). Standard Drawing for Highway Construction, หน้า 173.