บทที่ 2

ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

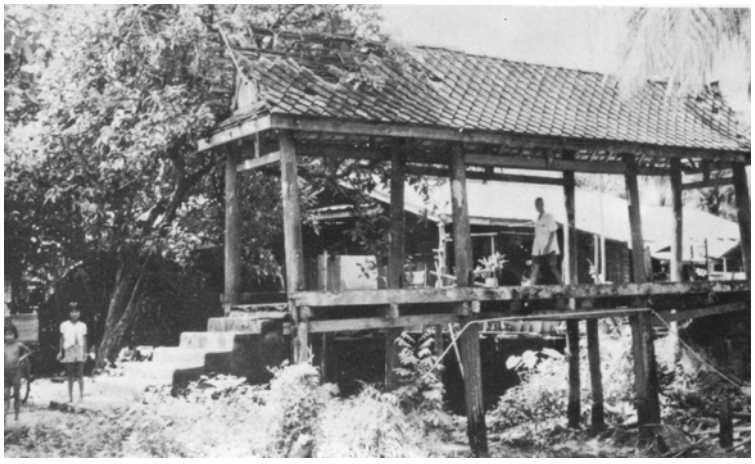
2.1 ความนำ

สะพานเป็นองค์ประกอบสำคัญในการเดินทางของมนุษย์ตั้งแต่อดีตจนกระทั่งปัจจุบัน การดำรงชีวิตของมนุษย์ในยุคอดีตที่อาศัยการอยู่ร่วมกับธรรมชาติเป็นหลัก การเดินทางมีความยากลำบากอย่างยิ่ง สำหรับการข้ามลำธาร หุบเหว ถือเป็นอุปสรรคต่อการเดินทางเป็นอย่างมากจำเป็นต้องใช้สะพานในการข้ามผ่าน โดยอาศัยตัวอย่างจากธรรมชาติไม่ว่าจะเป็น ต้นไม้ที่ล้มข้ามลำน้ำ หรือแม้แต่สายใยแมงมุมที่ถักทอระหว่างกิ่งไม้ก็ตาม (ศิริชัย, 2520) ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่จะก่อสร้างสะพานที่เลียนแบบธรรมชาติขึ้น เริ่มจากการใช้ท่อนไม้วางเชื่อมระหว่างสองฝั่งมีลักษณะแบบคานธรรมดา ต่อจากนั้นมีวิวัฒนาการด้านเทคนิคที่ก้าวหน้าขึ้น อย่างเช่นสะพานในเทือกเขาหิมาลัยที่มีการผสมระบบโครงสร้างแบบสะพานแขวนเข้ากับคานยื่น มีลักษณะทางวิศวกรรมที่ยังใช้ได้อยู่ในปัจจุบัน

ภาพประกอบ 2.1 สะพานข้ามลำน้ำในเทือกเขาหิมาลัย (ศิริชัย, 2520)

ศิริชัย, 2520 ได้กล่าวว่า “สะพานเก่าดั้งเดิมของไทย เข้าใจว่าเป็นสะพานไม้แบบคานง่ายๆ ทอดช่วงเดียว เพราะไม้เป็นวัสดุหาง่ายและเหมาะต่อการทำสะพาน สะพานรุ่นแรกๆ มีขนาดเล็กสำหรับคนเดินสัญจรไปมา แต่บางสะพานยกลาดสูงเพื่อให้เรือที่เป็นพาหนะสำคัญในยุคก่อนลอดได้สะดวกด้วย สะพานแบบดังกล่าวซึ่งเข้าใจว่าเหมือนกับที่มีการสร้างกันมาตั้งแต่สมัยสุโขทัย และ

บางสะพานแสดงวิวัฒนาการขึ้นมาอีกขั้นหนึ่ง โดยการมีช่วงกลางที่หันเปิดออกได้ เมื่อต้องการให้เรือขนาดใหญ่ผ่านไปได้ หรือเมื่อต้องการตัดเส้นทางสัญจรนั้นในกรณีเกิดสงคราม ในสมัยอยุธยามีบันทึกกล่าวถึงสะพานเป็นจำนวนมากในกรุงศรีอยุธยา ซึ่งคำพรรณนาทำให้เข้าใจได้ว่า ได้มีการสร้างสะพานขนาดใหญ่และแข็งแรงมากขึ้นสำหรับยวดยานและสัตว์พาหนะหนักสัญจรไปมาได้ และเป็นที่แน่ชัดว่าชาวตะวันตกที่เข้ามาติดต่อและตั้งภูมิลำเนาในสมัยนั้น ได้นำเอาความก้าวหน้าทางวิชาการเข้ามาด้วย ดังจะเห็นได้จากการกล่าวถึงสะพานโซ่ ซึ่งเข้าใจได้ว่าเป็นสะพานที่ใช้โซ่ชักเปิดปิดได้แบบฮอลันดานั่นเอง ลักษณะเด่นประการหนึ่งของสะพานเก่าไทยคือการสร้างหลังคาคลุมสะพาน โดยเฉพาะทางคนเดินขนาดเล็ก นอกจากใช้สัญจรแล้วมักเป็นสถานที่รอคอยและพบปะสนทนาอีกด้วย จึงมักทำที่นั่งสองข้างตัวสะพานและมีหลังคาคุมแดดฝน สะพานแบบนี้ยังคงมีเหลือให้เห็นตามวัดฝั่งธนบุรีและในจังหวัดอื่นๆ บางแห่ง”



ภาพประกอบ 2.2 สะพานวัดไชยทิศ ธนบุรี (ศิริชัย, 2520)

พัฒนาการทางด้านการออกแบบและก่อสร้างสะพานของไทยเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมากเริ่มมีขึ้นในสมัยรัชกาลที่ 5 ได้มีการว่าจ้างวิศวกรและสถาปนิกชาวต่างชาติจากประเทศในยุโรปเป็นผู้ออกแบบและควบคุมการก่อสร้าง ภายในความรับผิดชอบของกระทรวงโยธาธิการในสมัยนั้น สำหรับสะพานที่สร้างขึ้นในสมัยรัชกาลที่ 5 ที่เป็นที่รู้จักในปัจจุบันซึ่งมีความสำคัญทางด้านประวัติศาสตร์และศิลปกรรมอย่างสูงได้แก่สะพานชุดเฉลิมฯ มีอยู่ทั้งสิ้น 17 แห่ง โดยทรงมีพระราชดำริว่าในการเฉลิมพระชนมพรรษาทุกๆ ปีนั้น น่าจะได้มีการสร้างถาวรวัตถุขึ้นเป็นที่ระลึกอันมีประโยชน์ต่อสาธารณชน ซึ่งสะพานข้ามคลองเป็นสิ่งจำเป็นต่อประชาชนที่มีการสัญจรไปมาเป็นอันมาก จึงเริ่มมีการสร้างสะพานชุดเฉลิมฯ ขึ้นในปี รศ.113 พระองค์ทรงมีพระชนมายุได้ 41 พระพรรษาและ

ทรงครองราชย์มาได้เป็นปีที่ 27 สะพานเฉลิมฯ แห่งแรกได้สร้างเสร็จในปีถัดมาจึงเริ่มจากสะพาน " เฉลิม 42 " และมีการสร้างสะพานเฉลิมฯ ตลอดมาทุกปีจนสิ้นรัชสมัย (ศิริชัย, 2520)

จากที่กล่าวมาข้างต้นนั้นถือได้ว่าสะพานมีความสำคัญต่อการเดินทางของมนุษย์มาโดยตลอดและได้มีวิวัฒนาการในการออกแบบและก่อสร้างอย่างต่อเนื่องตามลำดับ ตั้งแต่การให้ความสำคัญแก่คนเดินเท้าเป็นหลัก มาสู่ในยุคที่ให้ความสำคัญแก่ยานพาหนะชนิดต่างๆ ที่สัญจรบนเส้นทาง ในยุคปัจจุบันที่ไม่เพียงแต่การเกิดวิวัฒนาการในด้านการออกแบบและการก่อสร้างเท่านั้น มีการให้ความสำคัญในเรื่องระบบการจัดการสะพาน (Bridge Management System: BMS) ที่มุ่งให้เกิดประโยชน์สูงสุดและมีความคุ้มค่าในการใช้งานสะพาน โดยมุ่งเน้นต่อส่วนประกอบต่างๆ ของงานที่เกี่ยวข้องกับสะพาน ไม่ว่าจะเป็นการพิจารณาโครงการก่อสร้างสะพาน การวางแผนสำหรับการบำรุงรักษา การตรวจสอบสภาพสะพาน เหล่านี้เป็นต้น

2.2 ความรู้เบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับสะพาน

สะพานตามความหมายของพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2525 หมายถึง สิ่งปลูกสร้างที่ทำสำหรับข้ามแม่น้ำ ลำคลอง เป็นต้น บางทีทำยื่นลงไปในน้ำสำหรับขึ้นลง โดยปริยายหมายความว่า สื่อเชื่อมโยง

2.2.1 การจำแนกประเภทของสะพาน

การจำแนกประเภทของสะพานโดยทั่วไปสามารถจำแนกได้ตาม 2 แบบหลัก ดังต่อไปนี้

2.2.1.1 การจำแนกตามวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างเป็นหลัก แบ่งได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

ก. สะพานไม้ มีการก่อสร้างโดยอาศัยไม้เป็นองค์ประกอบสำคัญ

ข. สะพานคอนกรีต มีการก่อสร้างด้วยการใช้คอนกรีตเป็นองค์ประกอบหลัก
ซึ่งรวมถึง คอนกรีตเสริมเหล็ก (คสล.) และ คอนกรีตอัดแรง (คอร.) ด้วย

ค. สะพานเหล็ก มีการก่อสร้างด้วยการใช้เหล็กรูปพรรณเป็นองค์ประกอบสำคัญของโครงสร้างสะพาน

2.2.1.2 การจำแนกตามโครงสร้างส่วนบน (Superstructure) เป็นส่วนของโครงสร้างสะพานที่มีหน้าที่รับน้ำหนักบรรทุกจรโดยตรง เช่น คน รถยนต์ รถไฟ เป็นต้น มีความแตกต่างของโครงสร้าง แบ่งได้เป็น 5 ประเภท คือ (รังษีและคณะ, 2524)

ก. สะพานแบบแผ่นพื้น (Slab Bridge) โครงสร้างส่วนบนของสะพานประเภทนี้ประกอบด้วยแผ่นพื้น คสล. ตั้งอยู่บนคานหัวเสาตอม่อ แผ่นพื้น

จะทำหน้าที่เป็นผิวจราจรและรับโครงสร้างส่วนบนอื่นๆ โดยปกติสะพานแบบนี้จะมีช่วงแผ่นพื้นยาวไม่เกิน 12 เมตร

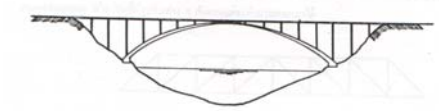
ข. สะพานระบบคาน (Girder Bridge) โครงสร้างส่วนบนของสะพานประเภทนี้ประกอบด้วยคาน ซึ่งอาจเป็นคาน คสล. คานเหล็กหรือคานไม้ก็ได้ คานดังกล่าวตั้งเรียงขนานกันอยู่บนคานหัวเสาตอม่อและมีพื้นผิวจราจรอยู่บนคานอีกชั้นหนึ่ง ความยาวของสะพานระบบคานถ้าสร้างด้วย คสล. ช่วงคานยาวประมาณ 12 เมตร ถึง 210 เมตร ถ้าสร้างด้วยเหล็กมักจะใช้ช่วงคานยาวตั้งแต่ 30 เมตร ถึง 260 เมตร สำหรับสะพานไม้มักจะยาวไม่เกิน 6 เมตร ตามภาพประกอบ 2.3 (i)

ค. สะพานแบบโครงข้อแข็งหรือโครงรูปโค้ง (Rigid Frame or Arch) สร้างด้วยคอนกรีตหรือเหล็ก โดยปกติถ้าสร้างด้วยคอนกรีตมักจะมีช่วงยาวตั้งแต่ 90 เมตร ถึง 300 เมตร และถ้าสร้างด้วยเหล็กมักจะมีช่วงยาวตั้งแต่ 120 เมตร ถึง 510 เมตร ตามภาพประกอบ 2.3 (ii)

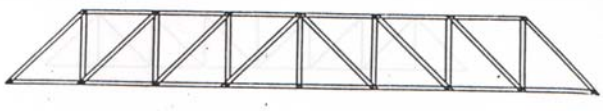
ง. สะพานโครงถัก (Truss Bridge) โดยทั่วไปสร้างด้วยเหล็กและมีช่วงยาวตั้งแต่ 90 เมตร ถึง 540 เมตร ตามภาพประกอบ 2.3 (iii)

จ. สะพานแขวน (Suspension Bridge) สร้างด้วยเหล็กและมีช่วงความยาวตั้งแต่ 300 เมตร ถึง 1,350 เมตร ตามภาพประกอบ 2.3 (iv)

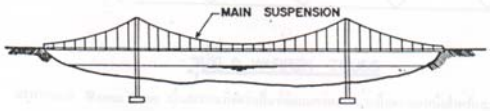
(i) สะพานระบบคาน



(ii) สะพานโครงรูปโค้ง



(iii) สะพานโครงถัก



(iv) สะพานแขวน

ภาพประกอบ 2.3 สะพานประเภทต่างๆ จำแนกตามโครงสร้างส่วนบน (บุญเอก, ม.ป.ป.)

นอกจากการจำแนกประเภทของสะพานใน 2 แบบหลักที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ยังสามารถจำแนกได้อีกหลายแบบ ไม่ว่าจะเป็นการจำแนกตามหน้าที่การใช้งาน เช่น สะพานรถยนต์ สะพานรถไฟ เป็นต้น การจำแนกตามสถานที่ก่อสร้าง เช่น สะพานข้ามแม่น้ำ สะพานข้ามคลอง เป็นต้น การจำแนกตามอายุการใช้งาน เช่น สะพานชั่วคราว สะพานถาวร เป็นต้น

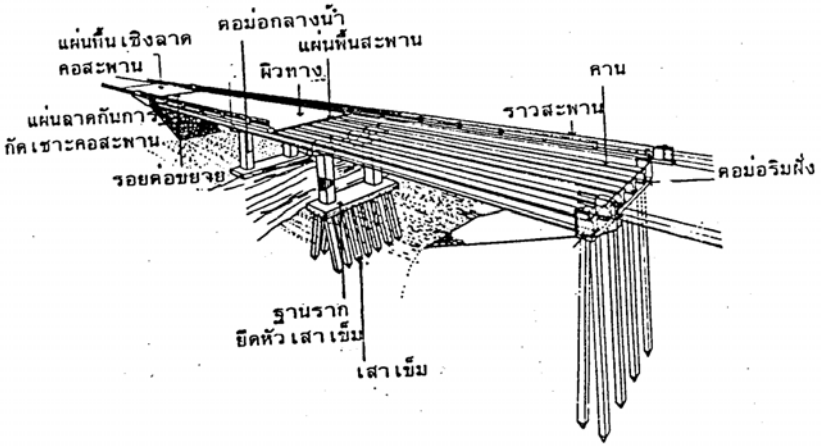
2.2.2 ส่วนประกอบของโครงสร้างสะพาน

ในการจำแนกส่วนประกอบของโครงสร้างสะพานโดยทั่วไปได้แบ่งเป็น 3 ส่วน ที่สำคัญได้แก่

2.2.2.1 โครงสร้างส่วนบน (Superstructure) เป็นโครงสร้างสะพานที่มีหน้าที่ในการรองรับน้ำหนักบรรทุกของยวดยานและผู้สัญจร ประกอบด้วย คาน พื้นสะพาน ทางเท้า ราวสะพาน นอกจากนี้ ยังมีส่วนประกอบอื่นที่ร่วมประกอบขึ้นกับโครงสร้างส่วนบนของสะพาน ได้แก่ รอยต่อพื้นสะพาน รูระบายน้ำ ผิวจราจรพื้นสะพาน

2.2.2.2 โครงสร้างส่วนล่าง (Substructure) เป็นโครงสร้างสะพานที่มีหน้าที่รองรับน้ำหนักจากโครงสร้างส่วนบนลงสู่ฐานราก ประกอบด้วย เสาเข็ม ฐานราก ตอม่อริมฝั่ง ตอม่อกลางน้ำ สำหรับในบางระบบของโครงสร้างสะพาน ตอม่อไม่จำเป็นต้องอยู่ส่วนล่างของพื้นสะพานเสมอไป อาจอยู่เหนือพื้นสะพานได้แต่ก็ยังจัดเป็นโครงสร้างส่วนล่าง เช่น สะพานแขวน เป็นต้น

2.2.2.3 ส่วนประกอบย่อย เป็นส่วนประกอบของรายละเอียดต่างๆ ของสะพาน เพื่อให้สะพานมีความสมบูรณ์ทางด้านโครงสร้างและความปลอดภัยในการใช้งาน ได้แก่ โครงสร้างป้องกันการกัดเซาะคอสะพาน เสาไฟแสงสว่าง ป้ายจราจร และส่วนอื่นที่จำเป็น



ภาพประกอบ 2.4 ส่วนประกอบของโครงสร้างสะพาน (จิตร, 2529)

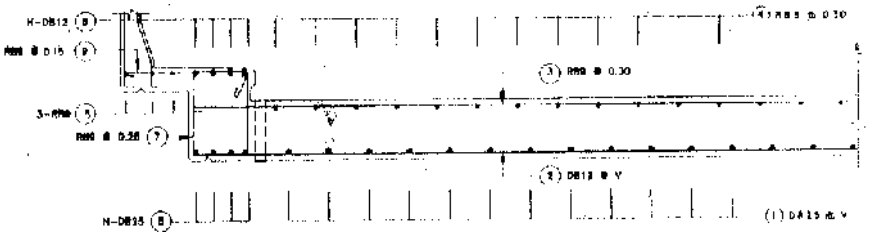
2.3 แบบมาตรฐานสะพานคอนกรีตของกรมการเร่งรัดพัฒนาชนบท

ในอดีต กรมการเร่งรัดพัฒนาชนบท (รพช.) ได้ทำการออกแบบและก่อสร้างสะพาน 2 ชนิด จำแนกตามวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง คือ สะพานไม้และสะพานคอนกรีต (รังษีและคณะ, 2524) ต่อมาได้มีการพัฒนาการออกแบบ แบบมาตรฐานก่อสร้าง เป็นสะพาน คสล. และสะพาน คอร. ทั้งชนิดที่มีทางเท้า และไม่มีทางเท้า ความกว้างของสะพานแบ่งเป็น 3 แบบ คือ แบบทางรถกว้าง 7, 8 และ 9 เมตร แต่ที่ใช้ในปัจจุบันคือแบบทางรถกว้าง 8 และ 9 เมตร การออกแบบและการเลือกส่วนประกอบของโครงสร้างสะพานจากแบบมาตรฐานสะพานคอนกรีต มีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (กองสำรวจฯ, รพช., 2538)

2.3.1 การเลือกใช้ช่วงพื้นสะพาน

2.3.1.1 ชนิดของพื้นสะพานแบ่งเป็น 3 กลุ่มใหญ่ คือ

ก. แบบมาตรฐานพื้นสะพานชนิด Slab สำหรับพื้นช่วง 5, 6, 7, 8, 9 และ 10 เมตร



ภาพประกอบ 2.5 ตัวอย่างแบบมาตรฐานพื้นสะพานชนิด Slab (รพช., 2527)

ข. แบบมาตรฐานพื้นสะพานชนิด T-Girder สำหรับพื้นช่วง 12, 15 และ 20 เมตร

ค. แบบมาตรฐานพื้นสะพานชนิด คอร. ซึ่งแบ่งเป็น 2 ชนิด

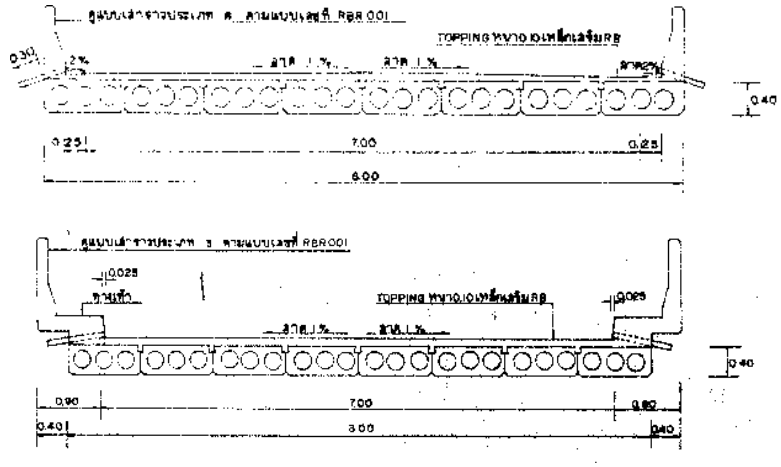
- ชนิดส่วนกลวงเป็นวงกลม (Circular Void) สำหรับพื้นช่วง 5, 6, 7, 8 และ 9 เมตร
- ชนิดส่วนกลวงเป็นสี่เหลี่ยม (Square Void) สำหรับพื้นช่วง 10, 12, 15 และ 20 เมตร

การเลือกใช้พื้นสะพานชนิดต่างๆ ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ออกแบบ เช่น ถ้าต้องการความรวดเร็วในการก่อสร้าง สะพาน คอร. จะก่อสร้างได้รวดเร็วกว่าสะพาน คสล. และความหนา

ของพื้นสะพาน คอร. จะมีความหนาน้อยกว่าพื้นสะพาน คสล. ซึ่งจะทำให้ระดับของพื้นสะพาน คอร. อยู่ต่ำลงมากกว่าพื้นสะพาน ทำให้ลดปริมาณงานดินถมและความสูงของดินถมคอสะพานลงได้ แต่พื้นสะพาน คอร. มีราคาสูงกว่าพื้นสะพาน คสล. เป็นต้น

(i)

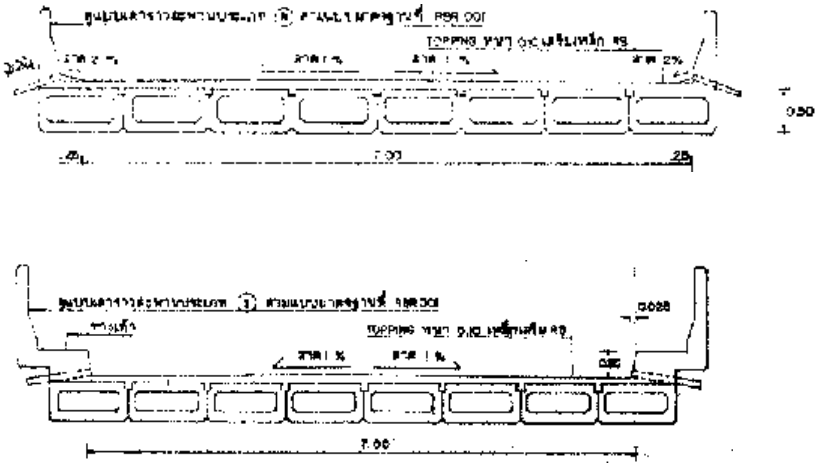
(ii)



ภาพประกอบ 2.6 ตัวอย่างแบบมาตรฐานพื้นสะพาน คอร. ชนิดส่วนกลวงเป็นวงกลม (รพช., 2527)

(i)

(ii)



ภาพประกอบ 2.7 ตัวอย่างแบบมาตรฐานพื้นสะพาน คอร. ชนิดส่วนกลวงเป็นสี่เหลี่ยม (รพช., 2527)

2.3.1.2 ช่วงความยาวสะพานที่จะเลือกใช้ขึ้นอยู่กับ

ก. ขนาดของลำน้ำ หากลำน้ำกว้าง ก็จำเป็นต้องใช้ช่วงสะพานยาว

ข. ความต่อเนื่องการใช้ช่วงสะพาน บริเวณกลางลำน้ำถัด ๆ มาจนถึงริมฝั่ง และการออกแบบความยาวสะพานจากช่องเปิดลำน้ำที่คำนวณได้

ค. ข้อกำหนดพิเศษของหน่วยงานที่ควบคุมลุ่มน้ำนั้น ๆ

ง. ความสูงของสะพานจากดินท้องคลอง หากสะพานสูงจากดินท้องคลองมาก ก็จะต้องใช้พื้นสะพานช่วงยาว

จ. ความสวยงามของสะพานโดยรวม

ฉ. การเลือกใช้ช่วงพื้นสะพานที่มีขนาดเดียวกัน เพื่อเป็นการประหยัดไม้แบบ หรือหากใช้พื้นเป็นสะพาน คอร. ก็จะช่วยความรวดเร็วในด้านการผลิตชิ้นส่วนพื้นสะพาน คอร.

ช. ขนาดความกว้างหรือความยาวของวัสดุลอยน้ำ เช่น ไม้ไผ่ ขอนไม้ ไม้ซุง รวมทั้งเรือที่สัญจรไปมา

การเลือกใช้ราวสะพานในแบบมาตรฐานสะพาน ซึ่งมีราวสะพานเป็น 2 ประเภท คือ ประเภท ก สำหรับพื้นสะพานชนิดมีทางเท้า และประเภท ข สำหรับพื้นสะพานชนิดไม่มีทางเท้า

2.3.2 การเลือกใช้ตอม่อ

2.3.2.1 ส่วนตอม่อสะพาน แบ่งได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ คือ

ก. แบบมาตรฐานตอม่อสะพานชนิดเสาเข็มเดี่ยว รับพื้นสะพานช่วง 5 เมตร จนถึง 12 เมตร

ข. แบบมาตรฐานตอม่อสะพานชนิดเสาเข็มกลุ่ม รับพื้นสะพานช่วง 5 เมตร จนถึง 20 เมตร

ค. แบบมาตรฐานตอม่อสะพานชนิดฐานแผ่ รับพื้นสะพานช่วง 5 เมตร จนถึง 20 เมตร

2.3.2.2 การเลือกใช้ตอม่อขึ้นอยู่กับ

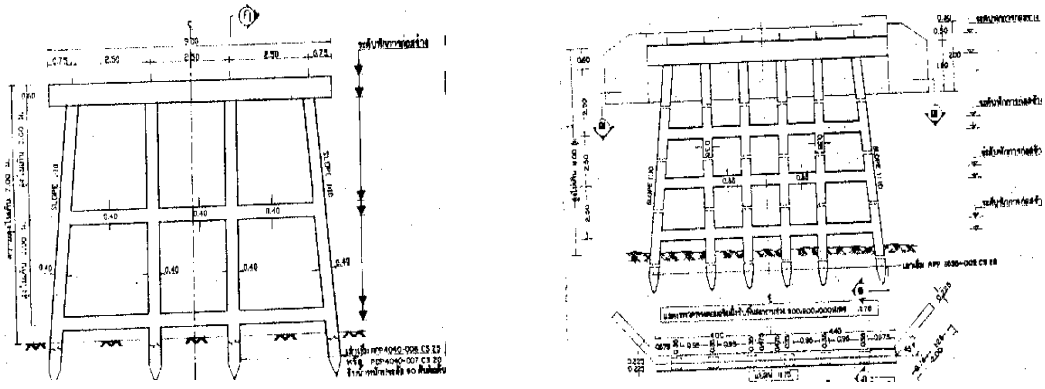
ก. การเลือกใช้ช่วงพื้นสะพาน ต้องเลือกตอม่อให้สอดคล้องกับการออกแบบช่วงพื้นสะพาน เช่น ช่วง 10 เมตร ต่อกับ 10 เมตร จะใช้แบบหนึ่ง หรือ ช่วง 20 เมตร ต่อกับ 20 เมตร ก็จะใช้อีกแบบหนึ่ง

ข. ความสูงของสะพาน หากพื้นสะพานสูงมากจะต้องใช้ฐานรากเสาเข็มกลุ่มแทนเสาเข็มเดี่ยว เพราะแบบเสาเข็มเดี่ยวในแบบมาตรฐาน เช่น ตามแบบเลขที่ RP 0512-803 PS 08 ได้กำหนดความสูงมากที่สุดจากผิวดินถึงใต้พื้นสะพานเท่ากับ 8 เมตร เท่านั้น หากพื้นสะพานสูงจากผิวดินท้องคลองมากกว่า 8 เมตร ก็จะต้องพิจารณาใช้แบบฐานรากเสาเข็มอื่นที่มีแทน

ค. วัสดุลอยน้ำ เช่น ขอนไม้ ซุง หรือ เรือ หากมีจำนวนมากก็จะต้องพิจารณาเลือกใช้ตอม่อประเภทกันซุงได้ เช่น แบบเลขที่ RPS 1020-803 DW 14

เป็นตอม่อรับช่วง 10 เมตรขึ้นไป ต่อกับช่วง 20 เมตร รับพื้นสะพานทางรถกว้าง 8 เมตร กำแพงกันซุงความสูงตอม่อจากใต้ฐานเสาเข็มกลุ่มถึงบนสุดตอม่อเท่ากับ 14 เมตร

ง. สภาพของชั้นดินใต้ฐานรากว่าเป็นดินลักษณะใด หากตอกเสาเข็มได้ให้ตอกเสาเข็มลึกจากผิวดินไม่น้อยกว่า 6 เมตร ตามข้อกำหนดของ AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) และต้องอยู่พ้นจากการกัดเซาะของกระแสน้ำ แต่หากสภาพดินใต้ฐานรากเป็นชั้นดินแข็งไม่สามารถตอกผ่านได้ลึกมากกว่า 6 เมตร จากผิวดิน และชั้นดินแข็งสามารถรับน้ำหนักบรรทุกประลัยได้ ก็จะต้องพิจารณาเปลี่ยนเป็นตอม่อฐานแผ่



(i) (ii)

ภาพประกอบ 2.8 ตัวอย่างแบบมาตรฐานตอม่อกลางน้ำและริมฝั่ง (รพช., 2527)

2.3.3 การเลือกใช้ฐานรากสะพาน

ฐานรากสะพาน คสล. ที่ รพช. ออกแบบไว้มี 2 แบบ คือ ฐานรากเสาเข็มตอกและฐานรากแผ่บนชั้นดินแข็ง ที่สามารถรับน้ำหนักบรรทุกประลัยได้ไม่น้อยกว่า 20 ตันต่อตารางเมตร การเลือกใช้จะต้องสอดคล้องกับสภาพดินบริเวณตอม่อสะพาน และผู้ออกแบบต้องกำหนดให้สอดคล้องกับชนิดของตอม่อ

2.3.4 ดินถมคอสะพานและถนนช่วงประชิดสะพาน

2.3.4.1 ในกรณีที่สภาพดินบริเวณที่ก่อสร้างสะพานเป็นดินอ่อน มีกำลังรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยน้อย จำเป็นต้องมีโครงสร้างรับดินถมคอสะพานป้องกันตอม่อตามริมฝั่ง ซึ่งตามแบบมาตรฐานของ รพช. มี 2 แบบ คือ

ก. Abutment Protector เป็นโครงสร้างรับดินถมคอสะพานและป้องกันตอม่อริมฝั่งในบริเวณที่ดินอ่อน และมีความสูงของดินถมคอสะพานไม่สูงนัก ความสูงของดินถมไม่ควรเกิน 1.50 เมตร

ข. Abutment Bearing Unit เป็นโครงสร้างรับดินถมคอสะพานและป้องกันตอม่อริมฝั่งในบริเวณที่ดินอ่อนมาก และมีความสูงของดินถมคอสะพานสูงมาก ความสูงของดินถมไม่ควรเกิน 2.50 เมตร

การเลือกใช้โครงสร้างป้องกันตอม่อริมฝั่งทั้ง 2 ชนิดนั้น จะต้องเลือกใช้ด้วยความระมัดระวังเพราะมีผลกระทบต่อโครงสร้างสะพาน การก่อสร้างถนนช่วงประชิดสะพาน ขณะถมดินคอสะพานให้ยวดยานสัญจรไปมาได้ต้องระมัดระวัง โดยถมดินคอสะพานเป็นชั้น ๆ ชั้นละประมาณ 0.20 - 0.50 เมตร ทั้งสองฝั่งของตอม่อตับริมฝั่งจนถึงระดับที่ต้องการ เพื่อไม่ให้มวลดินบริเวณที่ถม เคลื่อนไปกระทบตอม่อเพียงด้านใดด้านหนึ่ง และต้องไม่ใช้เครื่องจักรกลหนักในการถมคอสะพาน ซึ่งอาจจะเป็นอันตรายกับโครงสร้างสะพานได้ นอกจากนี้โค้งดิ่ง (Vertical Curve) ทางขึ้นหรือลงสะพาน แนะนำให้ความลาดชันไม่เกิน 6% บริเวณสูงสุดของโค้งที่มีความลาดชันติดกันจะเกิดจุด PVI (Point of Vertical Intersection) ควรลบมุมด้วยโค้งวงกลมหรือโค้งพาราโบล่า เพื่อให้ผู้ขับขี่ยวดยานสัญจรไปมามีความสบายมากขึ้น

2.3.4.2 สำหรับโค้งราบ (Horizontal Curve) การที่มีโค้งในถนนช่วงประชิดสะพาน จะต้องออกแบบโค้งราบซึ่งต้องพิจารณากำหนดระยะมองเห็นปลอดภัย (Sight Distance) ให้พอเพียงเพื่อความปลอดภัยของผู้ขับขี่ยวดยานและทรัพย์สินสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ ในเขตทางที่ทางค่อนข้างแคบควรจะต้องมีระยะมองเห็นปลอดภัยต่ำสุดที่หยุดรถได้โดยปลอดภัย เป็นตัวกำหนดรัศมีของช่องทางโค้งและความเร็วของการออกแบบ ซึ่งโดยปกติทั่วไปของการออกแบบโค้งราบของถนนช่วงประชิดสะพานนั้นไม่แนะนำให้ออกแบบควรหลีกเลี่ยง แต่ในงานของ รพช. มักจะมีปัญหาเกี่ยวกับกรรมสิทธิ์ที่ดินมาก การออกแบบโค้งราบบนถนนช่วงประชิดสะพานนั้น ควรจะมีระยะหยุดปลอดภัยเพียงพอและต้องมีสัญญาณจราจร ป้ายเตือน บอกทิศทางและมีสูตรสำหรับการคำนวณดังนี้ คือ

$$DS = 0.7V + \frac{V^2}{254f}$$

เมื่อ กำหนดเวลาที่ใช้ตัดสินใจในการเบรค 2.5 วินาที

DS = ระยะหยุดรถ (เมตร)

V = ความเร็วของรถ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

f = สัมประสิทธิ์ของการเสียดทานตามยาว

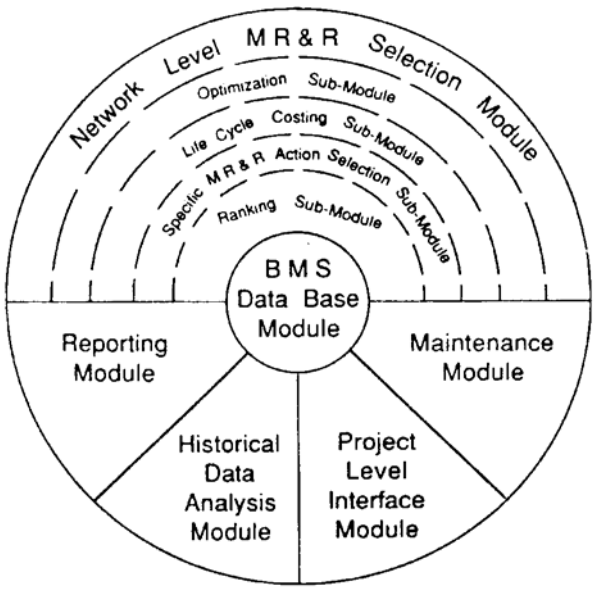
2.4 ระบบการจัดการสะพาน (Bridge Management System: BMS)

สะพานเป็นองค์ประกอบสำคัญสำหรับทางหลวงในการใช้เชื่อมต่อโครงข่ายทางหลวงให้สมบูรณ์ การดำเนินการทางด้านการบำรุงรักษาสะพานจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง ระบบการจัดการสะพานเป็นเครื่องมือสำคัญและมีหน้าที่หลักคือ การจัดการและทำให้เกิดระบบในการรายงานการตรวจสอบสะพาน (Bridge Inspection) ที่สนับสนุนติดตามการบันทึกรายการข้อมูลที่ทำให้มีการตัดสินใจที่ดีในการซ่อมบำรุงและการบำรุงรักษาสะพาน (Harabat, 1999)

ระบบการจัดการสะพาน สามารถใช้ในการวิเคราะห์ได้ 2 ระดับ (Demetrios, 1995) คือ

- **ระดับโครงการ** เกี่ยวข้องเฉพาะชิ้นส่วนโครงสร้างต่างๆ ของสะพานภายในโครงการ
- **ระดับโครงข่าย** เกี่ยวข้องกับกลุ่มของสะพาน ในการตัดสินใจจะไม่ใช้พื้นฐานจากรายการข้อมูลสะพานเท่านั้น แต่มีการพิจารณาโครงข่ายร่วมด้วย

ที่ผ่านมา มีการดำเนินการทางด้านการจัดการสะพานมากมาย ในหลายประเทศโดยมีการพัฒนาระบบการจัดการสะพานของประเทศขึ้นเอง เช่น ประเทศสวีเดน ฟินแลนด์ อังกฤษ เป็นต้น ถึงแม้ระบบเหล่านี้จะมีความคิดพื้นฐานของการจัดการสะพานที่คล้ายกัน แต่รายละเอียดของแต่ละระบบจะแปรผันตามหน่วยงานของแต่ละแห่งและขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น กระบวนการตรวจสอบสะพาน รูปแบบองค์กร เป็นต้น (Harabat, 1999)



ภาพประกอบ 2.9 ส่วนประกอบของการจัดการสะพาน (Hudson, 1987)

แนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับระบบจัดการสะพานที่ Hudson ได้กล่าวไว้ใน National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) Report 300 ได้มีการแบ่งแยกเป็น 6 ส่วน แต่ละส่วนขึ้นอยู่กับแต่ละหน้าที่และมีประสิทธิภาพของตัวเอง มีดังนี้

- **ส่วนของฐานข้อมูล** เป็นส่วนที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลทั้งทางด้านกายภาพและการประเมินสภาพสะพาน เช่น รายงานการตรวจสอบสะพาน
- **ส่วนของการเลือกการซ่อมบำรุงและการบำรุงรักษาระดับโครงข่าย** เป็นส่วนที่ใช้วิเคราะห์สิ่งที่จำเป็นสำหรับการจัดการสะพานที่ทำให้การวางแผนงานมีประสิทธิภาพและช่วยการตัดสินใจเรื่องงบประมาณ ส่วนนี้ มี 4 ส่วนย่อย คือ การจัดลำดับความสำคัญ การเลือกกิจกรรมพิเศษของการซ่อมบำรุง การจัดสรรค่าใช้จ่าย และความเหมาะสม
- **ส่วนของการซ่อมบำรุง** ทำหน้าที่กำหนดแผนงานการซ่อมบำรุงที่จำเป็นสำหรับแต่ละส่วนของโครงสร้างสะพาน
- **ส่วนของการวิเคราะห์ข้อมูลตามประวัติ** ใช้แสดงกิจกรรมในสิ่งที่ผ่านมา และที่จะเกิดขึ้นในอนาคต งบประมาณของโครงข่ายสะพานทำให้เกิดการปรับปรุงในส่วนนี้ เพื่อการทำระบบการจัดการสะพานให้เป็นปัจจุบัน
- **ส่วนของการสื่อสารผู้ใช้งานระดับโครงการ** ทำหน้าที่ช่วยวิศวกรสะพานในการวางแผนกิจกรรมการจัดการสะพานระดับโครงการ เป็นการเลือกกิจกรรมที่เหมาะสมสำหรับสะพานที่ได้พิจารณาแล้ว
- **ส่วนของการรายงาน** ใช้สำหรับการทำรายงานและการสรุปข้อมูลทั้งหมด

2.5 ระบบการจัดการสะพานในต่างประเทศ

2.5.1 ระบบการจัดการสะพานในประเทศสหรัฐอเมริกา

ระบบการจัดการสะพานในประเทศสหรัฐอเมริกาได้เริ่มให้ความสำคัญภายหลังการยุบตัวของสะพาน Silver ระหว่าง Point Pleasant, West Virginia และ Gallipolis, Ohio ในปี ค.ศ.1968 มีผู้เสียชีวิต 47 คน เป็นสาเหตุในการเกิดการคำนึงถึงความปลอดภัยของสะพาน ในเวลานั้นยังไม่มีระบบการซ่อมบำรุงและการตรวจสอบสภาพของสะพาน นอกจากนั้นยังไม่ทราบจำนวนสะพานที่แน่นอนในประเทศ จากปัญหาเหล่านี้ Federal Highway Act ได้มีการออกกฎหมายเมื่อปี ค.ศ.1968 โดยกำหนดให้มี The National Bridge Inspection Program (NBIP) ด้วยการบังคับให้แต่ละรัฐจัดทำรายชื่อและมีข้อมูลสภาพสะพานบนถนนสายหลักโดยใช้ NBIP ในการจัดเก็บข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบในหลายๆ ช่วงเวลา Federal Highway Act ในปี ค.ศ.1970 ได้ใช้ข้อมูลจาก NBIP สำหรับ

การจัดทำงบประมาณในการก่อสร้างสะพานใหม่ขึ้นทดแทนสะพานที่อยู่ในช่วงอันตราย

ระบบการจัดการสะพานที่ใช้ทั่วประเทศมี 2 ระบบคือ PONTIS และ BRIDGIT ซึ่งมีการออกแบบให้เหมาะสมกับความต้องการของหน่วยงานในแต่ละรัฐ มีเพียงไม่กี่รัฐที่พัฒนาและปรับปรุง BMS ของตัวเอง ระบบการจัดการสะพานทั้ง 2 ระบบ มีการพัฒนาดังนี้

2.5.1.1 PONTIS

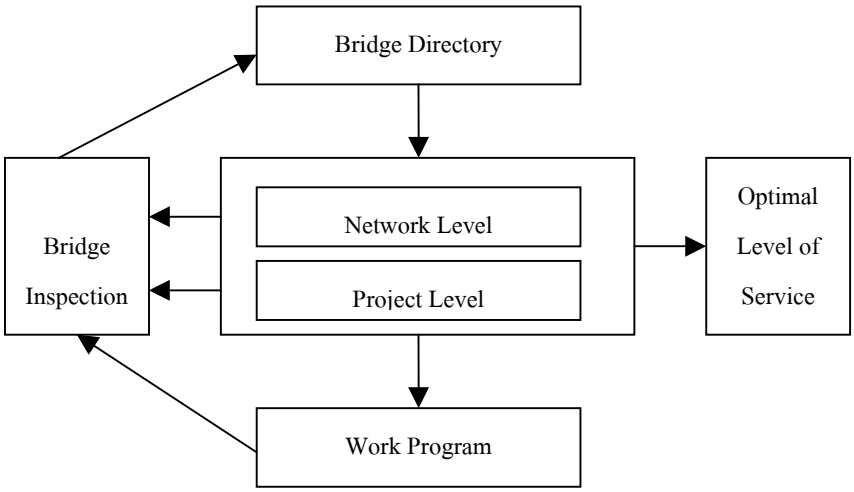
PONTIS เป็นระบบการจัดการสะพานที่พัฒนาโดย Federal Highway Administration (FHWA) ร่วมกับ 6 รัฐ โดย Department of Transportation (DOT) ได้ปรึกษาร่วมกับ Optima, Inc. และ Cambridge Systematic ต่อมาในปี ค.ศ.1989 รัฐ California ได้จัดให้มีการพัฒนาของ PONTIS ร่วมกันประกอบด้วย FHWA, Highway Bridge Replacement and Rehabilitation Program (HBRRP) และ รัฐอื่นอีก 5 รัฐ ทำให้ PONTIS มีการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้น ข้อมูลสภาพสะพานในระบบมีความละเอียดมากขึ้น สะพานจะถูกแบ่งแยกเป็นชิ้นส่วนแต่ละโครงสร้างตามชนิดของวัสดุที่สามารถจะเสื่อมสลายไปพร้อม ๆ กัน PONTIS ยังได้แสดงถึงการทำนายอัตราความเสียหายด้วย โดยสามารถปรับข้อมูลอัตราความเสียหายให้เป็นปัจจุบันได้อัตโนมัติภายหลังที่ได้รับข้อมูลจากการตรวจสอบสภาพสะพาน นอกจากนั้นยังใช้ในการประเมินค่าใช้จ่ายที่เป็นเงินและเวลาได้ด้วย

2.5.1.2 BRIDGIT

เป็นระบบการจัดการสะพานที่พัฒนาร่วมกันระหว่าง National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) กับ National Engineering Technology Corporation ในปี 1985 เพื่อพัฒนารูปแบบของการจัดการสะพาน ที่เป็นระดับโครงข่ายที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งซอฟแวร์ที่พัฒนาร่วมกับระบบนี้ ในขณะนั้นไม่เพียงพอต่อการแก้ไขปัญหาหลัก เป็นผลให้เกิดการพัฒนาในครั้งที่ 2 ของ NCHRP ทำให้ BRIDGIT คล้าย PONTIS มาก ในส่วนของรูปแบบและความสามารถ ระบบต้องการข้อมูลระดับชิ้นส่วนและการรายงานสภาพของแต่ละชิ้นส่วนที่อยู่ในแบบเดียวกัน โดยข้อดีของ BRIDGIT คือการที่สามารถวิเคราะห์ได้หลายปี ซึ่ง PONTIS สามารถทำเช่นนี้ได้เพียงระดับโครงข่าย เท่านั้น

2.5.2 ระบบการจัดการสะพานในประเทศฟินแลนด์ (ธวัชชัย, 2543 อ้าง Kahonen, 1990)

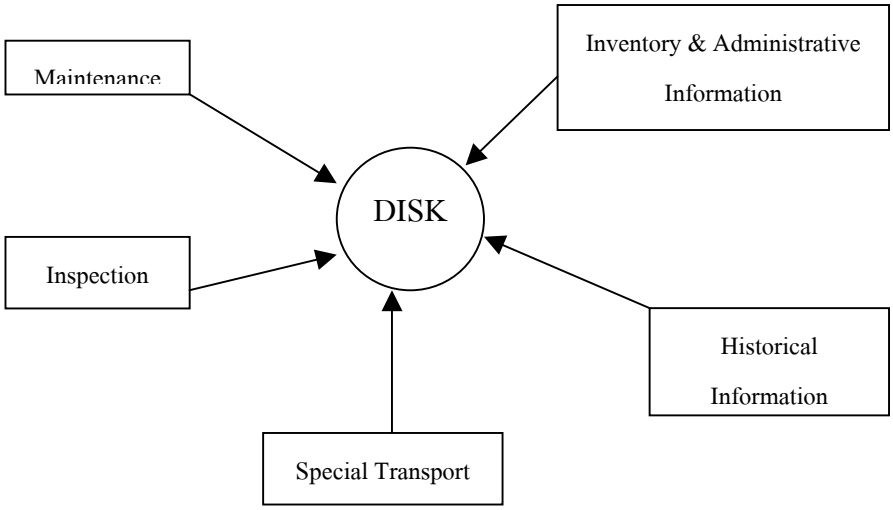
นอกจากการสร้างโครงสร้างพื้นฐาน เช่น สะพานและถนนใหม่แล้ว ปัจจุบัน หน่วยงานรัฐบาลจะต้องทำหน้าที่ดูแลและบำรุงรักษา ซ่อมแซมโครงสร้างที่ใช้งานอยู่แล้ว ปัญหาพื้นฐานของการจัดการคือ การกำหนดงบประมาณและลำดับของการซ่อมแซม โดยลำดับการซ่อมแซมสามารถตัดสินใจโดยพื้นฐานของวัตถุประสงค์ที่ต่างกันของหน่วยงานนั้น ๆ



ภาพประกอบ 2.10 โครงสร้างระบบการจัดการสะพานในประเทศฟินแลนด์ (Kahonen, 1990)

การแก้ปัญหาการจัดการเหล่านี้ ประเทศต่าง ๆ หลายประเทศได้พัฒนา BMS ขึ้น ฟินแลนด์เป็นประเทศหนึ่งที่พัฒนา BMS โดยก้าวตามประเทศอื่น ๆ เช่นกัน ได้พัฒนา Two – Level Bridge Infrastructure Improvement Management System ซึ่งจะช่วยในการทำงาน BMS ของฟินแลนด์ ที่ต้องการระบบการตรวจสอบสะพานที่ละเอียดรวมถึงการเก็บรวบรวมสภาพความเสียหายเฉพาะด้านสำหรับส่วนของโครงสร้างแต่ละส่วน รวมทั้งข้อมูลสภาพทั่วๆ ไป โครงสร้างระบบโดยรวมแสดงในภาพประกอบ 2.10

2.5.3 ระบบการจัดการสะพานในประเทศเนเธอร์แลนด์ (ธวัชชัย, 2543 อ้าง EI-Marasy, 1990)



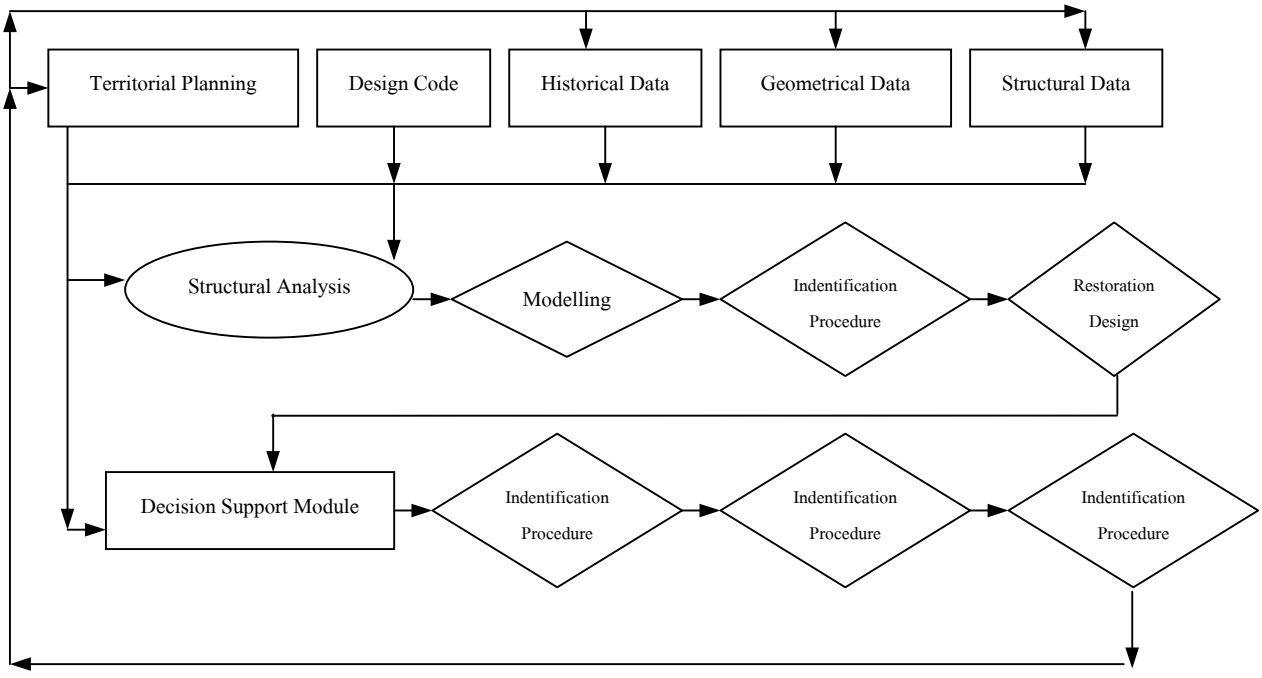
ภาพประกอบ 2.11 โครงสร้างระบบการจัดการสะพานในประเทศเนเธอร์แลนด์ (EI-Marasy, 1990)

เนเธอร์แลนด์ได้สนับสนุนการพัฒนาระบบฐานข้อมูล เพื่อใช้ในการจัดการงานสะพานและโครงสร้างชนิดอื่น ๆ โดยข้อมูลที่ถูกบรรจุในระบบประกอบด้วย

- Basic Administrative and Technical Data เป็นข้อมูลที่เกือบจะไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ แต่จำเป็นต้องทำให้ข้อมูลทันสมัย (Update) ในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลง
- Changeable Information เป็นข้อมูลที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ซึ่งเกี่ยวข้องกับกิจกรรมการจัดการสะพานประจำวัน เช่น การตรวจสอบและบำรุงรักษา
- Financial Information about Maintenance เป็นข้อมูลทางด้านการเงินที่ใช้ในการบำรุงรักษา

ข้อมูลส่วนใหญ่จะถูกทำให้เป็นมาตรฐานเพื่อให้ตรงตามความต้องการสำหรับใช้ในการประเมินข้อด้อย ความเป็นไปได้ที่จะเลือก และการวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีโครงสร้างระบบโดยรวมแสดงในภาพประกอบ 2.11

2.5.4 ระบบการจัดการสะพานในประเทศอิตาลี (ธวัชชัย, 2543 อ้าง Gusella, 1996)



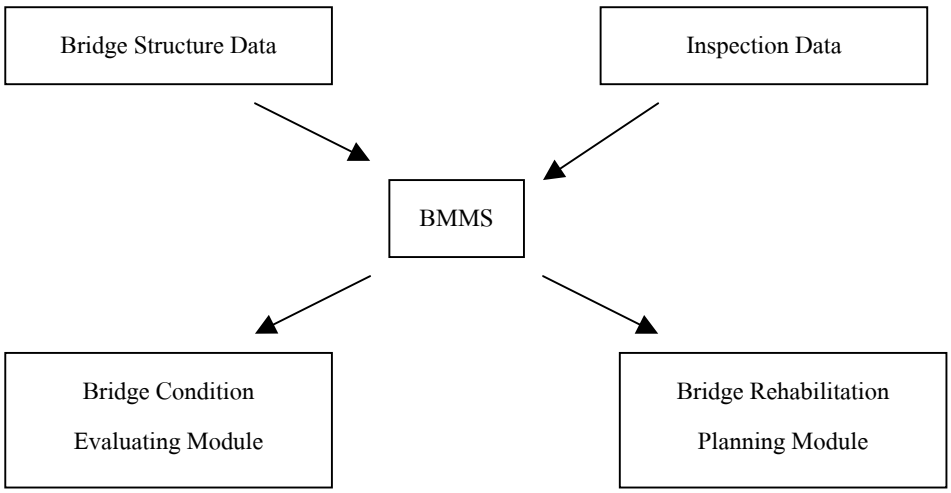
ภาพประกอบ 2.12โครงสร้างระบบการจัดการสะพานในประเทศอิตาลี (Gusella, 1996)

การพัฒนาระบบการจัดการสะพานในอิตาลี มีขอบเขตในการอธิบายสถานะของสะพานและชี้ให้เห็นถึงเงื่อนไขที่เป็นความเสี่ยงต่าง ๆ ที่เป็นไปได้ที่สะพานนั้นจะชำรุด ซึ่งโครงสร้างระบบโดยรวมแสดงในภาพประกอบ 2.12

จุดเด่นของระบบการจัดการสะพานในประเทศอิตาลีคือ มีการวางแผนที่ดีตั้งแต่เริ่มต้นการออกแบบ การก่อสร้างและขั้นตอนการบำรุงรักษา ประเทศอิตาลีได้เห็นความสำคัญของการวางแผนที่ดี เพื่อให้ง่ายต่อการจัดการในด้านต่าง ๆ เช่น การค้นหาข้อมูลการตรวจสอบสะพาน ข้อมูลสภาพโครงสร้างสะพาน เป็นต้น

2.5.5 ระบบการจัดการสะพานในประเทศญี่ปุ่น (ธวัชชัย, 2543 อ้าง Yokoyama, 1996)

ญี่ปุ่นมีการสร้างโครงสร้างพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการพัฒนาบ้านเมืองอย่างรวดเร็วในช่วงไม่กี่ทศวรรษที่ผ่านมา วิศวกรได้ตระหนักถึงความสำคัญของการบำรุงรักษาและการจัดการสะพานมากขึ้น เนื่องจากการเพิ่มขึ้นอย่างมากของงบประมาณในการซ่อมบำรุง จึงจำเป็นที่ต้องบริหารประสิทธิภาพของต้นทุนและการจัดการสะพานที่มีแบบแผน ภายใต้งบประมาณที่จำกัด จึงจำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาปรับปรุงระบบในการจัดการสะพาน สถาบันงานวิจัยงานของกรมโยธาธิการ (The Public Works Research Institute) ได้เป็นผู้ริเริ่มในการพัฒนาระบบในการจัดการสะพานเป็นแห่งแรกในประเทศญี่ปุ่น และได้พัฒนาขึ้นมาเรื่อย ๆ ตามลำดับโดยระบบการจัดการจะเริ่มต้นด้วยการเขียนโครงสร้างระบบด้วยภาษา C โปรแกรมรุ่นแรกสำเร็จในปี 1995 โครงสร้างระบบโดยรวมแสดงในภาพประกอบ 2.13 ระบบการจัดการในประเทศญี่ปุ่น เริ่มต้นจากการเก็บข้อมูลโครงสร้างสะพานและข้อมูลการตรวจสอบโครงสร้างสะพาน หลังจากนั้นจะนำผลมาวิเคราะห์เพื่อประเมินความเสียหายและวางแผนเพื่อการปรับปรุงและบูรณะสะพานต่อไป

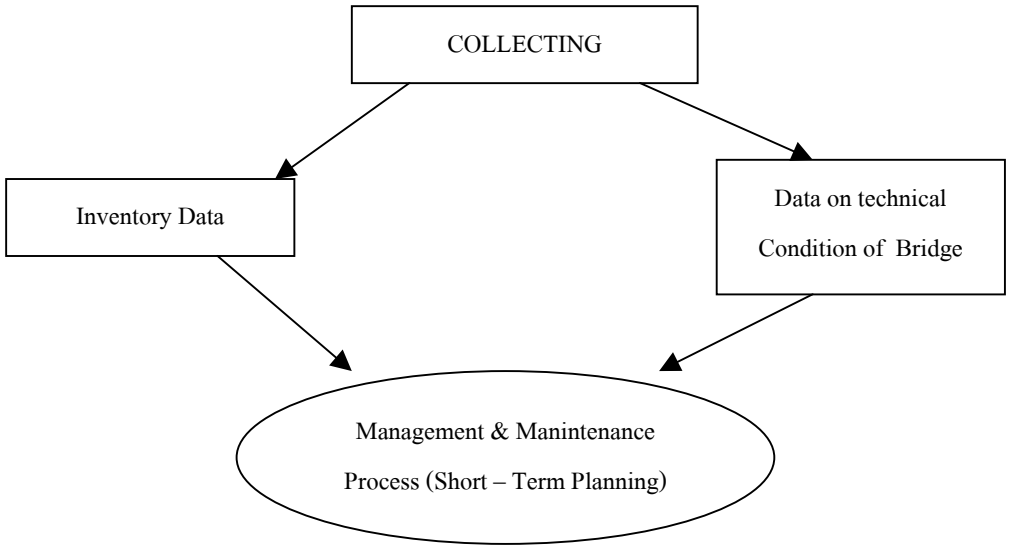


ภาพประกอบ 2.13 โครงสร้างระบบการจัดการสะพานในประเทศญี่ปุ่น (Yokoyama, 1996)

2.5.6 ระบบการจัดการสะพานในประเทศโปแลนด์ (ธวัชชัย, 2543 อ้าง Legosz, 1996)

โปแลนด์เป็นอีกประเทศหนึ่งที่ได้พัฒนาระบบการบำรุงรักษาสะพานในระบบเครื่อข่ายถนน ในปี 1989 ได้มีการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการจัดการ โดยจัดเก็บข้อมูลเป็นหมวดหมู่ต่าง ๆ รวมถึงวิธีการในการตัดสินใจเพื่อใช้ในงานซ่อมแซมสะพานตามความเร่งด่วน โครงสร้างระบบโดยรวมแสดงดังในภาพประกอบ 2.14

ระบบการจัดการสะพานในโปแลนด์ ได้มีการเก็บข้อมูลไม่ต่างไปจากญี่ปุ่น แต่หลังจากการเก็บข้อมูลแล้ว ประเทศโปแลนด์ได้ให้ความสำคัญกับการวางแผนในระยะสั้นมากกว่าระยะยาว ซึ่งการจัดการในระยะสั้นมีความสำคัญและมีความจำเป็นที่เร่งด่วนกว่าในระยะยาว

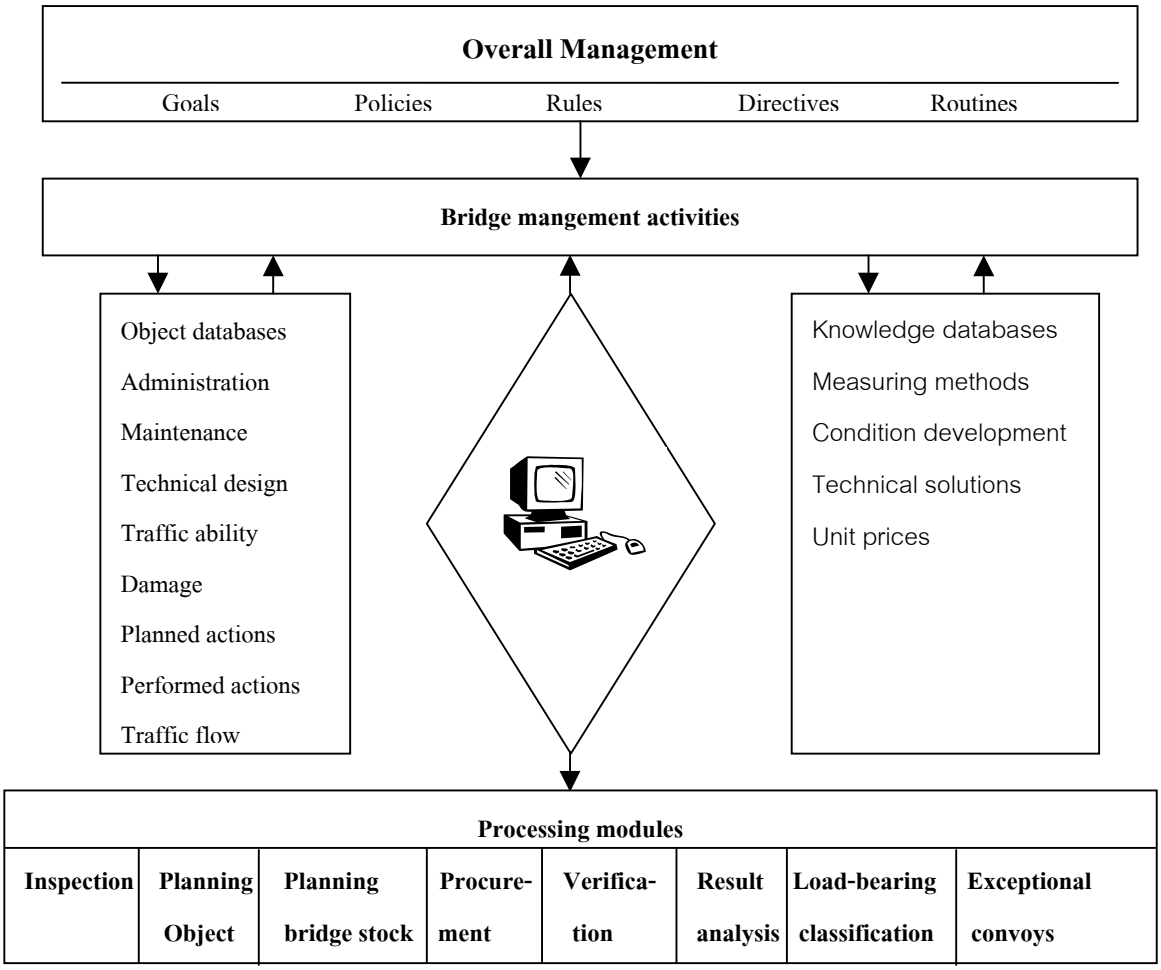


ภาพประกอบ 2.14 โครงสร้างระบบการจัดการสะพานในประเทศโปแลนด์ (Legosz,1996)

2.5.7 ระบบการจัดการสะพานในประเทศสวีเดน (Lennart, 1999)

ขั้นตอนในการจัดการสะพานให้เป็นผลสำเร็จ และมีภาพลักษณ์ใหม่ของความต้องการในการบริหารจัดการสะพาน The Swedish National Road Administration (SNRA) ได้ตัดสินใจที่จะพัฒนาระบบการบริหารจัดการสะพานคือ SAFEBRO (“Safe, Functional and Economical Bridges”) แสดงในภาพประกอบ 2.15 ระบบนี้เป็นเครื่องมือสำหรับหน่วยงานและการดำเนินงานในกิจกรรมจัดการสะพาน SAFEBRO ประกอบด้วยส่วนประกอบ คือ การบริหารจัดการทั้งหมด กิจกรรม ฐานข้อมูลสะพาน การเข้าใจฐานข้อมูล และกระบวนการในการวัดความเสียหาย

ฐานข้อมูลและกระบวนการในการกำหนดของ SAFEBRO เป็นสิ่งสำคัญในการทำงานของ SNRA ทั้งหมด เช่น การตัดสินใจทำงานทั้งหมด ที่เกี่ยวข้องและเกี่ยวกับระดับงาน ผู้วางแผน ผู้ตรวจสอบ ผู้ออกแบบ และผู้ควบคุมงาน ระบบจะรักษาข้อมูลทั้งหมดของสะพานและระดับโครงข่ายถนน เลือกสิ่งที่มีความจำเป็นก่อน สำหรับการตัดสินใจที่ดีที่สุดและเป็นการทำงานที่สอดคล้องกับเป้าหมายในระยะสั้นและระยะยาวของ SNRA



ภาพประกอบ 2.15 โครงสร้างระบบการจัดการสะพานของประเทศสวีเดน (Lennart , 1999)

2.6 ระบบการจัดการสะพานของกรมทางหลวง (กรมทางหลวง, ม.ป.ป.)

กรมทางหลวงเป็นหน่วยงานที่ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับทางหลวงแบบครบทุกกระบวนการ โดยเริ่มจากการศึกษาและวางแผนโครงการทางหลวงก่อน แล้วจึงทำการสำรวจ ออกแบบ ประกวดราคา และดำเนินการก่อสร้างตามลำดับ ภายหลังเสร็จสิ้นโครงการได้ดำเนินการประเมินผลตอบแทน การบำรุงรักษา และเริ่มวางแผนก่อสร้างโครงการใหม่ โดยมีหน่วยงานที่ดูแลทางด้านการ

ซ่อมบำรุงกระจายอยู่ทั่วประเทศประกอบด้วย สำนักทางหลวง 15 แห่ง แขวงการทาง 85 แห่ง และหมวดการทาง 520 แห่ง มีการพัฒนาการบำรุงรักษาทางมาเป็นลำดับ ทั้งด้านวิธีการ เครื่องจักร บุคลากร และงบประมาณ ในด้านถนนได้มีการนำระบบ Thailand Pavement Management System (TPMS) มาใช้เพื่อให้การบริหารงบประมาณด้านการบำรุงรักษาทางมีประสิทธิภาพสูงขึ้น สำหรับส่วนของสะพานในอดีต การบำรุงรักษาสะพานเกือบจะไม่ได้ทำมาเลย เนื่องจากสำนักทางหลวง แขวงการทางและหมวดการทาง มีความเข้าใจว่าสะพานได้ออกแบบให้มีอายุใช้งาน 30 – 50 ปี มีความมั่นคงแข็งแรงสูงมากเมื่อเทียบกับถนน ประกอบกับที่ผ่านมาสะพานมักไม่ค่อยมีสิ่งเสียหายนัก การตรวจสอบสภาพสะพานยังไม่มีการดำเนินการให้เป็นระบบ นอกจากนั้น ข้อมูลของสะพานแต่ละแห่งได้ถูกจัดเก็บแยกตามหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และข้อมูลทั้งหมดที่มีอยู่บางครั้งไม่ตรงกัน ทำให้มีปัญหาในการจัดสรรงบประมาณและจัดลำดับความสำคัญทางด้านการซ่อมบำรุงสะพาน

กรมทางหลวงได้วางระบบบำรุงรักษาสะพาน Bridge Management and Maintenance System (BMMS) โดยว่าจ้างวิศวกรที่ปรึกษาจากประเทศเดนมาร์กมาดำเนินการ เมื่อ พ.ศ. 2532 โดยมีองค์ประกอบของระบบ 8 กิจกรรม ดังมีหลายละเอียดต่อไปนี้

2.6.1 บัญชีสะพาน รับผิดชอบโดยสำนักก่อสร้างสะพาน เป็นการบันทึกข้อมูลสะพานทุกแห่งที่มีอยู่ในกรมทางหลวงทุกสายทาง มีการจัดเก็บเป็น 4 หมวดหมู่คือ

2.6.1.1 ข้อมูลด้านการบริหาร แบ่งเป็น 3 ระดับ

ก. **ระดับที่ 1** ประกอบด้วย ทางหลวงหมายเลข ตอนควบคุมหมายเลขสะพาน ข้อมูลอื่นที่ใช้ประจำวัน

ข. **ระดับที่ 2** ประกอบด้วย ปีที่ก่อสร้าง การบำรุงรักษา การตรวจสภาพครั้งสุดท้าย งบประมาณที่ใช้ในการเปลี่ยนชิ้นส่วนของสะพาน

ค. **ระดับที่ 3** ข้อมูลทางด้านแบบ เช่น แบบเลขพื้นสะพานแบบเลข มีการบันทึกการตรวจสภาพเป็นพิเศษ

2.6.1.2 ข้อมูลด้านรูปแบบ แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ

ก. **ระดับที่ 1** ประกอบด้วย ชื่อสะพาน แบบสะพาน จำนวนช่องจราจร ความยาว ความกว้างของทางรถ ชนิดของพื้น ชนิดของตอม่อชนิดของฐานราก

ข. **ระดับที่ 2** ประกอบด้วย ความสูงของช่องลอด ความยาวช่วงแต่ละช่วง

ค. **ระดับที่ 3** รายละเอียดของแต่ละส่วนของสะพาน เช่น ความหนาของพื้นสะพาน จำนวนเหล็กเสริม จำนวนลวดอัดแรง เป็นต้น

2.6.1.3 ข้อมูลด้านวัสดุ แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ

ก. **ระดับที่ 1** เป็นข้อมูลทุกส่วนของสะพาน เช่น พื้น ตอม่อ เสาเข็ม

ข. **ระดับที่ 2** เป็นข้อมูลด้านกำลังวัสดุนั้นๆ เช่น กำลังอัดคอนกรีต แรงดึงในเหล็กเสริม แรงดึงในลวดอัดแรง

ค. **ระดับที่ 3** เหมือนระดับที่ 2 แต่เป็นข้อมูลที่เก็บไว้ในสนาม

2.6.1.4 ข้อมูลด้านความสามารถในการรับน้ำหนักจะแบ่งเป็น 2 ระดับคือ

ก. **ระดับที่ 1** เป็นน้ำหนักรถมาตรฐานที่ใช้ออกแบบ ความสามารถในการรับน้ำหนักเป็นเปอร์เซ็นต์ เทียบกับรถมาตรฐาน

ข. **ระดับที่ 2** เป็นน้ำหนักลงเพลาสูงสุดที่สะพานจะรับได้

2.6.2 การตรวจสภาพทั่วไป รับผิดชอบโดยแขวงการทาง เป็นการตรวจสอบเพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดอันตรายต่อผู้ใช้สะพาน และป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดอย่างรุนแรงก่อนได้รับการซ่อมบำรุง โดยทำพร้อมกับงานซ่อมบำรุงปกติของถนน แบ่งออกเป็น 3 ระดับ

ระดับที่ 1 งานบำรุงปกติ ได้แก่ งานตรวจสภาพโดยทั่วไป งานฉุกเฉิน งานขนวัสดุตกค้างทิ้ง งานล้างทำความสะอาด งานเปลี่ยนชิ้นส่วนที่เสียหาย และงานรายงานความเสียหาย

ระดับที่ 2 งานบำรุงตามกำหนดเวลา ได้แก่ งานทาสี งานหล่อลื่นอุปกรณ์ และงานซ่อมแซมความเสียหายเล็กน้อย

ระดับที่ 3 งานบำรุงสำหรับสะพานขนาดใหญ่ ซึ่งจะดำเนินการตามคู่มือพิเศษที่จัดทำขึ้นเฉพาะแห่ง

2.6.3 การตรวจสภาพครั้งใหญ่ รับผิดชอบโดยสำนักทางหลวงและสำนักก่อสร้างสะพาน เป็นการตรวจสอบสะพานโดยละเอียดตามเวลาเพื่อใช้ในการวางแผนการซ่อมบำรุง โดยดำเนินการดังต่อไปนี้

2.6.3.1 การตรวจสภาพ โดยการใช้สายตา ไม่มีการเก็บตัวอย่างวัสดุของสะพานไปทดสอบ

2.6.3.2 การประเมินสภาพ โดยการให้คะแนน จาก 0 – 5 โดยพิจารณาจาก

ก. ความเสียหายเป็นอันตรายหรือไม่

ข. ความรุนแรงที่เกิดขึ้น

ค. ขอบเขตหรือบริเวณที่ชำรุด

ง. ส่วนของโครงสร้างนั้น ยังใช้รับแรงต่างๆได้หรือไม่

จ. มีผลต่อโครงสร้างอื่นหรือไม่

2.6.3.3 การบันทึกความเสียหาย สิ่งที่ชำรุดเสียหายที่ตรวจพบไม่จำเป็นต้องบันทึกทุกกรณี จะบันทึกต่อเมื่อมีสิ่งต่อไปนี้ คือ

ก. อาจเป็นอันตรายต่อผู้ใช้สะพาน

ข. อายุบริการของโครงสร้างนั้นเหลือน้อย หรือมีเหตุผิดปกติวิสัยทางวิศวกรรม

ค. ส่วนที่ชำรุดยากต่อการเปลี่ยนทดแทน หากปล่อยไว้จนเสียหายมาก

ง. ไม่แน่ใจว่าเป็นอันตรายหรือไม่

2.6.3.4 การประเมินอายุบริการ ต้องประเมินอายุสะพานที่เหลือว่าจะสามารถใช้งานไปได้อีกนานเท่าใด เมื่อสิ้นสุดอายุบริการแล้ว

2.6.3.5 กำหนดเวลาตรวจสภาพครั้งใหญ่ครั้งต่อไป โดยปกติจะดำเนินการตรวจสอบสะพานที่มีอายุการใช้งาน 6 ปี ขึ้นไป และทำการจรวจสอบครั้งต่อไปทุก 3 – 5 ปี ขึ้นกับสภาพของสะพาน

2.6.3.6 การขอให้ตรวจสภาพเป็นพิเศษ หากไม่แน่ใจว่าความเสียหายนั้นจะเป็นอันตรายต่อความแข็งแรงของสะพานหรือไม่

2.6.3.7 ตรวจสอบการปฏิบัติงานของหมวดการทาง เพื่อแน่ใจว่าสะพานได้รับการบำรุงปกติอย่างสม่ำเสมอ

2.6.4 การตรวจสภาพเป็นพิเศษ รับผิดชอบโดยสำนักสำรวจและออกแบบ เพื่อให้มีการวิเคราะห์ ส่วนโครงสร้างต่างๆหรือทั้งสะพาน และนำมาออกแบบซ่อมต่อไป แบ่งรูปแบบเป็น 5 แบบ คือ

แบบ A: เสริมการตรวจสอบครั้งใหญ่โดยใช้วิศวกรจากสำนักสำรวจและออกแบบ

แบบ B: ตรวจสอบและวิเคราะห์โดยนำวัสดุมาทำการทดสอบ

แบบ C: ตรวจสอบความผิดปกติวิสัย

แบบ D: เฝ้าสังเกตเป็นระยะ เช่น การทรุดตัว

แบบ E: กำหนดวิธีซ่อมแบบต่างๆ

2.6.5 การหาขีดความสามารถในการรับน้ำหนัก รับผิดชอบโดยสำนักสำรวจและออกแบบ ทำการวิเคราะห์ทางโครงสร้างเพื่อให้ทราบถึงน้ำหนักที่แท้จริงที่สะพานรับได้ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพของสะพานนั้นๆ

2.6.6 การจัดลำดับการซ่อมบำรุง รับผิดชอบโดยกองบำรุงและสำนักก่อสร้าง สะพานมีการให้คะแนนสะพานทุกแห่งโดยแยกเป็น

- คะแนนสภาพจากการตรวจสอบครั้งใหญ่
- คะแนนในการรับน้ำหนัก
- คะแนนความสำคัญของโครงสร้าง
- คะแนนความสำคัญของสายทาง

2.6.7 การจัดสรรงบประมาณ รับผิดชอบโดยกองบำรุงฯ ทำหน้าที่วางแผนการซ่อมบำรุงและจัดสรรงบประมาณตามข้อ 2.6.6 และมีหลักเกณฑ์ในการปรับค่าซ่อมให้สอดคล้องกับงบประมาณดังนี้

- ตรวจดูว่าสะพานใดสามารถเลื่อนออกไปได้
- เลือกการซ่อมแบบอื่นเพื่อลดวงเงิน
- ตรวจสอบลำดับซ่อมบำรุงใหม่ สะพานที่อยู่ในลำดับแรกๆ ถ้ามีอายุการให้บริการเหลือน้อยกว่า 10 ปี จะต้องนำเข้ามาซ่อมก่อน

2.6.8 การจัดเส้นทางรถบรรทุกหนัก รับผิดชอบโดยสำนักก่อสร้างสะพานและสำนักสำรวจและออกแบบ เป็นข้อมูลสำหรับการอนุญาตให้รถบรรทุกหนักแล่นในเส้นทางที่สอดคล้องกับขีดความสามารถในการรับน้ำหนักสะพาน

2.7 งานวิจัยระบบการจัดการสะพานภายในประเทศ

ได้มีบันทึกประวัติศาสตร์ ที่กล่าวถึงสะพานในรัชกาลที่ 5 ฉบับแรกคือ “รายงานแลความเห็นในเรื่องตะพานข้ามคลองต่างๆ ในกรุงเทพฯ” ซึ่งกรมหมื่นนเรศวรฤทธิ์ทรงจัดถวายสมเด็จเจ้าฟ้าภานุรังษีสว่างวงษ์ กรมพระภานุพันธ์ เมื่อเดือนกันยายน พ.ศ.2430 ความสรุปว่าได้มีการสำรวจสภาพสะพานในกรุงเทพฯ รวม 67 แห่ง ซึ่งแบ่งเป็นสะพานก่ออิฐถือปูน 36 แห่ง สะพานเหล็ก 9 แห่ง และสะพานไม้ 22 แห่ง ในจำนวนทั้งหมดนี้มีสะพานที่ชำรุดต้องซ่อมแซมอยู่รวม 24 แห่ง เพื่อทำการซ่อมแซมบูรณะต่อไป (ศิริชัย, 2520)

จากข้อมูลในเบื้องต้นนี้ชี้ให้เห็นว่าในอดีตนั้น ประเทศไทยได้มีการดำเนินกิจกรรมทางด้านสะพานที่เกี่ยวข้องกับการสำรวจสภาพสะพานและมีการทำรายงานถึงการชำรุดเสียหายที่นำไปสู่การซ่อมบำรุง ถือได้ว่าเป็นการดำเนินกิจกรรมที่เป็นส่วนหนึ่งของระบบการจัดการสะพาน พอที่จะกล่าวได้ว่าประเทศไทยได้มีการเริ่มดำเนินการระบบการจัดการสะพานในสมัยรัชกาลที่ 5

การวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบการจัดการสะพานที่มีขึ้นในประเทศไทยในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมานี้ ได้มีการเริ่มค้นคว้าวิจัยตามระบบการจัดการสะพานที่เป็นสากล ซึ่งให้ความสำคัญต่อส่วนประกอบต่างๆ ของระบบการจัดการสะพานที่แตกต่างกันไป โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.7.1 การจัดแผนการบำรุงรักษาสะพานทางหลวง (จิตร, 2529)

จิตร วสุธาสวัสดิ์ ได้ทำการศึกษาและปรับปรุงแผนงานที่เคยมีการดำเนินการในต่างประเทศ ให้เหมาะสมกับสภาพการดำเนินการด้านการบำรุงรักษาของกรมทางหลวงในขณะนั้นโดยการอ้างอิงวิธีการจัดการสะพานของหน่วยงานในต่างประเทศได้แก่ Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) และ AASHTO โดยงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อเสนอ

แนวทางของการจัดแผนการบำรุงรักษาสะพานทางหลวง โดยมีขั้นตอนการศึกษา 3 ขั้นตอนใหญ่ๆ คือ

- การคัดเลือกสะพานที่อยู่บนทางหลวงจังหวัดที่เป็นทางบำรุงและการจัดแผนบำรุงรักษาสะพานสำหรับวางโครงการในปัจจุบันและอนาคต
- การประมาณราคาในการปรับปรุงและบำรุงรักษา
- การจัดลำดับความสำคัญของงานบำรุงรักษา

การวิเคราะห์แผนงานปรับปรุงและบำรุงรักษาสะพาน ได้ใช้ข้อมูลที่มีอยู่เดิมบางส่วนและข้อมูลที่เก็บจากสนามประกอบกัน ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้แก่ ข้อมูลด้านเรขาคณิตของสะพานและถนนเข้าสู่สะพาน ข้อมูลประวัติสะพาน ข้อมูลสภาพโครงสร้างของสะพาน ข้อมูลปริมาณจราจรและน้ำหนักบรรทุก จากข้อมูลที่กล่าวมาแล้วจะนำมาวิเคราะห์เพื่อหาชนิดของงานบำรุงรักษา โดยเปรียบเทียบกับมาตรฐานและข้อพิจารณาที่กำหนด ส่วนขั้นตอนการประมาณราคาจะใช้วิธีการตามที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นของกรมทางหลวง และสำหรับการจัดลำดับความสำคัญได้ใช้วิธีการสอบถามความคิดเห็นของกลุ่มวิศวกรและผู้บริหารที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนและการดำเนินงานบำรุงรักษา เพื่อวิเคราะห์หาระดับความสำคัญของชนิดงานบำรุงรักษาและองค์ประกอบต่างๆ ของข้อพิจารณาที่เกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษาสะพาน แล้วนำผลเหล่านี้มาวิเคราะห์เพื่อจัดลำดับความสำคัญของโครงการสำหรับจัดแผนการบำรุงรักษา ได้เลือกพื้นที่ศึกษาเป็นสะพานบนทางหลวงจังหวัดในความรับผิดชอบของแขวงการทางเชียงใหม่ที่ 1 ซึ่งมีสะพานจำนวน 16 แห่ง รวมความยาวทั้งสิ้น 473 เมตร

นอกจากนั้นยังได้เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยภาษา Basic ใช้กับเครื่อง Apple II มีหน่วยความจำ 64 K เพื่อช่วยในการทำแผนการบำรุงรักษาในบางส่วนที่กล่าวมาข้างต้น คือ

- โปรแกรมพยากรณ์ปริมาณการจราจร
- โปรแกรมวิเคราะห์แผนงานปรับปรุงและบำรุงรักษาสะพาน
- โปรแกรมประมาณค่าใช้จ่ายในงานปรับปรุงและบำรุงรักษาสะพาน

2.7.2 การเพิ่มประสิทธิภาพและปรับปรุงรูปแบบการติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface) สำหรับระบบการจัดการสะพานของกรมทางหลวง (Harabat, 1995)

หลักความคิดของ Bridge Management and Maintenance System (BMMS) ที่ใช้ประโยชน์โดยกรมทางหลวงเป็นการสนับสนุนการติดตามบันทึกรายการทรัพย์สินให้อยู่ในระเบียบสะดวกในการใช้ตัดสินใจพิจารณาการซ่อมบำรุงและการบำรุงรักษาสะพาน สำหรับ 10 ปีที่ผ่านมาประเทศไทยมีการพัฒนาระบบสาธารณูปโภคอย่างรวดเร็ว เป็นผลให้มีการก่อสร้างสะพานใหม่เป็นจำนวน

มาก อย่างไรก็ตาม BMMS มีประสิทธิภาพที่จำกัดควรมีการแก้ไขการบันทึกรายการทั้งหมด ซึ่งข้อจำกัดต่างๆ ประกอบด้วย

- ไม่มีการเตรียมการใช้งานที่ช่วยผู้ใช้งานให้ทำงานได้สะดวก
- ไม่ได้ช่วยเหลือการใช้งานในการตอบสนองข้อมูลต่อผู้ใช้
- มีความสามารถที่จำกัดในการแก้ไขและทำให้รายการเป็นปัจจุบัน
- มีระยะจำกัดในการเก็บรายการข้อมูลทั้งหมด

แนวคิดทั่วไปใน BMMS ที่ปรับปรุงในเรื่องการบันทึกข้อมูลเป็นพื้นฐานหลัก BMMS บนข้อมูลที่รวบรวม ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลการตรวจสอบ ข้อมูลที่ร่วมเข้าไปเป็น BMMS โดยวิศวกรสะพาน BMMS เป็นการออกแบบเพื่อสร้างการบันทึกของผู้ใช้ทั้งหมดโดยประยุกต์แนวคิดโครงสร้างข้อมูล โครงสร้างข้อมูลรวมถึงแนวคิดมากมายดังเช่น ทฤษฎีของการแบ่งหมวดหมู่และระบบพื้นฐานความรู้ ทฤษฎีของการแบ่งหมวดหมู่เป็นการใช้บันทึกข้อมูลของ BMMS ที่ปรับปรุง อย่างไรก็ตามสิ่งหนึ่งที่ปรากฏในการวิจัยเป็นความเป็นไปได้ในการใช้แนวคิดของระบบความรู้ที่ช่วยการปรับปรุง BMMS ให้สามารถสนับสนุนการตัดสินใจ การจัดสรรงบประมาณ โดยได้กำหนดขั้นตอนในการวิจัยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ขั้นที่ 1 การรวบรวมข้อมูลทั้งหมดของระบบการจัดการสะพานที่มีอยู่ ข้อมูลการตรวจสอบสะพานและกระบวนการตรวจสอบ
- ขั้นที่ 2 การบันทึกของ BMMS โดยการใช้ทฤษฎีการแบ่งหมวดหมู่
- ขั้นที่ 3 การสร้าง BMMS ขึ้นเอง
- ขั้นที่ 4 การพัฒนารูปแบบดั้งเดิมของ BMMS ที่ปรับปรุง
- ขั้นที่ 5 การรวบรวมข้อคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อนำไปพิจารณาแก้ไข
- ขั้นที่ 6 การปรับปรุงพื้นฐานรูปแบบเดิมบนข้อคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
- ขั้นที่ 7 การปรับ BMMS ที่อยู่เดิมให้เป็นปัจจุบัน
- ขั้นที่ 8 การประเมินความสมบูรณ์และการแก้ไขของ BMMS ที่ปรับปรุง และจัดทำคู่มือการใช้งาน
- ขั้นที่ 9 การปรับปรุงแก้ไขขั้นสุดท้ายของคู่มือผู้ใช้ BMMS ที่ปรับปรุงแล้ว

ผลลัพธ์ที่คาดหมายในการวิจัยนี้เป็นการปรับปรุง BMMS ที่มีอยู่ อย่างไรก็ตาม BMMS ที่ปรับปรุงขึ้นมาสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้ในทิศทางที่หลากหลายดังต่อไปนี้

- สามารถเพิ่มความสามารถในการสนับสนุนการตัดสินในสำหรับการเลือกกิจกรรมที่มีความแน่นอน

- สามารถทำให้ง่ายแก่ผู้ตรวจสอบสะพานในการตรวจพื่อให้ข้อมูลการตรวจสอบสมบูรณ์และไม่ผิดพลาด
- สามารถเข้าใจปัจจัยและข้อจำกัดในข้อมูลที่เก็บไว้

2.7.3 ระบบการจัดการและบำรุงรักษาสะพาน (ธวัชชัย, 2543)

ธวัชชัย สุวรรณอักษร ในปี พ.ศ.2543 ได้ทำการศึกษาถึงองค์ประกอบทางกายภาพของสะพานที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกบำรุงรักษา โดยทำการสอบถามลำดับความสำคัญในการพิจารณาการบำรุงรักษาจากหน่วยงานของรัฐที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการบำรุงรักษาสะพาน และนำหลักการ Utility Theory มาประกอบในการวัดค่าระดับความสำคัญของข้อพิจารณาและองค์ประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเมื่อได้ทำการเก็บข้อมูลกายภาพของสะพานและนำค่าระดับความสำคัญมาพิจารณาร่วมกันจะทำให้สามารถประมวลดัชนีแสดงลำดับความสำคัญของการบำรุงรักษาสะพานเหล่านั้นได้ โดยได้ทำการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการบำรุงรักษาสะพาน โดยเก็บข้อมูลกายภาพของสะพานจากสายทางในเขตปริมณฑล โดยระบบสารสนเทศดังกล่าวสามารถนำข้อมูลกายภาพของสะพานและข้อมูลค่าระดับความสำคัญของข้อพิจารณาและองค์ประกอบต่าง ๆ มาจัดลำดับความสำคัญการบำรุงรักษา และประเมินงบประมาณที่ต้องใช้ในการบำรุงรักษา ซึ่งจะทำให้ระบบการจัดการและบำรุงรักษาสะพานเป็นไปอย่างเป็นระบบและมีหลักเกณฑ์ในการซ่อมบำรุงที่ชัดเจนมีประสิทธิภาพและยังเป็นประโยชน์ต่อการจัดสรรงบประมาณล่วงหน้าอย่างถูกต้องและเหมาะสมกับการบำรุงรักษาสะพาน

2.8 ประเภทของการตรวจสอบสะพาน (Bridge Inspection)

ประเภทของการตรวจสอบสะพานเป็นการกำหนดระยะเวลาและรายละเอียดที่ใช้ในการตรวจสอบสภาพของสะพาน สามารถจำแนกประเภทของตรวจสอบสะพานที่แตกต่างกันของแต่ละประเภท ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการดำเนินการอันประกอบด้วย ผู้ตรวจสอบ เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบ รวมถึงความจำเป็นของปัจจัยความต้องการในการตรวจสอบสะพานของแต่ละแห่งที่มีความแตกต่างกัน เช่น ปริมาณการจราจร อายุการใช้งานที่ผ่านมา สถานที่ตั้งสะพาน เป็นต้น จากการศึกษาค้นคว้าถึงประเภทของการตรวจสอบสะพานที่มีการจำแนกกันในหลายแบบนั้น มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.8.1 ประเภทของการตรวจสอบสะพานที่มีในประเทศสวีเดน ได้มีการจำแนกประเภทของการตรวจสอบสะพานที่ประกอบด้วย (SweRoad, 2000)

2.8.1.1 การตรวจสอบปกติ (Regular Inspection) เป็นการตรวจสอบที่ง่ายที่สุดโดยผู้รับเหมา Road – Maintenance ทำพร้อมกับการตรวจสอบโครงข่ายถนน เป็นการตรวจสอบเพื่อหา

รอยแตกร้าวและความสมบูรณ์ของโครงสร้างในระยะสั้นที่อาจมีผลกระทบต่อการจราจร ตำแหน่งที่ตรวจสอบคือ พื้นสะพานและดินถมคอสะพาน โดยทำการตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอ

2.8.1.2 การตรวจสอบสภาพผิวนอก (Superficial Inspection) เป็นการตรวจสอบโดยผู้รับเหมาซ่อมบำรุง มีจุดประสงค์ในการตรวจสอบเพื่อหาความเสียหายของสะพาน มีการตรวจสอบสะพานบนถนนสายหลักปีละ 2 ครั้ง สำหรับสะพานบนถนนประเภทอื่นอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง ผู้ตรวจสอบควรเป็นผู้มีความรู้ ความชำนาญเป็นอย่างดี มีความเข้าในด้านการออกแบบและหน้าที่ของโครงสร้าง รวมทั้งการมีมาตรฐานการวัดผลการตรวจสอบที่เหมาะสม

2.8.1.3 การตรวจสอบหลัก (Major Inspection) เป็นการตรวจสอบที่สำคัญที่สุดมีความมุ่งหมายเพื่อการตรวจความเสียหายและสิ่งที่ขาดหายไปอันอาจมีผลกระทบต่อสะพานภายในระยะ 10 ปี รวมถึงความเสียหายที่ส่งผลถึงมูลค่าความเสียหายที่เพิ่มขึ้นในทุกส่วนของสะพาน การตรวจสอบจะทำโดยผู้ชำนาญการด้านสะพานระยะห่างในการตรวจสอบแต่ละครั้งนานที่สุด 6 ปี และการตรวจสอบส่วนที่อยู่ใต้น้ำจะกระทำโดยนักประดาน้ำที่มีความชำนาญ

2.8.1.4 การตรวจสอบทั่วไป (General Inspection) เป็นการปรับปรุงที่ไม่ยุ่งยากเมื่อเทียบกับการตรวจสอบหลัก มีความมุ่งหมายเพื่อการตรวจสอบความเสียหายจากการบันทึกการตรวจสอบในครั้งก่อนและยังไม่ได้รับการดูแล ว่าความเสียหายนั้นจะมีผลต่อการรับน้ำหนักหรือความปลอดภัยในการจราจรหรือไม่ การตรวจสอบจะอยู่ในระยะ 3 ปี รวมอยู่กับการตรวจสอบหลักซึ่งอยู่ระหว่างแผน 6 ปี

2.8.1.5 การตรวจสอบกรณีพิเศษ (Special Inspection) เป็นการตรวจสอบเมื่อเห็นว่ามีความจำเป็นที่เหมาะสมเพื่อหารายละเอียดของความเสียหายของสะพานเพิ่มเติม หรือความเสียหายที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในการตรวจสอบปกติ เช่นการตรวจสอบแผ่นกันน้ำของพื้นด้วยเรดาร์ โดยไม่ต้องคำนึงถึงสภาพของส่วนนั้นๆ ควรมีการตรวจสอบทุกๆ 3 ปี โดยผู้ชำนาญงานรวมถึงผู้เชี่ยวชาญด้านต่อไปนี้ด้วยคือ การทดสอบด้วยเสียง การทดสอบด้วยการฉายรังสี การทดสอบด้วยความร้อน

2.8.2 ประเภทของการตรวจสอบสะพานของ OECD ได้มีการจำแนกประเภทของการตรวจสอบสะพานที่ประกอบด้วย (จิตร, 2529 อ้าง OECD)

2.8.2.1 การตรวจสอบสภาพผิวภายนอก (Superficial Inspection) การตรวจสอบประเภทนี้กระทำโดยใช้สายตา สามารถดำเนินการได้รวดเร็วและบ่อยครั้งโดยผู้ตรวจสอบต้องมีความรู้ด้านการบำรุงรักษาสะพานดีพอสมควร แต่ไม่จำเป็นต้องมีความรู้ด้านโครงสร้าง ทั้งนี้ รายงานการสำรวจจะบอกเฉพาะความเสียหายที่มองเห็นเท่านั้น

2.8.2.2 การตรวจสอบประจำ (Routine Inspection) การตรวจสอบกระทำโดยใช้สายตาและเครื่องมือประกอบ ผู้ตรวจสอบต้องมีประสบการณ์ด้านการตรวจสอบและบำรุงรักษา

สะพานมาแล้ว และต้องดำเนินการบันทึกผลการตรวจสอบตามแบบตรวจสอบมาตรฐาน โดยกระทำทุกปี ปีละครั้ง

2.8.2.3 การตรวจสอบกรณีพิเศษ (Special Inspection) เป็นการตรวจสอบอย่างละเอียด โดยเฉพาะบริเวณที่มีความเสียหายรุนแรงหรือมีผลกระทบต่อความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างสะพาน การตรวจสอบชนิดนี้จะกระทำด้วยเครื่องมือพิเศษ และวิเคราะห์ผลทางโครงสร้างด้วยวิศวกรอย่างละเอียด การสำรวจกระทำตามความจำเป็น ซึ่งไม่มีกำหนดเวลาแน่นอนแต่ไม่เกินครั้งละ 10 ปี

2.8.3 ประเภทของการตรวจสอบสะพานของประเทศออสเตรเลียได้มีการจำแนกประเภทของการตรวจสอบสะพานที่ประกอบด้วย (AUSTROADS, 1991)

2.8.3.1 การตรวจสอบปกติ (Regular Inspection) เป็นส่วนหนึ่งของการตรวจสอบถนนแบบประจำโดยทีมงานตรวจสอบถนนและผู้ชำนาญการทางด้านการซ่อมบำรุงที่มีความรู้เกี่ยวกับงานโครงสร้าง การตรวจสอบปกติจะมีความถี่สูง ทุกสัปดาห์หรือทุกวันหากจำเป็น และมีเหตุภัยพิบัติน้ำหลาก ไฟไหม้หรืออุบัติเหตุ เพื่อทำการตรวจในสิ่งบกพร่องที่สามารถเห็นได้ง่าย ผู้ตรวจสอบจะรายงานต่อผู้ชำนาญการต่อไป การตรวจสอบปกติเป็นการตรวจสอบสภาพผิวภายนอก

2.8.3.2 การตรวจสอบประจำ (Routine Inspection) เป็นสิ่งสำคัญที่ต้องทำการตรวจสอบทุกช่วงเวลา 1 ถึง 2 ปีโดยทีมงานที่เกี่ยวข้องกับงานทางด้านโครงสร้าง ผู้ตรวจสอบจะตรวจการซ่อมบำรุงประจำที่ได้ดำเนินการและตรวจความเสียหายขนาดใหญ่ที่เห็นได้เด่นชัด แล้วทำการรายงานอย่างย่อและถ่ายรูปประกอบเพื่อขอให้ทำการตรวจสอบละเอียดหรือกรณีพิเศษต่อไป การตรวจสอบประจำจึงเป็นการตรวจเพื่อประเมินการตรวจสอบปกติและงานซ่อมบำรุงให้เป็นไปอย่างครบถ้วน

2.8.3.3 การตรวจสอบละเอียด (Detailed Inspection) เป็นการตรวจสอบที่สำคัญที่สุดที่กระทำทุกช่วง 2 ถึง 10 ปี โดยทีมวิศวกรที่มีประสบการณ์ในการตรวจสอบสะพาน ระยะเวลาในการดำเนินการโดยปกติมีอิทธิพลจากความสำคัญของสะพานและการตัดสินใจตรวจสอบแต่ละครั้งยังขึ้นอยู่กับสภาพของสะพาน วัสดุ และรูปแบบของโครงสร้าง ในการตรวจสอบจะทำการสำรวจรายละเอียดทุกลักษณะของสภาพโครงสร้างและพฤติกรรม รวมทั้งสิ่งที่มองเห็นและเกี่ยวกับการวินิจฉัยประเมินสภาพ มีการเขียนรายงานที่ครอบคลุมพร้อมทั้งภาพประกอบ

2.8.3.4 การตรวจสอบกรณีพิเศษ (Special Inspection) เป็นการตรวจสอบตามความจำเป็นโดยวิศวกรที่มีประสบการณ์ในการตรวจสอบสะพาน ที่ปรึกษา และผู้ที่มีความชำนาญเฉพาะด้านในกรณีพิเศษนั้นๆ อย่างเช่นไฟไหม้ น้ำหลาก เสียหายจากอุบัติเหตุ หรือพบกรณีพิเศษตามความต้องการจากการจัดการ การตรวจสอบจะสำรวจอย่างละเอียดทุกลักษณะตามที่สภาพ

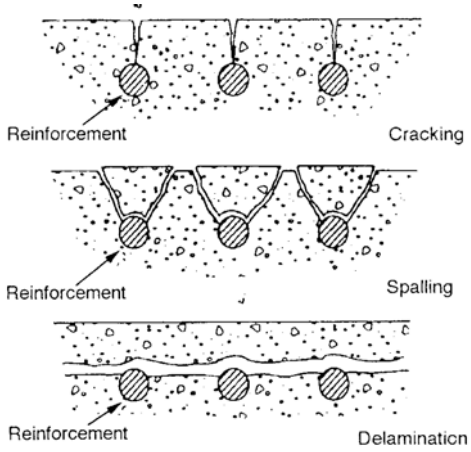
ปรากฏอยู่และลักษณะอื่นตามสภาพโครงสร้างและพฤติกรรม มีการเขียนรายงานที่ครอบคลุมในทุกลักษณะพร้อมทั้งภาพประกอบรวมถึงตำแหน่งของลักษณะพิเศษที่เกิดขึ้นเช่นเดียวกับส่วนอื่นๆ

2.9 ความเสียหายของสะพาน

ความเสียหายของสะพานสามารถจำแนกได้ตามวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างสะพาน สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการศึกษาความเสียหายของสะพานที่มีคอนกรีตเป็นส่วนประกอบ ซึ่งเป็นสะพานชนิดที่มีการก่อสร้างกันแพร่หลายในระยะเวลาที่ผ่านมา สำหรับโครงสร้างของสะพานที่มีการก่อสร้างด้วยคอนกรีตนั้นสามารถจำแนกได้เป็น คสล. และ คอร. สะพานคอนกรีตโดยทั่วไปแล้วในองค์-ประกอบบางส่วนมีโครงสร้างเป็น คสล. เช่น ตอม่อริมฝั่ง ราวสะพาน เป็นต้น บางส่วนมีโครงสร้างเป็น คอร. เช่น แผ่นพื้นสะพาน เสาเข็ม เป็นต้น ซึ่งเป็นลักษณะของสะพานในความรับผิดชอบส่วนใหญ่ของ รพช.

2.9.1 ความเสียหายของคอนกรีต มีสาเหตุด้วยกัน 4 ประการประกอบด้วย (ศักดิ์ประยุทธ,2541)

2.9.1.1 การกัดกร่อนของเหล็กเสริม นับเป็นสาเหตุที่ร้ายแรงที่สุดต่อความทนทานของคอนกรีตความเสียของคอนกรีตอันเนื่องมาจากการกัดกร่อนของเหล็กเสริมมีรูปแบบของการแตกร้าว (Cracking) การหลุดร่อน (Spalling) และการแตกเป็นชั้น (Delamination) สามารถทำให้โครง-สร้างพังทลาย เนื่องจากคอนกรีตกับเหล็กเสริมไม่สามารถยึดกันอยู่ได้



ภาพประกอบที่ 2.16 รูปแบบของความเสียหายเนื่องมาจากการกัดกร่อนของเหล็กเสริม (ศักดิ์ประยุทธ, 2541)

2.9.1.2 ปฏิกิริยาระหว่างด่างกับหิน หินบางประเภทมีสารประกอบซิลิก้าที่ไวต่อปฏิกิริยา (Reactive Silicious Material) เมื่อทำปฏิกิริยากับอัลคาไลจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์โดยมีน้ำพอเพียงในคอนกรีตแล้วทำให้คอนกรีตเกิดการขยายตัว การขยายตัวนี้จะทำให้คอนกรีตเกิดการแตกร้าวโดยรูปแบบของการแตกร้าวจะเป็นแบบ Random หรือ Map Cracking

2.9.1.3 ความเสียหายเนื่องจากซัลเฟต ซัลเฟตสามารถพบได้ทั่วไปในดิน น้ำใต้ดิน และน้ำทิ้ง เมื่อโครงสร้างคอนกรีตอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่มีซัลเฟตปริมาณสูง ซัลเฟตจะซึมผ่านคอนกรีตเข้าไปทำปฏิกิริยากับสารประกอบในคอนกรีต เกิดเป็นสารประกอบที่ทำให้คอนกรีตขยายตัวและแตกร้าวได้

2.9.1.4 วัสดุและแรงงานที่ไม่ได้มาตรฐาน ปัญหาเรื่องความทนทานของคอนกรีตอาจเกิดขึ้นเนื่องจากวัสดุที่นำมาใช้ผสมคอนกรีตไม่ถูกต้อง คือมีสิ่งสกปรกหรือสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อคอนกรีตเจือปนมากกว่าที่มาตรฐานกำหนด และแรงงานที่ใช้ไม่มีความสามารถเพียงพอทำให้การอัดแน่นของคอนกรีตไม่เป็นไปตามที่มาตรฐานกำหนด คอนกรีตจึงมีความพรุนมาก ผลก็คือความทนทานของคอนกรีตจะลดลงเพราะความชื้นและสารเคมีต่างๆ จะแทรกซึมเข้าไปในคอนกรีตได้ง่าย

2.9.2 สิ่งที่บอกถึงการเสื่อมสภาพในโครงสร้างที่มีคอนกรีตเป็นส่วนประกอบ

การศึกษาในหัวข้อนี้มีความสำคัญอย่างมากต่อการกำหนดวิธีการในการตรวจสอบสภาพสะพานที่นำไปสู่เกณฑ์ในการประเมินสภาพสะพาน ซึ่งเป็นโครงสร้างอันมีคอนกรีตเป็นส่วนประกอบ สำหรับสิ่งที่บอกถึงการเสื่อมสภาพที่จะกล่าวถึงนี้ประกอบด้วย (Minor, 1988)

- รอยแตก (Cracking)
- ผิวหน้าหลุดร่อน (Scaling)
- การแตกกะเทาะ (Spalling)
- การแตกเป็นชั้น (Delamination)
- คราบสกปรก (Strains)
- โพรง (Hollow)
- การเสียรูป (Deformations)
- การปะซ่อม (Patching)
- คุณภาพในการขับขี่ (Ride Quality)

2.9.2.1 รอยแตก (Cracking) หมายถึงบางส่วนของคอนกรีตที่แยกจากกันเป็นสองส่วนหรือมากกว่านั้นโดยมีช่องว่างเกิดขึ้น รูปแบบของรอยแตกมีหลากหลายที่ปรากฏในโครงสร้างคอนกรีต ความสำคัญของรอยแตกขึ้นอยู่กับชนิดของโครงสร้าง สาเหตุของการเกิดรอยแตก ความ

กว้างและความยาวที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลา รอยแตกเป็นเรื่องธรรมดาในคอนกรีตเพราะการขยายตัวทำให้มีปริมาณเปลี่ยนไปมาก เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ รอยแตกสามารถจำแนกได้ ดังนี้

ก. Plastic Shrinkage เป็นรอยแตกที่เกิดขึ้น เมื่อมีการแห้งตัวของคอนกรีตที่รวดเร็วในการเปลี่ยนสถานะจาก Plastic รอยแตกจะกว้างและไม่ลึก ช่วงระยะห่างของรอยแตกจะสม่ำเสมอมีรูปแบบที่แน่นอน รอยแตกจากการหดตัวไม่มีความสำคัญมากนัก แต่มีผลกระทบโดยตรงเล็กน้อยต่อการประเมินสภาพ

ข. Drying Shrinkage เป็นผลจาก ในระหว่างการแข็งตัวของคอนกรีตที่ถูกจำกัดภายหลังที่แข็งตัวแล้ว รอยแตกจะละเอียดและลึกกว่ารอยแตกแบบ Plastic Shrinkage มีตำแหน่งที่ไม่แน่นอน รอยแตกชนิดนี้มีค่าในการบันทึกรายงาน แต่มีผลเล็กน้อยในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ

ค. Settlement Crack อาจเกิดขึ้นได้ในหลายตำแหน่ง รอยแตกจะเป็นเส้นคมเหนือเหล็กเสริมเป็นผลจาก Slump คอนกรีตสูง หรือจากการทรุดตัวของไม้แบบที่รองรับโครงสร้าง กรณีรอยแตกจาก Slump ควรบันทึกลงในรายงานเพราะจะมีผลทำให้เกิดการเสื่อมสภาพต่อไป สำหรับรอยร้าวจากการทรุดตัวสมควรดำเนินการที่ชัดเจนควรบันทึกเป็นประวัติและสาเหตุของการเกิด รอยแตกจากการทรุดตัวเป็นอันตรายและมีผลกระทบต่อการรับน้ำหนักของสะพาน

ง. Structural Crack เกิดขึ้นจากแรงกดที่เกิดขึ้นอย่างรุนแรงมากกว่า ความสามารถในการรับแรงของโครงสร้างที่ออกแบบไว้ ความกว้างของรอยแตกจะเปลี่ยนแปลงแต่มีตำแหน่งที่ชัดเจน ในบางตำแหน่งไม่อันตราย เช่น รอยแตกตามยาวที่พื้นสะพานและรอยแตกตามขวางที่มุมหรือพื้นที่เอียงทำมุม รอยแตกควรจะประเมินบนพื้นฐานของตำแหน่ง ขนาด และสาเหตุที่ชัดเจน

จ. Corrosion เป็นผลมาจากภาวะการกัดกร่อนของเหล็กเสริม โดยปกติจะสัมพันธ์กับผิวภายนอกที่ไม่ลึกและมีตำแหน่งเหนือหรือใต้เหล็กเสริม ความกว้างของรอยแตกจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการกัดกร่อนที่ต่อเนื่อง สนิมเหล็กที่เกิดขึ้นทำให้การยึดเกาะน้อยลง รอยแตกที่เกิดจากการกัดกร่อนสามารถแสดงถึงการสูญเสียประสิทธิภาพของคอนกรีต

ฉ. Map Cracking โดยทั่วไปแล้วจะเกิดจากปฏิกิริยาเคมีที่กระทำต่อหินและ Cement Paste จำนวนและความกว้างของรอยแตกปกติแล้วจะเพิ่มตามระยะเวลาที่เกิดปฏิกิริยาต่อ Cement และองค์ประกอบภายนอก อันมีผลต่อการพังทลายของคอนกรีตและสูญเสียกำลัง ควรมีการบันทึกรอยแตกชนิดนี้ในรายงาน ถ้ามีปรากฏขึ้นอย่างรุนแรงควรให้ผู้เชี่ยวชาญช่วยในการประเมิน

Structural Crack, Corrosion และ Map Cracking ที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมี เป็นข้อพิจารณาสำคัญในสะพานชนิด คสล.

2.9.2.2 ผิวหน้าหลุดร่อน (Scaling) หมายถึงการแตกเป็นสะเก็ดของผิว Mortar ของคอนกรีต เป็นผลให้เกิดรอยเปิดของหินที่ต่อเนื่อง ในที่สุดเริ่มกว้างขึ้นและหลุดออก คอนกรีตในระยะเริ่มแรกจะไวต่อการที่ผิวหน้าหลุดร่อน อย่างไรก็ตาม ชั้นผิวที่เปราะบางเป็นผลมาจากความผิดพลาดในการทำพื้นผิว หรืออากาศในคอนกรีตมีปริมาณที่เพียงพอที่จะทำให้เกิดการแตกเป็นสะเก็ด บริเวณร่องระบายน้ำของพื้นสะพานที่น้ำขัง ผิวของขอบทางและผนังกั้นเป็นส่วนที่ง่ายต่อการเกิดผิวหน้าหลุดร่อน

2.9.2.3 การแตกกะเทาะ (Spalling) การแตกกะเทาะของคอนกรีตเป็นการแสดงให้เห็นถึงความเสียหายที่รุนแรง สามารถก่อให้เกิดการเปราะเฉพาะที่และขยายไปสู่การเสื่อมถอยของโครงสร้าง ก่อให้เกิดแอ่งหลุมโดยการแยกและหลุดออกของผิวคอนกรีต การแตกกะเทาะสัมพันธ์กับอายุของโครงสร้างเพราะปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิด คือ การเสื่อมสภาพของเหล็กเสริมและความเค้นที่มากทำให้เกิดปริมาณเพิ่มขึ้นตามอายุของโครงสร้าง

2.9.2.4 การแตกเป็นชั้น (Delamination) หมายถึงการแยกตัวตามยาวในแนวระนาบขนานที่ผิวของคอนกรีต เกิดกับเหล็กเสริมที่กัดกร่อนและขยายตัว กระบวนการกัดกร่อนเกิดอย่างต่อเนื่อง มีแรงดันที่เพิ่มขึ้นกระทำต่อคอนกรีต ในที่สุดทำให้เกิดการแตกเป็นชั้นจากส่วนหลักของคอนกรีตผลที่ตามมาคือ การแตกกะเทาะ พื้นสะพาน มุมของคานรัดเสาเข็ม (Cap Beam) และเสา เป็นส่วนที่ไวต่อการแตกเป็นชั้น ปกติแล้วความเสียหายชนิดนี้จะบอกถึงเหล็กเสริมกัดกร่อนและการแตกกระเทาะสูงสุดของคอนกรีต

2.9.2.5 คราบสกปรก (Stains) คราบสกปรกมีหลายชนิดที่พบในคอนกรีต อย่างไรก็ตามมี 2 - 3 ชนิดที่มีความสำคัญ คราบสกปรกจากน้ำมัน ก๊าซโซลีน และแอสฟัลส์ เป็นสิ่งธรรมดา แต่ไม่บ่อยนักที่เป็นสาเหตุของความเสียหายในคอนกรีต คราบสกปรกทั้งหมดที่สำคัญจะเกี่ยวพันกับสนิมเหล็กที่แสดงถึงการกัดกร่อนของเหล็กเสริม

2.9.2.6 โพรง (Hollow) การตรวจสอบคอนกรีตด้วยการใช้ฆ้อนหรือไม้เนื้อแข็งเคาะเบาๆ จะเกิดเสียงที่บอกว่าคอนกรีตนั้นเป็นโพรง ทำให้รู้ว่าคอนกรีตมีคุณภาพต่ำ อาจเกิดจากการถูกไฟไหม้ ถูกทำลายด้วยสารเคมี หรือปริมาณซีเมนต์ในคอนกรีตมีน้อยเป็นผลให้เกิดโพรงอากาศในคอนกรีต สามารถตรวจสอบได้โดยการใช้การฟังเสียง (Sounding Test)

2.9.2.7 การเสียรูป (Deformations) การพองตัวหรือขยายตัวของคอนกรีตเป็นสิ่งปกติที่บ่งชี้ถึงการทำปฏิกิริยาของวัสดุ การพองตัวเฉพาะส่วนมีสาเหตุจากการพังของคอนกรีตโดยแรงอัด การบิดของโครงสร้างส่วนล่างและส่วนบนอาจพิสูจน์ให้เห็นถึงการทรุดตัวหรือปัญหาของฐานราก

2.9.2.8 การปะซ่อม (Patching) การปะซ่อมหรือการซ่อมแซมในแบบอื่นแสดงถึงปัญหาของคอนกรีต สภาพของการซ่อมแซมหรือการปะซ่อมจะแสดงถึงปัญหาที่แอบแฝงอยู่บริเวณที่แก้ไขไปหรือมีปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง รอยแตก การแยกเป็นชั้น เป็นสนิม คราบสกปรกที่อยู่ภายในหรือรอยปะซ่อมสามารถแสดงให้เห็นถึงปัญหาที่ยังคงมีอยู่หรือที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ที่ต้องการการตรวจสอบและการซ่อมแซม

2.9.2.9 คุณภาพในการขับขี่ (Ride Quality) ผู้ตรวจสอบจะต้องพิจารณาคุณภาพในการขับขี่ของสะพาน ถ้าการก่อสร้างมีลักษณะเป็นผลกระทบหรือการเปลี่ยนมุมของพื้นสะพานทำให้ การขับขี่ไม่ดีบริเวณรอยต่อ อย่างไรก็ตาม ผู้ตรวจสอบจะต้องค้นหาการใช้งานรอยต่อที่เหมาะสมหรือได้รับความเสียหาย รวมถึงมีการเปลี่ยนแปลงของระดับความสูงเป็นผลจากปัญหาการทรุดตัวของฐานราก ดินถมคอสะพานที่ตอม่อริมฝั่งที่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นสาเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในการขับขี่

2.10 การศึกษาความเสียหายของสะพานในประเทศไทย

ความแตกต่างทางด้านภูมิศาสตร์ ภูมิอากาศ รวมทั้งคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างในแต่ละพื้นที่ย่อมมีผลต่อความเสียหายของสะพานที่แตกต่างกัน จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่กล่าวถึงความเสียหายของสะพานที่ได้ตรวจพบในประเทศไทย ได้พบงานวิจัย 2 ผลงาน มีรายละเอียดที่กล่าวถึงความเสียหายของสะพานดังต่อไปนี้

2.10.1 งานวิจัยของ นภดล ประไพตระกูล, 2543 เรื่องการบำรุงรักษาและบูรณะสะพาน ได้กล่าวถึงความเสียหายของสะพานโดยแยกตามโครงสร้างแต่ละส่วนดังนี้

เนื่องจากสะพานประกอบด้วยโครงสร้างหลายส่วน ความเสียหายที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากสาเหตุที่แตกต่างกัน และลักษณะความเสียหายก็อาจแตกต่างกันออกไป โดยแบ่งความเสียหายตามโครงสร้างของสะพานได้เป็น

2.10.1.1 พื้นสะพานคอนกรีต ความเสียหายของพื้นสะพาน เป็นปัญหาที่พบมากที่สุดในการบำรุงรักษาสะพาน ความเสียหายที่เกิดขึ้นเสมอมีดังนี้

ก. พื้นสะพานแตกเป็นสะเก็ด(Scaling) สาเหตุเกิดจากการค่อยๆ เสื่อมคุณภาพของปูนซีเมนต์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวประสานการยึดเกาะของหินและทราย โดยจะเริ่มแตกเป็นแผ่นบางๆ จากส่วนบนของผิวหน้าและค่อยๆ รุกรามไปในเนื้อคอนกรีตจนถึงเหล็กเสริม

ข. พื้นคอนกรีตแตกกะเทาะ (Spalling) สาเหตุอาจเกิดจากเหล็กเสริมเป็นสนิมทำให้คอนกรีตแตกหรืออาจเกิดจากการที่คอนกรีตแตกเป็นสะเก็ด (Scaling) ก่อนและลุกลามจนกินลึกลงไปเป็นการแตกกะเทาะหรืออาจเกิดจากสาเหตุร่วมกันทั้ง 2 อย่าง

ค. พื้นแตกร้าว (Cracking) รอยแตกร้าวของพื้นอาจเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ เช่น รถบรรทุกเกินพิกัด การบ่มคอนกรีตไม่ถูกต้องระหว่างการก่อสร้าง ตอม่อทรุดเอียงไม่เท่ากันหรือตอม่อเคลื่อนตัว เป็นต้น การแตกร้าวนี้ ทำให้น้ำสามารถแทรกซึมลงไปทำอันตรายเหล็กเสริมได้

2.10.1.2 ราวสะพานและทางเดินเท้า ส่วนใหญ่ราวสะพานจะเสียหายเนื่องจากถูกรถชน ราวสะพานถึงแม้จะไม่ใช่ส่วนที่เกี่ยวข้องกับความมั่นคงแข็งแรงของสะพาน แต่จำเป็นที่จะต้องดูแลรักษาให้อยู่คงทน เพื่อประโยชน์ในเรื่องความปลอดภัยของผู้ขับขี่และผู้เดินเท้า

2.10.1.3 ระบบระบายน้ำบนพื้นสะพาน การออกแบบสะพานโดยทั่วไปจะปล่อยให้น้ำไหลออกทางด้านข้างของพื้นสะพาน การมีน้ำขังอยู่บนพื้นสะพานนั้นเป็นอันตรายอย่างยิ่งต่อการจราจร และอาจทำให้เกิดความเสียหายต่อตัวสะพานได้ การที่น้ำบนพื้นสะพานไม่สามารถระบายออกได้สะดวก อาจมีสาเหตุมาจากสิ่งสกปรก เช่น เศษดิน เศษใบไม้ กิ่งไม้ ไปอุดรูหรือท่อระบายน้ำ

2.10.1.4 รอยต่อพื้นสะพานเพื่อการขยายตัว (Expansion Joints) รอยต่อของพื้นสะพานช่วงสั้นๆ ที่มีช่องว่างของรอยต่อน้อยมาก เนื่องจากสะพานมีการยืดตัวน้อย เช่นสะพานชนิดแผ่นพื้น (Slab Type) ซึ่งมีความยาวช่วง 5 เมตร ถึง 10 เมตร เป็นต้น ความเสียหายของรอยต่อชนิดนี้ส่วนใหญ่เกิดจากการที่มีเศษหิน เศษดิน หรือเศษไม้เข้าไปอุดอยู่ในรอยต่อ เมื่อพื้นสะพานขยายตัวสิ่งที่อุดช่องว่างจะทำให้มุมของรอยต่อแตกบิ่น หรือกะเทาะหลุดลอก และเกิดเพิ่มขึ้นจนทำให้ผู้ขับขี่รู้สึกสะดุดได้

2.10.1.5 คานสะพาน เมื่อสะพานใช้งานเป็นระยะเวลาที่ยาวนาน มักพบว่ามีการแตกกะเทาะเนื่องจากเหล็กเสริมเป็นสนิมขุย และเบ่งตัวทำให้คอนกรีตหลุดออก และเบ่งตัวทำให้

คอนกรีตแตกหลุดออก สาเหตุที่ทำให้เกิดความเสียหายกับเหล็กเสริมจนกระทั่งเป็นสนิมนั้นเกิดจาก คาร์โบเนชั่น (Carbonation) คือ คาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ ไปทำให้คอนกรีตเสื่อมคุณภาพ ซึ่งจะกินลึกเข้าไปตามกาลเวลา จะเร็วหรือช้านั้นขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมและคุณสมบัติของคอนกรีต

2.10.1.6 แผ่นยางรองคานสะพาน สะพานแบบแผ่นพื้น (Slab Type) ใช้แผ่นยางรองคาน หนา 2 ชั้น รองด้านใต้พื้น ความเสียหายที่พบมากก็คือ แผ่นยางไม่รับการแอ่นตัวเมื่อโครงสร้างรับน้ำหนัก จึงทำให้พื้นกดขอบของคานรัดเสาเข็ม (Cap Beam) แตกร้าว ทำให้เหล็กเสริมในคานรัดเสาเข็มเป็นสนิม

2.10.1.7 ตอม่อสะพาน ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับตอม่อสะพานมีหลายรูปแบบและเกิดได้จากหลายสาเหตุ คือ

ก. เหล็กเสริมเป็นสนิม สาเหตุที่ทำให้เหล็กเสริมเป็นสนิม คือ น้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำเค็มสามารถแทรกเข้าไปถึงโครงสร้างเหล็กเสริม ทำให้เหล็กเสริมเป็นสนิม พบความเสียหายมากบริเวณตรงรอยต่อของเสาเข็มที่จมน้ำกับจมดิน บางครั้งพบรอยต่อของการก่อสร้างซึ่งอาจก่อสร้างไม่ถูกต้องตามหลักวิชา ทำให้รอยต่อนั้นคอนกรีตไม่ยึดเป็นเนื้อเดียวกัน น้ำจึงสามารถแทรกเข้าไปทำให้เหล็กเป็นสนิมได้

ข. ตอม่อทรุด สาเหตุมักเกิดจากการกัดเซาะของกระแสน้ำ หากการทรุดตัวไม่มาก ระดับพื้นสะพานที่บริเวณตอม่อก็จะต่ำลง อาจจะทรุดเท่ากันตลอดแนวตอม่อ หรือทรุดเอียงก็ได้ โดยที่สะพานก็ยังไม่พังทลาย แต่ถ้าหากการทรุดตัวเกิดขึ้นมาก ก็อาจมีผลทำให้พื้นสะพานแตกร้าว หรือพังทลายได้

ค. ตอม่อเคลื่อนตัว ปัญหาการเคลื่อนตัวของตอม่อส่วนใหญ่มักเกิดจากแรงดันของดินสาเหตุเนื่องจากดินถมเชิงลาดใต้คอสะพาน อาจถูกกระแสน้ำกัดเซาะ บางครั้งพบในบริเวณพื้นที่ที่เป็นดินอ่อน บางครั้งมีการก่อสร้างถนนด้านข้างสะพานหรือทางกลับรถใต้สะพานน้ำหนักของถนนทำให้ดินด้านล่างเคลื่อนตัวไปดันดินตอม่อให้เคลื่อนตัวออกไป

นอกจากความเสียหายของสะพานที่เกิดขึ้นกับส่วนประกอบของโครงสร้างๆ ที่มีคอนกรีตเป็นส่วนประกอบแล้ว สิ่งสำคัญที่ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อสะพานได้ คือ ร่องน้ำ การบำรุงรักษาสภาพร่องน้ำจะช่วยให้สะพานมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน การที่จะควบคุมให้สภาพร่องน้ำไม่

เปลี่ยนแปลงหรือเปลี่ยนแปลงน้อยอาจทำได้ยากหรือบางครั้งไม่สามารถทำได้เลย จึงควรมีวิธีในการดูแลรักษาสภาพร่องน้ำที่ประกอบด้วย (นภดล, 2543)

- การสำรวจสภาพร่องน้ำ เป็นพื้นฐานเบื้องต้นที่จะทำให้ทราบว่าร่องน้ำมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรหรือไม่ การสำรวจร่องน้ำควรทำปีละ 2 ครั้ง คือ ช่วงหลังน้ำหลาก และช่วงน้ำแล้งก่อนเข้าฤดูฝน
- การขุดลอกสิ่งตกค้างที่ลอยมากับน้ำ บางครั้งการปล่อยให้สิ่งที่ลอยมากับน้ำตกค้างนานหลายปี จนเป็นเกาะกลางน้ำกีดขวางการไหลของน้ำ จึงทำให้กระแสน้ำเบี่ยงเบนออกด้านข้างเกิดแนวร่องน้ำใหม่ได้
- การขุดแต่งร่องน้ำ อาจจะขุดลอกด้านที่ตกตะกอนมากออก หรือขุดแต่งท้องน้ำที่ไม่เรียบให้เรียบ ควรดำเนินการให้แล้วเสร็จก่อนฤดูฝน ในบางครั้งต้องขุดแต่งปรับแนวทางของลำน้ำ เพื่อป้องกันปัญหาการกัดเซาะด้วย
- การป้องกันการกัดเซาะ โครงสร้างที่ป้องกันการกัดเซาะจะต้องมีการตรวจสอบดูแลรักษาเป็นประจำ หากพบความเสียหายแม้เกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยจะต้องรีบดำเนินการซ่อมแซมแก้ไขโดยด่วนก่อนที่จะถึงช่วงน้ำหลาก

2.10.2 งานวิจัยของ โสพส เตมียบุตร, ม.ป.ป. ได้กล่าวถึงความเสียหายของสะพานไว้ว่า การวิเคราะห์ความเสียหายและสาเหตุที่เกิดขึ้นกับสะพานหรือส่วนใดๆ ของสะพานที่พบเห็นได้บ่อยครั้ง มีตามตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 การวิเคราะห์ความเสียหายและสาเหตุ (โสพส, ม.ป.ป.)

บริเวณที่เสียหาย	**ลักษณะความเสียหาย**	**สาเหตุ**
ตัวสะพานทั่วไป	ทรุดตัวหรือเบี่ยงเบนจากแนว	ฐานรากไม่ดี
เสาเข็ม	แตกหัก	ถูกเรือชน
เสาเข็ม	คอนกรีตหุ้มเหล็กเสริมแตก	สารเคมีกัดกร่อน
เสาเข็ม	เป็นรูพรุน	ก่อสร้างไม่ดี
พื้นสะพาน	กะเทาะเป็นแผ่น	ใช้งานมานาน
พื้นสะพาน	แตกร้าว	รถบบรรทุกน้ำหนักเกินพิกัด
คานหัวเสา	กะเทาะเป็นแผ่น	แบริ่งไม่ดี
ดินคอสะพาน	ยุบตัว	น้ำกัดเซาะ
คานสะพาน	แตกร้าว	เรือชน
แบริ่ง	ไม่ทำงาน	บำรุงรักษาไม่ดี
ผิวลาดยาง	เป็นหลุมบ่อ	หมดอายุ
รอยต่อพื้นสะพาน	น็อตยึดหลวม	บำรุงรักษาไม่ดี
ราวสะพาน	แตกร้าว	รถชน

ตารางที่ 2.2 ความเสียหายของสะพานที่ทำด้วยคอนกรีต (โสพส, ม.ป.ป.)

ลำดับที่	ลักษณะความเสียหาย	สาเหตุ	เป็นอันตรายหรือไม่
1	เหล็กเสริมเป็นสนิม	ทุกสาเหตุ	อันตราย
2	รอยแตกร้าว	รถ, เรือชน	อันตราย
		ฐานรากทรุดตัว	อันตราย
		รถบรรทุกน้ำหนักเกิน	อันตราย
		การอัดแรงในคอนกรีต	อันตราย
		การหดตัว	ไม่อันตราย
		อุณหภูมิเปลี่ยนแปลง	ไม่อันตราย
3	คอนกรีตเสื่อมสภาพ	อายุใช้งานนาน	อันตราย
		สารเคมี, น้ำทะเล	
		รถ, เรือชน	
		ก่อสร้างไม่ดี	
4	การทรุดตัวหรือเอียง	รถ, เรือชน	อันตราย
	หรือเบนออกจากแนว	ฐานรากไม่ดี	
		รถบรรทุกน้ำหนักเกิน	
5	บางส่วนของโครงสร้างแตกหัก	ทุกสาเหตุ	อันตราย
6	เป็นรูพรุน	ทุกสาเหตุ	อันตราย
7	เนื้อคอนกรีตบางส่วนหลุด	ทุกสาเหตุ	อันตราย
	หายไป		
8	บางส่วนของโครงสร้างไม่	ทุกสาเหตุ	อันตราย
	ทำงาน		
	เช่น Shear Key		
9	รอยกะเทาะหรือผิวหลุดร่อน	ทุกสาเหตุ	ไม่อันตราย
10	พื้นสะพานสั่นหรือแอ่นตัวมาก	รถบรรทุกน้ำหนักเกิน	อันตราย
	เมื่อมีรถวิ่งผ่าน		

ตารางที่ 2.3 ความเสียหายของแบริ่ง (โสพส, ม.ป.ป.)

ลำดับที่	ลักษณะความเสียหาย	สาเหตุ	เป็นอันตรายหรือไม่
1	วัสดุที่ใช้ทำเสื่อมสภาพ	ใช้งานมานาน	อันตราย
2	ถูกสนิมกัดกร่อน	ทุกสาเหตุ	อันตราย
3	น๊อตยึดหลวม	ทุกสาเหตุ	อันตราย
4	เคลื่อนตัวไม่ได้ตามกำหนด	ทุกสาเหตุ	อันตราย
5	ไม่ทำงาน	ทุกสาเหตุ	อันตราย

ตารางที่ 2.4 ความเสียหายของดินคอสะพาน (โสพส, ม.ป.ป.)

ลำดับที่	ลักษณะความเสียหาย	สาเหตุ	เป็นอันตรายหรือไม่
1	เกิดรอยแยก	ทุกสาเหตุ	อันตราย
2	ถูกกัดเซาะ	ทุกสาเหตุ	อันตราย
3	ทรุดตัวเล็กน้อย	ทุกสาเหตุ	ไม่อันตราย

ตารางที่ 2.5 ความเสียหายของร่องน้ำ (โสพส, ม.ป.ป.)

ลำดับที่	ลักษณะความเสียหาย	สาเหตุ	เป็นอันตรายหรือไม่
1	การทับถมของกิ่งไม้ ขอนไม้	กระแสน้ำ	อันตราย
2	ตลิ่งหรือท้องคลองถูกกัดเซาะ	กระแสน้ำ	อันตราย
3	วัชพืชขึ้นเต็มคลอง	บำรุงรักษาไม่ดี	ไม่อันตราย

ตารางที่ 2.6 ความเสียหายของผิวลาดยางบนพื้นสะพาน (โสพส, ม.ป.ป.)

ลำดับที่	ลักษณะความเสียหาย	สาเหตุ	เป็นอันตรายหรือไม่
1	เป็นลูกคลื่น	ทุกสาเหตุ	ไม่อันตราย
2	มีรอยแตก	ทุกสาเหตุ	ไม่อันตราย
3	ผิวหลุดร่อน	ทุกสาเหตุ	อันตราย
4	เป็นร่องล้อ	ทุกสาเหตุ	อันตราย
5	เป็นหลุมบ่อ	รถบรรทุกน้ำหนักเกิน	อันตราย

ตารางที่ 2.7 ความเสียหายของรูระบายน้ำบนพื้นสะพาน (โสพส, ม.ป.ป.)

ลำดับที่	ลักษณะความเสียหาย	สาเหตุ	เป็นอันตรายหรือไม่
1	อุดตัน	บำรุงรักษาไม่ดี	ไม่อันตราย

ตารางที่ 2.8 ความเสียหายของรอยต่อระหว่างช่วงสะพาน (โสพส, ม.ป.ป.)

ลำดับที่	ลักษณะความเสียหาย	สาเหตุ	เป็นอันตรายหรือไม่
1	เป็นรอยฉีกขาด	ทุกสาเหตุ	อันตราย
2	น้ำซึมลงได้	ทุกสาเหตุ	ไม่อันตราย
3	น็อตยึดหลวม	ทุกสาเหตุ	ไม่อันตราย
4	ยืดหดไม่ได้ตามกำหนด	ทุกสาเหตุ	อันตราย
5	น็อตหรือรอยเชื่อมหลุดหายไป	ทุกสาเหตุ	อันตราย

2.10.3 ปัญหาหลักที่เกิดขึ้นกับสะพานคอนกรีต (TRRL, 1988)

นอกจากงานวิจัยในประเทศที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว Transport and Road Research Laboratory (TRRL) [(1)] ได้แนะนำแนวทางในการตรวจสอบสภาพสะพานสำหรับใช้งานในประเทศกำลังพัฒนา โดยมีรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับความเสียหายของสะพาน อยู่ 5 ประการ คือ

2.10.3.1 รอยแตก (Cracking) ในการตรวจสอบต้องพยายามอย่างหนักในการมองหารอยแตกในทุกส่วนของสะพาน ควรบันทึกตำแหน่งที่ไม่สามารถตรวจสอบได้ เพื่อให้ผู้ชำนาญการทำการตรวจสอบ คอนกรีตที่มีรอยแตกจะเป็นปัญหาสำคัญในกรณีที่เป็นรอยใหญ่ แต่รอยแตกขนาดเล็กหรือที่เกิดจากการหดตัวจะไม่มีปัญหา กรณีที่พบรอยแตกบริเวณที่สำคัญหรือเป็น คอร. ต้องรายงานวิศวกร

2.10.3.2 การแตกกะเทาะ (Spalling) หมายถึงบางส่วนของคอนกรีตหลุดออกจากโครงสร้าง การแตกกะเทาะมีสาเหตุมาจากการกัดกร่อนของเหล็กเสริม เมื่อเหล็กถูกกัดกร่อนสนิมจะหนามากกว่าเหล็กเดิมทำให้คอนกรีตแตกเป็นก้อน

2.10.3.3 การกัดกร่อน (Corrosion) ของเหล็กเสริมหรือเหล็กอัดแรง เป็นปัญหาที่สำคัญที่สุดที่เกิดกับสะพานคอนกรีตเป็นสาเหตุให้สะพานเสื่อมถอยลง การกัดกร่อนจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วมากเมื่อคอนกรีตอยู่ในน้ำเค็มหรือใกล้เคียง ซึ่งสาเหตุของการกัดกร่อนมีสาเหตุมาจาก

[(1)]TRRL ปัจจุบันได้เปลี่ยนเป็น Transport Research Laboratory (TRL)

ก. ความไม่พอเพียงของคอนกรีตรอบเหล็กเสริม

ข. การแตกในคอนกรีตที่เกิดจากรอยแตกที่รุนแรง การแตกกะเทาะ หรือการเป็นรูพรุน

ค. คอนกรีตคุณภาพต่ำ

2.10.3.4 คอนกรีตคุณภาพต่ำ มี 3 ปัญหาที่แสดงให้เห็นถึงคอนกรีตคุณภาพต่ำ

ก. น้ำและอากาศสามารถผ่านคอนกรีตได้ง่าย

ข. เห็นรูเป็นบริเวณกว้างในผิวของคอนกรีต

ค. สารเคมีที่ไม่สามารถมองเห็นได้ในกระแสน้ำหรือแม่น้ำสามารถทำความเสียหายคอนกรีต

2.10.3.5 การถูกทำลายจากสารเคมี ถ้าสารเคมีทำความเสียหายให้คอนกรีต ที่ผิวของคอนกรีตที่ได้รับความเสียหายจะอ่อนนิ่มหรือเป็นหลุมเล็กในผิวคอนกรีต ถ้าคิดว่าคอนกรีตถูกทำลายด้วยสารเคมีให้บันทึกรายงานวิศวกร

จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในบทที่ 2 ตามที่ได้กล่าวมาทั้งหมดนี้ ทำให้เกิดแนวทางในการกำหนด 2 ส่วนสำคัญคือ ระบบประเมินสภาพสะพานและการตรวจสอบสะพานเพื่อประเมินสภาพ ซึ่งได้กล่าวถึงรายละเอียดทั้ง 2 ส่วนไว้ในบทที่ 3