ประเทศไทย

กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม

ประเทศไทย

โครงการพัฒนาแผนแม่บทสะพานและ

ศักยภาพในการงานบำรุงรักษาสะพานชนบท

รายงาน 3

คู่มือจัดทำแผนการจัดการบำรุงรักษาสะพานระยะยาว

กรกฎาคม พ.ศ. 2556
(ค.ศ. 2013)

องค์กรความร่วมมือระหว่างประเทศของญี่ปุ่น
(JICA)

ผู้ได้รับมอบหมาย
CHODAI Co., Ltd.
Metropolitan Expressway Co., Ltd.

EI
JR
13-158(3)

สารบัญ

บทที่ 1 แผนงานบริหารบำรุงรักษาระยะยาว 1

1.1 ขั้นตอนการจัดทำและหัวข้อพิจารณาในแผนงาน 1

1.2 การกำหนดรูปแบบของงานบำรุงรักษาตามระดับการบำรุงรักษา 3

1.2.1 ความสำคัญของการใช้ระดับการบำรุงรักษา 3

1.2.2 รายละเอียดโดยสังเขปของระดับการบำรุงรักษา 4

1.2.3 การกำหนดระดับการบำรุงรักษา 7

1.3 การประเมินระดับความแข็งแรงโครงสร้าง 8

1.3.1 คำจำกัดความของระดับความเสียหายและความแข็งแรงโครงสร้าง 8

1.3.2 แนวคิดเกี่ยวกับการประเมินระดับความแข็งแรงโครงสร้าง 8

1.3.3 การกำหนดเลือกชิ้นส่วนเป้าหมายในการประเมินระดับความแข็งแรงโครงสร้าง 10

1.3.4 วิธีคำนวณระดับความแข็งแรงโครงสร้าง 12

1.3.5 ตัวอย่างการคำนวณระดับความแข็งแรงโครงสร้าง (แผ่นพื้น) 15

1.3.6 การประเมินระดับความแข็งแรงโครงสร้างของความเสียหายที่จำเป็นต้องดำเนินการซ่อมอย่างเร่งด่วนหรือมีลำดับความสำคัญสูงในการซ่อมแซม 16

1.4 วิธีการคาดการณ์ระดับความแข็งแรงโครงสร้างในอนาคต 19

1.4.1 หลักการในการคาดการณ์การเสื่อมสภาพ 19

1.4.2 ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงตามแบบจำลองมาร์คอฟ (Markov) 21

1.4.3 แผนภาพแสดงการคาดการณ์การเสื่อมสภาพโดยใช้ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงตามแบบจำลองมาร์คอฟ (Markov) 22

1.4.4 แนวทางการคำนวณสมการที่ใช้คาดการณ์การเสื่อมสภาพ 23

1.4.5 วิธีการคำนวณสมการที่ใช้คาดการณ์การเสื่อมสภาพ 25

1.5 การกำหนดวิธีการซ่อมแซมตามระดับความแข็งแรงโครงสร้าง 32

1.5.1 คำจำกัดความของวิธีการซ่อมแซมและความสัมพันธ์กับระดับการบำรุงรักษา 32

1.5.2 การกำหนดวิธีการซ่อมแซมตามชิ้นส่วนโครงสร้าง 32

1.6 แนวทางการกำหนดลำดับความสำคัญของวิธีการซ่อมแซม 36

1.7 คำอธิบายเกี่ยวกับผลลัพธ์ที่ได้การคำนวณจากแบบจำลอง 40

บทที่ 2 การจัดทำแผนงานบริหารบำรุงรักษาระยะยาว 42
2.1 ขั้นตอนการคำนวณโดยใช้แบบจำลอง 42
2.2 การกำหนดระดับการบำรุงรักษา 43
2.3 การกำหนดระยะเวลาและงบประมาณประจำปีในแบบจำลอง 45
2.4 วิธีการประเมินผลลัพธ์ที่ได้จากตัวอย่างการคำนวณโดยใช้แบบจำลอง 46
2.4.1 ตัวอย่างการคำนวณโดยใช้แบบจำลอง 46
2.4.2 ผลลัพธ์ของตัวอย่างการคำนวณโดยใช้แบบจำลอง 47
2.4.3 การประเมินผลลัพธ์ของตัวอย่างการคำนวณโดยใช้แบบจำลอง 52

เอกสารแนบท้าย 1 ข้อมูลอ้างอิงเกี่ยวกับการประมาณราคาค่าก่อสร้างโดยคร่าวของงานซ่อมแซม 53

บทที่ 1 แผนงานบริหารบำรุงรักษาระยะยาว

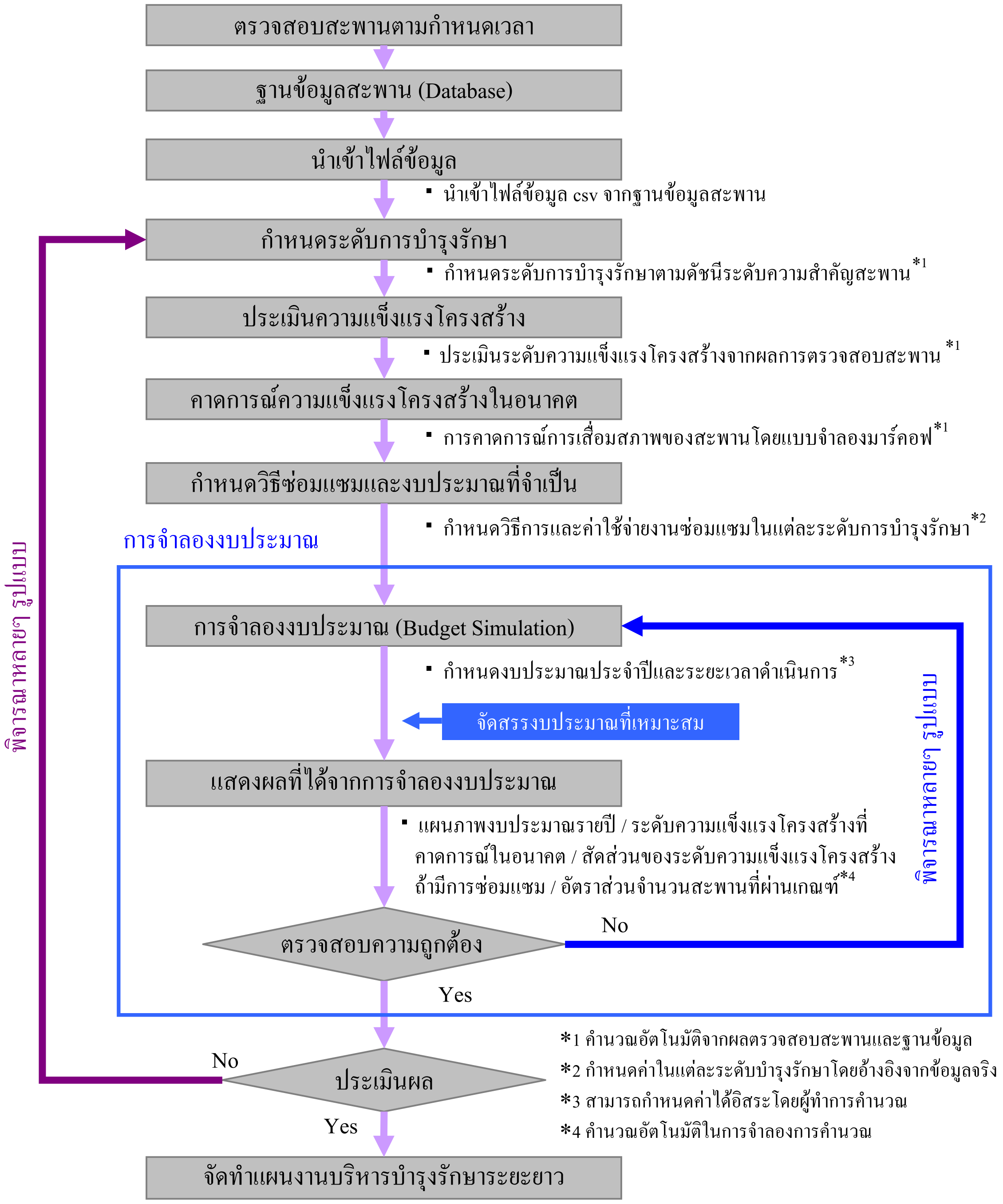
1.1 ขั้นตอนการจัดทำและหัวข้อพิจารณาในแผนงาน

แผนงานบริหารบำรุงรักษาระยะยาวมีเนื้อหาเกี่ยวกับงานบูรณะซ่อมแซมเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) และงานซ่อมแซมตามแผนงานที่กำหนด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อยืดอายุการใช้งานของสะพานให้ยาวนานขึ้น และเป็นการลดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับงานบำรุงรักษาสะพาน

หัวข้อพิจารณาและขั้นตอนในการการจัดทำแผนงานบริหารบำรุงรักษาระยะยาวของสะพานที่อยู่ในความรับผิดชอบดูแลของกรมทางหลวงชนบทได้แสดงไว้ในรูปที่ 1.1.1 ในหน้าถัดไป

ตารางที่ 1.1.1 คำอธิบายเกี่ยวกับหัวข้อพิจารณาในแผนงานบริหารบำรุงรักษาระยะยาว

หัวข้อ	คำอธิบาย
ตรวจสอบสะพานตามกำหนดเวลา	ตรวจสอบสะพานตามกำหนดเวลาโดยอ้างอิงจาก “คู่มือการตรวจสอบสะพานและประเมินผล”
กำหนดระดับการบำรุงรักษา	ประเมินระดับความสำคัญของสะพานแต่ละแห่งและกำหนดระดับการบำรุงรักษา วางแผนระยะเวลาในการดำเนินงานซ่อมแซมเพื่อรักษาระดับการบำรุงรักษา
ประเมินความแข็งแรงโครงสร้าง	ประเมินความแข็งแรงโครงสร้างของสะพานจากคะแนนเต็ม 100 คะแนน โดยประเมินตามชิ้นส่วนและช่วงสะพาน
คาดการณ์ความแข็งโครงสร้างในอนาคต	คาดการณ์การเสื่อมสภาพในอนาคตของสะพาน
กำหนดวิธีการซ่อมแซมตามระดับความแข็งแรงโครงสร้าง	กำหนดวิธีซ่อมแซมตามระดับความแข็งแรงโครงสร้างของแต่ละชิ้นส่วน และนำมาประยุกต์ใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการคำนวณค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (Life Cycle Cost: LCC)
กำหนดลำดับความสำคัญของการซ่อมแซม	จัดลำดับความสำคัญของสะพานและชิ้นส่วนโครงสร้างในการทำการซ่อมแซมเพื่อใช้ในการจัดสรรงบประมาณที่เหมาะสม
จัดสรรงบประมาณที่เหมาะสม	คัดเลือกสะพานที่สามารถดำเนินการซ่อมแซมได้ภายในวงเงินจำกัดของงบประมาณรายปี โดยคำนึงถึงลำดับความสำคัญและระดับความเสียหายของสะพานและชิ้นส่วนโครงสร้างเป็นหลัก
ตรวจสอบความถูกต้อง	ทำการจำลองเหตุการณ์ในอนาคตหลังจากกำหนดงบประมาณหลายๆ รูปแบบและระดับการบำรุงรักษาของสะพานทั้งหมด ทำการพิจารณาผลการคำนวณต่างๆ เช่น งบประมาณที่จำเป็นในอนาคต การกระจายของระดับความแข็งแรงโครงสร้าง อัตราส่วนของจำนวนสะพานที่ผ่านเกณฑ์การบำรุงรักษา เป็นต้น และจัดทำแผนงานที่ทางกรมทางหลวงชนบทสามารถดำเนินการได้จริง
ประเมินผล	ประเมินแผนงานบำรุงรักษาระยะยาวของสะพาน (แผนงานซ่อมบำรุง) โดยพิจารณาจากความปลอดภัยทางโครงสร้างที่เพิ่มขึ้น อายุการใช้งานที่เพิ่มขึ้น และค่าใช้จ่ายงานบำรุงรักษาที่ลดลง
จัดทำแผนงานบริหารบำรุงรักษาระยะยาว	คัดเลือกแผนงานซ่อมบำรุงหรือก่อสร้างใหม่ของสะพานแต่ละแห่ง



รูปที่ 1.1.1 ขั้นตอนการจัดทำและหัวข้อพิจารณาในแผนงานบริหารบำรุงรักษาระยะยาวของสะพานในเขตชนบท

1.2 การกำหนดรูปแบบของงานบำรุงรักษาตามระดับการบำรุงรักษา

1.2.1 ความสำคัญของการใช้ระดับการบำรุงรักษา

เนื่องจากสะพานที่อยู่ในความดูแลของกรมฯ มีคุณสมบัติแตกต่างกันหลายแบบ ได้แก่ รูปแบบและขนาดสะพาน ปริมาณจราจร การใช้เป็นเส้นทางขนส่งฉุกเฉิน เงื่อนไขทางที่ตั้ง เช่น การสัญจรตัดผ่าน และรูปแบบการใช้งาน ฯลฯ ดังนั้นการบริหารงานบำรุงรักษาสะพานเหล่านี้โดยใช้ระดับการบำรุงรักษาเดียวกันอาจเป็นสิ่งที่ไม่เหมาะสมและไม่มีประสิทธิภาพ

วิธีการที่จะช่วยให้งานบริหารบำรุงรักษาสะพานทั้งหมดที่อยู่ในความดูแลของกรมฯ มีประสิทธิภาพ คือ การนำแนวคิดเรื่องระดับการบำรุงรักษามาใช้ ซึ่งจะทำให้สามารถดำเนินงานบำรุงรักษาที่เหมาะสมกับความสำคัญของสะพานแต่ละแห่ง นั่นคือสามารถกำหนดและจัดทำรูปแบบงานบริหารบำรุงรักษาสะพานแต่ละแห่งได้

ระดับการบำรุงรักษาหรือเป้าหมายในการดำเนินงานบำรุงรักษา คือ การตั้งเป้าหมายใน "การบำรุงรักษาสะพานให้มีความแข็งแรงทางโครงสร้างเกินกว่าระดับที่กำหนดไว้" โดยทำการวางแผนงานเพื่อให้บรรลุเป้าหมายนั้น นอกจากนี้แล้ว การกำหนดระดับการบำรุงรักษาสะพานแต่ละแห่งยังเป็นแนวทางในการกำหนดพื้นฐานของงานบำรุงรักษาสะพานในกรมฯ (ให้ความสำคัญกับสะพานตามเงื่อนไขที่กำหนด) ซึ่งมีความสำคัญในการใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในกรมฯ ได้

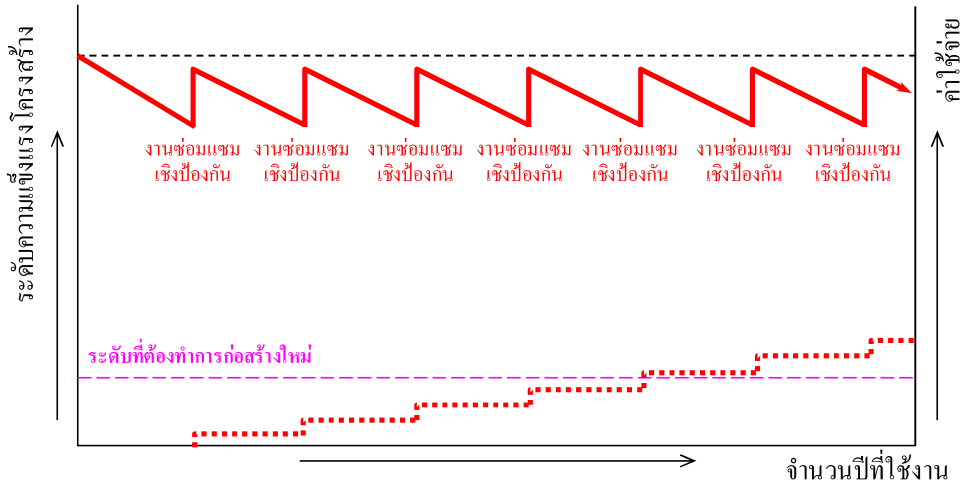
นอกจากนี้ การกำหนดรูปแบบงานบริหารบำรุงรักษาตามระดับการบำรุงรักษายังเป็นการกำหนดระยะเวลาที่เหมาะสมในการซ่อมบำรุงสะพานแต่ละแห่ง ซึ่งนำไปสู่การจัดลำดับความสำคัญในการดำเนินงานซ่อมบำรุง

ตัวอย่างเช่น ในกรณีที่มีสะพานเป็นจำนวนมากได้ความเสียหายที่มีอยู่ในระดับเดียวกัน (ระดับความแข็งแรงโครงสร้างประมาณ 50) จะทำให้ทราบอย่างชัดเจนทันทีว่ามีความจำเป็นต้องดำเนินงานซ่อมบำรุงในสะพานที่มีระดับการบำรุงรักษาสูง สำหรับสะพานที่มีระดับการบำรุงรักษาต่ำนั้น ยังไม่มีความจำเป็นต้องทำการซ่อมบำรุงและสามารถปล่อยทิ้งไว้ก่อนได้ นอกจากนี้แล้ว การนำแนวคิดเรื่องระดับการบำรุงรักษามาประยุกต์ใช้ในกรณีที่พบว่ามีความเสียหายจำนวนมากเกิดขึ้นในสะพานหลายแห่ง จะช่วยทำให้สามารถปรับเกลี่ยงบประมาณที่กระจุกตัวอยู่ในช่วงแรกของแผนงานซ่อมบำรุงออกไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2.2 รายละเอียดโดยสังเขปของระดับการบำรุงรักษา

(1) ระดับการบำรุงรักษา A

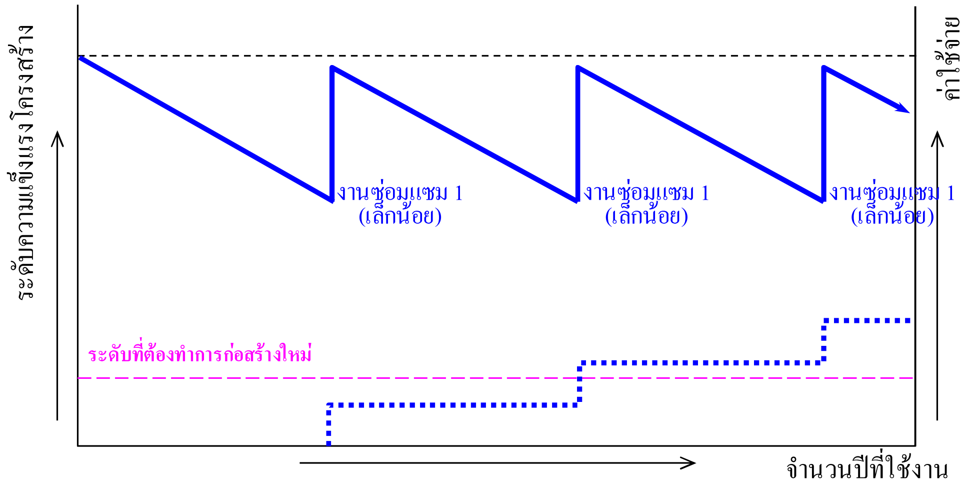
ระดับการบำรุงรักษา A หมายถึงงานซ่อมบำรุงรักษาสะพานให้มีความแข็งแรงโครงสร้างในระดับสูงอยู่เสมอ โดยทุกครั้งทันทีหลังเกิดความเสียหายเล็กน้อยจะมีการดำเนินงานซ่อมแซมเชิงป้องกันที่ใช้ต้นทุนต่ำซ้ำบ่อยๆ ซึ่งทำให้แทบไม่เกิดการเสื่อมสภาพในโครงสร้าง แนวคิดนี้เหมาะสำหรับสะพานที่มีความสำคัญเป็นลำดับสูงสุดและไม่สามารถทำการก่อสร้างใหม่ได้ในอนาคต



รูปที่ 1.2.1 ภาพอธิบายงานซ่อมบำรุงตามระดับการบำรุงรักษา A

(2) ระดับการบำรุงรักษา B

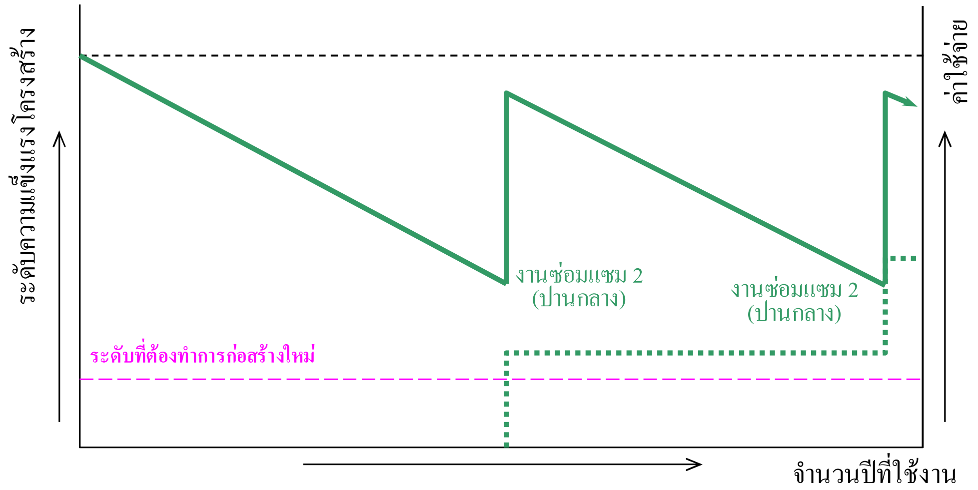
ระดับการบำรุงรักษา B หมายถึงงานซ่อมบำรุงรักษาสะพานให้มีความแข็งแรงโครงสร้างในระดับค่อนข้างสูง โดยทำการซ่อมแซมฟื้นฟูการเสื่อมสภาพอย่างมีแผนการและใช้วิธีการซ่อมบำรุงที่มีต้นทุนต่ำสำหรับความเสียหายเล็กน้อย แนวคิดนี้เหมาะสำหรับสะพานที่ก่อสร้างใหม่ได้ยากในอนาคตและมีความสำคัญค่อนข้างสูง



รูปที่ 1.2.2 ภาพอธิบายงานซ่อมบำรุงตามระดับการบำรุงรักษา B

(3) ระดับการบำรุงรักษา C

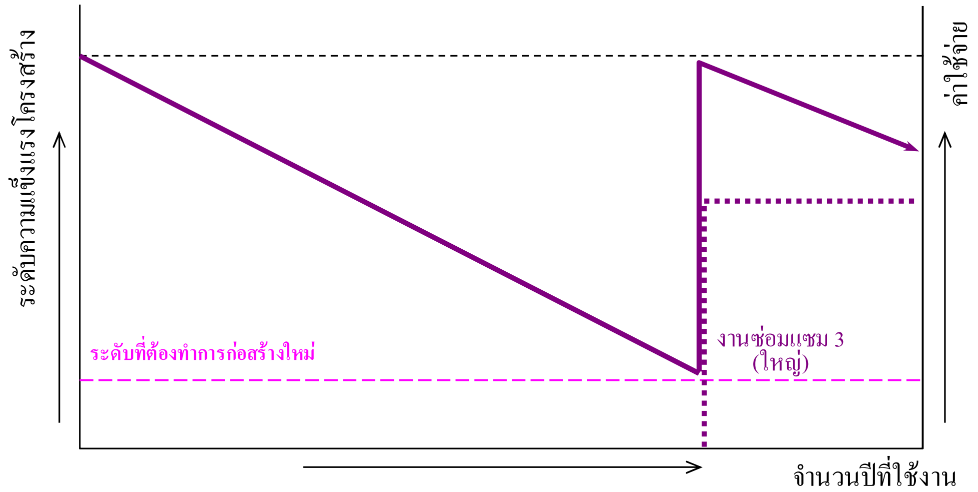
ระดับการบำรุงรักษา C หมายถึงงานซ่อมบำรุงรักษาสะพานให้มีความแข็งแรงโครงสร้างในระดับปานกลางเสมอ โดยทำการซ่อมฟื้นฟูการเสื่อมสภาพอย่างมีแผนการและทำการซ่อมบำรุงความเสียหายที่มากกว่าในระดับการบำรุงรักษา B โดยใช้ต้นทุนสูงเล็กน้อย แนวคิดนี้เหมาะสำหรับสะพานที่มีความสำคัญปานกลาง



รูปที่ 1.2.3 ภาพอธิบายงานซ่อมบำรุงตามระดับการบำรุงรักษา C

4) ระดับการบำรุงรักษา D

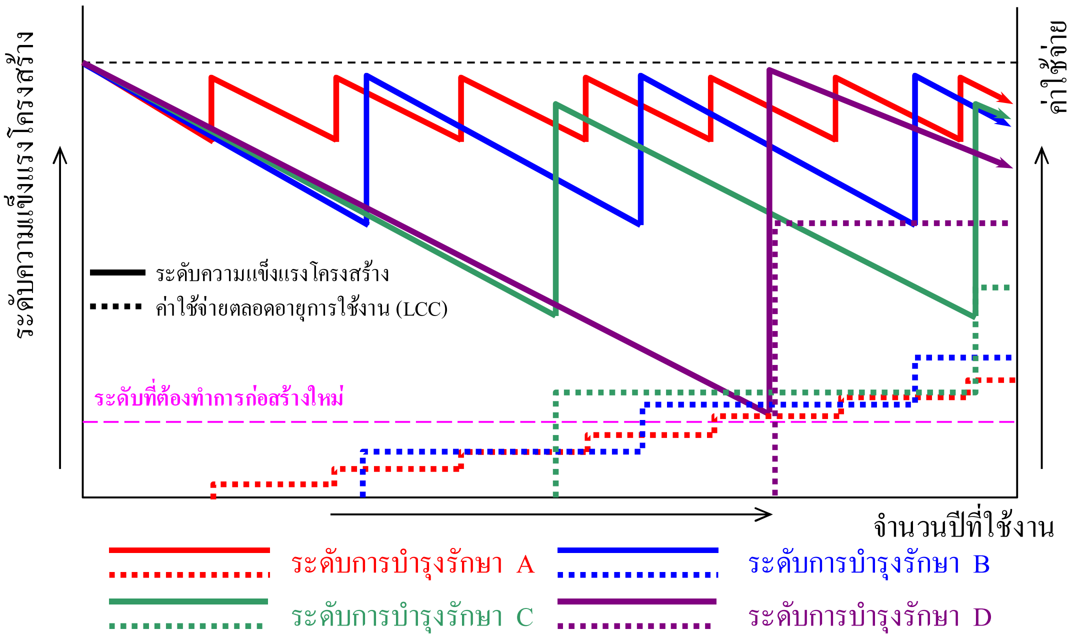
ระดับการบำรุงรักษา D หมายถึงงานบำรุงรักษาสะพานให้มีความแข็งแรงในระดับต่ำที่สุดเท่าที่ยอมรับได้โดยพยายามเข้าไปยุ่งเกี่ยวให้น้อยที่สุดเท่าที่เป็นไปได้หรือปล่อยทิ้งไว้จนเกือบถึงจุดที่จะต้องก่อสร้างใหม่ โดยแนวคิดคือทำการซ่อมบำรุงครั้งใหญ่ก่อนที่จะเกิดปัญหาในการใช้งานโครงสร้างสะพาน แต่ “การปล่อยทิ้ง” ในกรณีนี้เป็นการปล่อยทิ้งไว้ในความหมายที่ว่าเป็นการเลือกที่จะไม่ดำเนินการ โดยมีเงื่อนไขเบื้องต้นคือจะต้องรู้ถึงสภาพความเสียหายโครงสร้างเป็นอย่างดีด้วยการตรวจสอบตามกำหนดเวลา แนวคิดนี้เหมาะสำหรับสะพานที่มีระดับความสำคัญต่ำมาก



รูปที่ 1.2.4 ภาพอธิบายงานซ่อมบำรุงตามระดับการบำรุงรักษา D

(5) ภาพรวมของระดับการบำรุงรักษาทั้งหมด (A-D)

เมื่อนำระดับการบำรุงรักษาตั้งแต่ A ถึง D ตามที่ได้กล่าวไปข้างต้นมาแสดงไว้ด้วยกันจะได้ดังรูปที่ 1.2.5



รูปที่ 1.2.5 ภาพอธิบายงานซ่อมบำรุงตามระดับการบำรุงรักษาทั้งหมด (A-D)

ทั้งนี้ สำหรับสะพานที่ได้รับการประเมินจากผลการตรวจสอบว่า "ไม่เหมาะสมในการดำเนินงานซ่อมแซม เช่น ถึงจะซ่อมแซมก็ไม่สามารถรับรองความปลอดภัยได้" หรือได้รับการประเมินว่า "จำเป็นต้องก่อสร้างใหม่" จากการตัดสินใจเชิงบริหารจัดการ (ด้วยเงื่อนไขเกี่ยวกับความสามารถในการทำงานไม่ใช่สภาพความเสียหาย) จะต้องทำการกำหนดรูปแบบว่าจะ"ดำเนินการงานบริหารบำรุงรักษาในระดับใดตั้งแต่ A ถึง D ภายหลังจากทำการก่อสร้างใหม่ตามแผนงาน"

1.2.3 การกำหนดระดับการบำรุงรักษา

ระดับการบำรุงรักษาสะพานแต่ละแห่ง จำเป็นต้องมีการกำหนดโดยคำนึงถึงสภาพแวดล้อมของสังคมชุมชนซึ่งเป็นที่ตั้งของสะพาน เงื่อนไขอายุการใช้งาน และเงื่อนไขด้านสภาพแวดล้อม ฯลฯ

การกำหนดระดับการบำรุงรักษาของสะพานที่อยู่ในความดูแลของกรมฯ จะนำวิธีการที่สามารถประเมินผลเชิงปริมาณได้ด้วยคะแนนของดัชนี (ดัชนีการประเมินระดับความสำคัญ) ที่บ่งชี้ระดับความสำคัญของสะพานมาประยุกต์ใช้

ในตารางที่ 1.2.1 แสดงดัชนีการประเมินระดับความสำคัญที่ใช้ในแผนงานนี้

ตารางที่ 1.2.1 การกำหนดดัชนีระดับความสำคัญของสะพาน

หัวข้อ	สัมประสิทธิ์ความสำคัญ	หลักเกณฑ์การให้คะแนน (สูงสุด 10 คะแนน ต่ำสุด 0 คะแนน)					
ความสำคัญของสายทาง	3	ให้คะแนน 10 ~ 0 แต่ละสะพานตามความสำคัญของสายทาง					
		ถ้าคำนวณค่าความสำคัญโดยวิธีอื่น ให้แปลงค่าโดยมีคะแนนสูงสุด 10 คะแนน					
การใช้งานสะพานข้ามแยก	3	ทางรถไฟ	ถนนสายหลัก*1	ถนนสายรอง*2	เขื่อน ทะเลสาบ	แม่น้ำ อื่นๆ	
		10	10	6	4	0	
ปริมาณจราจรรวม	3	≥ 20,000 คัน	≥ 10,000 คัน	≥ 3,000 คัน	≥ 2,000 คัน	≥ 500 คัน	< 500 คัน
		10	8	6	4	2	0
ปริมาณรถบรรทุก	2	≥ 4,000 คัน	≥ 2,000 คัน	≥ 1,000 คัน	< 1,000 คัน		
		10	7	3	0		
ความยาวสะพาน	1	≥400m	400m > L ≥15m		< 15m		
		10	สัดส่วน (10 ~ 0)		0		

*1 ถนนสายหลัก ได้แก่ ทางด่วน ถนนเชื่อมระหว่างจังหวัด เป็นต้น

*2 ถนนสายรอง ได้แก่ ถนนในเขตจังหวัด อำเภอ ตำบล เป็นต้น

กำหนดให้เรียกค่าที่คำนวณได้จากการประเมินระดับความสำคัญว่า “คะแนนประเมินระดับความสำคัญ” ซึ่งคะแนนประเมินระดับความสำคัญจะคำนวณจากค่ารวมของแต่ละหัวข้อ โดยคูณค่าสัมประสิทธิ์ความสำคัญกับค่าคะแนนในแต่ละหัวข้อ

คะแนนประเมินระดับความสำคัญ = Σ (สัมประสิทธิ์ความสำคัญ x คะแนน)

1.3 การประเมินระดับความแข็งแรงโครงสร้าง

1.3.1 คำจำกัดความของระดับความเสียหายและความแข็งแรงโครงสร้าง

ในการจัดทำแผนงานบริหารบำรุงรักษาระยะยาว มีความจำเป็นต้องทำความเข้าใจสภาพโครงสร้างของสะพานเชิงปริมาณ ดังนั้นจึงกำหนดวิธีคำนวณความแข็งแรงโครงสร้างของสะพาน (ชิ้นส่วน) เพื่อเป็นการประเมินสภาพโครงสร้างของสะพานในเชิงปริมาณ

คำจำกัดความของระดับความเสียหายและความแข็งแรงโครงสร้าง มีดังต่อไปนี้

- ระดับความเสียหาย : เป็นดัชนีบ่งชี้ระดับความรุนแรงของความเสียหายในชิ้นส่วนโครงสร้างแต่ละชิ้น ซึ่งได้ระบุหมายเลขตามที่กำหนดไว้ใน "คู่มือการตรวจสอบสะพานและประเมินผล" ระดับความเสียหายจะถูกแสดงไว้ตามผลการประเมินความเสียหายที่ได้จากการตรวจสอบ
- ความแข็งแรงโครงสร้าง : เป็นดัชนี้บ่งชี้ความสามารถในการใช้งานได้ของชิ้นส่วนโครงสร้างหรือสะพาน หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นดัชนีบ่งชี้เพื่อทำความเข้าใจสภาพโดยรวมของชิ้นส่วนโครงสร้างหรือสะพาน โดยคำนึงถึงการกระจายและขอบเขตของระดับความเสียหายที่ตรวจพบในชิ้นส่วนโครงสร้างแต่ละหมายเลข

1.3.2 แนวคิดเกี่ยวกับการประเมินระดับความแข็งแรงโครงสร้าง

แนวคิดเกี่ยวกับการประเมินระดับความแข็งแรงโครงสร้าง สามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ข้อหลักดังต่อไปนี้

- **ประเมินโดยรวมโดยเน้นถึงความเสียหายร้ายแรงสุด : ประเมินด้านความปลอดภัย**
- **ประเมินโดยรวม โดยเน้นการกระจายและขอบเขตของความเสียหาย : ประเมินโดยเฉลี่ย**

รายละเอียดของแนวคิดแต่ละแบบได้แสดงไว้ในตารางที่ 1.3.1 ในหน้าถัดไป

ตารางที่ 1.3.1 แนวคิดเกี่ยวกับการประเมินระดับความแข็งแรงโครงสร้างโดยทั่วไป

แนวคิด	การประเมินโดยเน้นที่ความปลอดภัย (พิจารณาความเสียหายที่รุนแรงที่สุด)	การประเมินโดยเน้นที่ภาพรวม (พิจารณาความเสียหายโดยรวม)
ข้อดี	• เป็นการประเมินระดับความแข็งแรงโครงสร้างโดยเน้นที่ความเสียหายที่รุนแรงที่สุด ซึ่งจะเป็นการประเมินที่ค่อนข้างเผื่อความปลอดภัยและสามารถหลีกเลี่ยงความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นได้	• เป็นการประเมินภาพรวมของสะพานหรือชิ้นส่วนต่างๆ ดังนั้นความเสียหายทั้งหมดจึงถูกนำมาใช้ในการประเมินระดับความแข็งแรงโครงสร้าง • การคำนวณ LCC มีความถูกต้องมากขึ้น ดังนั้นจึงเป็นวิธีที่เหมาะสมในการบริหารจัดการงบประมาณ • สามารถประเมินโดยเปรียบเทียบความเสียหายที่เกิดขึ้นเฉพาะแห่งกับความเสียหายโดยรวมได้
ข้อเสีย	• เนื่องจากระดับความแข็งแรงโครงสร้างไม่ได้พิจารณาความเสียหายทั้งหมด จึงทำให้การคำนวณ LCC มีความแม่นยำน้อย • การประเมินโดยเปรียบเทียบความเสียหายที่เกิดขึ้นเฉพาะแห่งกับความเสียหายโดยรวมทำได้ยาก • เป็นแผนงบประมาณที่เน้นความปลอดภัยมากเกินไป จึงอาจเป็นแผนงานบำรุงรักษาที่ไม่สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง	• เนื่องจากไม่สามารถเช็คความเสียหายรุนแรงที่เกิดขึ้นเฉพาะแห่งได้อย่างชัดเจน ทำให้จำเป็นต้องมีมาตรการเสริมต่างหากเพื่อป้องกันความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นได้

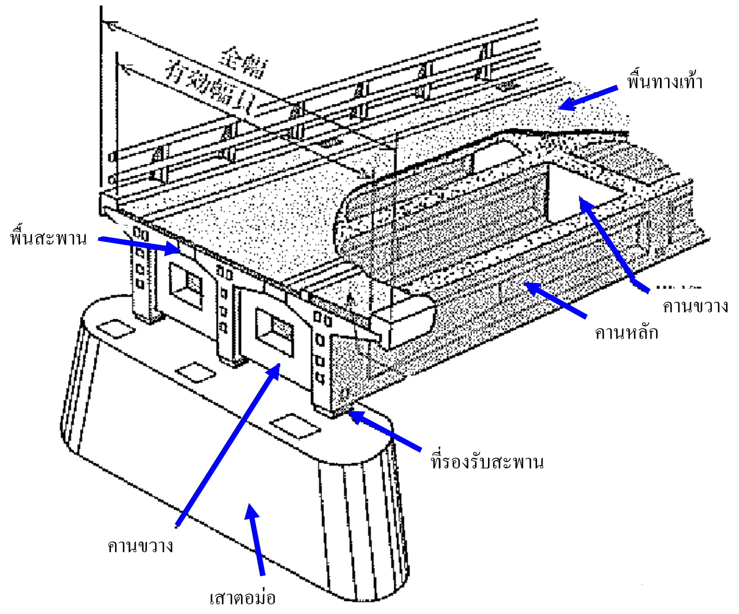
ในการจัดทำแผนงานบริหารบำรุงรักษาระยะยาวของกรมฯ จะเลือกใช้แนวทางของการประเมินระดับความแข็งแรงโครงสร้างแบบ “ประเมินโดยรวมโดยพิจารณาการกระจายและขอบเขตของความเสียหาย” ซึ่งสามารถประเมินสะพานที่อยู่ในความดูแลได้และเหมาะสมกับการบริหารจัดการงบประมาณ

อย่างไรก็ตาม ในการประเมินสภาพสะพานด้วยวิธีนี้ เนื่องจากมีความเป็นไปได้ในการมองข้ามความเสียหายรุนแรงที่เกิดขึ้นเฉพาะส่วน จึงมีความจำเป็นต้องนำมาตรการป้องกันความเสี่ยงมาใช้งานร่วมกัน ในคู่มือนี้จึงได้กำหนดเพิ่มเติมเนื้อหาเกี่ยวกับมาตรการป้องกันความเสี่ยงเนื่องจากความเสียหายที่รุนแรง ดังที่ได้ระบุไว้ข้างล่างนี้

- **สำหรับความเสียหายที่มีลำดับความสำคัญสูงในการซ่อมแซม ควรทำการประเมินแยกต่างหาก (ดูเนื้อหาบทที่ 1.3.6)**

1.3.3 การกำหนดเลือกชิ้นส่วนเป้าหมายในการประเมินระดับความแข็งแรงโครงสร้าง

สะพานประกอบด้วยชิ้นส่วนโครงสร้างต่างๆ ดังนั้นผลกระทบที่มีต่อความปลอดภัยโครงสร้างของสะพานตามประเภทของชิ้นส่วนจึงแตกต่างกันไป ด้วยเหตุนี้จึงจำแนกประเภทชิ้นส่วนแต่ละชิ้นเป็นชิ้นส่วนโครงสร้างหลักและชิ้นส่วนโครงสร้างอื่นๆ (รูปที่ 1.3.2) ตามความสำคัญของชิ้นส่วนที่เป็นส่วนประกอบโครงสร้างของสะพาน โดยชิ้นส่วนโครงสร้างหลักนั้น หมายถึงอาจมีความจำเป็นต้องก่อสร้างสะพานใหม่ หากความเสียหายในชิ้นส่วนเหล่านั้นไม่ได้รับการซ่อมแซม



ชิ้นส่วนโครงสร้างหลัก

คานหลัก, คานขวาง, พื้นสะพาน, เสาตอม่อ, ตอม่อตับริม, ฐานสะพาน เป็นต้น

ชิ้นส่วนโครงสร้างอื่นๆ

ที่รองรับสะพาน, อุปกรณ์อื่นๆ บนผิวทาง (ทางเท้า, รอยต่อพื้นสะพาน, ราวสะพาน ฯลฯ), อุปกรณ์ระบายน้ำ, อุปกรณ์ตรวจสอบ, โครงสร้างเสริม และอื่นๆ

รูปที่ 1.3.2 ชิ้นส่วนโครงสร้างต่างๆ ในสะพาน

กำหนดให้ชิ้นส่วนโครงสร้างที่ระบุไว้ข้างล่างนี้ เป็นชิ้นส่วนเป้าหมายในการประเมินระดับความแข็งแรงโครงสร้างในแผนงานบริหารบำรุงรักษาระยะยาวของกรมฯ

คานหลัก, คานขวาง, พื้นสะพาน, ที่รองรับสะพาน, เสาตอม่อ, ตอม่อตับริม

[เหตุผลในการกำหนดเลือกชิ้นส่วนโครงสร้าง]

- ชิ้นส่วนโครงสร้างหลักที่จำเป็นต้องซ่อมแซมเพื่อสร้างสะพานขึ้นใหม่หากปล่อยทิ้งความเสียหายให้เกิดขึ้น
- สำหรับที่รองรับสะพานนั้น มีแนวโน้มสูงที่จะเกิดความเสียหายเร็วกว่าเมื่อเทียบกับชิ้นส่วนอื่นในโครงสร้างของสะพาน ความเสียหายดังกล่าวจะเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาที่ผ่านไป ซึ่งวิธีการซ่อมแซมจะแตกต่างกันไปตามสภาพของความเสียหาย และคำนึงถึงขนาดผลกระทบของต้นทุนค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูง จึงกำหนดเป็นชิ้นส่วนโครงสร้างเป้าหมายของการประเมินระดับความแข็งแรงโครงสร้าง
- ในส่วนของชิ้นส่วนโครงสร้างอื่นๆ หมายรวมถึง ชิ้นส่วนโครงสร้างที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อความปลอดภัยด้านการสัญจรเช่นเดียวกับชิ้นส่วนพื้นผิวสะพาน (ทางเท้า, รอยต่อพื้นสะพาน, ราวสะพาน ฯลฯ) ด้วยเช่นเดียวกัน ซึ่งชิ้นส่วนพื้นผิวสะพานสามารถดำเนินมาตรการจัดการด้วยการซ่อมบำรุงประจำวัน เช่น การซ่อมแซมบาทวิถี เป็นต้น และยังสามารถตรวจพบการเปลี่ยนรูปร่างผิดปกติได้ง่ายจากการตรวจสอบสายทางตามปกติ ด้วยเหตุนี้จึงไม่ถือเป็นเป้าหมายในการประเมินระดับความแข็งแรงโครงสร้าง
- ความเสียหายในตอม่อตับริมและเสาตอม่อ เป็นความเสียหายที่เสื่อมสภาพลงตามเวลาที่ผ่านไป สำหรับความเสียหายเนื่องจากน้ำท่วม เช่น การกัดเซาะและอื่นๆ ถือเป็นความเสียหายที่จำเป็นต้องดำเนินงานซ่อมแซมอย่างเร่งด่วน โดยไม่จัดอยู่ในแผนงานซ่อมบำรุงตามกำหนดเวลา จึงไม่ได้กำหนดให้เป็นเป้าหมายในการประเมินระดับความแข็งแรงโครงสร้าง

อย่างไรก็ตาม ชิ้นส่วนโครงสร้างเป้าหมายในที่นี้หมายถึงชิ้นส่วนที่ใช้ในการประเมินระดับความแข็งแรงโครงสร้างโดยพิจารณาการกระจายและขอบเขตของความเสียหายโดยรวม เพื่อใช้ในการจำลองงบประมาณในอนาคต ไม่ใช่เป็นการแสดงถึงชิ้นส่วนโครงสร้างที่เป็นเป้าหมายในแผนงานบำรุงรักษาระยะยาวแต่อย่างใด

1.3.4 วิธีคำนวณระดับความแข็งแรงโครงสร้าง

(1) การคำนวณระดับความแข็งแรงโครงสร้าง

แนวทางในการคำนวณระดับความแข็งแรงโครงสร้าง มีดังต่อไปนี้

- ระดับความแข็งแรงโครงสร้างแสดงด้วยคะแนนจากคะแนนเต็ม 100 คะแนน
- สภาพโครงสร้างที่ไม่มีความเสียหายเลย (เช่น ในช่วงแรกของการก่อสร้างแล้วเสร็จ) ให้คิดเป็น 100 คะแนน สำหรับสภาพที่ก่อให้เกิดอุปสรรคกีดขวางการจราจร ซึ่งได้แก่ มีความจำเป็นต้องจำกัดน้ำหนักบรรทุกหรือช่องจราจร เป็นต้น เนื่องจากความเสียหาย ให้คิดเป็น 0 คะแนน
- กำหนดค่าตัวเลขของสภาพความเสียหายโดยรวมของชิ้นส่วนในฐานะเป็น “ระดับความเสียหายโดยรวม” และคำนวณระดับความแข็งแรงของชิ้นส่วนตามสมการข้างล่างนี้

ระดับความแข็งแรงโครงสร้าง = 100 - “ระดับความเสียหายโดยรวม”

(2) การคำนวณระดับความเสียหายโดยรวม

แนวทางในการคำนวณระดับความเสียหายโดยรวม มีดังต่อไปนี้

- กำหนดค่าคะแนนความเสียหายของแต่ละระดับความเสียหายและคำนวณระดับความเสียหายโดยรวม โดยนำเอาสัดส่วนของจำนวนชิ้นส่วนโครงสร้างที่มีความเสียหายในแต่ละระดับความเสียหายกับจำนวนชิ้นส่วนโครงสร้างที่มีความเสียหายทั้งหมดมาพิจารณา อนึ่ง การประเมินระดับความเสียหายของแต่ละชิ้นส่วนที่ใช้ในการคำนวณระดับความแข็งแรงโครงสร้าง กำหนดให้ใช้ผลการตรวจสอบที่ดำเนินตาม “คู่มือการตรวจสอบสะพานและประเมินผล”

ตารางที่ 1.3.2 ระดับความเสียหายในคู่มือการตรวจสอบสะพานและประเมินผล

ระดับประเมินผล	สภาพความเสียหาย
1	ไม่มีความเสียหาย
2	
3	
4	
5	เสียหายรุนแรง

ตารางที่ 1.3.3 ประเภทของความเสียหายและระดับความเสียหายในคู่มือการตรวจสอบสะพานและประเมินผล

หมายเลข	ประเภทความเสียหาย	ระดับประเมินผล	หมายเหตุ
1	การทรุดตัว เคลื่อนที่ เอียงตัวในโครงสร้างส่วนล่าง	1,5	-
2	ความไม่เรียบของพื้นผิวถนน	1,3,5	
3	ความเสียหายในรอยต่อพื้นสะพาน	1,3,5	
4	ความเสียหายในราวสะพาน	1,3,5	
5	ความเสียหายในอุปกรณ์ระบายน้ำ	1,5	
6	ความเสียหายในทางเท้า	1,5	
7	ความเสียหายในอุปกรณ์อื่นๆ	1,5	
8	ความเสียหายในบริเวณด้านหลังตอม่อตับริม	1,3,5	
9	ความเสียหายในโครงสร้างป้องกันตลิ่งรอบตอม่อตับริม	1,3,5	
10	การกัดเซาะโดยรอบตอม่อตับริมและเสาตอม่อสะพาน	1,3,5	
11	ความเสียหายในที่ยึดลวดอัดแรง	1,5	ความเสียหายในชิ้นส่วนโครงสร้างหลักที่เป็นเป้าหมายในแผนงานบำรุงรักษาระยะยาว
12	รอยแตก น้ำรั่วซึม คราบเกลือ (โครงสร้างส่วนบนและล่าง)	1,2,3,4,5	
13	การหลุดล่อนในแผ่นพื้นสะพาน	1,3,5	
14	รอยแตกร้าวในแผ่นพื้นสะพาน	1,2,3,4,5	
15	เหล็กเสริมโผล่ (โครงสร้างส่วนบนและล่าง)	1,2,3,5	
16	ความเสียหายในที่รองรับสะพาน	1,3,5	

- ระดับความเสียหายตามที่กำหนดไว้ในคู่มือการตรวจสอบสะพานและประเมินผลแบ่งออกเป็นระดับ 1~5 และ E, R แต่ในการจำลองงบประมาณในอนาคตนั้น มีความจำเป็นต้องคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อการสัญจรหากปล่อยความเสียหายระดับ 5 ทิ้งเอาไว้ ดังนั้นจึงมีการกำหนดประเภท U (=Urgent) ขึ้นใหม่ให้เป็นความเสียหายในถัดจากระดับ 5 อย่างไรก็ตาม ความเสียหายประเภท U นั้นเป็นการกำหนดขึ้นเพื่อใช้ในการจำลองงบประมาณในอนาคตและไม่ได้รวมอยู่ในระดับความเสียหายที่ประเมินในงานตรวจสอบสะพาน

ระดับ U: ความเสียหายที่มีผลกระทบกับผลการจำลองงบประมาณในอนาคต เนื่องจากมีความเสียหายรุนแรงและอาจส่งผลต่อความปลอดภัยในการสัญจร

• สมการคำนวณคะแนนความเสียหายและระดับความเสียหายโดยรวม มีดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1.3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความเสียหายกับระดับความเสียหาย

ระดับความเสียหาย	คะแนนความเสียหาย
1	0
2	20
3	50
4	70
5	90
U	200

$$D = 20 \times D1 + 50 \times D2 + 70 \times D3 + 90 \times D4 + 200 \times D5$$

โดยที่ D : ระดับความเสียหายโดยรวม

D_1 : สัดส่วนของจำนวนชิ้นส่วนที่มีความเสียหายระดับ 2

D_2 : สัดส่วนของจำนวนชิ้นส่วนที่มีความเสียหายระดับ 3

D_3 : สัดส่วนของจำนวนชิ้นส่วนที่มีความเสียหายระดับ 4

D_4 : สัดส่วนของจำนวนชิ้นส่วนที่มีความเสียหายระดับ 5

D_5 : สัดส่วนของจำนวนชิ้นส่วนที่มีความเสียหายระดับ U

กำหนดคะแนนความเสียหาย โดยพิจารณาตามข้างล่างนี้

ชิ้นส่วนทั้งหมดที่มีความเสียหายระดับ 2 : ความแข็งแรงโครงสร้าง 80 คะแนน

ชิ้นส่วนทั้งหมดที่มีความเสียหายระดับ 3 : ความแข็งแรงโครงสร้าง 50 คะแนน

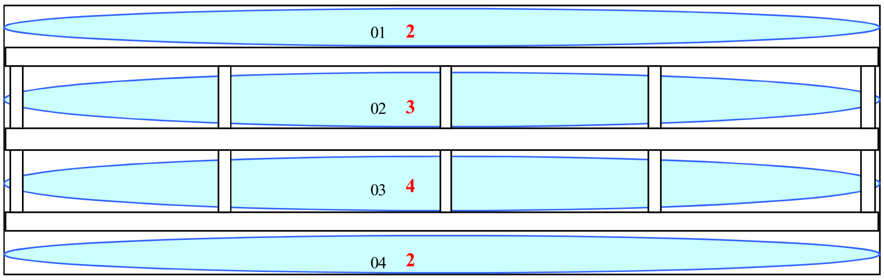
ชิ้นส่วนทั้งหมดที่มีความเสียหายระดับ 4 : ความแข็งแรงโครงสร้าง 30 คะแนน

ชิ้นส่วนทั้งหมดที่มีความเสียหายระดับ 5 : ความแข็งแรงโครงสร้าง 10 คะแนน

สำหรับความเสียหายระดับ U ที่กำหนดขึ้นต่างหากเพื่อใช้สำหรับการจำลองงบประมาณในอนาคตนั้น เนื่องจากเป็นความเสียหายที่ส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยในการสัญจร จึงได้กำหนดคะแนนความเสียหายไว้ที่ 200 คะแนน เพื่อหลีกเลี่ยงความเสี่ยงที่รุนแรงดังกล่าว

1.3.5 ตัวอย่างการคำนวณระดับความแข็งแรงโครงสร้าง (แผ่นพื้น)

ผลการตรวจสอบ (สภาพความเสียหายในแผ่นพื้นสะพาน)



การคำนวณระดับความเสียหายโดยรวม

ระดับความเสียหาย	คะแนนความเสียหาย	จำนวนความเสียหาย	อัตราส่วน	จำนวนความเสียหายทั้งหมด	ระดับความเสียหายโดยรวม
1	0	0	0.00	4	40.0
2	20	2	0.50		
3	50	1	0.25		
4	70	1	0.25		
5	90	0	0.00		
U	200	0	0.00		

การคำนวณระดับความแข็งแรงโครงสร้าง

ระดับความแข็งแรงโครงสร้าง
= 100-40.0
= 60.0

ความเสียหายโดยรวม D = 20 × 0.50 + 50 × 0.25 + 70 × 0.25 + 90 × 0.0 + 200 × 0.0 = 40.0

ระดับความแข็งแรงโครงสร้างของพื้นสะพาน : 100 - 40.0 = 60.0

1.3.6 การประเมินระดับความแข็งแรงโครงสร้างของความเสียหายที่จำเป็นต้องดำเนินการซ่อมอย่างเร่งด่วนหรือมีลำดับความสำคัญสูงในการซ่อมแซม

ความเสียหายที่ได้รับการประเมินเป็น “ความเสียหายระดับ 5” ซึ่งเป็นระดับความเสียหายที่สูงสุดในการประเมินสภาพความเสียหายในงานตรวจสอบตามกำหนดเวลา จะถูกประเมินผลการตรวจสอบซ้ำอีกครั้งโดยวิศวกรที่มีความรู้เชี่ยวชาญเพื่อเป็นการป้องกันความผิดพลาด ซึ่งการจำแนกประเภทของ “ความเสียหายระดับ 5” ในการประเมินผลซ้ำนั้นสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทดังแสดงในตารางที่ 1.3.5 ดังต่อไปนี้

ประเภทความเสียหาย		คำอธิบายของประเภทความเสียหาย	การประเมินผล
[ประเภท1]	ความเสียหายที่ต้องดำเนินมาตรการเร่งด่วน	▪ความเสียหายที่เป็นอุปสรรคต่อการสัญจรของรถยนต์และจำเป็นต้องดำเนินมาตรการเร่งด่วนเพื่อทำให้สะพานสามารถใช้งานสัญจรได้ชั่วคราว	“E”
[ประเภท2]	ความเสียหายที่ต้องซ่อมแซมก่อน	▪ความเสียหายที่จำเป็นต้องได้รับการซ่อมแซมก่อน	“R”
[ประเภท3]	ความเสียหายที่ไม่เข้าข่ายประเภท 1 และประเภท 2	ความเสียหายที่ไม่เข้าข่ายประเภท 1 และประเภท 2	“5”

ในส่วนของความเสียหายที่จำแนกประเภทไว้ในที่นี้ สำหรับ [ประเภท 1] ความเสียหายที่ต้องดำเนินมาตรการเร่งด่วน และ [ประเภท 2] ความเสียหายที่จำเป็นต้องได้รับการซ่อมแซมก่อนนั้น มีวิธีการประเมินผลในแผนงานบริหารบำรุงรักษาระยะยาว ดังต่อไปนี้

(1) [ประเภท 1] ความเสียหายที่ต้องดำเนินมาตรการเร่งด่วน (E)

สภาพที่จำเป็นต้องดำเนินมาตรการจัดการเร่งด่วน เนื่องจากเกิดอุปสรรคกีดขวางการจราจร เช่น สะพานพังถล่ม เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ จึงไม่ได้กำหนดให้เป็นเป้าหมายในการประเมินระดับความแข็งแรงโครงสร้างในแผนงานบริหารบำรุงรักษาระยะยาว สำหรับการจำลองงบประมาณนั้นให้ดำเนินการตามที่ระบุไว้ข้างล่างนี้

- ชิ้นส่วนโครงสร้างที่ได้รับการประเมินผลเป็น “E” ในการประเมินผลซ้ำ ให้ยกเว้นไม่ต้องนำมาใช้ในการจำลองงบประมาณ
- ชิ้นส่วนที่ได้รับการประเมินผลเป็น “E” สมมติให้ดำเนินมาตรการซ่อมแซมเร่งด่วนในเวลา 3 ปีนับจากวันที่ดำเนินการตรวจสอบแล้วเสร็จ และนำมาพิจารณาในการจำลองงบประมาณหลังจาก 3 ปี โดยกำหนดให้ระดับความแข็งแรงโครงสร้างเท่ากับ 100 คะแนน

(2) [ประเภท 2] ความเสียหายที่จำเป็นต้องได้รับการซ่อมแซมก่อน (R)

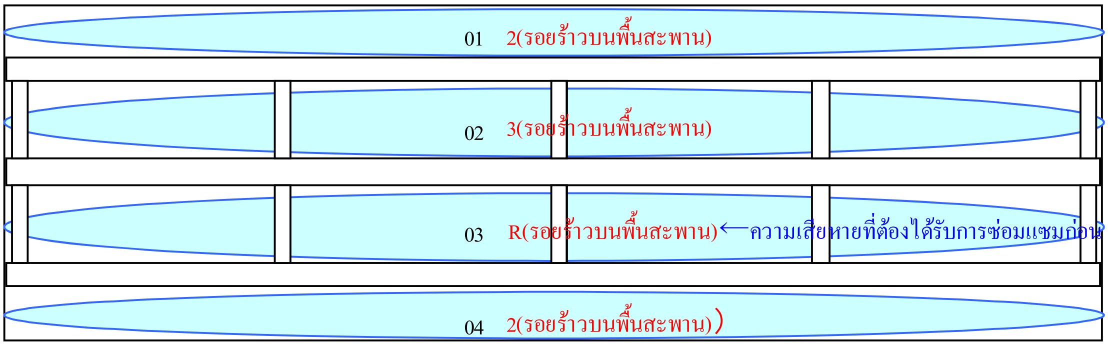
ความเสียหายซึ่งวิศวกรผู้มีความรู้เชี่ยวชาญลงความเห็นว่าต้องได้รับการซ่อมแซมโดยเร็วจากความเสียหายระดับ 5 นั้น อาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตเนื่องจากความปลอดภัยทางโครงสร้างของสะพาน ด้วยเหตุนี้ ระดับความแข็งแรงของชิ้นส่วนโครงสร้างที่เกิดความเสียหายที่จำเป็นต้องได้รับการซ่อมแซมก่อน (R) ให้คำนวณตามสมการข้างล่างนี้

■ ความเสียหายที่ต้องได้รับการซ่อมแซมก่อน
ระดับความแข็งแรงโครงสร้าง = 10 คะแนน (ความเสียหายโดยรวม = 90 คะแนน)

อนึ่ง หากเกิดความเสียหายที่จำเป็นต้องได้รับการซ่อมแซมก่อน (R) กับชิ้นส่วนโครงสร้างใดชิ้นหนึ่ง ให้กำหนดค่าระดับความแข็งแรงโครงสร้างโดยรวมเท่ากับ 10 คะแนนทันที

(3) ตัวอย่างการประเมินระดับความแข็งแรงของชิ้นส่วนโครงสร้างที่จำเป็นต้องได้รับการซ่อมแซมก่อน (R)

ตัวอย่าง: พื้นสะพาน RC ผลการตรวจสอบสะพาน



ภาพความเสียหายของชิ้นส่วนโครงสร้างหมายเลข 03

กรณีคำนวณค่าระดับความแข็งแรงโครงสร้างโดยไม่ได้นำ "ความเสียหายที่ต้องได้รับการซ่อมแซมก่อน (R)" มาพิจารณาประกอบ

ระดับความเสียหาย	คะแนนความเสียหาย	จำนวนความเสียหาย	อัตราส่วน	จำนวนความเสียหาย	ระดับความเสียหายโดยรวม
1	0	0	0.00	4	45.0
2	20	2	0.50		
3	50	1	0.25		
4	70	0	0.00		
5	90	1	0.25		
U	200	0	0.00		

ระดับความแข็งแรงโครงสร้าง
= 100-45.0
= 55.0

กรณีคำนวณค่าความคงทนโดยนำ "ความเสียหายที่ต้องได้รับการซ่อมแซมก่อน(R)"มาพิจารณาประกอบ (แนวทางการคำนวณของคู่มือฉบับนี้)
กำหนดความเสียหายทั้งหมดไว้ที่ 100 คะแนน

ระดับความเสียหาย	คะแนนความเสียหาย	จำนวนความเสียหาย	อัตราส่วน	จำนวนความเสียหายที่รุนแรง	จำนวนความเสียหาย	ระดับความเสียหายโดยรวม
1	0	0	0.00	0	4	90.0
2	20	2	0.50	0		
3	50	1	0.25	0		
4	70	0	0.00	0		
5	90	1	0.25	1		
U	200	0	0.00	0		

ระดับความแข็งแรงโครงสร้าง
= 100-90.0
= 10.0

1.4 วิธีการคาดการณ์ระดับความแข็งแรงโครงสร้างในอนาคต

1.4.1หลักการในการคาดการณ์การเสื่อมสภาพ

ในการจัดทำแผนงานบริหารบำรุงรักษาระยะยาวแบบเชิงป้องกัน ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับการดำเนินงานซ่อมบำรุงในระยะกลางและยาว มีความจำเป็นต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับสภาพความแข็งแรงทางโครงสร้างของสะพานในอนาคต (ความเสียหายที่จะเกิดขึ้นเป็นอย่างไรและเมื่อไร)

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากในปัจจุบันองค์ความรู้เกี่ยวกับการคาดการณ์การเสื่อมสภาพของสะพานยังอยู่ในระหว่างการทำวิจัยและยังไม่มีการพัฒนาที่สมบูรณ์ ดังนั้นการคาดการณ์การเสื่อมสภาพของสะพานที่เป็นรูปธรรมและมีความถูกต้องนั้น จึงเป็นสิ่งที่ทำได้ค่อนข้างยาก วิธีการหลักๆ ในปัจจุบันที่ใช้ในการคาดการณ์การเสื่อมสภาพประกอบด้วย “วิธีการเชิงทฤษฎี” และ “วิธีการเชิงวิเคราะห์ข้อมูล” ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1.4.1 วิธีการที่เหมาะสมและนำมาใช้ในคู่มือนี้ได้ถูกคัดเลือกหลังจากที่ได้ทำการพิจารณาลักษณะเฉพาะต่างๆ ของแต่ละวิธี

ตารางที่ 1.4.1 การคัดเลือกและเปรียบเทียบวิธีการคาดการณ์การเสื่อมสภาพ

รายการ	วิธีการเชิงทฤษฎี	วิธีการเชิงวิเคราะห์ข้อมูล
สาระสำคัญ	· วิธีการคาดการณ์สภาวะการเสื่อมสภาพเชิงทฤษฎี ตามความรู้และประสบการณ์ในอดีต	· วิธีการคาดการณ์สภาวะการเสื่อมสภาพด้วยการรวบรวมข้อมูลที่มีมาทำการวิเคราะห์
ตัวอย่าง	· การเสื่อมสภาพของคอนกรีต (ความเสียหายจากเกลือคาร์บอเนชั่น) · ความล้าในแผ่นพื้น RC · การเสื่อมสภาพของสารทาเคลือบชิ้นส่วนเหล็ก	· ความน่าจะเป็นแบบทรานซิชั่นของมาร์คอฟ (Markov)
ลักษณะเด่น	· สามารถคาดการณ์การเสื่อมสภาพของชิ้นส่วนหรือวัสดุที่ต้องการได้ภายใต้เงื่อนไขที่จำกัด	· เนื่องจากใช้ค่าที่ตรวจวัดได้จริง จึงมีความแม่นยำสูงสำหรับสภาวะการเสื่อมสภาพในเวลาที่จะทำการตรวจสอบตามกำหนดเวลา · มักนำมาใช้ในกรณีที่ใช้ผลการตรวจสอบง่ายๆ
ปัญหาในการนำไปใช้	· มีข้อจำกัดเรื่องชิ้นส่วนหรือวัสดุ การคาดการณ์การเสื่อมสภาพ และเงื่อนไขการเสื่อมสภาพ เป็นต้น · จำเป็นต้องมีผลการตรวจสอบอื่นนอกจากการตรวจสอบตามกำหนดเวลา (เช่น การทดลองในห้องทดลองโดยการเก็บตัวอย่างหรือการทดลองแบบไม่ทำลาย) หรือการทดสอบชิ้นส่วน ข้อมูลการคำนวณโครงสร้าง · การก่อสร้างและเงื่อนไขทางสภาพแวดล้อมอาจทำให้การคาดการณ์คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงไปมาก	· กรณีผลการตรวจสอบไม่เพียงพอ จะทำให้ความแม่นยำในการคาดการณ์ลดลงและหลักฐานอธิบายไม่น่าเชื่อถือ · ในการกำหนดสมการคำนวณการเสื่อมสภาพที่แม่นยำจำเป็นจะต้องมีผลการตรวจสอบอย่างน้อยหลายครั้ง มีค่าใช้จ่ายในการเก็บข้อมูลการตรวจสอบให้เพียงพอ
การนำไปใช้	· บางโครงการของกระทรวงที่ดินและคมนาคม · จังหวัด Ehime	· PONTIS · บางโครงการของกระทรวงที่ดินและคมนาคม · จังหวัด Kochi ·จังหวัด Hyogo ·จังหวัด Wakayama · แผนกพัฒนาถนน Hokkaido
ผล	ไม่ประยุกต์ใช้	นำมาประยุกต์ใช้ · ใช้ข้อมูลการตรวจสอบเป็นข้อมูลพื้นฐานได้ · เพิ่มความแม่นยำได้ตามการสะสมข้อมูลการตรวจสอบ

[เหตุผลในการเลือกความน่าจะเป็นแบบทรานซิชั่นของมาร์คอฟ]

- การตรวจสอบตามกำหนดเวลาใน "คู่มือการตรวจสอบและประเมิน" มีพื้นฐานเป็นการตรวจสอบด้วยสายตาในระยะใกล้ **ซึ่งไม่สามารถใช้วิธีเชิงทฤษฎีที่จำเป็นต้องมีค่าการทดสอบแต่ละชนิดได้**

- ความน่าจะเป็นแบบทรานซิชั่นของมาร์คอฟ เป็นวิธีการหาสภาพของสะพานโดยใช้ข้อมูลการตรวจสอบ (ระดับความเสียหายของชิ้นส่วนโครงสร้างแต่ละส่วนแยกตามหมายเลข) ทั้งหมด และเป็นวิธีในการคำนวณค่าระดับความแข็งแรงโครงสร้างที่ใช้ตัดสินระดับความแข็งแรงโครงสร้างโดยรวมของชิ้นส่วนที่มีการพิจารณาถึงความแตกต่าง ขนาดและขอบเขตของความเสียหายด้วย **การใช้วิธีนี้สามารถยกระดับความแม่นยำในการวางแผนงบประมาณ เพิ่มความเหมาะสมในประเมินขอบเขตความเสียหายและความแตกต่างด้วยการสะสมข้อมูลการตรวจสอบสะพานและนำมาใช้ในการหาค่าเฉลี่ยรวม**

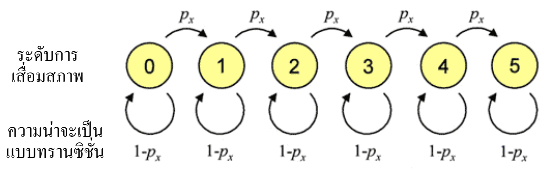
- เพื่อการพยากรณ์ค่าความแข็งแรงโครงสร้างของสะพานในอนาคต **จำเป็นต้องพยากรณ์ถึงขนาดและขอบเขตของความเสียหายรวมทั้งความแตกต่างในอนาคต** จากวิธีพยากรณ์การเสื่อมสภาพ 2 วิธีที่ได้กล่าวไปข้างต้น สิ่งที่สามารถพยากรณ์ขอบเขตของความเสียหายและความแตกตางได้ คือ วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ ความน่าจะเป็นแบบทรานซิชั่นของมาร์คอฟ (วิธีเชิงทฤษฎีสามารถพยากรณ์ขนาดของความเสียหายได้ แต่ยากที่จะพยากรณ์ถึงขอบเขตและการกระจายของความเสียหาย) นอกจากนี้ หลักการความน่าจะเป็นแบบทรานซิชั่นของมาร์คอฟยังมีความสะดวกในการนำไปใช้ **การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงความน่าจะเป็นของการเสื่อมสภาพและจุดที่เสียหายในการคำนวณค่าความแข็งแรงโครงสร้างอย่างถูกต้อง ทำให้สามารถวางแผนงบประมาณที่มีความแม่นยำสูงโดยคำนึงถึง "ความปลอดภัยและความไว้วางใจ" ได้**

- จากที่ได้กล่าวมาข้างต้น จึงได้แนะนำให้ใช้**วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้หลักการความน่าจะเป็นแบบทรานซิชั่นของมาร์คอฟ**เป็นวิธีพยากรณ์การเสื่อมสภาพในการวางแผนงานบริหารบำรุงรักษาระยะยาวของกรมฯ

1.4.2 ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงตามแบบจำลองมาร์คอฟ (Markov)

หลักการความน่าจะเป็นแบบทรานซิชั่นของมาร์คอฟ คือ การสร้างโมเดลที่แสดงให้เห็นว่าจะมีความเปลี่ยนแปลงด้วยความน่าจะเป็นมากน้อยเท่าใดจากสภาพหนึ่งไปสู่สภาพถัดไป ตัวอย่างเช่น หากมีการตั้งสมมติฐานว่าใน 1 ปีค่าการเสื่อมสภาพจะเปลี่ยนจาก 0 ไปเป็น 1 ด้วยความน่าจะเป็นที่มีปัจจัยเปลี่ยนแปลงเท่ากับ Px โดยส่วนที่เหลือ (1-Px) จะหยุดอยู่ที่ระดับการเสื่อมสภาพ 0 เมื่อทำการคำนวณซ้ำๆ เช่นนี้ปีละ 1 ครั้งจะสามารถคำนวณการกระจายของความน่าจะเป็นที่บอกว่ามีการเสื่อมสภาพอยู่ในระดับใดได้

ภาพของทฤษฎีความน่าจะเป็นแบบทรานซิชั่นมาร์คอฟ



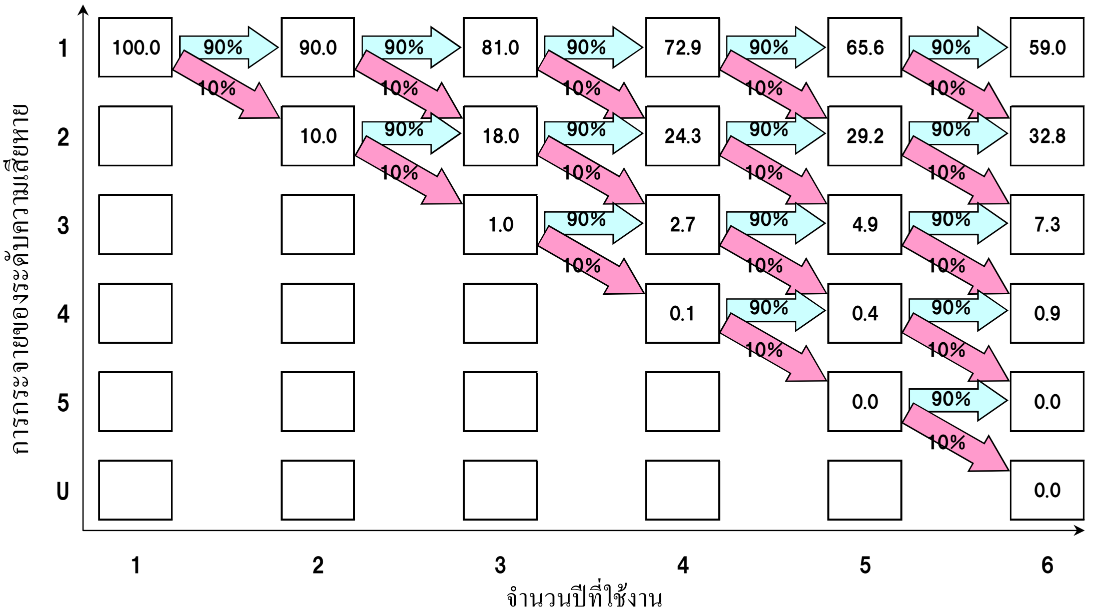
นำลูกโซ่มาร์คอฟ (Markov-chain) มาใช้เป็นโมเดลการขยายตัวของการเสื่อมสภาพ

ตัวอย่างตารางความน่าจะเป็นแบบทรานซิชั่นมาร์คอฟ

สมการคาดการณ์การเสื่อมสภาพ

To \ From	1	2	3	4	5	U
1	0.900	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.100	0.900	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.100	0.900	0.000	0.000	0.000
4	0.000	0.000	0.100	0.900	0.000	0.000
5	0.000	0.000	0.000	0.100	0.900	0.000
U	0.000	0.000	0.000	0.000	0.100	1.000

แผนภาพการคำนวณโดยรวม



1.4.3 แผนภาพแสดงการคาดการณ์การเสื่อมสภาพโดยใช้ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงตามแบบจำลองมาร์คอฟ (Markov)

ตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับความน่าจะเป็นแบบทรานซิชั่นของมาร์คอฟ ดังต่อไปนี้ (ความน่าจะเป็นแบบทรานซิชั่นให้ประมาณการณ์ (คำนวณ) อย่างเหมาะสมจากผลการตรวจสอบ (จะกล่าวถึงต่อไป))

From

To	1	2	3	4	5	U
1	0.950	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.050	0.950	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.050	0.950	0.000	0.000	0.000
4	0.000	0.000	0.050	0.950	0.000	0.000
5	0.000	0.000	0.000	0.050	0.975	0.000
U	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025	1.000

หมายเหตุ: จากตารางข้างต้น หากหมายเลขชิ้นส่วนโครงสร้าง 5% จากจำนวนชิ้นส่วนโครงสร้างที่มีการประเมินผลมีระดับ 1 ในปีนี้ เปลี่ยนไปเป็นระดับ 2 ในปีหน้า จะเป็นความน่าจะเป็นแบบทรานซิชั่นที่แสดงให้เห็นว่าหมายเลขชิ้นส่วนโครงสร้าง 95% จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงและอยู่ที่ระดับความเสียหาย 1

เมื่อใช้ความน่าจะเป็นแบบทรานซิชั่นของมาร์คอฟตามที่ได้กล่าวไปแล้ว สมการพยากรณ์ในการพยากรณ์การกระจายของระดับความเสียหายในอีก t ปีถัดไปสามารถแสดงได้ดังข้างล่าง

เมตริกซ์ความน่าจะเป็นแบบทรานซิชั่น 1 ปี — การกระจายของความเสียหายในปัจจุบัน — การกระจายของความเสียหายในภายหลัง t ปี

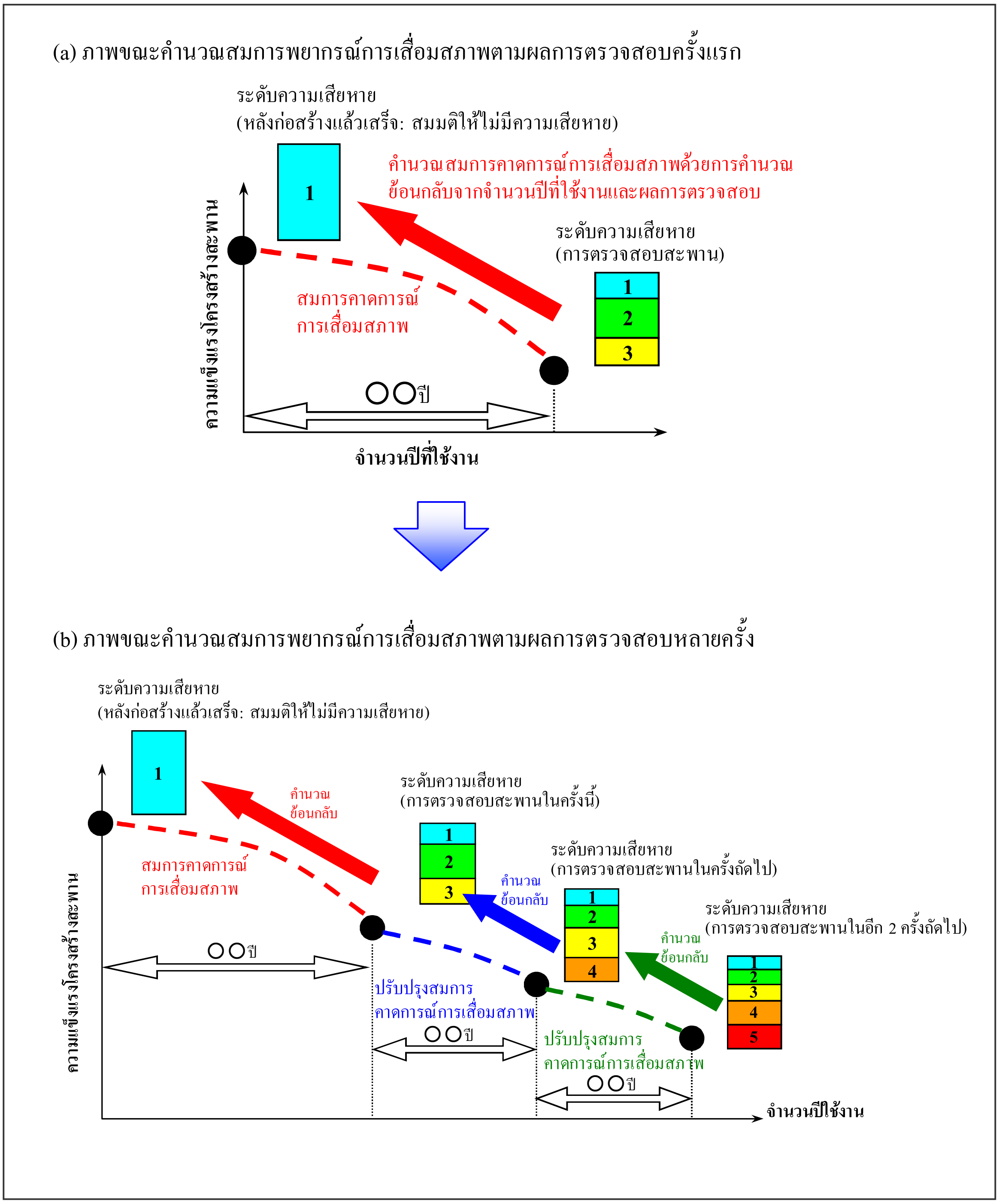
$$\begin{pmatrix} 0.950 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\ 0.050 & 0.950 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\ 0.000 & 0.050 & 0.950 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\ 0.000 & 0.000 & 0.050 & 0.950 & 0.000 & 0.000 \\ 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.050 & 0.975 & 0.000 \\ 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.025 & 1.000 \end{pmatrix}^{t} \times \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ U \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ U \end{pmatrix}$$

1.4.4 แนวทางการคำนวณสมการที่ใช้คาดการณ์การเสื่อมสภาพ

เพื่อให้การพยากรณ์การเสื่อมสภาพมีความแม่นยำสูง คงไม่จำเป็นต้องกล่าวว่าสิ่งที่ดีที่สุดคือต้องมีวิธีคำนวณสมการพยากรณ์การเสื่อมสภาพเฉพาะชิ้นส่วนโครงสร้างของสะพานแต่ละแห่ง นอกจากนี้ สะพานเป้าหมายของการวางแผนบริหารงานบำรุงรักษาระยะยาวยังจำกัดอยู่เพียงสะพานที่มีการตรวจสอบตามกำหนดเวลาเท่านั้น ทำให้สามารถเก็บผลการตรวจสอบของสะพานทั้งหมดที่เป็นเป้าหมายของการวางแผนได้ ดังนั้น จะต้องมี**การคำนวณสมการพยากรณ์การเสื่อมสภาพโดยใช้วิธีคำนวณสมการพยากรณ์การเสื่อมสภาพเฉพาะของแต่ละชิ้นส่วนโครงสร้างในสะพานแต่ละแห่งเป็นพื้นฐาน**

สำหรับการคำนวณสมการพยากรณ์การเสื่อมสภาพ สิ่งที่ดีที่สุดคือวิธีการคำนวณ โดยคำนวณกลับจากสมการพยากรณ์การเสื่อมสภาพเฉพาะของชิ้นส่วนโครงสร้างแต่ละส่วนในสะพานแต่ละแห่ง โดยใช้ผลการตรวจสอบหลายๆ ครั้งที่ดำเนินการในช่วงที่ใกล้กัน แต่เนื่องจากทางกรมฯ ไม่มีผลการทดสอบหลายๆ ครั้ง จึงต้องคำนวณสมการพยากรณ์การเสื่อมสภาพเฉพาะของชิ้นส่วนโครงสร้างแต่ละส่วนในสะพานแต่ละแห่ง จากผลการตรวจสอบในครั้งนี้และปีที่คล้ายคลึงกันโดยถือเป็นผลการตรวจสอบสมมติที่พิจารณาถึงสภาพตอนที่สร้างเสร็จ

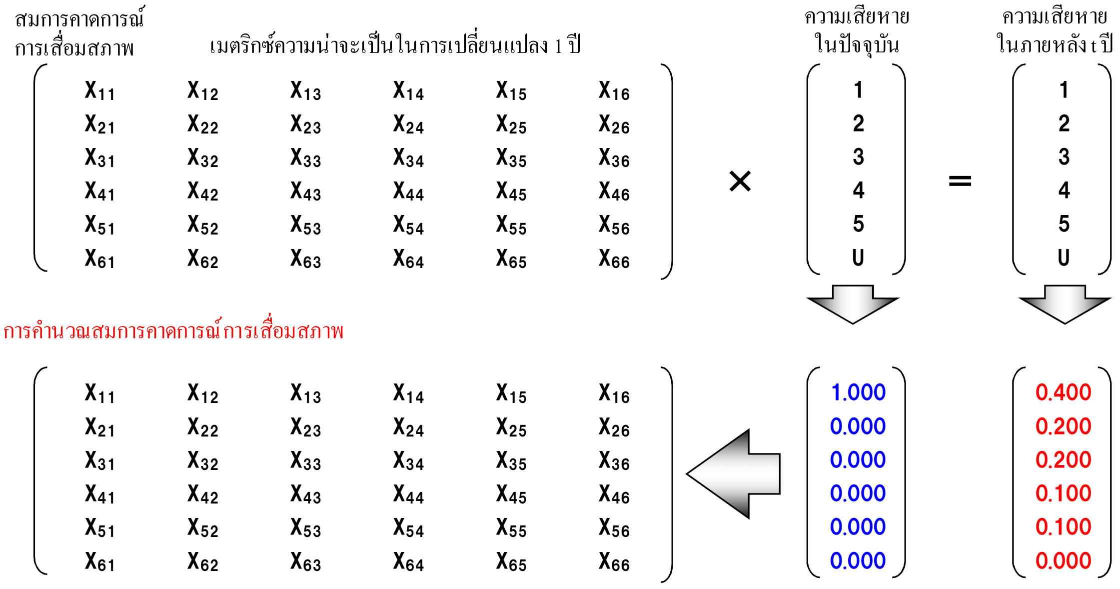
แผนภาพแสดงการคาดการณ์การเสื่อมสภาพอย่างเป็นรูปธรรมได้แสดงไว้ในรูปที่ 1.4.1



รูปที่ 1.4.1 แผนภาพแสดงการคำนวณสมการคาดการณ์การเสื่อมสภาพ

1.4.5 แนวทางการคำนวณสมการที่ใช้คาดการณ์การเสื่อมสภาพ

แผนภาพแสดงวิธีการคำนวณสมการคาดการณ์การเสื่อมสภาพ มีดังต่อไปนี้



(1) เงื่อนไขในการคำนวณสมการพยากรณ์การเสื่อมสภาพขององค์อาคารแต่ละส่วนของสะพานแต่ละแห่ง

ในการคำนวณสมการคาดการณ์การเสื่อมสภาพ ให้กำหนดเงื่อนไขดังต่อไปนี้เพื่อลดขั้นตอนในการคำนวณ

1) ความเปลี่ยนแปลงของการเสื่อมสภาพในแต่ละประเภทการประเมินความเสียหาย ให้ถือว่าจะลดลง 1 ระดับหรือหยุดอยู่ในสภาพปัจจุบันทุก 1 ปี การลดลง 2 ระดับหรือการฟื้นระดับของความเสียหายไม่ต้องนำมาพิจารณา

หากกล่าวอย่างเป็นรูปธรรมคือ ในปีหนึ่งความเสียหายที่กลายเป็นความเสียหายในประเภท 2 จะเปลี่ยนไปเป็นความเสียหายในประเภท 3 หรือหยุดอยู่ที่ความเสียหายในประเภท 2 ในปีถัดไป โดยกำหนดให้ไม่ต้องคำนึงถึงว่าความเสียหายจะเปลี่ยนไปเป็นประเภท 4 หรือจะดีขึ้นกลับไปเป็นประเภท 1 ทั้งนี้ ประเภท U ซึ่งเป็นระดับสุดท้ายของการเสื่อมสภาพจะไม่มีการเสื่อมสภาพที่มากกว่านี้จึงถือให้ความน่าจะเป็นที่จะมาหยุดอยู่ที่ประเภท U เท่ากับ 1.0

From (To = rows)

To	1	2	3	4	5	U
1	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{16}
2	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{24}	X_{25}	X_{26}
3	X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{34}	X_{35}	X_{36}
4	X_{41}	X_{42}	X_{43}	X_{44}	X_{45}	X_{46}
5	X_{51}	X_{52}	X_{53}	X_{54}	X_{55}	X_{56}
U	X_{61}	X_{62}	X_{63}	X_{64}	X_{65}	X_{66}

⇨

From (To = rows)

To	1	2	3	4	5	U
1	X_{11}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	X_{21}	X_{22}	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.000	X_{32}	X_{33}	0.000	0.000	0.000
4	0.000	0.000	X_{43}	X_{44}	0.000	0.000
5	0.000	0.000	0.000	X_{54}	X_{55}	0.000
U	0.000	0.000	0.000	0.000	X_{65}	1.000

การใช้ข้อกำหนดนี้ทำให้ความน่าจะเป็นแบบทรานซิชั่น เป็นดังต่อไปนี้

2) ตัวเลขที่ใช้ได้ในความน่าจะเป็นแบบทรานซิชั่น ใช้ถึงทศนิยมตำแหน่งที่ 3

3) ค่ารวมของแถวในแนวตั้งของเมตริกซ์ กำหนดให้ต้องเป็น 1.0 เสมอ

4) ความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนจากความเสียหายระดับ 1 เป็นความเสียหายระดับต่ำลงไปหนึ่งระดับ คำนวณได้จากสมการข้างล่างนี้

$X_{21}=1-X_{11}$ $X_{32}=1-X_{22}$ $X_{43}=1-X_{33}$ $X_{54}=1-X_{44}$ $X_{65}=1-X_{5}$

จากสมการข้างต้น เมตริกซ์ความน่าจะเป็นแบบทรานซิชั่น มีดังนี้

From (To = rows)

To	1	2	3	4	5	U
1	X_{11}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	X_{21}	X_{22}	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.000	X_{32}	X_{33}	0.000	0.000	0.000
4	0.000	0.000	X_{43}	X_{44}	0.000	0.000
5	0.000	0.000	0.000	X_{54}	X_{55}	0.000
U	0.000	0.000	0.000	0.000	X_{65}	1.000

⇨

From (To = rows)

To	1	2	3	4	5	U
1	X_{11}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	$1-X_{11}$	X_{22}	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.000	$1-X_{22}$	X_{33}	0.000	0.000	0.000
4	0.000	0.000	$1-X_{33}$	X_{44}	0.000	0.000
5	0.000	0.000	0.000	$1-X_{44}$	X_{55}	0.000
U	0.000	0.000	0.000	0.000	$1-X_{55}$	1.000

5) ความน่าจะเป็นที่ความเสียหายระดับ 1 หยุดอยู่ที่ความเสียหายระดับ 1 (X11) คำนวณได้ตามข้างล่างนี้

เมตริกซ์ความน่าจะเป็นแบบทรานซิชั่น 1 ปี

การกระจายของความเสียหายในปัจจุบัน

การกระจายของความเสียหายภายหลัง t ปี

$$\begin{pmatrix} X_{11} & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\ 1-X_{11} & X_{22} & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\ 0.000 & 1-X_{22} & X_{33} & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\ 0.000 & 0.000 & 1-X_{33} & X_{44} & 0.000 & 0.000 \\ 0.000 & 0.000 & 0.000 & 1-X_{44} & X_{55} & 0.000 \\ 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 1-X_{55} & 1.000 \end{pmatrix}^{t} \times \begin{pmatrix} 1_1 \\ 2_1 \\ 3_1 \\ 4_1 \\ 5_1 \\ U_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1_2 \\ 2_2 \\ 3_2 \\ 4_2 \\ 5_2 \\ U_2 \end{pmatrix}$$

$$X_{11} = (1_2/1_1)$$

การกระจายของความเสียหายขณะก่อสร้างแล้วเสร็จ ให้คำนึงว่าเป็นประเภท a ทั้งหมด

$$X_{11} = 1_2^{1/t}$$

6) **ความน่าจะเป็นที่ความเสียหายระดับ 2 จะหยุดอยู่ในระดับ 2 ให้คำนวนโดยการทดลองจากค่าที่น้อยที่สุดของความแตกต่างระหว่างค่าที่วัดได้จริง (=ผลการตรวจสอบ) และค่าพยากรณ์ ทั้งนี้ความน่าจะเป็นในการคำนวณนี้ให้ถือเป็นหน่วยละ 0.001**

สัดส่วนของหมายเลของค์อาคารที่มีความเสียหายระดับ 2 ในอีก t ปีต่อไป เป็นจำนวนรวมของสัดส่วนหมายเลของค์อาคารที่มีความเสียหายเปลี่ยนจากระดับ 1 มาเป็นระดับ 2 ในช่วง t ปีกับสัดส่วนหมายเลของค์อาคารที่มีความเสียหายหยุดอยู่ที่ระดับ 2 ในช่วง t ปี การหาสัดส่วนของความเสียหายระดับ 2 ในอีก t ปีต่อไปด้วยสูตรการคำนวณจึงเป็นเรื่องยาก ดังนั้นจึงต้องกำหนดความน่าจะเป็นขึ้นมาเองและคำนวณด้วยการทดลองคำนวณให้ได้ค่าที่มีความแตกต่างของค่าการพยากรณ์ในอีก t ปีต่อไปที่คำนวณได้กับค่าตรวจวัดจริง (=ผลการตรวจสอบ) น้อยที่สุด ภาพการคำนวณดูได้ข้างล่าง

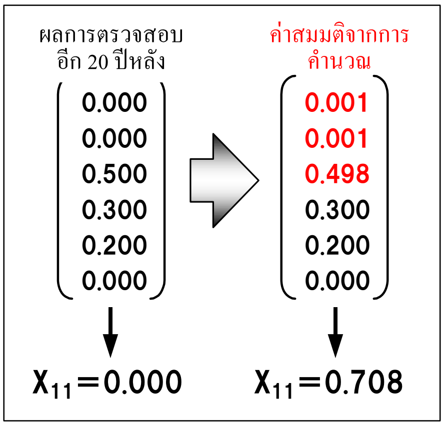
ค่าความน่าจะเป็น	ค่าพยากรณ์	ค่าที่วัดได้จริง	ผลต่าง
0.957	0.521	0.500	0.021
0.956	0.515	0.500	0.015
0.955	0.509	0.500	0.009
0.954	0.503	0.500	0.003 MIN
0.953	0.496	0.500	0.004
0.952	0.490	0.500	0.010
0.951	0.484	0.500	0.016

ทั้งนี้เงื่อนไขเบื้องต้นคือ ความน่าจะเป็นแบบทรานซิชั่นของระดับความเสียหายที่สูงขึ้นไป 1 ระดับ (คือความเสียหายระดับ 1) สามารถคำนวณได้จาก 5) และ 4) ตามที่ได้กล่าวไปแล้ว

7) **ความน่าจะเป็นที่ความเสียหายระดับ 3 จะหยุดอยู่ที่ 3 และความน่าจะเป็นที่ความเสียหายระดับ 4 จะหยุดอยู่ที่ 4 ก็คำนวณได้ด้วยวิธีเดียวกับ 6) ที่ได้กล่าวไปแล้ว**

8) ผลการตรวจสอบในอีก t ปีข้างหน้า แม้แต่ในกรณีที่ไม่มีหมายเลขของค่าอาคารใดอยู่ในประเภทความเสียหายหนึ่ง ในการคำนวณให้คำนวณโดยกำหนดว่ามีอยู่ 0.1% (ยกเว้นประเภท U)

ตัวอย่างเช่น เมื่อคำนึงถึงกรณีของการหา X11 ตามที่ระบุไว้ใน 5) หากสัดส่วนความเสียหายระดับ 1 ในอีก t ปีข้างหน้าเป็น 0% ในการคำนวณจะได้ X11=0.000 สิ่งนี้แสดงให้เห็นว่าปัจจัยในความเสียหายระดับ 1 ทั้งหมดเปลี่ยนไปเป็นความเสียหายระดับ 2 ในปีถัดไปซึ่งไม่สอดคล้องกับความเป็นจริง ดังนั้นในการคำนวณสมการพยากรณ์การเสื่อมสภาพถึงแม้ในผลการตรวจสอบจะเป็นการประเมินระดับความเสียหายที่ไม่มีอยู่เลยก็ต้องคำนวณโดยการกำหนดให้มีอยู่ 0.1%



9) ความน่าจะเป็นที่ความเสียหายในระดับ 5 จะหยุดอยู่ที่ 5 ไม่สามารถใช้วิธีการคำนวณตามที่กล่าวไปแล้วได้ จึงต้องกำหนดค่าขึ้นเอง

ระดับ U ซึ่งเป็นการประเมินระดับความเสียหายที่อยู่ถัดลงไปจากความเสียหายระดับ 5 เป็นระดับความเสียหายสมมติที่กำหนดขึ้นเพื่อแสดงให้เห็นผลเสียของการปล่อยไว้ในความเสียหายระดับ 5 ดังนั้นระดับ U จึงไม่ใช่ระดับการประเมินความเสียหายที่ได้จากการตรวจสอบ ทำให้ใช้วิธีคำนวณตามที่กล่าวไปแล้วไม่ได้ ความน่าจะเป็นแบบทรานซิชั่นของการที่จะเปลี่ยนไปสู่ระดับ U จึงต้องกำหนดขึ้นเอง ซึ่งเป็นค่าที่สำคัญมากในการวางแผนงานบริหารบำรุงรักษาระยะยาว ดังนั้นจึงควรกำหนดอย่างระมัดระวัง

10) ความน่าจะเป็นที่ความเสียหายจะหยุดอยู่ในระดับเดิมสูงสุดเท่ากับ 0.990 ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.600 ทั้งนี้เป็นค่าที่ใช้ในการหาความน่าจะเป็นแบบทรานซิชั่นของความเสียหายต่ำกว่าระดับ 2 แต่ไม่ใช้ในการคำนวณความน่าจะเป็นแบบทรานซิชั่นของความเสียหายระดับ 1

การกระจายระดับความเสียหายที่ได้จากผลการตรวจสอบ หากมีการกระจายระดับหนึ่งในระดับความเสียหาย 5 ระดับตั้งแต่ 1-5 จะสามารถคำนวณสมการพยากรณ์การเสื่อมสภาพได้อย่างค่อนข้างแม่นยำตามวิธีในข้อ 1)-9) ที่ได้กล่าวไปแล้ว แต่ในกรณีที่การกระจายระดับความเสียหายไปกระจุกตัวอยู่เป็นส่วนใหญ่ในประเภทใดประเภทหนึ่ง แค่วิธีตามข้อ 1)-9) ที่ได้กล่าวไปแล้วอาจทำให้คำนวณสมการพยากรณ์การเสื่อมสภาพออกมาได้ไม่สอดคล้องกับความเป็นจริง ดังนั้น แม้แต่ในกรณีที่ผลการตรวจสอบแสดงให้เห็นสภาพที่มีความเสียหายในประเภทใดประเภทหนึ่งเป็นส่วนใหญ่ เพื่อแสดงให้เห็นว่าการเสื่อมสภาพมีการดำเนินมาเป็นลำดับขั้นตอน จะต้องกำหนดค่าสูงสุดและต่ำสุดของ ความน่าจะเป็นแบบทรานซิชั่น

ค่าความเสียหายขณะก่อสร้างแล้วเสร็จ	ผลการตรวจสอบ 20 ปีหลัง	ค่าสมมติจากการคำนวณ
1.000	0.000	0.001
0.000	0.000	0.001
0.000	1.000	0.996
0.000	0.000	0.001
0.000	0.000	0.001
0.000	0.000	0.000

คำนวณจาก①~⑨

To \ From	1	2	3	4	5	U
1	0.708	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.292	0.124	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.876	0.999	0.000	0.000	0.000
4	0.000	0.000	0.001	0.999	0.000	0.000
5	0.000	0.000	0.000	0.001	0.990	0.000
U	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	1.000

ใช้ ⑩

To \ From	1	2	3	4	5	U
1	0.708	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.292	0.600	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.400	0.990	0.000	0.000	0.000
4	0.000	0.000	0.010	0.990	0.000	0.000
5	0.000	0.000	0.000	0.010	0.990	0.000
U	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	1.000

รูปที่ 1.4.2 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ในกรณีที่การกระจายของระดับความเสียหายมีน้อย

(2) ตัวอย่างของผลการคำนวณ

ตัวอย่างของสมการคาดการณ์การเสื่อมสภาพที่คำนวณได้จากวิธีการนี้ มีดังต่อไปนี้

1) กรณี 1-1

การกระจายของความเสียหาย : กระจายในระดับเหมาะสม

อายุการใช้งาน : 10 ปี

กรณี 1

สมการคาดการณ์การเสื่อมสภาพที่คำนวณได้

ระดับความเสียหาย (ภายหลังก่อสร้างเสร็จ)	ระดับความเสียหาย (ภายหลังใช้งาน 10 ปี)	To \ From	1	2	3	4	5	U	ผลตรวจสอบหลังจากใช้สมการพยากรณ์การเสื่อมสภาพ 10 ปี
1.000	0.300	1	0.887	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.301
0.000	0.300	2	0.113	0.837	0.000	0.000	0.000	0.000	0.300
0.000	0.200	3	0.000	0.163	0.781	0.000	0.000	0.000	0.200
0.000	0.100	4	0.000	0.000	0.219	0.667	0.000	0.000	0.100
0.000	0.100	5	0.000	0.000	0.000	0.333	0.990	0.000	0.098
0.000	0.000	R	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	1.000	0.002

ระดับความแข็งแรง 68.0 ↔ 67.9

ผลต่างระหว่างค่าที่ได้จากสมการคาดการณ์และผลการตรวจสอบ 0.147%

2) กรณี 1-2

การกระจายของความเสียหาย : กระจายในระดับเหมาะสม

อายุการใช้งาน : 20 ปี

กรณี 2

สมการคาดการณ์การเสื่อมสภาพที่คำนวณได้

ระดับความเสียหาย (ภายหลังก่อสร้างเสร็จ)	ระดับความเสียหาย (ภายหลังใช้งาน 20 ปี)	To \ From	1	2	3	4	5	U	ผลตรวจสอบหลังจากใช้สมการพยากรณ์การเสื่อมสภาพ 20 ปี
1.000	0.300	1	0.942	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.303
0.000	0.300	2	0.058	0.920	0.000	0.000	0.000	0.000	0.301
0.000	0.200	3	0.000	0.080	0.898	0.000	0.000	0.000	0.199
0.000	0.100	4	0.000	0.000	0.102	0.855	0.000	0.000	0.100
0.000	0.100	5	0.000	0.000	0.000	0.145	0.990	0.000	0.093
0.000	0.000	U	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	1.000	0.004

ระดับความแข็งแรง 68.0 ↔ 67.8

ผลต่างระหว่างค่าที่ได้จากสมการคาดการณ์และผลการตรวจสอบ 0.294%

3) กรณี 1-3

การกระจายของความเสียหาย : กระจายในระดับเหมาะสม

อายุการใช้งาน : 30 ปี

กรณี 3

สมการคาดการณ์การเสื่อมสภาพที่คำนวณได้

ระดับความเสียหาย (ภายหลังก่อสร้างเสร็จ)	ระดับความเสียหาย (ภายหลังใช้งาน 30 ปี)	To \ From	1	2	3	4	5	U	ผลตรวจสอบหลังจากใช้สมการพยากรณ์การเสื่อมสภาพ 30 ปี
1.000	0.300	1	0.961	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.303
0.000	0.300	2	0.039	0.947	0.000	0.000	0.000	0.000	0.301
0.000	0.200	3	0.000	0.053	0.934	0.000	0.000	0.000	0.200
0.000	0.100	4	0.000	0.000	0.066	0.908	0.000	0.000	0.100
0.000	0.100	5	0.000	0.000	0.000	0.092	0.990	0.000	0.090
0.000	0.000	U	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	1.000	0.006

ระดับความแข็งแรง 68.0 ↔ 67.7

ผลต่างระหว่างค่าที่ได้จากสมการคาดการณ์และผลการตรวจสอบ 0.441%

4) กรณี 2-1

การกระจายของความเสียหาย : กระจุกอยู่ในระดับที่มีความเสียหายมาก

อายุการใช้งาน : 10 ปี

กรณี 4

สมการคาดการณ์การเสื่อมสภาพที่คำนวณได้ From

ระดับความเสียหาย (ภายหลังก่อสร้างเสร็จ)	ระดับความเสียหาย (ภายหลังใช้งาน 10 ปี)	To	1	2	3	4	5	U	ผลตรวจสอบหลังจากใช้สมการพยากรณ์การเสื่อมสภาพ 10 ปี
1.000	0.000	1	0.501	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
0.000	0.000	2	0.499	0.600	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025
0.000	0.500	3	0.000	0.400	0.884	0.000	0.000	0.000	0.497
0.000	0.300	4	0.000	0.000	0.116	0.843	0.000	0.000	0.300
0.000	0.200	5	0.000	0.000	0.000	0.157	0.990	0.000	0.173
0.000	0.000	U	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	1.000	0.003
ระดับความแข็งแรง	36.0								37.4

ผลต่างระหว่างค่าที่ได้จากสมการคาดการณ์และผลการตรวจสอบ 3.743%

5) กรณี 2-2

การกระจายของความเสียหาย : กระจุกอยู่ในระดับที่มีความเสียหายมาก

อายุการใช้งาน : 20 ปี

กรณี 5

สมการคาดการณ์การเสื่อมสภาพที่คำนวณได้ From

ระดับความเสียหาย (ภายหลังก่อสร้างเสร็จ)	ระดับความเสียหาย (ภายหลังใช้งาน 20 ปี)	To	1	2	3	4	5	U	ผลตรวจสอบหลังจากใช้สมการพยากรณ์การเสื่อมสภาพ 20 ปี
1.000	0.000	1	0.708	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
0.000	0.000	2	0.292	0.600	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003
0.000	0.500	3	0.000	0.400	0.951	0.000	0.000	0.000	0.497
0.000	0.300	4	0.000	0.000	0.049	0.930	0.000	0.000	0.299
0.000	0.200	5	0.000	0.000	0.000	0.070	0.990	0.000	0.190
0.000	0.000	U	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	1.000	0.010
ระดับความแข็งแรง	36.0								35.0

ผลต่างระหว่างค่าที่ได้จากสมการคาดการณ์และผลการตรวจสอบ 2.854%

6) กรณี 2-3

การกระจายของความเสียหาย : กระจุกอยู่ในระดับที่มีความเสียหายมาก

อายุการใช้งาน : 30 ปี

กรณี 6

สมการคาดการณ์การเสื่อมสภาพที่คำนวณได้ From

ระดับความเสียหาย (ภายหลังก่อสร้างเสร็จ)	ระดับความเสียหาย (ภายหลังใช้งาน 30 ปี)	To	1	2	3	4	5	U	ผลตรวจสอบหลังจากใช้สมการพยากรณ์การเสื่อมสภาพ 30 ปี
1.000	0.000	1	0.794	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
0.000	0.000	2	0.206	0.600	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
0.000	0.500	3	0.000	0.400	0.969	0.000	0.000	0.000	0.494
0.000	0.300	4	0.000	0.000	0.031	0.956	0.000	0.000	0.300
0.000	0.200	5	0.000	0.000	0.000	0.044	0.990	0.000	0.188
0.000	0.000	U	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	1.000	0.017
ระดับความแข็งแรง	36.0								34.1

ผลต่างระหว่างค่าที่ได้จากสมการคาดการณ์และผลการตรวจสอบ 5.572%

1.5 การกำหนดวิธีการซ่อมแซมตามระดับความแข็งแรงโครงสร้าง

1.5.1 คำจำกัดความของวิธีการซ่อมแซมและความสัมพันธ์กับระดับการบำรุงรักษา

รายละเอียดของคำจัดกัดความของวิธีการซ่อมแซม ความสัมพันธ์กับระดับการบำรุงรักษา และการกำหนดความแข็งแรงโครงสร้างขณะทำการซ่อมแซม ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1.5.1

ตารางที่ 1.5.1 คำจัดกัดความของคำศัพท์เฉพาะและความสัมพันธ์กับระดับการบำรุงรักษา

ระดับการบำรุงรักษา	ระดับมาตรการ	วิธีการซ่อมแซม	ระดับความแข็งแรงโครงสร้าง
ระดับ A	ซ่อมแซมเชิงป้องกัน	ทำการซ่อมแซมเพื่อป้องกันล่วงหน้าทันทีที่เกิดความเสียหายเพียงเล็กน้อย	80
ระดับ B	ซ่อมแซม 1 (เล็กน้อย)	ทำการซ่อมแซมโดยใช้ค่าใช้จ่ายต่ำขณะที่ความเสียหายอยู่ในขั้นเบื้องต้น	60
ระดับ C	ซ่อมแซม 2 (ปานกลาง)	ทำการซ่อมแซมโดยใช้ค่าใช้จ่ายสูงขณะที่ความเสียหายมีขนาดรุนแรง	40
ระดับ D	ซ่อมแซม 3 (ใหญ่)	ทำการซ่อมแซมใหญ่โดยใช้ค่าใช้จ่ายสูงขณะที่ชิ้นส่วนโครงสร้างไม่สามารถรับน้ำหนักได้	20
ไม่ผ่านเกณฑ์	ก่อสร้างใหม่	รื้อถอนและก่อสร้างสะพานใหม่หรือทำการเปลี่ยนชิ้นส่วนโครงสร้างใหม่	0

1.5.2 การกำหนดวิธีการซ่อมแซมตามชิ้นส่วนโครงสร้าง

(1) คานแบบแผ่นพื้น (สะพานแบบแผ่นพื้น, Plank Girder, Box Girder)

ตารางที่ 1.5.2 วิธีซ่อมแซมคานแบบแผ่นพื้น (สะพานแบบแผ่นพื้น, Plank Girder, Box Girder)

ระดับการบำรุงรักษา	ระดับงานซ่อมแซม	รายละเอียดของงานซ่อมแซม	ระดับความแข็งแรงโครงสร้าง ก่อนซ่อม	ระดับความแข็งแรงโครงสร้าง หลังซ่อม	ค่าก่อสร้างโดยประมาณ
ระดับ A	ซ่อมแซมเชิงป้องกัน	ทาสีป้องกัน ติดตั้งนั่งร้าน	80	95	3,000 เยน/m^2
ระดับ B	ซ่อมแซม 1 (เล็กน้อย)	ทาสีป้องกัน ซ่อมอุดรอยแตก ซ่อมแซมหน้าตัด ติดตั้งนั่งร้าน	60	95	4,000 เยน/m^2
ระดับ C	ซ่อมแซม 2 (ปานกลาง)	ทาสีป้องกัน ซ่อมอุดรอยแตก ซ่อมแซมหน้าตัด ติดตั้งนั่งร้าน	40	95	4,000 เยน/m^2
ระดับ D	ซ่อมแซม 3 (ใหญ่)	ทาสีป้องกัน ซ่อมอุดรอยแตก ซ่อมแซมหน้าตัด ติดแผ่นคาร์บอนไฟเบอร์ ติดตั้งนั่งร้าน	20	100	14,000 เยน/m^2
ไม่ผ่านเกณฑ์	ก่อสร้างใหม่	รื้อถอนและก่อสร้างสะพานใหม่	0	100	118,800 เยน/m^2

- ค่าก่อสร้างโดยประมาณต่อหน่วยเป็นจำนวนเงินที่รวมค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ดแล้ว
- ค่าก่อสร้างโดยประมาณ คำนวณตามสูตรด้านล่างนี้ (ยกเว้นการสร้างสะพานใหม่)
  ค่าก่อสร้างโดยประมาณ = ความยาวช่วงสะพาน × ความกว้างของถนน × ค่าก่อสร้างโดยประมาณต่อหน่วย
- วิธีการซ่อมแซมในกรณีคานหลักเสื่อมสภาพลงอย่างเด่นชัดมาก (ค่าความแข็งแรงโครงสร้างเท่ากับ 0) ควรสร้างสะพานทั้งหมดใหม่

(2) คานคอนกรีตอัดแรงหน้าตัดรูปตัว I

ตารางที่ 1.5.3 วิธีซ่อมแซมคานคอนกรีตอัดแรงหน้าตัดรูปตัว I

ระดับการบำรุงรักษา	ระดับงานซ่อมแซม	รายละเอียดของงานซ่อมแซม	ระดับความแข็งแรงโครงสร้าง		ค่าก่อสร้างโดยประมาณ
			ก่อนซ่อม	หลังซ่อม	
ระดับ A	ซ่อมแซมเชิงป้องกัน	ติดตั้งงานกันซึม ปูผิวแอสฟัลท์ ทาสีป้องกัน ติดตั้งนั่งร้าน	80	95	5,000 เยน/m^2
ระดับ B	ซ่อมแซม 1 (เล็กน้อย)	ติดตั้งงานกันซึม ปูผิวแอสฟัลท์ ทาสีป้องกัน ซ่อมอุดรอยแตก ซ่อมแซมหน้าตัด ติดตั้งนั่งร้าน	60	95	7,000 เยน/m^2
ระดับ C	ซ่อมแซม 2 (ปานกลาง)	ติดตั้งงานกันซึม ปูผิวแอสฟัลท์ ทาสีป้องกัน ซ่อมอุดรอยแตก ซ่อมแซมหน้าตัด ติดตั้งนั่งร้าน	40	95	8,000 เยน/m^2
ระดับ D	ซ่อมแซม 3 (ใหญ่)	ติดตั้งงานกันซึม ปูผิวแอสฟัลท์ ทาสีป้องกัน ซ่อมอุดรอยแตก ซ่อมแซมหน้าตัด ติดแผ่นคาร์บอนไฟเบอร์ ติดตั้งนั่งร้าน	20	100	33,000 เยน/m^2
ไม่ผ่านเกณฑ์	ก่อสร้างใหม่	รื้อถอนและก่อสร้างสะพานใหม่	0	100	118,800 เยน/m^2

- ค่าก่อสร้างโดยประมาณต่อหน่วยเป็นจำนวนเงินที่รวมค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ดแล้ว และคำนึงถึงการติดตั้งนั่งร้าน
- ค่าก่อสร้างโดยประมาณ คำนวณตามสูตรด้านล่างนี้ (ยกเว้นการสร้างสะพานใหม่)
  ค่าก่อสร้างโดยประมาณ = ความยาวช่วงสะพาน × ความกว้างของถนน × ค่าก่อสร้างโดยประมาณต่อหน่วย
- วิธีการซ่อมแซมในกรณีคานหลักเสื่อมสภาพลงอย่างเด่นชัดมาก (ค่าความแข็งแรงโครงสร้างเท่ากับ 0) ควรสร้างสะพานทั้งหมดใหม่

(3) พื้นส่วนกลางเชื่อมต่อ (สะพาน Plank Girder, สะพานหน้าตัดรูปกล่อง)

ตารางที่ 1.5.4 วิธีซ่อมแซมพื้นส่วนกลางเชื่อมต่อ (สะพาน Plank Girder, สะพานหน้าตัดรูปกล่อง)

ระดับการบำรุงรักษา	ระดับงานซ่อมแซม	รายละเอียดของงานซ่อมแซม	ระดับความแข็งแรงโครงสร้าง		ค่าก่อสร้างโดยประมาณ
			ก่อนซ่อม	หลังซ่อม	
ระดับ A	ซ่อมแซมเชิงป้องกัน	ติดตั้งงานกันซึม ปูผิวแอสฟัลท์	80	95	600 เยน/m^2
ระดับ B	ซ่อมแซม 1 (เล็กน้อย)	ติดตั้งงานกันซึม ปูผิวแอสฟัลท์	60	95	600 เยน/m^2
ระดับ C	ซ่อมแซม 2 (ปานกลาง)	ติดตั้งงานกันซึม ปูผิวแอสฟัลท์	40	95	600 เยน/m^2
ระดับ D	ซ่อมแซม 3 (ใหญ่)	ติดตั้งงานกันซึม ปูผิวแอสฟัลท์ ซ่อมแซมผิวหน้าตัดของแผ่นพื้น	20	100	2,000 เยน/m^2
ไม่ผ่านเกณฑ์	ก่อสร้างใหม่	รื้อถอนและก่อสร้างสะพานใหม่	0	100	118,800 เยน/m^2

- ค่าก่อสร้างโดยประมาณต่อหน่วยเป็นจำนวนเงินที่รวมค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ดแล้ว
- ค่าก่อสร้างโดยประมาณ คำนวณตามสูตรด้านล่างนี้ (ยกเว้นการสร้างสะพานใหม่)
  ค่าก่อสร้างโดยประมาณ = ความยาวช่วงสะพาน × ความกว้างของถนน × ค่าก่อสร้างโดยประมาณต่อหน่วย
- วิธีการซ่อมแซมในกรณีพื้นสะพานเสื่อมสภาพลงอย่างเด่นชัดมาก (ค่าความแข็งแรงโครงสร้างเท่ากับ 0) ควรสร้างสะพานทั้งหมดใหม่

(4) แผ่นพื้นคานคอนกรีตอัดแรงรูปหน้าตัดตัว T

ตารางที่ 1.5.5 วิธีซ่อมแซมแผ่นพื้นคานคอนกรีตอัดแรงรูปหน้าตัดตัว T

ระดับการบำรุงรักษา	ระดับงานซ่อมแซม	รายละเอียดของงานซ่อมแซม	ระดับความแข็งแรงโครงสร้าง		ค่าก่อสร้างโดยประมาณ
			ก่อนซ่อม	หลังซ่อม	
ระดับ A	ซ่อมแซมเชิงป้องกัน	ติดตั้งงานกันซึม ปูผิวแอสฟัลท์ ทาสีป้องกัน ติดตั้งนั่งร้าน	80	95	3,000 เยน/m^2
ระดับ B	ซ่อมแซม 1 (เล็กน้อย)	ติดตั้งงานกันซึม ปูผิวแอสฟัลท์ ทาสีป้องกัน ซ่อมอุดรอยแตก ซ่อมแซมหน้าตัด ติดตั้งนั่งร้าน	60	95	3,000 เยน/m^2
ระดับ C	ซ่อมแซม 2 (ปานกลาง)	ติดตั้งงานกันซึม ปูผิวแอสฟัลท์ ทาสีป้องกัน ซ่อมอุดรอยแตก ซ่อมแซมหน้าตัด ติดตั้งนั่งร้าน	40	95	9,000 เยน/m^2
ระดับ D	ซ่อมแซม 3 (ใหญ่)	ติดตั้งงานกันซึม ปูผิวแอสฟัลท์ ทาสีป้องกัน ซ่อมอุดรอยแตก ซ่อมแซมหน้าตัด ติดแผ่นคาร์บอนไฟเบอร์ ติดตั้งนั่งร้าน	20	100	60,000 เยน/m^2
ไม่ผ่านเกณฑ์	ก่อสร้างใหม่	รื้อถอนและก่อสร้างสะพานใหม่	0	100	118,800 เยน/m^2

- ค่าก่อสร้างโดยประมาณต่อหน่วยเป็นจำนวนเงินที่รวมค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ดแล้ว
- ค่าก่อสร้างโดยประมาณ คำนวณตามสูตรด้านล่างนี้ (ยกเว้นการสร้างสะพานใหม่)
  ค่าก่อสร้างโดยประมาณ = ความยาวช่วงสะพาน × ความกว้างของถนน × ค่าก่อสร้างโดยประมาณต่อหน่วย
- วิธีการซ่อมแซมในกรณีพื้นสะพานเสื่อมสภาพลงอย่างเด่นชัดมาก (ค่าความแข็งแรงโครงสร้างเท่ากับ 0) ควรสร้างสะพานทั้งหมดใหม่

(5) ที่รองรับสะพาน

ตารางที่ 1.5.6 วิธีซ่อมแซมที่รองรับสะพาน

ระดับการบำรุงรักษา	ระดับงานซ่อมแซม	รายละเอียดของงานซ่อมแซม	ระดับความแข็งแรงโครงสร้าง		ค่าก่อสร้างโดยประมาณ
			ก่อนซ่อม	หลังซ่อม	
ระดับ A	ซ่อมแซมเชิงป้องกัน	--	80	--	-- เยน/แห่ง
ระดับ B	ซ่อมแซม 1 (เล็กน้อย)	ทาสีใหม่	60	95	12,000 เยน/แห่ง
ระดับ C	ซ่อมแซม 2 (ปานกลาง)	ปรับปรุงที่รองรับสะพาน	40	95	29,000 เยน/แห่ง
ระดับ D	ซ่อมแซม 3 (ใหญ่)	เปลี่ยนที่รองรับสะพาน	20	100	297,000 เยน/แห่ง
ไม่ผ่านเกณฑ์	ก่อสร้างใหม่	รื้อถอนและก่อสร้างสะพานใหม่	0	100	118,800 เยน/m^2

- ค่าก่อสร้างโดยประมาณต่อหน่วยเป็นจำนวนเงินที่รวมค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ดแล้ว
- ค่าก่อสร้างโดยประมาณ คำนวณตามสูตรด้านล่างนี้ (ยกเว้นการสร้างสะพานใหม่)
  ค่าก่อสร้างโดยประมาณ = จำนวนที่รองรับสะพาน × ค่าก่อสร้างโดยประมาณต่อหน่วย
- การบูรณะซ่อมแซมที่รองรับสะพาน หมายถึง วิธีการหยอดน้ำมันหล่อลื่นเพื่อฟื้นฟูการทำงานของที่รองรับสะพานและดำเนินการพ่นเคลือบป้องกันสนิม
- วิธีการซ่อมแซมในกรณีที่รองรับสะพานเสื่อมสภาพลงอย่างเด่นชัดมาก (ค่าความแข็งแรงโครงสร้างเท่ากับ 0) ควรเปลี่ยนที่รองรับสะพานใหม่

(6) เสาตอม่อ

ตารางที่ 1.5.7 วิธีซ่อมแซมเสาตอม่อ

ระดับการบำรุงรักษา	ระดับงานซ่อมแซม	รายละเอียดของงานซ่อมแซม	ระดับความแข็งแรงโครงสร้าง		ค่าก่อสร้างโดยประมาณ
			ก่อนซ่อม	หลังซ่อม	
ระดับ A	ซ่อมแซมเชิงป้องกัน	ทาสีป้องกัน ติดตั้งนั่งร้าน	80	95	388,750 เยน/ต้น
ระดับ B	ซ่อมแซม 1 (เล็กน้อย)	ทาสีป้องกัน ซ่อมอุดรอยแตก ซ่อมแซมหน้าตัด ติดตั้งนั่งร้าน	60	95	463,000 เยน/ต้น
ระดับ C	ซ่อมแซม 2 (ปานกลาง)	ทาสีป้องกัน ซ่อมอุดรอยแตก ซ่อมแซมหน้าตัด ติดตั้งนั่งร้าน	40	95	537,000 เยน/ต้น
ระดับ D	ซ่อมแซม 3 (ใหญ่)	ซ่อมอุดรอยแตก ซ่อมแซมหน้าตัด ติดพันหุ้มรอบเสา ติดตั้งนั่งร้าน	20	100	795,000 เยน/ต้น
ไม่ผ่านเกณฑ์	ก่อสร้างใหม่	รื้อถอนและก่อสร้างสะพานใหม่	0	100	118,800 เยน/m^2

- ค่าก่อสร้างโดยประมาณต่อหน่วยเป็นจำนวนเงินที่รวมค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ดแล้ว
- ค่าก่อสร้างโดยประมาณ คำนวณตามสูตรด้านล่างนี้ (ยกเว้นการสร้างสะพานใหม่)
  ค่าก่อสร้างโดยประมาณ = จำนวนเสาตอม่อ × ค่าก่อสร้างโดยประมาณต่อหน่วย
- วิธีการซ่อมแซมในกรณีเสาตอม่อเสื่อมสภาพลงอย่างเด่นชัดมาก (ค่าความแข็งแรงโครงสร้างเท่ากับ 0) ควรก่อสร้างเสาตอม่อทั้งหมดใหม่

(7) ตอม่อตับริม

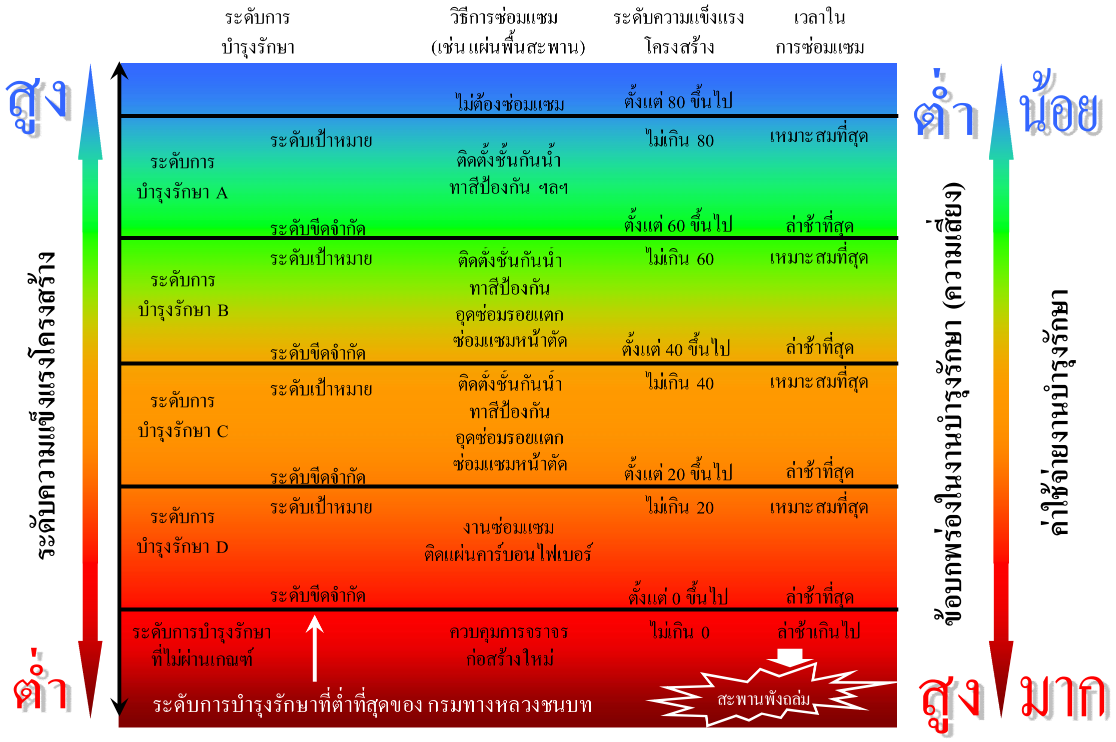
ตารางที่ 1.5.8 วิธีซ่อมแซมตอม่อตับริม

ระดับการบำรุงรักษา	ระดับงานซ่อมแซม	รายละเอียดของงานซ่อมแซม	ระดับความแข็งแรงโครงสร้าง		ค่าก่อสร้างโดยประมาณ
			ก่อนซ่อม	หลังซ่อม	
ระดับ A	ซ่อมแซมเชิงป้องกัน	ทาสีป้องกัน ติดตั้งนั่งร้าน	80	95	90,000 เยน/ต้น
ระดับ B	ซ่อมแซม 1 (เล็กน้อย)	ทาสีป้องกัน ซ่อมอุดรอยแตก ซ่อมแซมหน้าตัด ติดตั้งนั่งร้าน	60	95	110,000 เยน/ต้น
ระดับ C	ซ่อมแซม 2 (ปานกลาง)	ทาสีป้องกัน ซ่อมอุดรอยแตก ซ่อมแซมหน้าตัด ติดตั้งนั่งร้าน	40	95	130,000 เยน/ต้น
ระดับ D	ซ่อมแซม 3 (ใหญ่)	ซ่อมอุดรอยแตก ซ่อมแซมหน้าตัด ติดพันหุ้มรอบเสา ติดตั้งนั่งร้าน	20	100	234,000 เยน/ต้น
ไม่ผ่านเกณฑ์	ก่อสร้างใหม่	รื้อถอนและก่อสร้างสะพานใหม่	0	100	118,800 เยน/m^2

- ค่าก่อสร้างโดยประมาณต่อหน่วยเป็นจำนวนเงินที่รวมค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ดแล้ว
- ค่าก่อสร้างโดยประมาณ คำนวณตามสูตรด้านล่างนี้ (ยกเว้นการสร้างสะพานใหม่)
  ค่าก่อสร้างโดยประมาณ = จำนวนเสาตอม่อ × ค่าก่อสร้างโดยประมาณต่อหน่วย
- วิธีการซ่อมแซมในกรณีตอม่อตับริมเสื่อมสภาพลงอย่างเด่นชัดมาก (ค่าความแข็งแรงเท่ากับ 0) ควรก่อสร้างตอม่อตับริมทั้งหมดใหม่

1.6 แนวทางการกำหนดลำดับความสำคัญของวิธีการซ่อมแซม

ในการจัดทำแผนงานบริหารบำรุงรักษาระยะยาว มีความจำเป็นต้องรักษาค่าความแข็งแรงโครงสร้างในอนาคตของสะพานพร้อมกับคำนวณ (=เกลี่ยงบประมาณให้เหมาะสม) งบประมาณรายปีที่เป็นไปได้ในทางปฏิบัติของกรมฯ ซึ่งในการพิจารณากระจายงบประมาณนั้นมีความจำเป็นต้องกำหนดลำดับความสำคัญในการดำเนินงานซ่อมบำรุงซึ่งได้อธิบายไปในบทที่ผ่านมา เมื่อนำแนวคิดทั้งหมดมาสรุปเป็นภาพรวมจะได้ดังรูปที่ 1.6.1



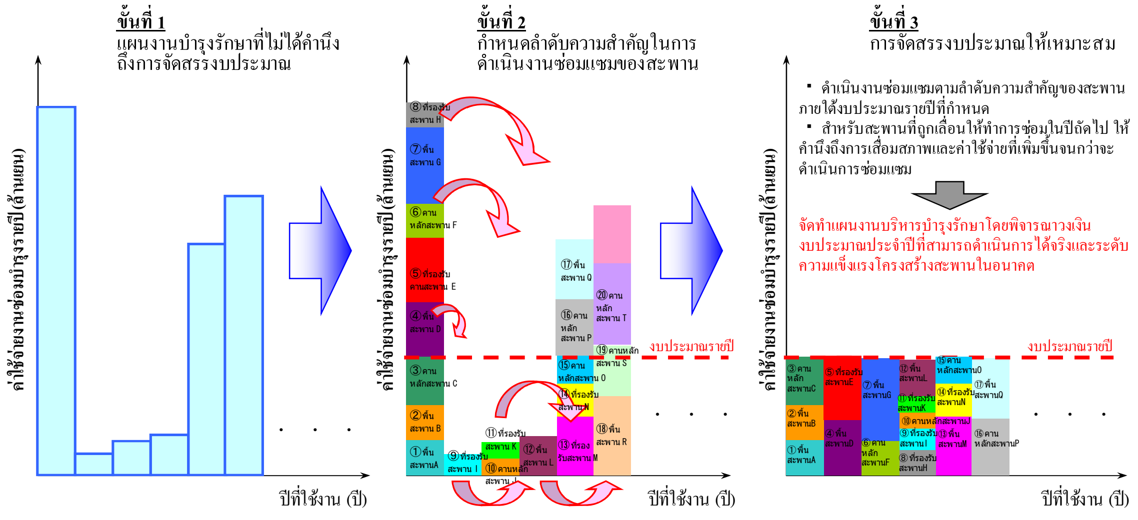
รูปที่ 1.6.1 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการบำรุงรักษา วิธีการซ่อมแซม ระดับความแข็งแรงโครงสร้าง และเวลาในการซ่อมแซมในแผนงานบริหารบำรุงรักษาระยะยาว

- แกนตั้ง หมายถึงค่าความแข็งแรงโครงสร้าง โดยด้านบนคือค่าความแข็งแรงสูง ส่วนด้านล่างคือมีค่าความแข็งแรงต่ำ
- จากบนลงล่างจะเป็นระดับการบำรุงรักษาตั้งแต่ A, B, C และ D
- หากยกตัวอย่างแผ่นพื้นในสะพานคาน วิธีซ่อมแซมตามระดับการบำรุงรักษาแต่ละระดับจะเป็นดังนี้คือ ระดับ A : ติดตั้งชั้นกันน้ำซึม/ทาสีป้องกัน, ระดับ B : ติดตั้งชั้นกันน้ำซึม/ทาสีป้องกัน/อุดซ่อมรอยแตก, ระดับ C : ติดตั้งชั้นกันน้ำซึม/ทาสีป้องกัน/อุดซ่อมรอยแตก, ระดับ D : งานซ่อมแซม/ติดแผ่นคาร์บอนไฟเบอร์
- ช่วงเวลาในการดำเนินงานซ่อมแซมของแต่ละระดับการบำรุงรักษา หากแสดงด้วยค่าความแข็งแรงโครงสร้างจะได้ดังต่อไปนี้ ระดับ A : 60 ขึ้นไปแต่ไม่เกิน 80, ระดับ B : 40 ขึ้นไปแต่ไม่เกิน 60,

ระดับ C : 20 ขึ้นไปแต่ไม่เกิน 40, ระดับ D : 0 ขึ้นไปแต่ไม่เกิน 20

- จากที่กล่าวมาข้างต้น ระดับการบำรุงรักษาแต่ละระดับจะมีช่วงของค่าความแข็งแรงที่ใช้เป็นช่วงเวลาในการดำเนินงานซ่อมแซมเท่ากับ 20 และสามารถระบุได้ว่าค่าสูงสุดในช่วงนี้คือช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุด (ตามหลักการ)ในการดำเนินการ และระดับต่ำที่สุดคือช่วงเวลาที่ล่าช้าที่สุดในการดำเนินงานซ่อมแซม (ผัดผ่อนไม่ได้ หากดำเนินการไม่ได้ในช่วงนี้ระดับการซ่อมแซมจะเพิ่มขึ้นอีก 1 ระดับทำให้ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงที่ประเมินไว้ต้องเพิ่มขึ้นอีกมาก)
- จากที่กล่าวมาข้างต้น เมื่อจัดเรียงระดับการบำรุงรักษาที่ควรเป็นของสะพานแต่ละแห่งให้เป็น “ระดับเป้าหมาย” และ “ระดับขีดจำกัด” ก็จะมีความเกี่ยวข้องกับช่วงเวลาในการดำเนินการที่กล่าวไปแล้ว โดยสามารถกล่าวได้ว่า “ระดับเป้าหมาย” คือ “ช่วงเวลาดำเนินการที่เหมาะสมที่สุด” ส่วน “ระดับขีดจำกัด” คือ “ช่วงเวลาที่ล่าช้าที่สุดในการดำเนินการ”
- ในมุมมองของการบริหารจัดการความเสี่ยงในฐานะหน่วงงานที่ดูแลถนน ค่าความแข็งแรงโครงสร้างยิ่งต่ำเท่าใดความเสี่ยงก็ยิ่งมากขึ้น ในทางกลับกันค่าความแข็งแรงโครงสร้างยิ่งสูงเท่าไดความเสี่ยงก็ยิ่งต่ำลง

นอกจากนี้ แนวคิดเกี่ยวกับการจัดสรรและกระจายงบประมาณให้เหมาะสม มีรายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 1.6.2



รูปที่ 1.6.2 ภาพอธิบายการจัดสรรงบประมาณให้เหมาะสม (เฉลี่ยงบประมาณในแต่ละปี)

วิธีกำหนดลำดับความสำคัญในการดำเนินงานซ่อมแซมของกรมฯ โดยคำนึงถึงการจัดเรียงตามลำดับตามที่ได้อธิบายข้างต้น มีดังต่อไปนี้

แนวทางการกำหนดลำดับความสำคัญของงานซ่อมแซมนี้ เป็นการพยายามผลักดันมาตรการของภาครัฐไปสู่การบูรณะซ่อมแซมเชิงป้องกัน โดยคำนึงถึงการคงรักษาไว้ซึ่งความปลอดภัยเป็นปัจจัยสำคัญอันดับแรก และแสดงให้เห็นถึงเจตจำนงของการคงรักษาความแข็งแรงโครงสร้างของสะพานในอนาคต และลดงบประมาณบริหารงานบำรุงรักษาให้น้อยลง

อันดับ 1 สะพานที่มีค่าความแข็งแรงโครงสร้างต่ำกว่า 10

เนื่องจากสะพานที่มีค่าความแข็งแรงต่ำกว่า 10 อาจก่อให้เกิดปัญหาอุปสรรคในการคงไว้ซึ่งการสัญจรอย่างปลอดภัย และการพังทลายของสะพาน จึงกำหนดให้มีระดับความสำคัญเป็นอันดับแรก (เงื่อนไขสำคัญ คือ การคำนึงถึงการจัดการความเสี่ยงเป็นอันดับแรกและไม่ให้เกิดกรณีการสร้างสะพานขึ้นใหม่)

อันดับ 2 สะพานที่มีค่าความแข็งแรงโครงสร้างลดลงเป็นอย่างมากจากช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการซ่อมแซม

ในฐานะเป็นการจัดลำดับความสำคัญถัดไป ให้ดำเนินงานซ่อมแซมในสะพานที่มีปริมาณการลดลงของค่าความแข็งแรงโครงสร้างมากที่สุดเมื่อเทียบกับช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการดำเนินงานซ่อมแซม (ควบคุมการเพิ่มขึ้นของค่าใช้จ่ายในงานซ่อมแซม)

ช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการดำเนินงานซ่อมแซม : ระดับบำรุงรักษา A : ค่าความแข็งแรง 80
: ระดับบำรุงรักษา B : ค่าความแข็งแรง 60
: ระดับบำรุงรักษา C : ค่าความแข็งแรง 40
: ระดับบำรุงรักษา D : ค่าความแข็งแรง 20

ปริมาณการลดลงของค่าความแข็งแรง = “ค่าความแข็งแรงในช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดในงานซ่อมแซม” - “ค่าความแข็งแรงในปัจจุบัน (อนาคต)”

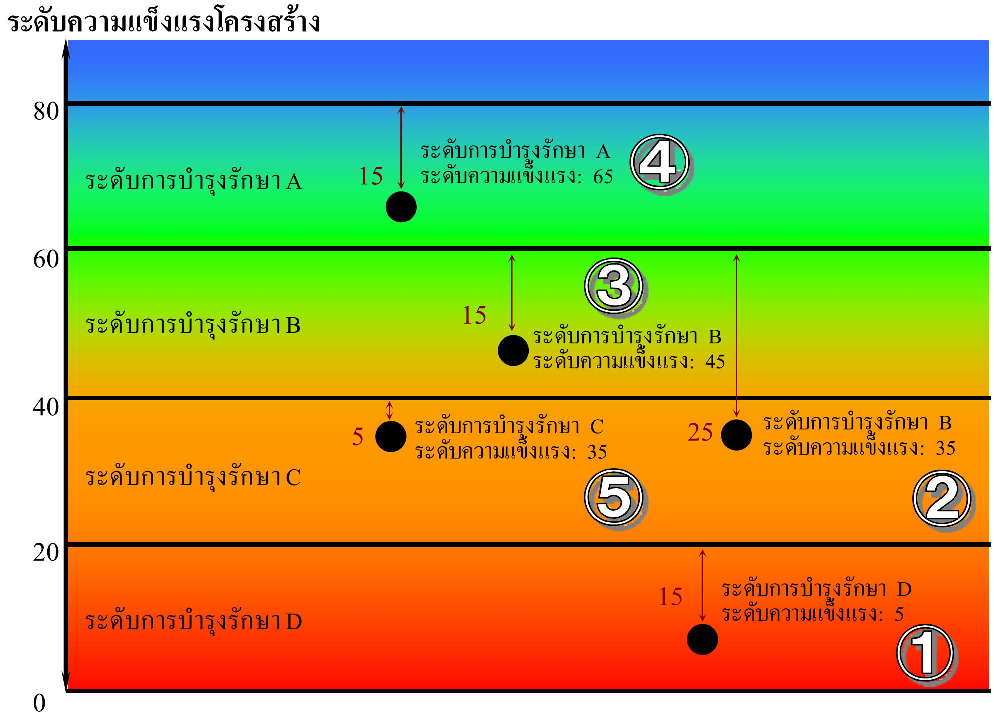
อันดับ 3 สะพานที่มีระดับการบำรุงรักษาต่ำ

ในกรณีที่ปริมาณการลดลงของค่าความแข็งแรงเท่ากัน ให้จัดลำดับความสำคัญก่อนหลังจากสะพานที่มีระดับการบำรุงรักษาในอันดับต่ำ (คำนึงถึงการจัดการความเสี่ยงเป็นอันดับแรก)

อันดับ 4 สะพานที่มีคะแนนประเมินความสำคัญสูงในกรณีที่ระดับการบำรุงรักษาเท่ากัน

ในกรณีที่ปริมาณการลดลงของค่าความแข็งแรงและมีระดับการบำรุงรักษาเท่ากัน ให้จัดลำดับความสำคัญก่อนหลังเรียงตามคะแนนประเมินจัดลำดับความสำคัญสูง (เพิ่มความสามารถในการใช้งานและความมีประโยชน์)

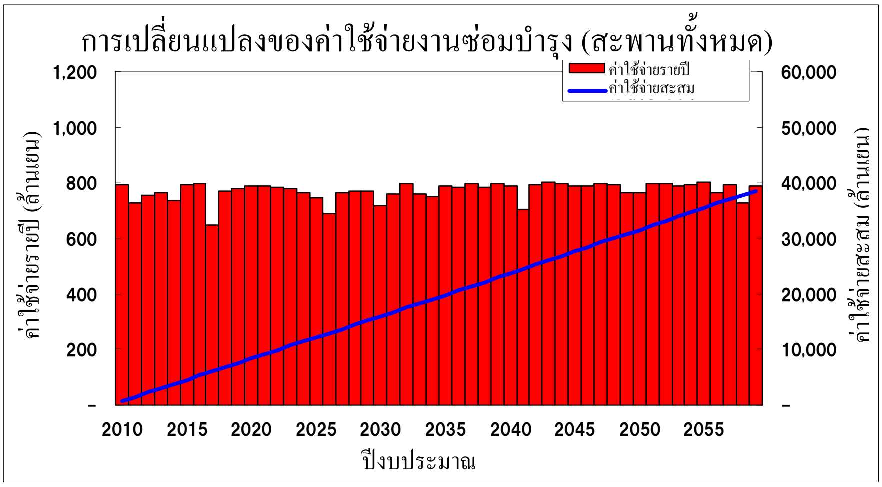
ตัวอย่างการประเมินลำดับความสำคัญในการดำเนินงานซ่อมแซม มีดังต่อไปนี้



รูปที่ 1.6.3 ตัวอย่างการประเมินจัดลำดับความสำคัญ

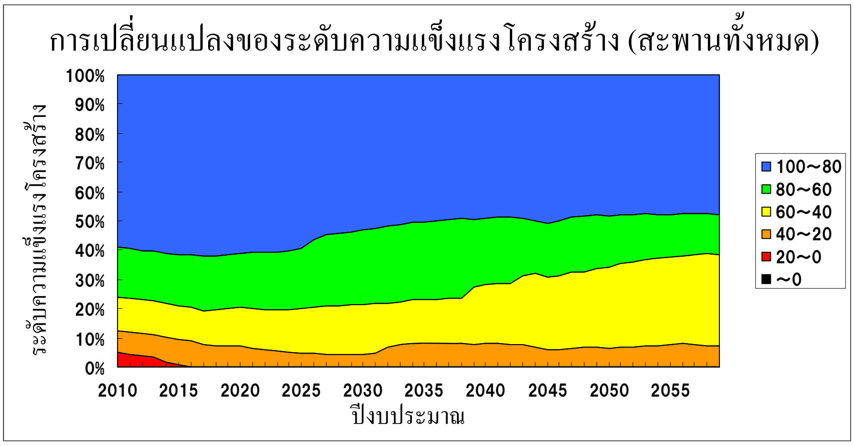
1.7 คำอธิบายเกี่ยวกับผลลัพท์ที่ได้จากการคำนวณจากแบบจำลอง (Simulation)

(1) กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าใช้จ่ายงานซ่อมบำรุง



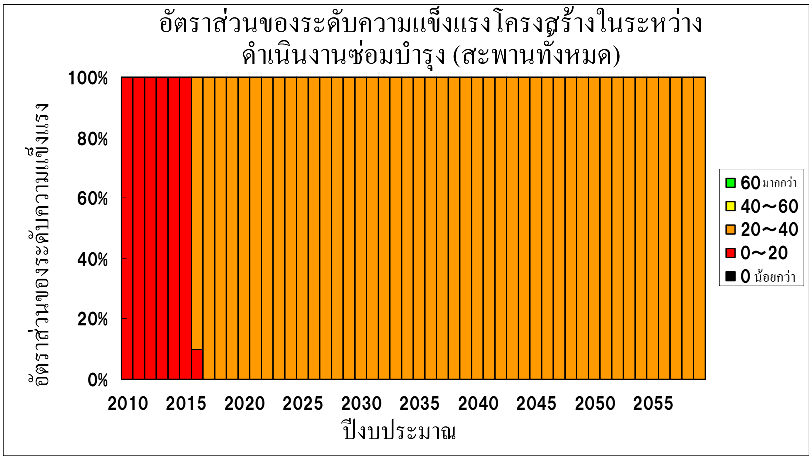
- กราฟแสดงการงบประมาณที่จำเป็นในงานซ่อมบำรุงในระหว่างการคำนวณโดยใช้แบบจำลอง
- กราฟแท่งแสดงค่าใช้จ่ายรายปี ส่วนกราฟเส้นตรงแสดงค่าใช้จ่ายสะสม
- ในการเกลี่ยงบประมาณให้กำหนดค่าสูงสุดของงบประมาณในแต่ละปีและทำการคำนวณโดยไม่ให้ค่าใช้จ่ายเกินงบประมาณที่กำหนดไว้ อีกนัยหนึ่งก็คือให้ดำเนินงานซ่อมบำรุงตามลำดับความสำคัญของสะพานและหากค่าใช้จ่ายเกินงบประมาณที่ตั้งไว้ให้ดำเนินงานซ่อมบำรุงในปีถัดไปแทน
- ในกรณีที่งบประมาณ (ค่าใช้จ่ายงานซ่อมบำรุง) ไม่ได้ถูกรวมไว้ในปีนั้น อาจเป็นผลเนื่องจากการที่ไม่มีสะพานที่จำเป็นต้องซ่อมแซม หรืออาจเป็นเพราะว่าค่าใช้จ่ายงานซ่อมบำรุงของสะพานที่มีลำดับสำคัญสูงนั้นเกินกว่างบประมาณที่ตั้งไว้ของปีนั้น

(2) ภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็งแรงโครงสร้าง



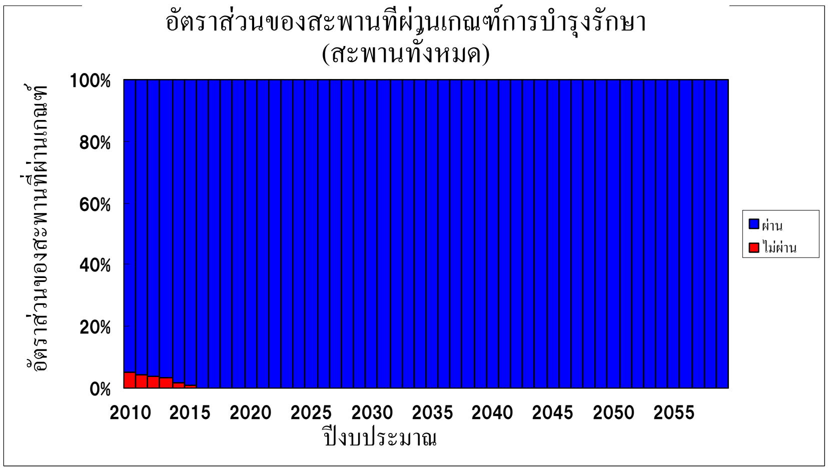
- กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของระดับความแข็งแรงของแต่ละชิ้นส่วนโครงสร้างในระหว่างการคำนวณโดยใช้แบบจำลอง
- หน่วยของการคำนวณระดับความแข็งแรงคือแต่ละช่วงสะพานและชิ้นส่วนโครงสร้าง กราฟข้างต้นเป็นภาพแสดงระดับความแข็งแรงโครงสร้างโดยรวมของแต่ละช่วงสะพานและชิ้นส่วนโครงสร้าง
- หากระดับความแข็งแรงโครงสร้างมีค่าเท่ากับ 0 จะแสดงเป็นสีดำ ซึ่งหมายถึงสภาพโครงสร้างที่ไม่สามารถใช้งานได้ (ส่งผลกระทบต่อการใช้งานสัญจร)

(3) อัตราส่วนของระดับความแข็งแรงในระหว่างดำเนินงานซ่อมบำรุง



- กราฟแสดงอัตราส่วนของระดับความแข็งแรงโครงสร้างในระหว่างการดำเนินงานซ่อมบำรุง
- มีการกำหนดระยะเวลาในการดำเนินงานซ่อมบำรุงในแต่ละระดับการบำรุงรักษา จึงสามารถเช็คความเหมาะสมของงบประมาณที่ตั้งไว้จากระดับความแข็งแรงโครงสร้างในขณะดำเนินงานซ่อมบำรุง อีกนัยหนึ่งคือ หากงบประมาณมีเพียงพอกราฟสีเหลือง (ระดับการบำรุงรักษา B) หรือสีเขียว (ระดับการบำรุงรักษา A) จะมากขึ้น หากงบประมาณมีไม่เพียงพอกราฟสีส้ม (ระดับการบำรุงรักษา C) หรือสีแดง (ระดับการบำรุงรักษา D) จะมากขึ้น
- หากดำเนินงานซ่อมแซมในขณะที่ระดับความแข็งแรงเท่ากับ 0 ซึ่งจะแสดงเป็นพื้นสีดำในภาพ วิธีการซ่อมแซม คือ การเปลี่ยนชิ้นส่วนโครงสร้างหรือก่อสร้างใหม่ ซึ่งสามารถดำเนินงานได้ยากในขณะเวลาใช้งานของสะพาน

(4) อัตราส่วนจำนวนสะพานที่ผ่านเกณฑ์การบำรุงรักษา



- ค่าระดับขีดจำกัด (Limit) หมายถึง สัดส่วนของสะพานที่ผ่านค่าเกณฑ์ที่กำหนดในแต่ละระดับการดูแลรักษาที่ตั้งไว้ (ตัวอย่างเช่น ระดับการดูแลรักษา B ใช้ค่าระดับความแข็งแรงโครงสร้าง 40
- หากมีสะพานที่ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดนั้น หมายถึงงบประมาณมีไม่เพียงพอและไม่ผ่านเกณฑ์ของระดับการบำรุงรักษา หรืออาจกล่าวได้ว่าเป้าหมายในการดำเนินงานซ่อมบำรุงนั้นไม่บรรลุผล เช่นถึงแม้ว่าเป้าหมายจะเป็นการซ่อมแซมซ้ำแต่ในความเป็นจริงนั้นมีความจำเป็นต้องทำการซ่อมแซมครั้งใหญ่และไม่สามารถปล่อยสะพานทิ้งไว้โดยไม่ดำเนินการใด

บทที่ 2 การจัดทำแผนงานบริหารบำรุงรักษาระยะยาว

2.1 ขั้นตอนการคำนวณโดยใช้แบบจำลอง

ขั้นตอนในการจัดทำแผนงานบริหารบำรุงรักษาระยะยาวได้แสดงไว้ในรูปที่ 1.1.1 ส่วนขั้นตอนในการจำลองแผนงานบริหารบำรุงรักษาระยะยาวได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.1.1

① การกำหนดระดับการบำรุงรักษา

- กำหนดเป้าหมายของงานบำรุงรักษาโดยการกำหนดสัดส่วนของระดับการบำรุงรักษา A~D

② การปรับเกลี่ยงบประมาณโดยพิจารณาข้อจำกัดของงบประมาณ

- ทำการคำนวณโดยใช้แบบจำลองโดยกำหนดค่าสูงสุดในงบประมาณแต่ละปี

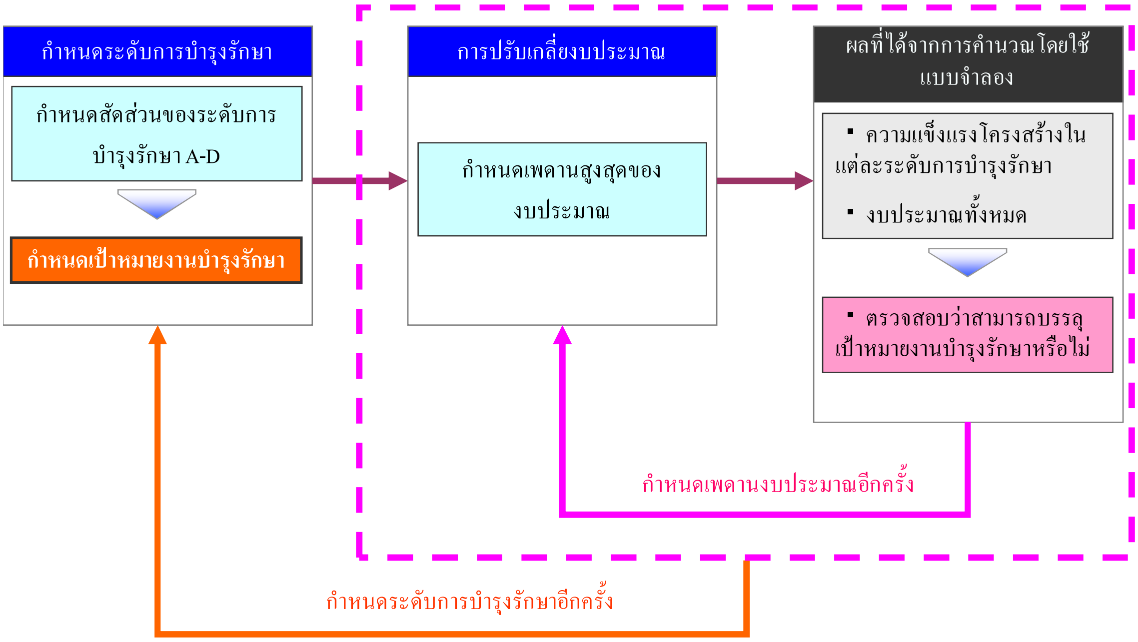
③ การประเมินผลที่ได้การคำนวณ

- ทำการตรวจสอบผลที่ได้จากการคำนวณ เช่น สามารถบรรลุเป้าหมายในงานบำรุงรักษาหรือไม่หรือเป็นงบประมาณที่สามารถดำเนินการได้จริงหรือไม่ โดยพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็งแรงโครงสร้างและงบประมาณโดยรวมของแต่ละระดับการบำรุงรักษา

④ ในกรณีที่งบประมาณไม่เพียงพอและไม่สามารถบรรลุเป้าหมายในงานบำรุงรักษาได้ ต้องทำการคำนวณอีกรอบโดยกำหนดงบประมาณประจำปีใหม่อีกครั้ง

⑤ ในกรณีที่งบประมาณประจำปีเพื่อบรรลุเป้าหมายในงานบำรุงรักษานั้นเป็นค่าที่ไม่สามารถปฏิบัติได้จริง จะต้องทำการกำหนดเป้าหมายงานบำรุงรักษาใหม่อีกครั้งและดำเนินการข้อ ②, ③ ซ้ำอีก

⑥ จากการดำเนินงานใน ①～⑤ จะจัดทำแผนงานบริหารบำรุงรักษาระยะยาวที่เหมาะสมได้



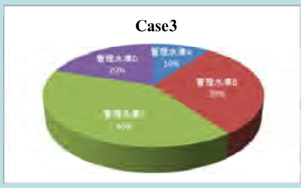
รูปที่ 2.1.1 ภาพแสดงขั้นตอนในการคำนวณโดยใช้แบบจำลอง

2.2 การกำหนดระดับการบำรุงรักษา

ในแต่ละระดับการบำรุงรักษา A~D นั้น จะกำหนดสัดส่วนของระดับการบำรุงรักษาของสะพานที่อยู่ในความดูแล โดยการกำหนดค่าต่ำสุดของค่าประเมินระดับความสำคัญ ดังแสดงในตัวอย่างข้างล่างนี้

ตารางที่ 2.2.1 แสดงกรณีที่กำหนดสัดส่วนของระดับการบำรุงรักษาโดยพิจารณาจากค่าประเมินระดับความสำคัญของสะพาน A~Z โดยมี 3 กรณี คือ กรณีที่ 1 เป็นกรณีที่ระดับการบำรุงรักษาอยู่ในระดับสูง กรณีที่ 2 เป็นกรณีที่ระดับการบำรุงรักษาอยู่ในระดับกลาง และกรณีที่ 3 เป็นกรณีที่ระดับการบำรุงรักษาอยู่ในระดับต่ำ

ตารางที่ 2.2.1 ตัวอย่างการกำหนดสัดส่วนของระดับการบำรุงรักษา

<table>
<tr><th rowspan="2">สะพาน</th><th rowspan="2">ค่าลำดับความสำคัญ (I)</th><th colspan="3">สัดส่วนของระดับการบำรุงรักษาที่กำหนด</th></tr>
<tr><th>Case1 ระดับการบำรุงรักษาสูง</th><th>Case 2 ระดับการบำรุงรักษาปานกลาง</th><th>Case 3 ระดับการบำรุงรักษาต่ำ</th></tr>
<tr><td>A</td><td>30</td><td rowspan="10">ระดับบำรุงรักษา A: I > 20
ระดับบำรุงรักษา B: I > 10
ระดับบำรุงรักษา C: I > 0
ระดับบำรุงรักษา D: I > 0
 </td><td rowspan="10">ระดับบำรุงรักษา A: I > 40
ระดับบำรุงรักษา B: I > 30
ระดับบำรุงรักษา C: I > 20
ระดับบำรุงรักษา D: I > 0
 </td><td rowspan="10">ระดับบำรุงรักษา A: I > 70
ระดับบำรุงรักษา B: I > 50
ระดับบำรุงรักษา C: I > 40
ระดับบำรุงรักษา D: I > 0
</td></tr>
<tr><td>B</td><td>40</td></tr>
<tr><td>C</td><td>50</td></tr>
<tr><td>D</td><td>20</td></tr>
<tr><td>E</td><td>10</td></tr>
<tr><td>F</td><td>60</td></tr>
<tr><td>G</td><td>70</td></tr>
<tr><td>▪</td><td>▪</td></tr>
<tr><td>▪</td><td>▪</td></tr>
<tr><td>Z</td><td>90</td></tr>
</table>

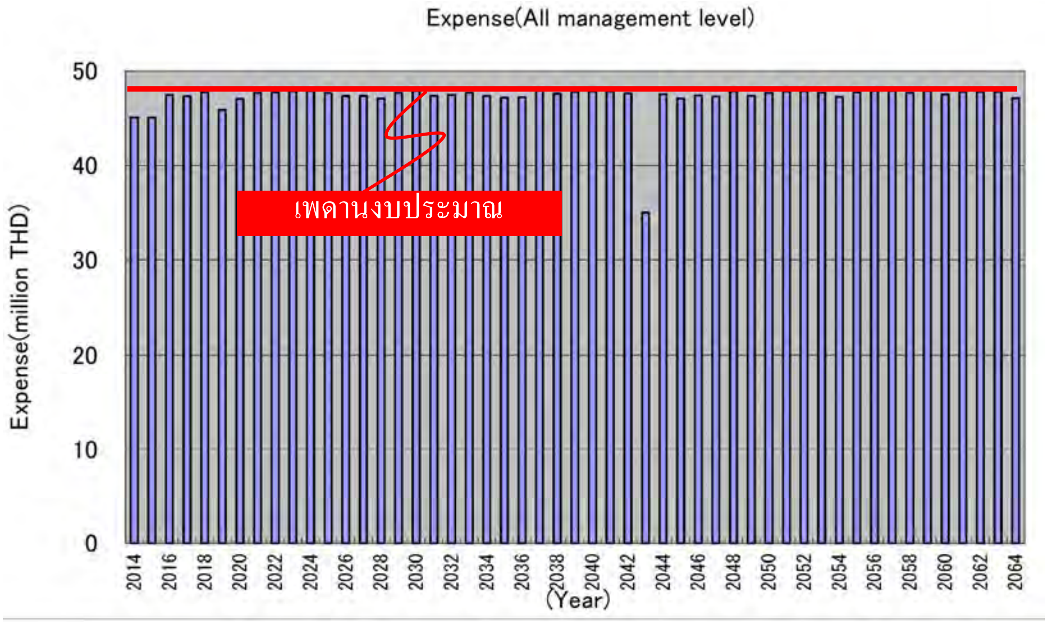
ตารางที่ 2.2.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง 4 หัวข้อประกอบด้วย (1) ระดับการบำรุงรักษา (2) จำนวนสะพานที่จำเป็นต้องทำการซ่อมบำรุง (3) ความปลอดภัยในการใช้งาน และ (4) ค่าใช้จ่ายในงานซ่อมบำรุง ซึ่งเป็นผลที่ได้จากการกำหนดระดับการบำรุงรักษาที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 2.2.2 ผลลัพธ์ที่ได้จากการกำหนดระดับการบำรุงรักษารูปแบบต่างๆ

Case	สัดส่วนของระดับการบำรุงรักษาที่กำหนด (ตัวอย่าง)	ผลที่ได้จากการกำหนดระดับการบำรุงรักษา			
		ระดับการบำรุงรักษา	จำนวนสะพานที่จำเป็นต้องทำการซ่อมบำรุง	ความปลอดภัย	ค่าใช้จ่ายงานซ่อมบำรุง
Case1	▪ มาตรฐาน A : 80% ▪ มาตรฐาน B : 20% ▪ มาตรฐาน C : 0% ▪ มาตรฐาน D : 0%	สูง	มาก	สูง	มาก
Case 2	▪ มาตรฐาน A : 50% ▪ มาตรฐาน B : 30% ▪ มาตรฐาน C : 20% ▪ มาตรฐาน D : 0%	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง
Case 3	▪ มาตรฐาน A : 10% ▪ มาตรฐาน B : 30% ▪ มาตรฐาน C : 40% ▪ มาตรฐาน D : 20%	ต่ำ	น้อย	ต่ำ	น้อย

2.3 การกำหนดระยะเวลาและงบประมาณรายปีในแบบจำลอง

ในกรณีที่มีข้อจำกัดของการใช้งบประมาณในแต่ละปี จะทำการคำนวณโดยใช้แบบจำลองหลังจากกำหนดค่าสูงสุดของงบประมาณในแต่ละปี



รูปที่ 2.3.1 ตัวอย่างการกำหนดข้อจำกัดของงบประมาณ

2.4 วิธีการประเมินผลลัพธ์ที่ได้จากตัวอย่างการคำนวณโดยใช้แบบจำลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการประเมินผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ โดยใช้ข้อมูลตัวอย่าง

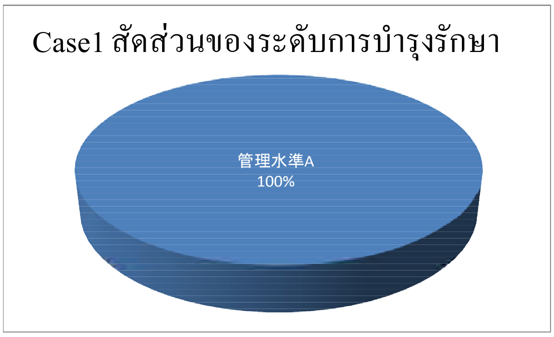
2.4.1 ตัวอย่างการคำนวณโดยใช้แบบจำลอง

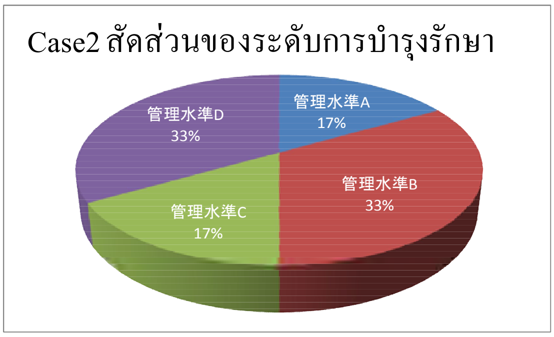
- จำนวนสะพานที่ใช้: 90 สะพาน
- จำนวน Case ที่พิจารณา: 3 Case

Case 1 กำหนดให้ใช้ระดับการบำรุงรักษา A ในทุกสะพาน

Case 2 กำหนดให้ใช้ระดับการบำรุงรักษา A~D ตามระดับความสำคัญ

Case 3 การบำรุงรักษาแบบแก้ไข (Corrective Maintenance)
สมมุติว่าไม่ได้มีการประเมินสภาพความเสียหายจากการตรวจสอบและปล่อยทิ้งไว้จนเสื่อมสภาพถึง ระยะที่ต้องทำการรื้อก่อสร้างใหม่

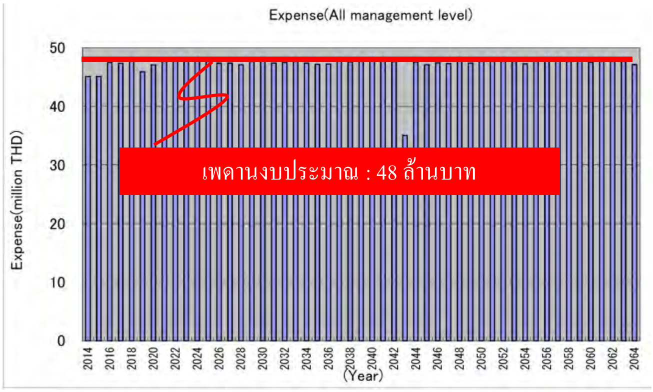




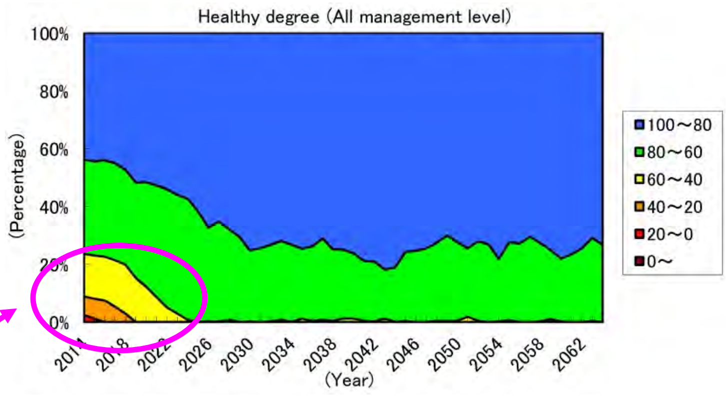
2.4.2 ผลลัพธ์ของตัวอย่างการคำนวณโดยใช้แบบจำลอง

(1) Case1 กำหนดให้ทุกสะพานมีระดับการบำรุงรักษา A

- ระยะเวลาการในการคำนวณ: 50 ปี
- งบประมาณรายปีสูงสุด: 48 ล้านบาท
- กำหนดระยะเวลาในการบรรลุเป้าหมายงานบำรุงรักษาภายใน 10 ปีข้างหน้า

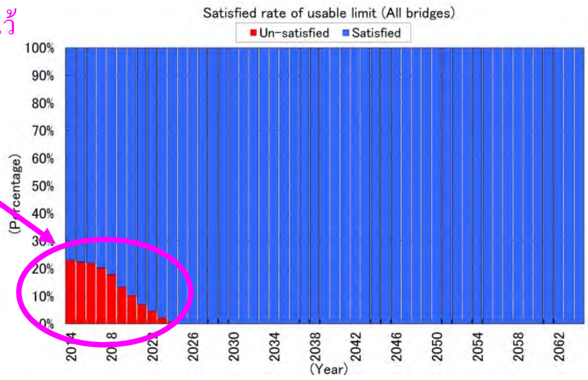


รูปที่ 2.4.1 ตัวอย่างการกำหนดเพดานงบประมาณ



รูปที่ 2.4.2 ระดับความแข็งแรงโครงสร้าง (ระดับการบำรุงรักษา A)

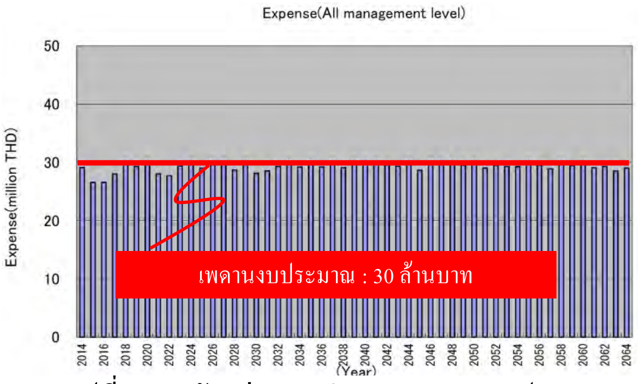
ในอีก10 ปีข้างหน้าจะบรรลุ
เป้าหมายงานบำรุงรักษาที่ตั้งไว้



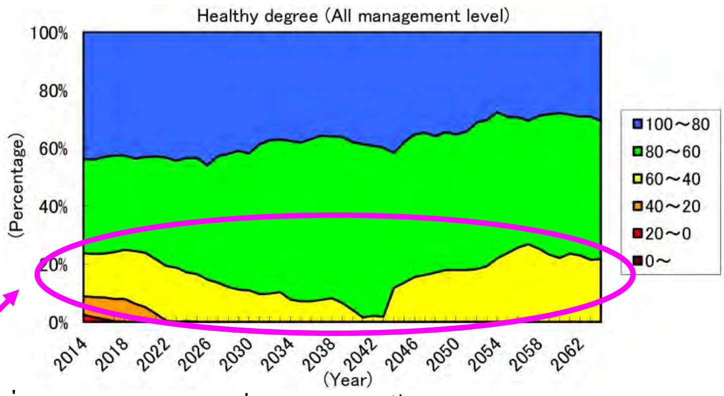
รูปที่ 2.4.3 อัตราส่วนการบรรลุเป้าหมายงานบำรุงรักษา (ระดับการบำรุงรักษา A)

(2) Case1 กำหนดให้ทุกสะพานมีระดับการบำรุงรักษา A (ไม่บรรลุเป้าหมาย)

- ระยะเวลาการในการคำนวณ: 50 ปี
- งบประมาณรายปีสูงสุด: 30 ล้านบาท



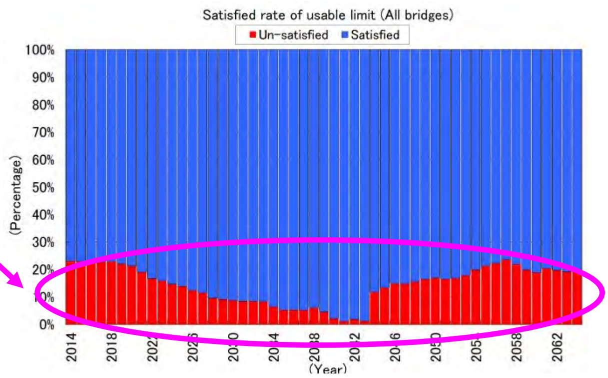
รูปที่ 2.4.4 ตัวอย่างการกำหนดเพดานงบประมาณ



รูปที่ 2.4.5 ระดับความแข็งแรงโครงสร้าง (ระดับการบำรุงรักษา A)

ไม่สามารถบรรลุเป้าหมายงานบำรุงรักษาได้ในระยะเวลาที่ทำการคำนวณ

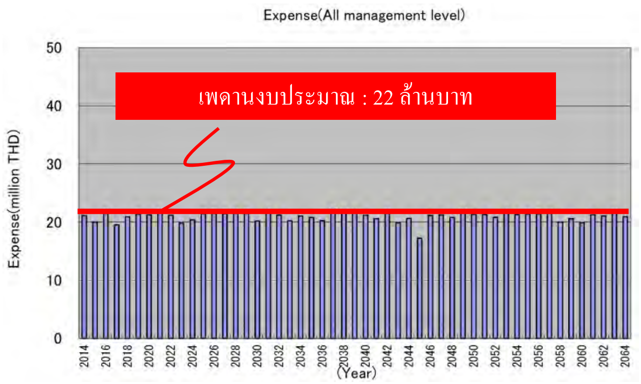
งบประมาณไม่เพียงพอ



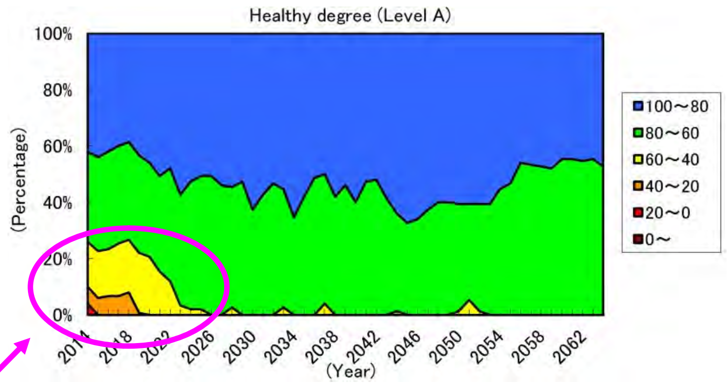
รูปที่ 2.4.6 อัตราส่วนการบรรลุเป้าหมายงานบำรุงรักษา (ระดับการบำรุงรักษา A)

(3) Case2 กำหนดให้มีระดับการบำรุงรักษา A~B ตามลำดับความสำคัญของสะพาน

- ระยะเวลาการในการคำนวณ: 50 ปี
- งบประมาณรายปีสูงสุด: 22 ล้านบาท
- กำหนดระยะเวลาในการบรรลุเป้าหมายงานบำรุงรักษาภายใน 12 ปีข้างหน้า

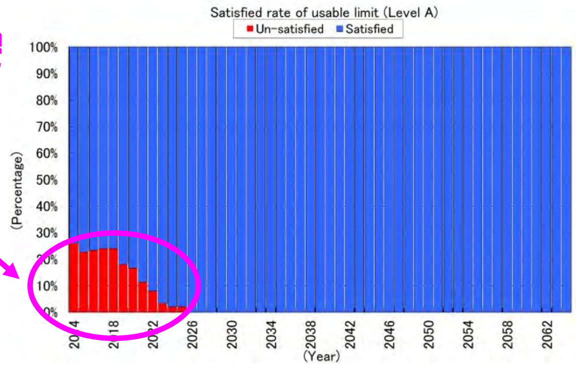


รูปที่ 2.4.7 ตัวอย่างการกำหนดเพดานงบประมาณ



รูปที่ 2.4.8 ระดับความแข็งแรงโครงสร้าง (ระดับการบำรุงรักษา A~D)

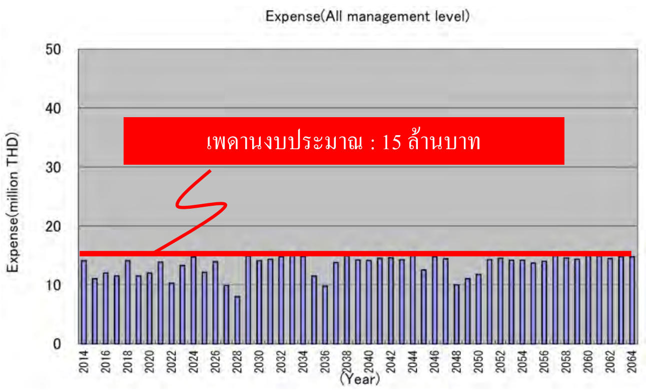
ในอีก12 ปีข้างหน้าจะบรรลุ
เป้าหมายงานบำรุงรักษาที่ตั้งไว้



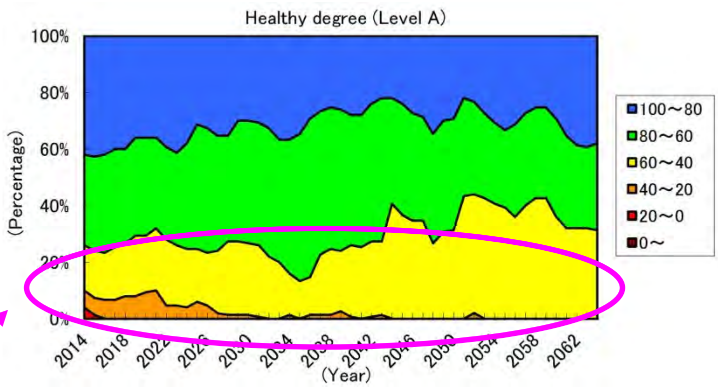
รูปที่ 2.4.9 อัตราส่วนการบรรลุเป้าหมายงานบำรุงรักษา (ระดับการบำรุงรักษา A~D)

(4) Case2 กำหนดให้มีระดับการบำรุงรักษา A~B ตามลำดับความสำคัญของสะพาน (ไม่บรรลุเป้าหมาย)

- ระยะเวลาการในการคำนวณ: 50 ปี
- งบประมาณรายปีสูงสุด: 15 ล้านบาท



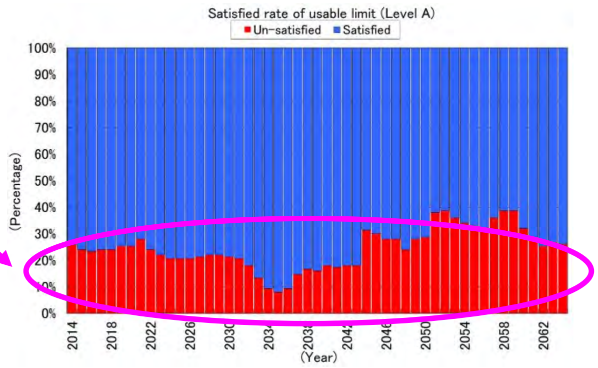
รูปที่ 2.4.10 ตัวอย่างการกำหนดเพดานงบประมาณ



รูปที่ 2.4.11 ระดับความแข็งแรงโครงสร้าง (ระดับการบำรุงรักษา A~D)

ไม่สามารถบรรลุเป้าหมายงานบำรุงรักษาได้ในระยะเวลาที่ทำการคำนวณ

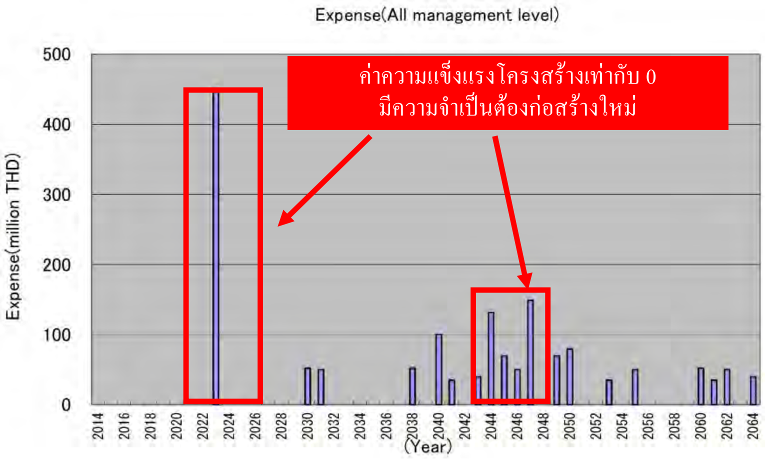
งบประมาณไม่เพียงพอ



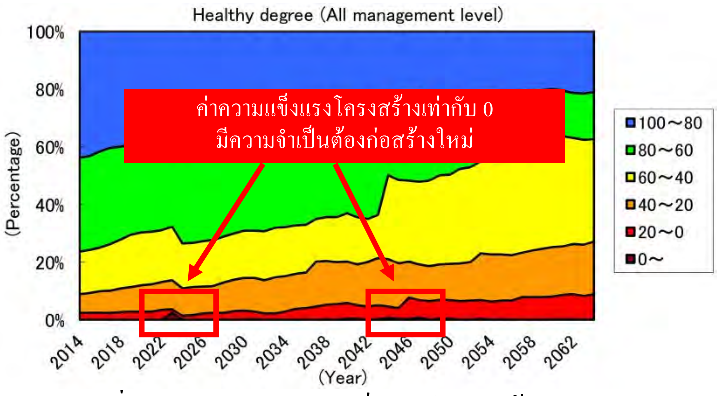
รูปที่ 2.4.12 อัตราส่วนการบรรลุเป้าหมายงานบำรุงรักษา (ระดับการบำรุงรักษา A~D)

(5) Case3 งานบำรุงรักษาแบบแก้ไข (Corrective Maintenance)

- ระยะเวลาการในการคำนวณ: 50 ปี
- ไม่มีการกำหนดเพดานงบประมาณรายปี



รูปที่ 2.4.13 ค่าใช้จ่ายงานซ่อมบำรุง



รูปที่ 2.4.14 ระดับความแข็งแรงโครงสร้าง

ไม่สามารถรักษาความปลอดภัยของ
โครงสร้างสะพานได้

2.4.3 การประเมินผลลัพธ์ของตัวอย่างการคำนวณโดยใช้แบบจำลอง

สำหรับวิธีประเมินผลลัพธ์ที่ได้จากคำนวณนั้น ได้แสดงไว้ตามข้างล่างนี้

- การกำหนดระดับการบำรุงรักษาเหมาะสมกับสภาพโครงสร้างที่แท้จริงของสะพานหรือไม่
  ➔ ตัวอย่างเช่น ตรวจสอบว่าระดับการบำรุงรักษาที่กำหนดในสะพานที่มีระดับความสำคัญสูงนั้นอยู่ในระดับต่ำเกินไปหรือไม่
- เพดานงบประมาณที่กำหนดมีความเป็นไปได้หรือไม่
  ➔ การกำหนดเพดานงบประมาณในแต่ละปี และงบประมาณโดยรวมมีความเป็นไปได้หรือไม่
- ในอีก ○ปีข้างหน้า จะได้ค่าความแข็งแรงโครงสร้างตามที่กำหนดไว้หรือไม่: การรักษาระดับความปลอดภัย
  ➔ เช็คผลการคำนวณระดับความแข็งแรงโครงสร้างในอนาคตว่าสามารถบรรลุเป้าหมายงานบำรุงรักษาภายในปีเป้าหมายที่กำหนดไว้หรือไม่
- เปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายโดยรวมที่จำเป็นสำหรับกรณีงานบำรุงรักษาแบบแก้ไข
- เมื่อได้พิจารณารายละเอียดข้างต้นโดยภาพรวมแล้ว ให้พิจารณาและจัดทำแผนแม่บทในการบริหารบำรุงรักษาระยะยาวที่มีความเหมาะสม

ตารางที่ 2.4.1 สรุปผลการคำนวณโดยใช้แบบจำลอง

Case	สัดส่วนของระดับการบำรุงรักษาของสะพาน	ผลที่ได้จากการกำหนดระดับการบำรุงรักษา			ประเมินผล
		ระดับการบำรุงรักษา	ค่าใช้จ่ายงานซ่อมบำรุง (ล้านบาท)	ความปลอดภัย	
Case1	▪ระดับบำรุงรักษา A: 100% ▪ระดับบำรุงรักษา B: 0% ▪ระดับบำรุงรักษา C: 0% ▪ระดับบำรุงรักษา D: 0%	มาก	2,410	สูง	
Case 2	▪ระดับบำรุงรักษา A: 17% ▪ระดับบำรุงรักษา B: 33% ▪ระดับบำรุงรักษา C: 17% ▪ระดับบำรุงรักษา D: 33%	ปานกลาง	1,070	ปานกลาง	
Case 3	▪งานบำรุงรักษาแบบแก้ไข (Corrective Maintenance)	น้อยมาก	1,590	ต่ำมาก	×

เอกสารแนบท้าย 1 ข้อมูลอ้างอิงเกี่ยวกับการประมาณราคาค่าก่อสร้างโดยคร่าวของงานซ่อมแซม

ในการประมาณราคาค่าก่อสร้างโดยคร่าวสำหรับงานซ่อมแซมนั้น ได้นำราคาต่อหน่วยที่ใช้จริงในประเทศไทยมาประยุกต์ใช้เป็นหลัก สำหรับวิธีการซ่อมแซมที่ไม่มีข้อมูลอ้างอิงในประเทศไทย ให้ทำการอ้างอิงเกณฑ์มาตรฐานและราคาวัสดุที่ใช้จริงในประเทศญี่ปุ่น โดยพิจารณาใช้ต้นทุนค่าแรงต่อหน่วยในประเทศไทยในการประมาณราคา

ตารางอ้างอิงที่ 3.1.1~3.1.8 แสดงข้อมูลอ้างอิงในการประมาณราคาค่าก่อสร้างโดยคร่าวสำหรับงานซ่อมแซม ส่วนรูปภาพอ้างอิงที่ 3.1.1 นั้นได้แสดงถึงข้อมูลในอดีตของราคาต่อหน่วยในประเทศญี่ปุ่นเกี่ยวกับงานรื้อก่อสร้างสะพานใหม่ ส่วนตารางอ้างอิงที่ 3.1.9~3.1.17 นั้น ได้กล่าวถึงผลการสำรวจจากการสอบถามราคาค่าก่อสร้างที่ใช้จริงในประเทศไทย

[การประมาณราคาค่าก่อสร้างโดยคร่าวของงานซ่อมแซมแต่ละประเภท]

ตารางอ้างอิงที่ 3.1.1 การประมาณราคาค่าก่อสร้างโดยคร่าวของงานซ่อมแซมแผ่นพื้นสะพาน
(สะพานแบบแผ่นพื้น, สะพาน Plank-Girder, สะพาน Box-Girder)

Member	Measure Level	Construction method	Unit price(THB)	Notes (Basis of unit price)
Slab girder bridge Plank girder bridge Box girder bridge	Preventive measure	Bridge surface water proofing	70 THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.9)
		Asphalt paving	500 THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.9)
		Surface protection	1,850 THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.10)
		Scaffolding (Suspended scaffolding)	300 THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.16) - Sum of Suspended scaffolding+Safety fence - Scaffolding area/Bridge area=1.2 - Unit price=230THB/m2×1.2=276THB/m2→300THB/m2
		Total	**3,000** THB/m^2	1,000THBround
	Measure 1 (Slight)	Pavement and surface repair	2,450 THB/m^2	- Sum of Bridge surface water proofing+Asphalt paving+Surface protection - Unit price=70THB/m2+500THB/m2+1,850THB/m2=2,420THB/m2→2,450THB/m2
		Injection to cracks	650 THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.11) - Sum of Injection to cracks+Ground treatment - Density of crack is asummed as 1m/m2 - Unit price=630THB/m2×1m/m2=630THB/m2→650THB/m2
		Section restration	150 THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.12) - Sum of Clipping works+Section restration - Repair area is asummed as 10%/m2 - Unit price=120THB/m2×0.1=120THB/m2→150THB/m2
		Scaffolding (Suspended scaffolding)	300 THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.16) - Sum of Suspended scaffolding+Safety fence - Scaffolding area/Bridge area=1.2 - Unit price=230THB/m2×1.2=276THB/m2→300THB/m2
		Total	**4,000** THB/m^2	1,000THBround
	Measure 2 (Middle)	Pavement and surface repair	2,450 THB/m^2	- Sum of Bridge surface water proofing+Asphalt paving+Surface protection - Unit price=70THB/m2+500THB/m2+1,850THB/m2=2,420THB/m2→2,450THB/m2
		Injection to cracks	950 THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.11) - Sum of Injection to cracks+Ground treatment - Density of crack is asummed as 1.5m/m2 - Unit price=630THB/m2×1.5m/m2=945THB/m2→950THB/m2
		Section restration	250 THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.12) - Sum of Clipping works+Section restration - Repair area is asummed as 20%/m2 - Unit price=1,200THB/m2×0.2=240THB/m2→250THB/m2
		Scaffolding (Suspended scaffolding)	300 THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.16) - Sum of Suspended scaffolding+Safety fence - Scaffolding area/Bridge area=1.2 - Unit price=230THB/m2×1.2=276THB/m2→300THB/m2
		Total	**4,000** THB/m^2	1,000THBround
	Measure 3 (Severe)	Pavement and surface repair	2,450 THB/m^2	- Sum of Bridge surface water proofing+Asphalt paving+Surface protection - Unit price=70THB/m2+500THB/m2+1,850THB/m2=2,420THB/m2→2,450THB/m2
		Injection to cracks	1,300 THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.11) - Sum of Injection to cracks+Ground treatment - Density of crack is asummed as 2m/m2 - Unit price=630THB/m2×2m/m2=1,260THB/m2→1,300THB/m2
		Section restration	400 THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.12) - Sum of Clipping works+Section restration - Repair area is asummed as 30%/m2 - Unit price=1,200THB/m2×0.3=360THB/m2→400THB/m2
		Carbon fiber gluing	9,450 THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.13) - Sum of Carbon fiber gluing+Ground treatment
		Scaffolding (Suspended scaffolding)	300 THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.16) - Sum of Suspended scaffolding+Safety fence - Scaffolding area/Bridge area=1.2 - Unit price=230THB/m2×1.2=276THB/m2→300THB/m2
		Total	**14,000** THB/m^2	1,000THBround

ตารางอ้างอิงที่ 3.1.2 การประมาณราคาค่าก่อสร้างโดยคร่าวของงานซ่อมแซม คานคอนกรีตอัดแรงหน้าตัดรูป I

0.33 THB = 1 JPY

Member	Measure Level	Construction method	Unit price(THB)	Notes (Basis of unit price)
PCI girder bridge	Preventive measure	Surface protection	4,650 THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.10) - Girder all surface/Bridge area=2.5 - Unit price=1,850THB/m2×2.5=4,625THB/m2→4,650THB/m2
		Scaffolding (Suspended scaffolding)	300 THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.16) - Sum of Suspended scaffolding+Safety fence - Scaffolding area/Bridge area=1.2 - Unit price=230THB/m2×1.2=276THB/m2→300THB/m2
		Total	**5,000** THB/m^2	1,000THBround
	Measure 1 (Slight)	Surface protection	4,650 THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.10) - Girder all surface/Bridge area=2.5 - Unit price=1,850THB/m2×2.5=4,625THB/m2→4,650THB/m2
		Injection to cracks	1,600 THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.11) - Sum of Injection to cracks+Ground treatment - Density of crack is asummed as 1m/m2 - Girder all surface/Bridge area=2.5 - Unit price=630THB/m2×1m/m2×2.5=1,575THB/m2→1,600THB/m2
		Section restration	300 THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.12) - Sum of Clipping works+Section restration - Repair area is asummed as 10%/m2 - Girder all surface/Bridge area=2.5 - Unit price=120THB/m2×0.1×2.5=300THB/m2
		Scaffolding (Suspended scaffolding)	300 THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.16) - Sum of Suspended scaffolding+Safety fence - Scaffolding area/Bridge area=1.2 - Unit price=230THB/m2×1.2=276THB/m2→300THB/m2
		Total	**7,000** THB/m^2	1,000THBround
	Measure 2 (Middle)	Surface protection	4,650 THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.10) - Girder all surface/Bridge area=2.5 - Unit price=1,850THB/m2×2.5=4,625THB/m2→4,650THB/m2
		Injection to cracks	2,400 THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.11) - Sum of Injection to cracks+Ground treatment - Density of crack is asummed as 1.5m/m2 - Girder all surface/Bridge area=2.5 - Unit price=630THB/m2×1.5m/m2×2.5=2,362THB/m2→2,400THB/m2
		Section restration	600 THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.12) - Sum of Clipping works+Section restration - Repair area is asummed as 20%/m2 - Girder all surface/Bridge area=2.5 - Unit price=1,200THB/m2×0.2×2.5=600THB/m2
		Scaffolding (Suspended scaffolding)	300 THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.16) - Sum of Suspended scaffolding+Safety fence - Scaffolding area/Bridge area=1.2 - Unit price=230THB/m2×1.2=276THB/m2→300THB/m2
		Total	**8,000** THB/m^2	1,000THBround
	Measure 3 (Severe)	Surface protection	4,650 THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.10) - Girder all surface/Bridge area=2.5 - Unit price=1,850THB/m2×2.5=4,625THB/m2→4,650THB/m2
		Injection to cracks	3,150 THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.11) - Sum of Injection to cracks+Ground treatment - Density of crack is asummed as 2m/m2 - Girder all surface/Bridge area=2.5 - Unit price=630THB/m2×2m/m2×2.5=3,150THB/m2
		Section restration	900 THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.12) - Sum of Clipping works+Section restration - Repair area is asummed as 30%/m2 - Girder all surface/Bridge area=2.5 - Unit price=1,200THB/m2×0.3×2.5=900THB/m2
		Carbon fiber gluing	23,650 THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.13) - Sum of Carbon fiber gluing+Ground treatment - Girder all surface/Bridge area=2.5 - Unit price=9,450THB/m2×2.5=23,625THB/m2→23,650THB/m2
		Scaffolding (Suspended scaffolding)	300 THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.16) - Sum of Suspended scaffolding+Safety fence - ,Scaffolding area/Bridge area=1.2 - Unit price=230THB/m2×1.2=276THB/m2→300THB/m2
		Total	**33,000** THB/m^2	1,000THBround

ตารางอ้างอิงที่ 3.1.3 การประมาณราคาค่าก่อสร้างโดยคร่าวของงานซ่อมแซมพื้นส่วนกลางเชื่อมต่อ (สะพาน Plank-Girder, สะพาน Box-Girder)

0.33 THB = 1 JPY

Member	Measure Level	Construction method	Unit price(THB)		Notes (Basis of unit price)
Slab (Plank girder Box girder)	Preventive measure	Bridge surface water proofing	70	THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.9)
		Asphalt paving	500	THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.9)
		Total	**600**	THB/m^2	500THBround
	Measure 1 (Slight)	Bridge surface water proofing	70	THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.9)
		Asphalt paving	500	THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.9)
		Total	**600**	THB/m^2	500THBround
	Measure 2 (Middle)	Bridge surface water proofing	70	THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.9)
		Asphalt paving	500	THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.9)
		Total	**600**	THB/m^2	500THBround
	Measure 3 (Severe)	Bridge surface water proofing	70	THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.9)
		Asphalt paving	500	THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.9)
		Repair of slab surface works	900	THB/m^2	- Injection to cracks,Section restration are considered as Repair of slab surface work - Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.11) - Sum of (Injection to cracks+Ground treatment)+(Clipping works+Section restration) - Density of crack is asummed as 1m/m2 - Repair area is asummed as 20%/m2 - Unit price=630THB/m2×1m/m2+1,200THB/m2×0.2=870THB/m2→900THB/m2
		Total	**2,000**	THB/m^2	1,000THBround

ตารางอ้างอิงที่ 3.1.4 การประมาณราคาค่าก่อสร้างโดยคร่าวของงานซ่อมแซมแผ่นพื้นในสะพานคอนกรีตอัดแรงหน้าตัวรูปตัว I

0.33 THB = 1 JPY

Member	Measure Level	Construction method	Unit price(THB)	Notes (Basis of unit price)
Slab (PCI girder)	Preventive measure	Bridge surface water proofing	70 THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.9)
		Asphalt paving	500 THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.9)
		Surface protection	1,150 THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.10) - Slab area/Bridge area=0.6 - Unit price=1,850THB/m2×0.6=1,110THB/m2→1,150THB/m2
		Scaffolding (Suspended scaffolding)	300 THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.16) - Sum of Suspended scaffolding+Safety fence - Scaffolding area/Bridge area=1.2 - Unit price=230THB/m2×1.2=276THB/m2→300THB/m2
		Total	**3,000** THB/m^2	1,000THBround
	Measure 1 (Slight)	Pavement and surface repair	1,750 THB/m^2	- Sum of Bridge surface water proofing+Asphalt paving+Surface protection - Unit price=70THB/m2+500THB/m2+1,150THB/m2=1,720THB/m2→1,750THB/m2
		Injection to cracks	400 THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.11) - Sum of Injection to cracks+Ground treatment - Density of crack is asummed as 1m/m2 - Slab area/Bridge area=0.6 - Unit price=630THB/m2×1m/m2×0.6=378THB/m2→400THB/m2
		Section restration	150 THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.12) - Sum of Clipping works+Section restration - Repair area is asummed as 20%/m2 - Slab area/Bridge area=0.6 - Unit price=1,200THB/m2×0.2×0.6=144THB/m2→150THB/m2
		Scaffolding (Suspended scaffolding)	300 THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.16) - Sum of Suspended scaffolding+Safety fence - ,Scaffolding area/Bridge area=1.2 - Unit price=230THB/m2×1.2=276THB/m2→300THB/m2
		Total	**3,000** THB/m^2	1,000THBround
	Measure 2 (Middle)	Pavement and surface repair	1,750 THB/m^2	- Sum of Bridge surface water proofing+Asphalt paving+Surface protection - Unit price=70THB/m2+500THB/m2+1,150THB/m2=1,720THB/m2→1,750THB/m2
		Injection to cracks	800 THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.11) - Sum of Injection to cracks+Ground treatment - Density of crack is asummed as 2m/m2 - Slab area/Bridge area=0.6 - Unit price=630THB/m2×2m/m2×0.6=756THB/m2→800THB/m2
		Section restration	250 THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.12) - Sum of Clipping works+Section restration - Repair area is asummed as 30%/m2 - Slab area/Bridge area=0.6 - Unit price=1,200THB/m2×0.3×0.6=216THB/m2→250THB/m2
		Carbon fiber gluing	5,670 THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.13) - Sum of Carbon fiber gluing+Ground treatment - Slab area/Bridge area=0.6 - Unit price=9,450THB/m2×2.5=23,625THB/m2→23,650THB/m2
		Scaffolding (Suspended scaffolding)	300 THB/m^2	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.16) - Sum of Suspended scaffolding+Safety fence - Scaffolding area/Bridge area=1.2 - Unit price=230THB/m2×1.2=276THB/m2→300THB/m2
		Total	**9,000** THB/m^2	1,000THBround
	Measure 3 (Severe)	Slab replacement	59,400 THB/m^2	- Ratio of Japanese price and Thai price is assumed from sample work (referring to metallization works). Then the ratio multiplies to unit price of Japan. Price of metallization of Japan 150,000Yen/unit×0.33=49,500THB/unit-① Price of metallization of Thailand 28,680THB/unit-② Ratio=①/②=0.58→0.60-③ - Unit price of Slab replacement of Japan300,000円/m2×0.33=99,000THB/m2-④ - Unit price of Slab replacement =④×③=59,400THB/m2
		Total	**60,000** THB/m^2	1,000THBround

ตารางอ้างอิงที่ 3.1.5 การประมาณราคาค่าก่อสร้างโดยคร่าวของงานซ่อมแซมที่รองรับสะพาน

Member	Measure Level	Construction method	Unit price(THB)		Notes (Basis of unit price)
Bearing	Preventive measure	-	-	THB/Pier	
		Total	**-**	THB/Pier	1,000THBround
	Measure 1 (Slight)	再塗装工	11,400	THB/Pier	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.14) - 10 bearing is in a bearing line - Scaffolding 20m2 - Unit price=735THB/Bearing×10Bearing+202THB/m2×20m2=11,390THB/m2→11,400THB/m2
		Total	**12,000**	THB/Pier	1,000THBround
	Measure 2 (Middle)	溶射工	28,700	THB/Pier	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.15) - 10 bearing is in a bearing line - Scaffolding 20m2 - Unit price=2,464THB/Bearing×10Bearing+202THB/m2×20m2=28,680THB/m2→28,700THB/m2
		Total	**29,000**	THB/Pier	1,000THBround
	Measure 3 (Severe)	Bearing replacement	297,000	THB/Pier	- Ratio of Japanese price and Thai price is assumed from sample work (referring to metallization works). Then the ratio multiplies to unit price of Japan. Price of metallization of Japan 150,000Yen/unit×0.33=49,500THB/unit-① Price of metallization of Thailand 28,680THB/unit-② Ratio=①/②=0.58→0.60-③ - Unit price of Bearing replacement of Japan 1,500,000Yen/Pier×0.33=495,000THB/Pier-④ - Unit price of Bearing replacement=④×③=297,000THB/Pier
		Total	**297,000**	THB/Pier	1,000THBround

ตารางอ้างอิงที่ 3.1.6 การประมาณราคาค่าก่อสร้างโดยคร่าวของงานซ่อมแซมเสาตอม่อ

Member	Measure Level	Construction method	Unit price(THB)		Notes (Basis of unit price)
Pier	Preventive measure	Surface protection	314,500	THB/Pier	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.10) - Standard surface area is assumed 170m2 in 1 pier - Unit price=1,850THB/m2×170=314,500THB/m2
		Scaffolding	74,250	THB/Pier	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.17) - Standard scaffolding volume is assumed 550m3 in 1 pier - Unit price=135THB/m2×550=74,250THB/m2
		Total	**388,750**	THB/Pier	1,000THBround
	Measure 1 (Slight)	Surface protection	314,500	THB/Pier	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.10) - Standard surface area is assumed 170m2 in 1 pier - Unit price=1,850THB/m2×170=314,500THB/m2
		Injection to cracks	53,550	THB/Pier	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.11) - Sum of Injection to cracks+Ground treatment - Density of crack is asummed as 0.5m/m2 - Standard surface area is assumed 170m2 in 1 pier - Unit price=630THB/m2×0.5m/m2×170m2=53,550THB/m2
		Section restration	20,400	THB/Pier	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.12) - Sum of Clipping works+Section restration - Repair area is asummed as 10%/m2 - Standard surface area is assumed 170m2 in 1 pier - Unit price=1,200THB/m2×0.1×170m2=20,400THB/m2
		Scaffolding	74,250	THB/Pier	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.17) - Standard scaffolding volume is assumed 550m3 in 1 pier - Unit price=135THB/m2×550=74,250THB/m2
		Total	**463,000**	THB/Pier	1,000THBround
	Measure 2 (Middle)	Surface protection	314,500	THB/Pier	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.10) - Standard surface area is assumed 170m2 in 1 pier - Unit price=1,850THB/m2×170=314,500THB/m2
		Injection to cracks	107,100	THB/Pier	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.11) - Sum of Injection to cracks+Ground treatment - Density of crack is asummed as 1m/m2 - Standard surface area is assumed 170m2 in 1 pier - Unit price=630THB/m2×1m/m2×170m2=107,100THB/m2
		Section restration	40,800	THB/Pier	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.12) - Sum of Clipping works+Section restration - Repair area is asummed as 20%/m2 - Standard surface area is assumed 170m2 in 1 pier - Unit price=1,200THB/m2×0.2×170m2=40,800THB/m2
		Scaffolding	74,250	THB/Pier	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.17) - Standard scaffolding volume is assumed 550m3 in 1 pier - Unit price=135THB/m2×550=74,250THB/m2
		Total	**537,000**	THB/Pier	1,000THBround
	Measure 3 (Severe)	Surface protection	314,500	THB/Pier	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.10) - Standard surface area is assumed 170m2 in 1 pier - Unit price=1,850THB/m2×170=314,500THB/m2
		Injection to cracks	107,100	THB/Pier	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.11) - Sum of Injection to cracks+Ground treatment - Density of crack is asummed as 1m/m2 - Standard surface area is assumed 170m2 in 1 pier - Unit price=630THB/m2×1m/m2×170m2=107,100THB/m2
		Section restration	61,200	THB/Pier	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.12) - Sum of Clipping works+Section restration - Repair area is asummed as 30%/m2 - Standard surface area is assumed 170m2 in 1 pier - Unit price=1,200THB/m2×0.3×170m2=61,200THB/m2
		RC jacketing method	237,600	THB/Pier	- Ratio of Japanese price and Thai price is assumed from sample work (referring to metallization works). Then the ratio multiplies to unit price of Japan. Price of metallization of Japan 150,000Yen/unit×0.33=49,500THB/unit-① Price of metallization of Thailand 28,680THB/unit-② Ratio=①/②=0.58→0.60-③ - Unit price of RC jacketing method of Japan 1,200,000Yen/Pier×0.33=396,000THB/Pier-④ - Unit price of RC jacketing method=④×③=237,600THB/Pier
		Scaffolding	74,250	THB/Pier	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.17) - Standard scaffolding volume is assumed 550m3 in 1 pier - Unit price=135THB/m2×550=74,250THB/m2
		Total	**795,000**	THB/Pier	1,000THBround

ตารางอ้างอิงที่ 3.1.7 การประมาณราคาค่าก่อสร้างโดยคร่าวของงานซ่อมแซมตอม่อตับริม

Member	Measure Level	Construction method	Unit price(THB)		Notes (Basis of unit price)
Abutment	Preventive measure	Surface protection	83,250	THB/Abutment	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.10) - Standard surface area is assumed 45m2 in 1 abutment - Unit price=1,850THB/m2×45=83,250THB/m2
		Scaffolding	6,750	THB/Abutment	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference(Table 1.1.17) - Standard scaffolding volume is assumed 50m3 in 1 abutment - Unit price=135THB/m2×50=6,750THB/m2
		Total	**90,000**	THB/Abutment	1,000THBround
	Measure 1 (Slight)	Surface protection	83,250	THB/Abutment	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference (Table 1.1.10) - Standard surface area is assumed 45m2 in 1 abutment - Unit price=1,850THB/m2×45=83,250THB/m2
		Injection to cracks	14,200	THB/Abutment	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference (Table 1.1.11) - Sum of Injection to cracks + Ground treatment - Density of crack is assumed as 0.5m/m2 - Standard surface area is assumed 45m2 in 1 abutment - Unit price=630THB/m2×0.5m/m2×45m2=14,175THB/m2→14,200THB/m2
		Section restoration	5,400	THB/Abutment	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference (Table 1.1.12) - Sum of Clipping works + Section restoration - Repair area is assumed as 10%/m2 - Standard surface area is assumed 45m2 in 1 abutment - Unit price=1,200THB/m2×0.1×45m2=5,400THB/m2
		Scaffolding	6,750	THB/Abutment	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference (Table 1.1.17) - Standard scaffolding volume is assumed 50m3 in 1 abutment - Unit price=135THB/m2×50=6,750THB/m2
		Total	**110,000**	THB/Abutment	1,000THBround
	Measure 2 (Middle)	Surface protection	83,250	THB/Abutment	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference (Table 1.1.10) - Standard surface area is assumed 45m2 in 1 abutment - Unit price=1,850THB/m2×45=83,250THB/m2
		Injection to cracks	28,350	THB/Abutment	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference (Table 1.1.11) - Sum of Injection to cracks + Ground treatment - Density of crack is assumed as 1m/m2 - Standard surface area is assumed 45m2 in 1 abutment - Unit price=630THB/m2×1m/m2×45m2=28,350THB/m2
		Section restoration	10,800	THB/Abutment	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference (Table 1.1.12) - Sum of Clipping works + Section restoration - Repair area is assumed as 20%/m2 - Standard surface area is assumed 45m2 in 1 abutment - Unit price=1,200THB/m2×0.2×45m2=10,800THB/m2
		Scaffolding	6,750	THB/Abutment	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference (Table 1.1.17) - Standard scaffolding volume is assumed 50m3 in 1 abutment - Unit price=135THB/m2×50=6,750THB/m2
		Total	**130,000**	THB/Abutment	1,000THBround
	Measure 3 (Severe)	Surface protection	83,250	THB/Abutment	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference (Table 1.1.10) - Standard surface area is assumed 45m2 in 1 abutment - Unit price=1,850THB/m2×45=83,250THB/m2
		Injection to cracks	28,350	THB/Abutment	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference (Table 1.1.11) - Sum of Injection to cracks + Ground treatment - Density of crack is assumed as 1m/m2 - Standard surface area is assumed 45m2 in 1 abutment - Unit price=630THB/m2×1m/m2×45m2=28,350THB/m2
		Section restoration	16,200	THB/Abutment	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference (Table 1.1.12) - Sum of Clipping works + Section restoration - Repair area is assumed as 30%/m2 - Standard surface area is assumed 45m2 in 1 abutment - Unit price=1,200THB/m2×0.3×45m2=16,200THB/m2
		RC jacketing method	99,000	THB/Abutment	- Ratio of Japanese price and Thai price is assumed from sample work (referring to metallization works). Then the ratio multiplies to unit price of Japan. Price of metallization of Japan 150,000Yen/unit×0.33=49,500THB/unit-① Price of metallization of Thailand 28,680THB/unit-② Ratio=①/②=0.58→0.60-③ - Unit price of RC jacketing method of Japan 500,000円/Abutment×0.33=165,000THB/Abutment-④ - Unit price of RC jacketing method=④×③=99,000THB/Abutment
		Scaffolding	6,750	THB/Abutment	- Unit price and labor cost of Thailand is inputted to standard quantity per unit work of Japan for reference (Table 1.1.17) - Standard scaffolding volume is assumed 50m3 in 1 abutment - Unit price=135THB/m2×50=6,750THB/m2
		Total	**234,000**	THB/Abutment	1,000THBround

ตารางอ้างอิงที่ 3.1.8 การประมาณราคาค่าก่อสร้างโดยคร่าวของงานรื้อและก่อสร้างสะพานใหม่

Member	Measure Level	Construction method	Unit price(THB)	Notes (Basis of unit price)
All members	Replacement of whole bridge	Replacement of whole bridge	118,800 THB/m^2	- Ratio of Japanese price and Thai price is assumed from sample work (referring to metallization works). Then the ratio multiplies to unit price of Japan. Price of metallization of Japan 150,000Yen/unit×0.33=49,500THB/unit-① Price of metallization of Thailand 28,680THB/unit-② Ratio=①/②=0.58→0.60-③ - Unit price of Whole bridge replacement of Japan 600,000Yen/m2×0.33=198,000THB/m2-④ - Unit price of Whole bridge replacement=④×③=118,800THB/m2
		Total	**118,800** THB/m^2	1,000THBround

[ข้อมูลอ้างอิงในการกำหนดค่าใช้จ่ายงานรื้อและก่อสร้างสะพานใหม่ในประเทศญี่ปุ่น]

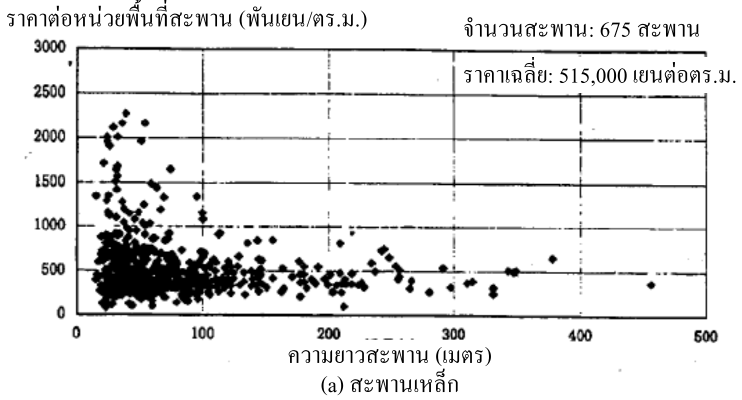
ข้อมูลอ้างอิงในการกำหนดค่าใช้จ่ายงานรื้อและก่อสร้างสะพานใหม่นั้น ได้ถูกจัดทำขึ้นในการสำรวจการประเมินอายุการใช้งานของสะพานในประเทศญี่ปุ่น ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการกำหนดค่าใช้จ่ายงานซ่อมแซมได้

⑤　架替費用の整理

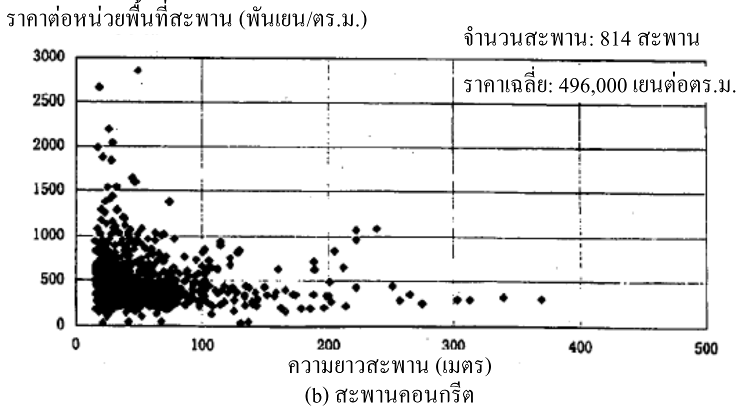
「橋梁の架替に関する調査結果（Ⅲ）」（土木研究所資料第3512号、平成9年10月）より

付図－3(a)(b)に、橋長500m未満の鋼桁橋およびコンクリート橋別（新設橋）の架替費用（総工事費を橋面積1m^{2}当りに換算）を示す。総工事費には、旧橋の撤去費や仮設橋梁の設置費は含まれるが、取付道路の工事費は含まれていない。

架替にかかる費用は、個々の橋梁において条件が様々であるため、かなりばらつきが見られる。比較的橋長の長い橋梁について、極端にかけ離れたデータを除去した場合、概ね300～600千円／m^{2}となっている。これは、一般的な新設橋の建設費と比較して高くなっているが、供用下での架替の場合には、交通の切廻しのための仮設橋梁の設置，既設橋梁の撤去費等の工種が発生し、その他様々な制約条件が生じると考えられ新設時に比べてその費用が増加したものと考えられる。



(a) สะพานเหล็ก



(b) สะพานคอนกรีต

รูปอ้างอิงที่ 3.1.1 เอกสารคัดย่อมาจาก “รายงานการวิจัยสำรวจประเมินอายุการใช้งานของสะพาน, เดือนธ.ค. ปี 2004, National Institute for Land and Infrastructure Management, Japan”

⑤ข้อมูลสรุปเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายงานรื้อและก่อสร้างสะพานใหม่

อ้างอิงจาก "ผลการสำรวจการรื้อและก่อสร้างสะพานใหม่ (III)" (เอกสารสถาบันวิจัยโยธาฉบับที่ 3512 เดือนตุลาคม ปี 1997)

รูปที่ 3(a) และ (b) แสดงค่าใช้จ่ายในการรื้อและก่อสร้างสะพานใหม่ (คำนวณค่าก่อสร้างทั้งหมดต่อพื้นที่สะพาน $1m^2$) ของสะพานเหล็กและสะพานคอนกรีต (สะพานสร้างใหม่) ที่มีความยาวน้อยกว่า 500 m ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างทั้งหมดได้รวมค่ารื้อถอนสะพานเก่าและค่าติดตั้งสะพานชั่วคราวแต่ไม่รวมค่าก่อสร้างของถนนเชื่อมคอสะพาน

ค่าใช้จ่ายที่เกิดกับการรื้อและก่อสร้างสะพานใหม่นั้น มีค่าแตกต่างและกระจัดกระจาย เนื่องจากเงื่อนไขในการสร้างสะพานแต่ละตัวนั้นต่างกัน หากไม่นำข้อมูลในกราฟที่กระจายห่างออกไปมากมาคำนวณด้วยแล้ว ในส่วนของสะพานที่ค่อนข้างยาวจะอยู่ที่ประมาณ **300,000 – 600,000 เยน** ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายในการสร้างสะพานใหม่โดยทั่วไปแล้วถือว่าสูงกว่ามาก แต่ทว่ากรณีการสร้างสะพานโดยให้ผู้คนสามารถใช้สัญจรได้ด้วยนั้น จะมีค่าก่อสร้างต่างๆ เกิดขึ้นด้วยอาทิเช่น การสร้างสะพานสำหรับการสัญจรชั่วคราว ค่ารื้อถอนซากสะพานเก่า เป็นต้น นอกจากนี้ก็ยังมีเงื่อนไขหรือข้อกำหนดต่างๆ อีก ด้วยเหตุนี้ค่าใช้จ่ายจึงสูงกว่าเมื่อเทียบกับการสร้างสะพานใหม่

[ข้อมูลราคาค่าก่อสร้างในประเทศไทย]

ตารางอ้างอิงที่ 3.1.9 ข้อมูลราคาค่าก่อสร้างของงานกันน้ำซึมผิวสะพานและงานเทพื้นผิวแอสฟัลต์

ผิวสะพานป้องกันน้ำ (บาท/100.0ตร.ม.)

ชนิดของงาน	รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ราคาต่อหน่วย	ราคารวม	หมายเหตุ
ค่าวัสดุ(บาท/หน่วย)		m2	100.0	34.22	3,422	
ค่าแรงงาน(บาท/ตร.ม.)		m2	100.0	35.00	3,500	
			รวม		6,922	
	(บาท/1.0ตร.ม.)				69	

ยางมะตอย (บาท/100.0ตร.ม.)

ชนิดของงาน	รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ราคาต่อหน่วย	ราคารวม	หมายเหตุ
ยางมะตอย		m2	100.0	500.00	50,000	
			รวม		50,000	
	(บาท/1.0ตร.ม.)				500	

หมายเหตุ

* ที่มาค่าแรงงานเป็นราคาค่าแรงจากกรมบัญชีกลางของเดือนกุมภาพันธ์ 2555*(เฉพาะค่าแรงทาสี)
* ค่าวัสดุของยางมะตอยจากสำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้ากลางของเดือนเมษายน 2556*(ยางมะตอยชนิด AC-60/70บรรจุ BLUK)
* สีน้ำมันชนิดเงา ขนาด 3.785 ลิตร ตรากัปตัน 1 กระป๋องใช้ได้ 18 ตารางเมตร ราคา 1 กป.ราคา = 616 บาท
* ราคาค่าปูผิวยางมะตอยคิดที่ ความหนา 5 ซม. ทั้งนี้ราคางานขึ้นอยู่กับปริมาณพื้นที่การซ่อมและระยะทางที่ห่างจาก plant

ตารางอ้างอิงที่ 3.1.10 ข้อมูลราคาค่าก่อสร้างของงานป้องกันผิวสะพาน

การป้องกันผิว (ต่อ 140 ตร.ม.) (/140.0 m2)

รายละเอียด	มาตรฐาน	หน่วย	ปริมาณ	ราคาต่อหน่วย	ราคา	หมายเหตุ
ผู้จัดการสนาม		วัน	1.0	2,250.00	2,250.00	
คนงานพิเศษ		วัน	2.0	600.00	1,200.00	
คนงาน		วัน	2.0	450.00	900.00	
ทาวัสดุเคลือบ	ไซเลน	กก.	61.6	2,970.00	182,952.00	JPY 9000
วัสดุอื่นๆ			1.0	1,155.00	1,155.00	JPY 3500
เครื่องปั่นไฟ	5KVA	ตัว	1.0	15,000.00	15,000	+
เครื่องอัดอากาศ	0.4kw	ตัว	1.0	6,000.00	6,000	
เช่าเครื่องจักร		วัน	8.2	3,000.00	24,600	
	oil		1.0	72.93	73	JPY 221
	roller		4.0	330.00	1,320	JPY 1000
			รวม		235,450	
	(บาท/1.0ตร.ม.)				1,682	

+ ราคาอ้างอิงจากอินเตอร์เน็ตของเครื่องปั่นไฟจากเดิมที่กำลัง 2KVA ไม่มีของจึงเปลี่ยนเป็นที่กำลัง 5KVA แทน

การบำรุงรักษาพื้นผิว (ต่อ 10 ตร.ม.) (/10.0 m2)

รายละเอียด	มาตรฐาน	หน่วย	ปริมาณ	ราคาต่อหน่วย	ราคา	หมายเหตุ
ผู้จัดการสนาม		วัน	0.21	2,250.00	473	
คนงานพิเศษ		วัน	0.83	600.00	498	
คนงาน		วัน	0.42	450.00	189	
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ		%	5.00		58	
			รวม		1,218	
	(บาท/1.0ตร.ม.)				122	

*ราคาค่าจ้างบุคลากรอ้างอิงจากกรมบัญชีกลางปี 2550 แต่ราคาค่าแรงที่เสนอพิจารณาเพิ่มขึ้น 50% จากราคาปี 2550

ตารางอ้างอิงที่ 3.1.11 ข้อมูลราคาค่าก่อสร้างของงานอุดซ่อมรอยแตก

การฉีดพ่นรอยร้าว (ความกว้างเฉ 0.3 mm , ความลึกเฉลี่ย 60 mm) (/100.0 m2)

รายละเอียด	มาตรฐาน	หน่วย	ปริมาณ	ราคาต่อหน่วย	ราคา	หมายเหตุ
ผู้จัดการสนาม		วัน	4.70	2,250.00	10,575	
คนงานพิเศษ		วัน	12.90	600.00	7,740	
คนงาน		วัน	4.20	450.00	1,890	
วัสดุเคลือบผิว		kg	29.33	250.00	7,333	+
วัสดุฉีดรอยร้าว	อีพ๊อกเรซิน	kg	2.38	480.00	1,142	++
อุปกรณ์ฉีดพ่นรอยร้าว		M.	334.00	60.00	20,040	+++
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ		%	4.00		1,949	
			รวม		50,669	
	(บาท/1.0ตร.ม.)				507	

	W		T		Unit weight		loss rate		Length		
Sealing mat.	0.030	×	0.005	×	1700 kg/m^3	×	1.15	×	100.0	=	29.33 kg

การบำรุงรักษาพื้นผิว (ต่อ 10 ตร.ม.) (/10.0 m2)

รายละเอียด	มาตรฐาน	หน่วย	ปริมาณ	ราคาต่อหน่วย	ราคา	หมายเหตุ
ผู้จัดการสนาม		วัน	0.21	2,250.00	473	
คนงานพิเศษ		วัน	0.83	600.00	498	
คนงาน		วัน	0.42	450.00	189	
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ		%	5.00		58	
			รวม		1,218	
	(บาท/1.0ตร.ม.)				122	

※ Assume injection depth 60mm

*ราคาค่าจ้างบุคลากรอ้างอิงจากกรมบัญชีกลางปี 2550 แต่ราคาค่าแรงที่เสนอพิจารณาเพิ่มขึ้น 50% จากราคาปี 2550

+ราคาอ้างอิงจาก Sika

++ราคาอ้างอิงจากงานซ่อมของกรมทางหลวง

+++ราคาอ้างอิงจากอินเตอร์เน็ต

*ราคาค่าจ้างบุคลากรอ้างอิงจากกรมบัญชีกลางปี 2550 แต่ราคาค่าแรงที่เสนอพิจารณาเพิ่มขึ้น 50% จากราคาปี 2550

ตารางอ้างอิงที่ 3.1.12 ข้อมูลราคาค่าก่อสร้างของงานซ่อมแซมหน้าตัด

งานสกัด (t = 10 ～ 20 mm) (/10.0 m2)

รายละเอียด	มาตรฐาน	หน่วย	ปริมาณ	ราคาต่อหน่วย	ราคา	หมายเหตุ
น้ำมันดิบ		ลิตร	21.21	29.99	636	+
ผู้จัดการสนาม		วัน	0.38	2,250.00	855	
คนงานพิเศษ		วัน	1.52	600.00	912	
คนงาน		วัน	0.38	450.00	171	
	Compresser 5m^3/min	วัน	0.5	907.50	463.00	JPY 2750
	Hammer 7.5kg	วัน	1.5	24.75	38.00	JPY 75
			รวม		3,075	
	(บาท/1.0ตร.ม.)				308	

+ ราคาน้ำมันอ้างอิงจากสำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้าจากเดือนเมษายน 2556

*ราคาค่าจ้างบุคลากรอ้างอิงจากกรมบัญชีกลางปี 2550 แต่ราคาค่าแรงที่เสนอพิจารณาเพิ่มขึ้น 50% จากราคาปี 2550

การปรับปรุงสภาพหน้ t 30 mm (/1.0 m2)

รายละเอียด	มาตรฐาน	หน่วย	ปริมาณ	ราคาต่อหน่วย	ราคา	หมายเหตุ
ผู้จัดการสนาม		วัน	5.30	2,250.00	11,925	
คนงานพิเศษ		วัน	15.00	600.00	9,000	
คนงาน		วัน	11.00	450.00	4,950	
โพลีเมอร์ซีเมนต์มอร์ต้า		m^3	1.00	1,762.40	1,762	
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ		%	3.00		829	
			รวม		28,466	
	(บาท/1.0ตร.ม.)				854	

*ราคาค่าจ้างบุคลากรอ้างอิงจากกรมบัญชีกลางปี 2550 แต่ราคาค่าแรงที่เสนอพิจารณาเพิ่มขึ้น 50% จากราคาปี 2550

ตารางอ้างอิงที่ 3.1.13 ข้อมูลราคาค่าก่อสร้างของงานซ่อมปะติดแผ่นคาร์บอนไฟเบอร์

งานติดด้วยแผ่นคาร์บอนไฟเบอร์ (/10.0 m2)

รายละเอียด	มาตรฐาน	หน่วย	ปริมาณ	ราคาต่อหน่วย	ราคา	หมายเหตุ
ผู้จัดการสนาม		วัน	2.00	2,250.00	4,500	
คนงานพิเศษ		วัน	5.00	600.00	3,000	
คนงาน		วัน	2.00	450.00	900	
สารเคลือบ		kg	1.50	450.00	675	+
แผ่นคาร์บอนไฟเบอร์		m2	20.00	3,900.00	78,000	++
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ		%	5.00		4,354	
			รวม		91,429	
	(บาท/1.0ตร.ม.)				9,143	

+ ราคาอ้างอิงจาก Sika
++ ราคาอ้างอิงจาก Sika
*ราคาค่าจ้างบุคลากรอ้างอิงจากกรมบัญชีกลางปี 2550 แต่ราคาค่าแรงที่เสนอพิจารณาเพิ่มขึ้น 50% จากราคาปี 2550

การบำรุงรักษาพื้นผิว (ต่อ 10 ตร.ม.) (/10.0 m2)

รายละเอียด	มาตรฐาน	หน่วย	ปริมาณ	ราคาต่อหน่วย	ราคา	หมายเหตุ
ผู้จัดการสนาม		วัน	0.21	2,250.00	473	
คนงานพิเศษ		วัน	0.83	600.00	498	
คนงาน		วัน	0.42	450.00	189	
โพลีเมอร์ซีเมนต์มอร์			1.00	1,762.40	1,762	+++
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ		%	5.00		146	
			รวม		3,068	
	(บาท/1.0ตร.ม.)				307	

+++ราคาอ้างอิงจากงานซ่อมของกรมทางหลวง
*ราคาค่าจ้างบุคลากรอ้างอิงจากกรมบัญชีกลางปี 2550 แต่ราคาค่าแรงที่เสนอพิจารณาเพิ่มขึ้น 50% จากราคาปี 2550

ตารางอ้างอิงที่ 3.1.14 ข้อมูลราคาค่าก่อสร้างของงานซ่อมทาสี

งานทาสีใหม่ (/10.0 m2)

รายละเอียด	มาตรฐาน	หน่วย	ปริมาณ	ราคาต่อหน่วย	ราคา	หมายเหตุ
ทำความสะอาด		m^2	10.00	35.00	350	+
การปรับพื้นผิว		m^2	10.00	55.00	550	++
การเคลือบชันรองพื้น	ทาด้วยอีพ็อกซีเรซิน	m^2	10.00	129.00	1,290	+++
การเคลือบชันรองพื้น	ทาด้วยอีพ็อกซีเรซิน	m^2	10.00	129.00	1,290	
การเคลือบชันรองพื้น	ทาด้วยอีพ็อกซีเรซิน	m^2	10.00	129.00	1,290	
การเคลือบสองชัน	ทาด้วยฟลูออริคเรซิน	m^2	10.00	129.00	1,290	++++
การเคลือบชันสุดท้าย	ทาด้วยฟลูออริคเรซิน	m^2	10.00	129.00	1,290	+++++
			รวม		7,350	
	(บาท/1.0ตร.ม.)				735	

(ช่องสีแดง) คิดเหมือนราคาทาสี

\+ คิดราคาจากงานทาสี

++ งานปรับพื้นอ้างอิงจากกรมบัญชีกลาง ปี 2550

+++ อ้างอิงจาก Sika

++++ , +++++ อ้างอิงราคาเหมือนทาด้วยอิพ็อกซี่เรซิ่น (+++)

ตารางอ้างอิงที่ 3.1.15 ข้อมูลราคาค่าก่อสร้างของงานพ่นเคลือบผิวเหล็ก

การฉีดพ่นสารโลหะ (ต่อ 1 โครงการ) (/1.0project)

รายละเอียด	มาตรฐาน	หน่วย	ปริมาณ	ราคาต่อหน่วย	ราคา	หมายเหตุ
ผู้จัดการสนาม		วัน	0.50	2,250.00	1,125	
คนงานพิเศษ		วัน	1.00	600.00	600	
คนงาน		วัน	1.00	450.00	450	
การฉีดพ่นสารโลหะ	อีพ็อกซีเรซิน	m2	0.50	129.00	65	++
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ		%	10.00		224	
			รวม		2,464	
	(บาท/1.0ตร.ม.)				2,464	

++ ราคาอ้างอิงจาก Sika

ตารางอ้างอิงที่ 3.1.16 ข้อมูลราคาค่าก่อสร้างของงานนั่งร้านแบบแขวน

การตั้งนั่งร้าน (นั่งร้านแบบเสาเรียงเดี่ยว) (ต่อ 1 ตร.ม.)

ประเภท	มาตรฐาน	หน่วย	จำนวน	ราคาต่อหน่วย	จำนวนเงิน	หมายเหตุ
งานสะพาน		วัน	0.13	400.00	52	
ค่าเช่านั่งร้าน		เดือน	1.00	150.00	150	+
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ		%	-		0	
			รวม		202	
	ต่อ 1 ตร.ม.				202	

หมายเหตุ

การตั้งนั่งร้าน(แบบพื้นกว้าง) (ต่อ 1 ตร.ม.)

ประเภท	มาตรฐาน	หน่วย	จำนวน	ราคาต่อหน่วย	จำนวนเงิน	หมายเหตุ
งานสะพาน		วัน	0.02	400.00	9	
ค่าเช่านั่งร้าน		เดือน	1.00	17.00	17	+
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ		%	-		0	
			รวม		26	
	ต่อ 1 ตร.ม.				26	

หมายเหตุ

ตารางอ้างอิงที่ 3.1.17 ข้อมูลราคาค่าก่อสร้างของงานนั่งร้านแบบโครง

งานพยุงรักษาขอบสะพาน （PIPE SUPPORT） (ต่อ 100.0 ลูกบาศก์เมตร)

ประเภท	มาตรฐาน	หน่วย	จำนวน	ราคาต่อหน่วย	จำนวนเงิน	หมายเหตุ
งานโยธาทั่วไป		วัน	2.60	2,250.00	5,850	
งาน Mold		วัน	4.70	510.00	2,397	
งานช่างทั่วไป		วัน	2.20	540.00	1,188	
พนักงานทั่วไป		วัน	5.10	450.00	2,295	+
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ		%	15.00		1,760	
			รวม		13,490	
	ต่อ 1.0 ลูกบาศก์เมตร				135	บาท

หมายเหตุ