ระบบการจัดการผิวทางสำหรับมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

PSU Pavement Management System

ฐปนนนท์ นิลรัตน์

Thapananon Ninrat

เลขหมู่ TE220 ว๓๗ ๒๐๑๔ ฉ.2

Bib Key 211233

25 มิ.ย. 2544

วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา (การขนส่ง)

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Engineering Thesis in Civil Engineering (Transportation)

Prince of Songkla University

2544

ชื่อวิทยานิพนธ์ ระบบการจัดการผิวทางสำหรับมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ผู้เขียน นายธูปนนนท์ นิลรัตน์

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา (การขนส่ง)

คณะกรรมการที่ปรึกษา

.....ประธานกรรมการ
(ดร. ศักดิ์ชัย ปรีชาวีรกุล)

.....กรรมการ
(อาจารย์วิวัฒน์ สุทธิวิภากร)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(ดร. ศักดิ์ชัย ปรีชาวีรกุล)

.....กรรมการ
(อาจารย์วิวัฒน์ สุทธิวิภากร)

.....กรรมการ
(อาจารย์เจริญ จันทลักขณา)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกริกชัย ทองหนุ)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา (การขนส่ง)

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปิติ ทฤษฎิคุณ)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

หอสมุด คุณหญิงหลง รามณรงค์วุฒิชัย
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
วิทยาเขตหาดใหญ่
ได้รับเมื่อ
บัณฑิตวิทยาลัย มอ.
วันที่ 15 ธ.ค. 2554

ชื่อวิทยานิพนธ์ ระบบการจัดการผิวทางสำหรับมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ผู้เขียน นายฐปนนนท์ นิลรัตน์

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา (การขนส่ง)

ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เกี่ยวข้องกับการพัฒนาวิธีการประเมินสภาพความเสียหายและการเสนอแนะวิธีการซ่อมบำรุงผิวทางคอนกรีต รวมทั้งพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการคำนวณดัชนีสภาพทาง เสนอแนะวิธีการซ่อมบำรุง และจัดลำดับความสำคัญในการบำรุงรักษาผิวทางในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ โปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้มีชื่อว่า Prince of Songkla University Pavement Management System (PSUPMS) การประเมินสภาพความเสียหายจะตรวจสอบด้วยสายตา โดยจะพิจารณาจากความเสียหายทั้งหมด 10 ชนิด ทั้งในแง่ของความรุนแรงและขอบเขต ความรุนแรงจะถูกประเมินเป็นสามระดับ คือ ต่ำ กลาง และสูง ส่วนขอบเขตจะได้รับการประเมินเป็น น้อย กลาง และมาก ผลการประเมินเหล่านี้จะถูกแปลงไปเป็นตัวเลข เพื่อใช้คำนวณดัชนีสภาพทาง โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น ผลการสำรวจสภาพจริงและการทดสอบใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นในการจัดลำดับความสำคัญในการบำรุงรักษาได้ผลเป็นที่น่าพอใจ และกำลังอยู่ระหว่างการนำเสนอมหาวิทยาลัยฯ เพื่อใช้ปฏิบัติงานจริงต่อไป

Thesis Title	**PSU Pavement Management System**
Author	**Mr. Thapananon Ninrat**
Major Program	**Civil Engineering (Transportation)**
Academic Year	**2000**

Abstract

This paper concerns the development of a method for the evaluation of concrete pavement condition and the selection of appropriate rehabilitation methods. A computer program and a geographic information system have been developed to use as a tool in computing the pavement condition rating, recommending rehabilitation methods and ranking pavements at the Prince of Songkla University, Hat Yai Campus. The name of computer program is Prince of Songkla University Pavement Management System(PSUPMS). Pavement conditions are assessed by visual inspection of ten distress types for their severity and extent. Severity is assessed as low, medium and high, while extent is categorised into occasional, frequent and extensive. These results are converted into numerical values for calculating the pavement condition rating employing the developed mathematical model. Actual surveys and testings of the program in ranking PSU pavements indicate a certain level of success. The program presently is being proposed to the University for realization.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับงานวิจัยดังนี้

ดร. ศักดิ์ชัย ปรีชาวีรกุล ประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาให้การสนับสนุนในด้านต่าง ๆ เป็นอย่างดี ไม่ว่าจะเป็นการให้คำปรึกษาและแนะนำความรู้ในด้านต่าง ๆ การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ การค้นหาเอกสารข้อมูลต่าง ๆ การเขียนรายงานวิทยานิพนธ์ รวมทั้งกำลังใจในการแก้ปัญหา ตลอดจนการช่วยตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้ดำเนินไปอย่างสมบูรณ์

อาจารย์วิวัฒน์ สุทธิวิภากร อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้การช่วยเหลือ ให้คำแนะนำข้อคิดเห็นในด้านต่าง ๆ ทั้งทางด้านวิชาการและด้านจริยธรรม และให้โอกาสในการหาประสบการณ์เพื่อใช้เป็นประโยชน์ในการปฏิบัติงานต่อไปได้ รวมทั้งกำลังใจในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ตลอดจนการช่วยตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้ดำเนินไปอย่างสมบูรณ์

อาจารย์เจริญ จันทลักขณา และ ผศ. ดร.เกริกชัย ทองหนู กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์สำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในท้ายที่สุด

ดร. รุจ ศุภวิไล ที่ได้กรุณาให้ใช้ครุภัณฑ์ ในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

คณาจารย์และบุคลากรในภาควิชาวิศวกรรมโยธาทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ที่สำคัญ จนการศึกษานี้สำเร็จได้ด้วยดี

ผู้อำนวยการสำนักทางหลวงที่ 15 (สงขลา) ที่ได้เอื้อเฟื้อและอำนวยความสะดวกในการสืบค้นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการศึกษานี้เป็นอย่างดี

นายช่างและเจ้าหน้าที่แขวงการทางสงขลา และหมวดการทางต่าง ๆ ที่เอื้อเฟื้อและอำนวยความสะดวกในการสืบค้นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการศึกษานี้เป็นอย่างดี

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้การสนับสนุนทุนในการศึกษานี้

คุณนุกูล สุขสวรรณ์ คุณสมพล สูงทองจริยา คุณทศพล ชัยพิทักษ์โรจน์ คุณสุมาลี เดชานันท์ คุณเกียรติศักดิ์ ศรีเทียม และเพื่อน ๆ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา (การขนส่ง) ทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำ คำปรึกษาและกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดีมาโดยตลอด

คุณสุวรรณา นิลรัตน์ ที่ได้ช่วยพิมพ์ แก้ไข ตรวจทาน วิทยานิพนธ์ และคอยให้กำลังใจในทุก ๆ เรื่องมาตลอดจนสำเร็จการศึกษา

และที่สำคัญที่สุด ข้าพเจ้าขอน้อมรำลึกถึงพระคุณของ บิดามารดา และสมาชิกทุกคนในครอบครัวที่ส่งเสริมและสนับสนุนข้าพเจ้าในทุก ๆ เรื่องตลอดมา

ฐปนนนท์ นิลรัตน์

สารบาญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบาญ	(6)
รายการตาราง	(9)
รายการภาพประกอบ	(10)
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของการศึกษา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษา	2
2 ทบทวนเอกสาร	3
2.1 กล่าวนำ	3
2.2 ประเภทของพื้นผิวถนนตามวิธีของราฟล์ฮาส และโรแนลด์ ฮัดสัน	3
2.3 ระบบการจัดการผิวทาง (Pavement Management System : PMS)	5
2.4 ระบบการบริหารงานบำรุงทางของกรมทางหลวง ประเทศไทย	17
2.5 ระบบการจัดการผิวทางของรัฐโอไฮโอ ประเทศสหรัฐอเมริกา	21
2.6 ระบบการจัดการผิวทางของ Roads and Traffic Authority รัฐนิวเซาท์เวลส์ ประเทศออสเตรเลีย	28
2.7 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์	34
3 วิธีดำเนินการวิจัย	40
3.1 ความนำ	40
3.2 ขั้นตอนในการดำเนินการ	41

สารบาญ (ต่อ)

	หน้า
4 การออกแบบโปรแกรม PSUPMS	59
4.1 ความนำ	59
4.2 การพัฒนาโปรแกรม	60
5 ผลการประเมินสภาพความเสียหายและผลการวิเคราะห์ข้อมูล	76
5.1 ความนำ	76
5.2 ผลการสำรวจสภาพความเสียหาย	76
5.3 ผลการจัดลำดับความสำคัญก่อนหลังจากโปรแกรม PSUPMS	85
5.4 ผลการวิเคราะห์หาวิธีการบำรุงรักษาจากโปรแกรม PSUPMS	87
6 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	89
6.1 กล่าวนำ	89
6.2 สรุปผลการพัฒนาวิธีการประเมินสภาพความเสียหายของพื้นผิวถนนคอนกรีต	89
6.3 สรุปผลการพัฒนาโปรแกรม	90
6.4 สรุปผลการใช้โปรแกรม	91
6.5 ข้อเสนอแนะ	91
บรรณานุกรม	93
ภาคผนวก	95
ภาคผนวก ก	95
- ระบบการบริหารงานบำรุงทางของกรมทางหลวง ประเทศไทย	96
- ระบบการจัดการผิวทางของรัฐโอไฮโอ ประเทศสหรัฐอเมริกา	109
- ระบบการจัดการผิวทางของ Roads and Traffic Authority รัฐนิวเซาท์เวลส์ ประเทศออสเตรเลีย	115
ภาคผนวก ข	116
- มาตรฐานระดับคะแนนของ ROCOND 90	117
- มาตรฐานระดับคะแนนความเสียหายที่ใช้ในงานศึกษา	125
ภาคผนวก ค	130
- ตารางคะแนนถนนอรรถกระวี และข้างคณะทรัพยากรธรรมชาติ ของ 3 ผู้สำรวจ	131
- ผลการจัดลำดับจากโปรแกรม PSUPMS	134

สารบาญ (ต่อ)

		หน้า
ภาคผนวก ง	สาเหตุและวิธีการบำรุงรักษาซ่อมแซมความเสียหายแต่ละชนิด	135
ภาคผนวก จ	รายละเอียดและวิธีการบำรุงรักษาผิวทางคอนกรีต	144
ภาคผนวก ฉ	ความเสียหายของผิวทางคอนกรีตอันเนื่องจากปัญหาต่าง ๆ	185
ภาคผนวก ช		188
-	ตัวอย่างข้อมูลการสำรวจสภาพความเสียหายของผิวทางคอนกรีต	189
-	ภาพประกอบความเสียหายชนิดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในโครงข่ายถนนคอนกรีต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่	193
ภาคผนวก ซ	แผนที่โครงข่ายถนนคอนกรีตภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ และการแบ่งช่วงถนนต่าง ๆ	198
ประวัติผู้เขียน		202

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	ประเภทการบำรุงรักษาผิวทาง	24
2.2	ระดับ PCR และสภาพผิวทาง	25
3.1	ข้อได้เปรียบของวิธีสำรวจแบบ Subjective เมื่อเทียบกับวิธีสำรวจแบบ Objective	44
3.2	ข้อเสียเปรียบของวิธีสำรวจแบบ Subjective เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีสำรวจแบบ Objective	45
3.3	ค่าน้ำหนักความเสียหายของผิวทางคอนกรีตเสริมเหล็กแบบมีรอยต่อ	46
3.4	วิธีบำรุงรักษาที่สามารถแก้ไขความเสียหายชนิดต่าง ๆ ของผิวทางคอนกรีต	49
3.5	ความเสียหายที่สามารถแก้ไขได้ด้วยวิธีการบำรุงรักษาวิธีต่าง ๆ ของผิวทางคอนกรีต	50
3.6	ประเภทของวิธีการบำรุงรักษาผิวทางคอนกรีต	52
3.7	วิธีการบำรุงรักษาประเภทต่าง ๆ ของผิวทางคอนกรีต สำหรับความเสียหายแต่ละชนิดในระดับต่าง ๆ	53
3.8	สภาพผิวทางแบ่งตามระดับค่า TDP	55
3.9	ตัวอย่างการคำนวณค่าน้ำหนักความเสียหายของผิวทางคอนกรีตเสริมเหล็กแบบมีรอยต่อ	55
5.1	ข้อมูลสภาพความเสียหายถนนวิทย์วิถี	80
5.2	ข้อมูลสภาพความเสียหายถนนวิทย์วิถีจากการสำรวจของนายสมพล สูงทองจริยา	81
5.3	ข้อมูลสภาพความเสียหายถนนวิทย์วิถีจากการสำรวจของนายเกียรติศักดิ์ ศรีเทียม	81
5.4	เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์สภาพความเสียหายระหว่างวิธีการสำรวจแบบ Subjective และ Objective บนถนนวิทย์วิถี	84
5.5	เส้นทาง10 อันดับแรกจากการจัดลำดับความสำคัญก่อนหลังจากโปรแกรม PSUPMS	85
5.6	เปรียบเทียบผลการจัดอันดับ 10 อันดับแรกระหว่างโปรแกรม PSUPMS กับผู้ศึกษา	86
5.7	วิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสมของช่วงถนน 10 อันดับแรก	87

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
2.1 หน้าตัดโครงสร้างของถนนชนิดผิวทางยืดหยุ่น	4
2.2 หน้าตัดโครงสร้างของถนนชนิดผิวทางคอนกรีต	4
2.3 ความสัมพันธ์และลำดับของขั้นตอนกิจกรรม 6 กิจกรรมในการจัดการผิวทาง	7
2.4 ระดับของการจัดการผิวทาง	9
2.5 กิจกรรมต่าง ๆ ของระบบการจัดการผิวทาง	10
2.6 การไหลของข้อมูลที่ระดับหนึ่งของการจัดการผิวทาง	10
2.7 กรอบและระบบย่อยหลักของระบบการจัดการผิวทางที่สมบูรณ์	12
2.8 ช่วงถนนตัวแทนยาว 50 เมตร (Gauging length) สำหรับถนนผิวทางยืดหยุ่น	30
2.9 ช่วงถนนตัวแทนยาว 50 เมตร (Gauging length) สำหรับถนนผิวทางคอนกรีต	31
2.10 การใช้แฟ้มข้อมูลร่วมกันโดยระบบจัดการฐานข้อมูล	37
3.1 แบบฟอร์มการเก็บข้อมูลภาคสนาม	43
3.2 ตำแหน่งที่ตั้งถนนวิทย์วิถี	44
3.3 แผนผังขั้นตอนพิจารณาเลือกวิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสม	48
4.1 โครงสร้างของโปรแกรม PSUPMS	60
4.2 ระบบการทำงานของโปรแกรม PSUPMS	61
4.3 หน้าต่างการรับข้อมูลเกี่ยวกับสภาพทางกายภาพของช่วงถนน	64
4.4 หน้าต่างการรับข้อมูลเกี่ยวกับสภาพความเสียหายของช่วงถนน	64
4.5 หน้าต่างการค้นหาข้อมูลที่มีการบันทึกไว้แล้วของโปรแกรม PSUPMS	65
4.6 หน้าต่างการจัดลำดับก่อนหลังของการเลือกบำรุงรักษาช่วงถนนของโปรแกรม PSUPMS	66
4.7 หน้าต่างการเสนอแนะวิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสมและเป็นไปได้ของโปรแกรม PSUPMS	68
4.8 หน้าต่างการรายงานวิธีการบำรุงรักษาที่แนะนำของโปรแกรม PSUPMS	69
4.9 ตัวอย่างรายงานที่พิมพ์โดยเครื่องพิมพ์	70
4.10 หน้าต่างการแสดงผลทางแผนที่บนคอนโทรล OLE	72
4.11 หน้าต่างการแสดงแผนที่โดยโปรแกรม MapInfo Map	72
4.12 หน้าต่างแสดงความช่วยเหลือเกี่ยวกับการใช้โปรแกรม PSUPMS	73

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
4.13 ตัวอย่างฐานข้อมูลในโปรแกรม PSUPMS	74
4.14 ตารางฐานข้อมูลของโปรแกรม PSUPMS	75
6.1 รถสำรวจความเสียหายผิวทางด้วยกล้องดิจิจอล	92

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของการศึกษา :

การที่วิศวกรจะเลือกวิธีการบำรุงรักษาถนนให้เหมาะสมกับสภาพความเสียหายของผิวทางแต่ละโครงการ หรือจัดลำดับความสำคัญในการบำรุงรักษาผิวทางที่อยู่ในโครงข่ายเป็นสิ่งกระทำได้ไม่ง่ายนัก ถ้าวิศวกรผู้นั้นขาดประสบการณ์หรือความชำนาญที่เพียงพอก็อาจจะนำไปสู่การตัดสินใจที่ไม่เหมาะสมในการเลือกวิธีการบำรุงรักษาผิวทางและจัดลำดับความสำคัญก่อนหลังในการบำรุงรักษา ระบบที่ใช้ในการจัดการโครงข่ายถนนระบบหนึ่ง ซึ่งเป็นระบบที่ใช้ทั่วไปในหลาย ๆ ประเทศ เช่น ออสเตรเลีย อังกฤษ สหรัฐอเมริกา หรือแม้แต่ประเทศไทย คือระบบที่มีชื่อว่า Pavement Management System (PMS) ซึ่งผู้ศึกษาจะนำมาประยุกต์ใช้ให้สะดวกมากยิ่งขึ้นสำหรับการจัดการกับโครงข่ายถนนภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ เพื่อให้เกิดเป็นแนวทางในการกำหนดหลักเกณฑ์ในการประเมินสภาพผิวทางและการบำรุงรักษาผิวทางภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์อย่างเป็นระบบ เพราะปัจจุบันนี้งบประมาณแผ่นดินของมหาวิทยาลัยในหมวดค่าครุภัณฑ์ ที่ดินและสิ่งก่อสร้าง ได้ถูกตัดลงไปมาก และในเดือนสิงหาคม 2545 มหาวิทยาลัยคงต้องออกจากระบบราชการไปเป็นมหาวิทยาลัยในกำกับของรัฐบาล ทำให้การใช้จ่ายเงินงบประมาณต้องมีประสิทธิภาพมากกว่านี้ในทุก ๆ ส่วน รวมทั้งในเรื่องของการซ่อมแซมบำรุงรักษาผิวทาง เพราะการจัดการอย่างเป็นระบบจะทำให้ประหยัดงบประมาณ และสามารถใช้งบประมาณที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา :

1.2.1 เพื่อจัดเก็บข้อมูลทางกายภาพและอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องสำหรับการบำรุงรักษาถนนในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ในรูปแบบของฐานข้อมูล

1.2.2 เพื่อกำหนดวิธีการและหลักเกณฑ์ในการประเมินสภาพความเสียหายและการบำรุงรักษาผิวทางภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ศึกษาเฉพาะส่วนของการบำรุงรักษาผิวทาง โดยเน้นการพัฒนาหลักเกณฑ์การประเมินสภาพผิวทางคอนกรีต

1.3.2 ศึกษาเฉพาะกรณีผิวทางคอนกรีตเท่านั้น

1.3.3 เลือกใช้มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ เป็นกรณีศึกษา

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษา :

1.4.1 มีหลักเกณฑ์ในการประเมินสภาพผิวทางและการบำรุงรักษาพื้นผิวทางภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ที่ชัดเจน เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนงานเกี่ยวกับงานถนนภายในมหาวิทยาลัยต่อไป

1.4.2 มีฐานข้อมูลทางกายภาพและอื่น ๆ ของถนนภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ เพื่อใช้ประโยชน์ในงานที่เกี่ยวข้อง

1.4.3 เพื่อใช้เป็นส่วนประกอบในการพิจารณาจัดสรรเงินงบประมาณที่ต้องใช้ในการบำรุงรักษาถนนภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

1.4.4 เพื่อเป็นพื้นฐานในการประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจัดลำดับของการเลือกเส้นทางที่จะทำการบำรุงรักษาพื้นผิวทางคอนกรีตในที่อื่น ๆ

บทที่ 2

ทบทวนเอกสาร

2.1 กล่าวนำ

ทุกวันนี้การขนส่งมีหลายทาง ทั้งทางน้ำ ทางถนน ทางราง ทางอากาศ และทางท่อ มีอยู่ 2 ทางที่ไม่จำเป็นต้องใช้ผิวทาง (Pavement) นั่นคือ การขนส่งทางน้ำและการขนส่งทางท่อ นอกนั้นจำเป็นต้องใช้ผิวทางในการขนส่งทั้งหมดนอกเหนือจากทางถนนซึ่งชัดเจนแล้ว การขนส่งทางอากาศก็จำเป็นต้องใช้ผิวทางเป็นทางวิ่ง (Runways, Taxiways) และลานจอดเครื่องบิน (Parking aprons) ส่วนการขนส่งทางรางก็ต้องใช้ผิวทางในการรองรับรางในบางส่วน

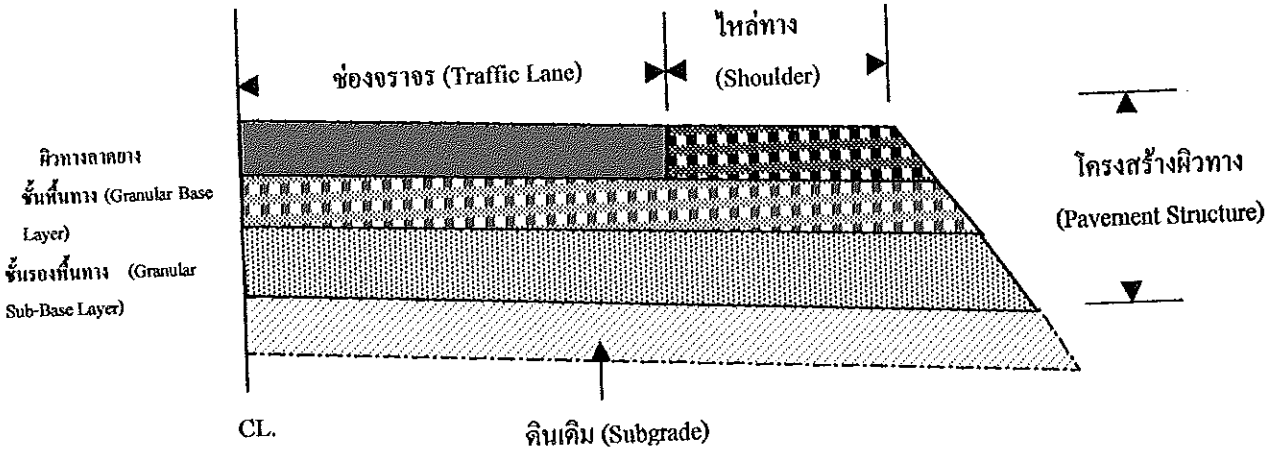
หน้าที่หลักของผิวทางสมัยใหม่ คือ รองรับปริมาณการจราจรได้อย่างปลอดภัย สะดวกสบาย และเกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีค่าใช้จ่ายต่ำสุด ดังนั้นจึงต้องมีวิธีการอย่างใดอย่างหนึ่งที่จะสามารถทำให้ผิวทางทำหน้าที่ได้ประสิทธิภาพสูงสุดและยาวนานที่สุด วิธีการนี้คือ ระบบการจัดการผิวทางตามประเภทของผิวทาง

2.2 ประเภทของผิวทางตามวิธีของ ราล์ฟฮาส และโรแนลด์ ฮัดสัน (Haas, R. and Hudson, R.W., 1978)

ปัจจุบันได้มีการกำหนดผิวทางไว้หลายประเภท เช่น ผิวทางชนิดแข็งเกร็ง ผิวทางชนิดยืดหยุ่น ผิวทางผสม ผิวทางแอสฟัลท์ ผิวทางลาดยาง ผิวทางคอนกรีต แต่โดยทั่วไปจะมีอยู่ 2 ประเภทที่เรียกกันทั่วไป คือ

1. ผิวทางชนิดยืดหยุ่น
2. ผิวทางชนิดแข็งเกร็ง

2.2.1 ผิวทางชนิดยืดหยุ่น คือ ถนนที่มีผิวหน้าลาดยาง และมีชั้น Base และ Subbase รองลงมา ดังภาพประกอบ 2.1

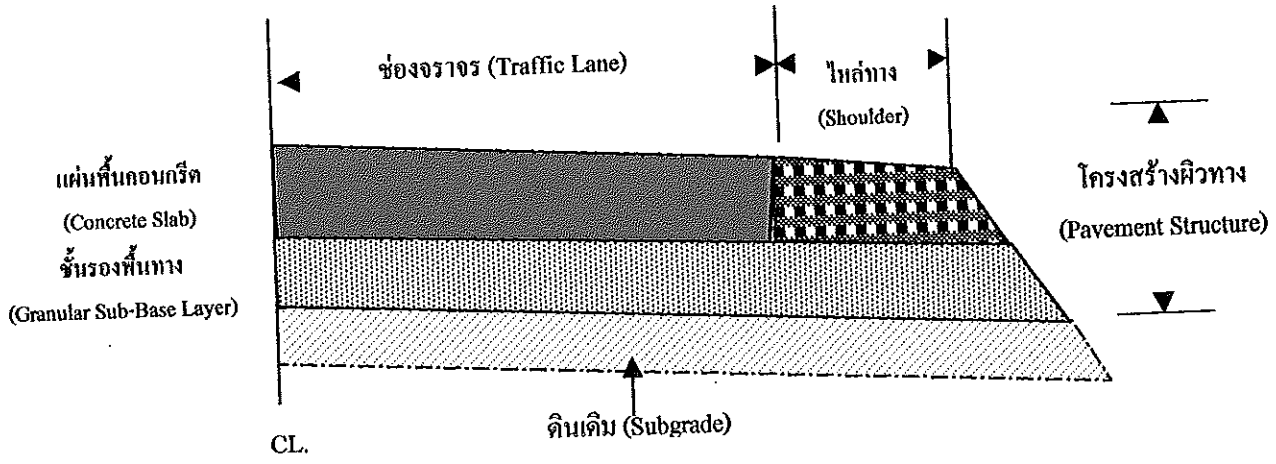


ภาพประกอบ 2.1 หน้าตัดโครงสร้างของถนนชนิดผิวทางยืดหยุ่น

2.2.2 ผิวทางชนิดแข็งเกร็ง มี 4 ประเภท ซึ่งมีสมมติฐานมาจากลักษณะการเสริมเหล็กและการถ่ายเทน้ำหนักภายในแผ่นพื้นคอนกรีต ประกอบด้วย ผิวทางชนิด

1. ไม่เสริมเหล็ก
2. เสริมเหล็กแบบมีรอยต่อระหว่างแผ่น
3. เสริมเหล็กแบบต่อเนื่อง
4. คอนกรีตอัดแรง

<u>ลักษณะโดยทั่วไปของถนนชนิดผิวทางแข็งเกร็ง</u> ดังภาพประกอบที่ 2.2



ภาพประกอบ 2.2 หน้าตัดโครงสร้างของถนนชนิดผิวทางแข็งเกร็ง

(1) ผิวทางแบบไม่เสริมเหล็ก มีลักษณะการวางแผ่นพื้นคอนกรีตไม่เสริมเหล็กเป็นแผ่น ๆ ต่อเนื่องกันโดยไม่มีการต่อเชื่อมรอยต่อระหว่างแผ่น แต่ในปัจจุบันถนนคอนกรีตแบบนี้มีใช้กันน้อยมาก เพราะไม่สามารถรองรับปริมาณการจราจรที่มาก ๆ ได้ และมีความแข็งแรงทนทานน้อยกว่าถนนคอนกรีตเสริมเหล็ก

(2) ผิวทางแบบเสริมเหล็กมีรอยต่อระหว่างแผ่น เป็นผิวทางคอนกรีตที่มีการเสริมเหล็กและมีการเชื่อมต่อรอยต่อ โดยใช้เหล็กเส้นเป็นตัวเชื่อมต่อระหว่างแผ่นคอนกรีตที่วางเรียงต่อกันตรงรอยต่อ (เหล็กเดือย) เพื่อวัตถุประสงค์ในการถ่ายน้ำหนักที่เกิดจากปริมาณการจราจรจากแผ่นที่รองรับน้ำหนักไปยังแผ่นข้างเคียง ซึ่งจะทำให้แผ่นพื้นคอนกรีตสามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้น และอีกวัตถุประสงค์หนึ่งก็เพื่อป้องกันการแตกร้าวที่จะเกิดกับคอนกรีตขยายตัวกว้างขึ้น

(3) ผิวทางแบบเสริมเหล็กต่อเนื่อง เป็นถนนคอนกรีตที่ไม่มีรอยต่อและการเสริมเหล็กจะเป็นแบบต่อเนื่องตลอดความยาวถนน

(4) ผิวทางแบบคอนกรีตอัดแรง เป็นลักษณะของถนนที่ทำแบบคอนกรีตอัดแรง ซึ่งถนนแบบนี้มีใช้ไม่มากนัก

2.3 ระบบการจัดการผิวทาง (Pavement Management Systems : PMS)

2.3.1 จุดประสงค์ของการจัดการผิวทาง

พิชัย ธานีรณานนท์ (2539) อธิบายจุดประสงค์ของการจัดการผิวทางไว้ว่า "ความสำคัญของการคมนาคมขนส่งที่มีต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศนั้น เป็นที่ยอมรับกันทั่วไป โดยเฉพาะการคมนาคมขนส่งทางถนน คิดเป็นร้อยละ 80 ของการคมนาคมทั้งหมดในประเทศไทย โครงข่ายถนนที่มีสมรรถภาพจึงเป็นสิ่งจำเป็น จุดประสงค์ของการจัดการผิวทางก็เพื่อช่วยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการตอบคำถามว่าวิธีการบำรุงรักษา (Maintenance) และการบูรณะ (Rehabilitation) แบบไหนที่ควรจะใช้ และจะทำเมื่อไรและที่ไหนภายใต้งบประมาณที่มีอยู่"

2.3.2 คำจำกัดความของระบบการจัดการผิวทาง

พิชัย ธานีรณานนท์ (2539) ให้คำจำกัดความระบบการจัดการผิวทางว่า "PMS เป็นเครื่องมือหรือวิธีการที่ช่วยให้ผู้มีอำนาจตัดสินใจ (Decision makers) ในการหากลยุทธ์ที่ดีที่สุด เพื่อการจัดหาและซ่อมบำรุงผิวทางให้อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดีตามระยะเวลาที่กำหนด"

หน้าที่ของ PMS คือ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตัดสินใจ ขยายขอบเขตให้กว้างขึ้น ให้ข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับผลของการตัดสินใจที่ได้ดำเนินการไปแล้ว อำนวยความสะดวกในการประสานกิจกรรมต่าง ๆ ภายในหน่วยงานและช่วยให้การตัดสินใจที่ระดับต่าง ๆ ภายในองค์กรเดียวกันเป็นไปในแนวเดียวกัน การจัดการผิวทางอาจแบ่งได้ 2 ระดับ ดังนี้

(1) การจัดการในระดับโครงข่าย (Network management level) ในระดับนี้จะมีการตัดสินใจด้านบริหารที่สำคัญที่จะมีผลต่อแผนงานที่เกี่ยวกับโครงข่ายถนน

(2) การจัดการในระดับโครงการ (Project management level) ในระดับนี้จะมีการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับทางด้านเทคนิคสำหรับแต่ละโครงการ

ระบบการจัดการผิวทาง สามารถอำนวยประโยชน์หลายอย่างต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการทาง ทั้งในระดับโครงข่าย และระดับโครงการ ที่สำคัญที่สุดคือ การคัดเลือกทางเลือกที่คุ้มค่า (Cost-effective alternatives) ไม่ว่าจะเป็นการก่อสร้างใหม่ การซ่อมแซมใหญ่หรือการบำรุงรักษา ระบบ PMS รวม สามารถช่วยฝ่ายบริหารให้ใช้งบประมาณอย่างคุ้มค่าที่สุด

ในระดับโครงข่าย ระบบการจัดการสามารถจัดหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแผนงานระดับประเทศ หรือจังหวัดในเรื่องแผนงานการก่อสร้างใหม่ การบำรุงรักษาและการบูรณะเพื่อให้การใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ได้ประโยชน์สูงสุด โดยการพิจารณาความจำเป็นของโครงข่ายทั้งหมด ระบบ PMS จะเปรียบเทียบผลตอบแทน และค่าใช้จ่ายของแผนงานต่าง ๆ ทำให้สามารถเลือกแผนงานที่มีค่าใช้จ่ายรวมน้อยที่สุด หรือมีผลตอบแทนสูงสุดตลอดช่วงเวลาที่เลือกมาวิเคราะห์

ในระดับโครงการ การออกแบบ การก่อสร้าง การบำรุงรักษา และการบูรณะ โดยวิธีต่าง ๆ จะได้รับการพิจารณาอย่างละเอียดสำหรับตอนใดตอนหนึ่งของเส้นทางหรือโครงการหนึ่งภายใต้แผนงานรวม ในทำนองเดียวกัน โดยการเปรียบเทียบผลตอบแทนและค่าใช้จ่ายของทางเลือกต่าง ๆ จะสามารถเลือกกลยุทธ์ที่ให้ผลตอบแทนตามต้องการได้ โดยใช้ค่าใช้จ่ายรวมที่ต่ำสุดในช่วงเวลาที่ทำการวิเคราะห์

เพื่อที่จะได้รับประโยชน์อย่างเต็มที่จากระบบการจัดการนี้ จำเป็นจะต้องมีการเก็บข้อมูลที่เหมาะสมจากทุกระดับของการจัดการ และปรับให้ทันสมัยเป็นระยะ เงื่อนไขในการตัดสินใจ และข้อจำกัดต่าง ๆ จะต้องกำหนดขึ้นให้ชัดเจนเท่าที่จะทำได้ ค้นหากลยุทธ์ต่าง ๆ และทำการพยากรณ์ผล และค่าใช้จ่ายของกลยุทธ์เหล่านี้ พัฒนาวิธีการในการหาคำตอบที่ดีที่สุด ซึ่งพิจารณารอบอายุการใช้งานของผิวทาง และยิ่งไปกว่านั้นการนำกิจกรรมด้านการจัดการเหล่านี้ไปใช้อย่างเหมาะสม และการใช้กลยุทธ์ที่ดีที่สุดซึ่งได้คัดเลือกแล้วนั้น เป็นสิ่งจำเป็นในการที่จะได้ผลตอบแทนอย่างเต็มที่

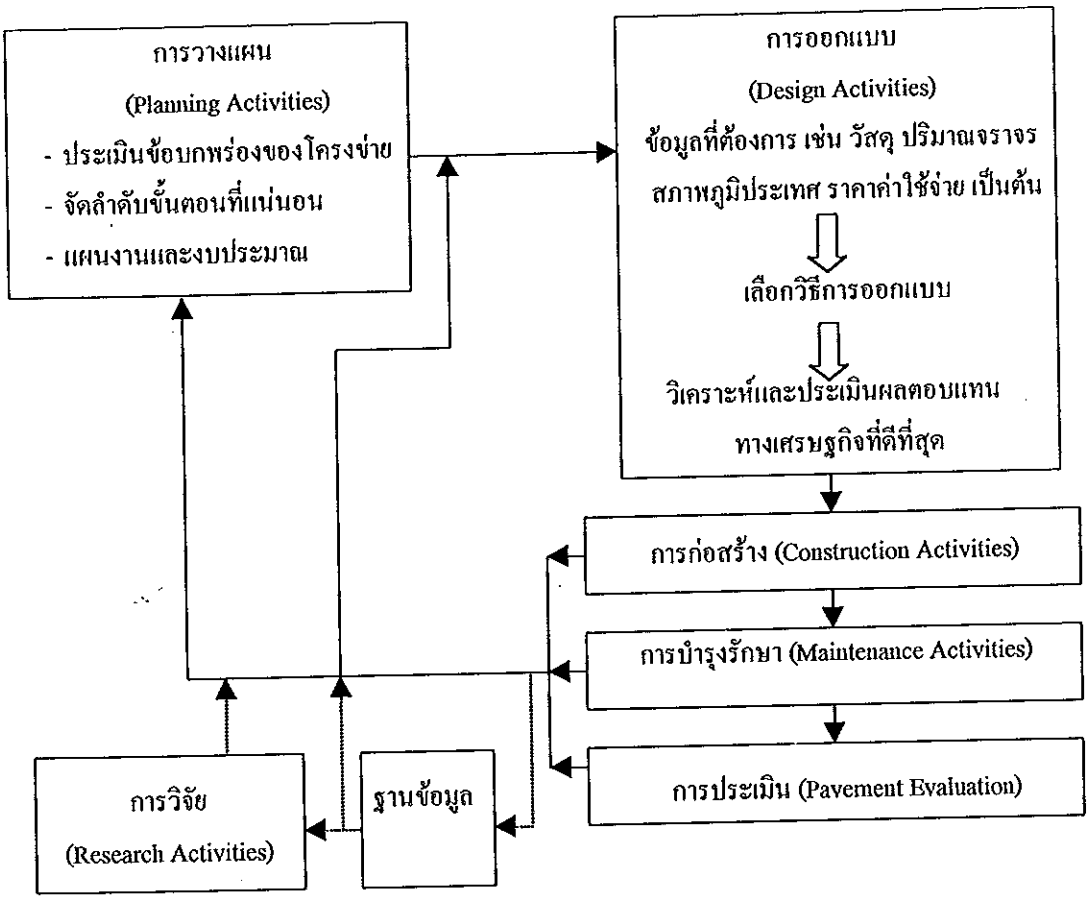
2.3.3 ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบการจัดการผิวทาง

ราล์ฟ ฮาส และโรแนลด์ ฮัดสัน (Haas, R. and Hudson, R.W., 1978) ได้กล่าวถึงกิจกรรมของระบบการจัดการผิวทางไว้ดังนี้

ระบบการจัดการผิวทาง ประกอบด้วยกิจกรรมดังนี้

1. การวางแผน (Planning)
2. การออกแบบ (Design)
3. การก่อสร้าง (Construction)
4. การบำรุงรักษา (Maintenance)
5. การประเมิน (Evaluation)
6. การวิจัย (Research)

ความสัมพันธ์และลำดับขั้นตอนของกิจกรรมทั้ง 6 กิจกรรม ดังภาพประกอบ 2.3



ภาพประกอบ 2.3 ความสัมพันธ์และลำดับของขั้นตอนกิจกรรม 6 กิจกรรม ในการจัดการผิวทาง (Haas, R. and Hudson, R.W., 1978)

ทั้ง 6 กิจกรรมมีความสัมพันธ์ต่อกัน และทุกกิจกรรมมีความสำคัญเท่าเทียมกัน อาจให้คำจำกัดความในแต่ละกิจกรรมได้ดังนี้

(1) การวางแผน

การวางแผน คือ การคาดการณ์ในสิ่งที่ขาดตกบกพร่องหรือการเสริมเกณฑ์มาตรฐานโครงข่ายในระบบให้ดีขึ้น และยังเป็นการจัดลำดับของกิจกรรมในการดำเนินงานต่าง ๆ เพื่อที่จะทำให้เกิดข้อผิดพลาดให้น้อยที่สุด รวมทั้งการพัฒนาแผนงานการทำงาน และการบริหารงบประมาณให้เหมาะสมกับงานที่ต้องทำ

(2) การออกแบบ

การออกแบบ คือ การกำหนดข้อกำหนดต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับโครงสร้างของถนน การกำหนดทางเลือกในการออกแบบ การวิเคราะห์ทางเลือกในการออกแบบ การประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์และการเลือกวิธีการออกแบบที่ดีที่สุดเหมาะสมที่สุด กิจกรรมการออกแบบนี้จะเป็นส่วนสำคัญและเชื่อมโยงไปถึงกิจกรรมอื่น ๆ ทุก ๆ กิจกรรมในระบบการจัดการผิวทาง

(3) การก่อสร้าง

การก่อสร้างเป็นกิจกรรมที่ต่อเนื่องจากการออกแบบ เป็นการนำข้อกำหนดต่าง ๆ ที่ระบุไว้ในการออกแบบมาทำให้เกิดเป็นรูปร่างทางกายภาพ ประกอบไปด้วยกิจกรรมต่าง ๆ คือ รายละเอียดของข้อกำหนด เอกสารสัญญา แผนการทำงาน การก่อสร้าง การควบคุมคุณภาพ ข้อมูลต่าง ๆ เหล่านี้จะถูกรักษาไว้ในฐานข้อมูล

(4) การบำรุงรักษา

การบำรุงรักษา คือ การบำรุงรักษาซ่อมแซมผิวทาง เมื่อถึงเวลาตามที่ได้วางแผนไว้และข้อมูลต่าง ๆ เหล่านี้จะถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูล

(5) การประเมิน

การประเมินเป็นอีกกิจกรรมหนึ่งของระบบการจัดการผิวทาง การประเมินจะต้องมีการวัดค่าต่าง ๆ ของผิวทาง เช่น ความสามารถในการรับน้ำหนักของโครงสร้างทาง (Structural capacity) ความขรุขระ (Roughness) ความเสียหาย (Distress) ความต้านการไถล (Skid resistance) ค่าต่าง ๆ ที่วัดได้เหล่านี้จะถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูลเพื่อที่จะใช้ในการตรวจสอบความสามารถในการทำงานของผิวทางให้ได้ประสิทธิผลเต็มที่ รวมถึงการใช้ในการวางแผนในการบูรณะซ่อมแซมผิวทาง การปรับปรุงเทคโนโลยีในการออกแบบ การก่อสร้าง และการบำรุงรักษาด้วย

ฐานข้อมูล เป็นส่วนหนึ่งในระบบการจัดการผิวทางซึ่งจะทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่ทำในกิจกรรมต่าง ๆ ทุก ๆ กิจกรรมในระบบการจัดการผิวทาง ข้อมูลเหล่านี้จะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการปรับปรุงแก้ไขและสนับสนุนกิจกรรมต่าง ๆ ในระบบการจัดการให้ดีขึ้น ทันสมัยขึ้น

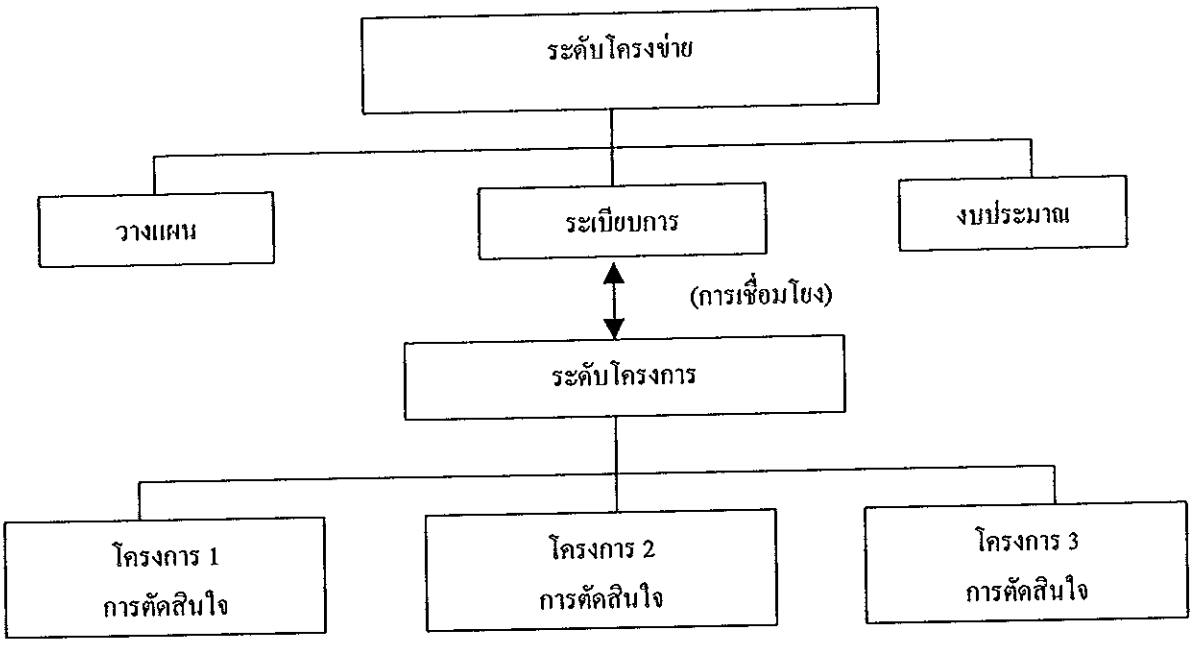
และเหมาะสมยิ่งขึ้น ฐานข้อมูลนี้สามารถบันทึกด้วยมือในกรณีระบบไม่ใหญ่มากนัก หรือใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยบันทึกในกรณีระบบใหญ่มากขึ้น

(6) การวิจัย

การวิจัยนับว่าเป็นส่วนสำคัญอีกส่วนหนึ่งของระบบการจัดการผิวทาง การวิจัยเริ่มมาจากปัญหาที่เกิดขึ้นจากการวางแผน การออกแบบ การก่อสร้าง การบำรุงรักษา และการประเมิน การวิจัยจะช่วยในการแก้ปัญหาต่าง ๆ เหล่านั้นได้

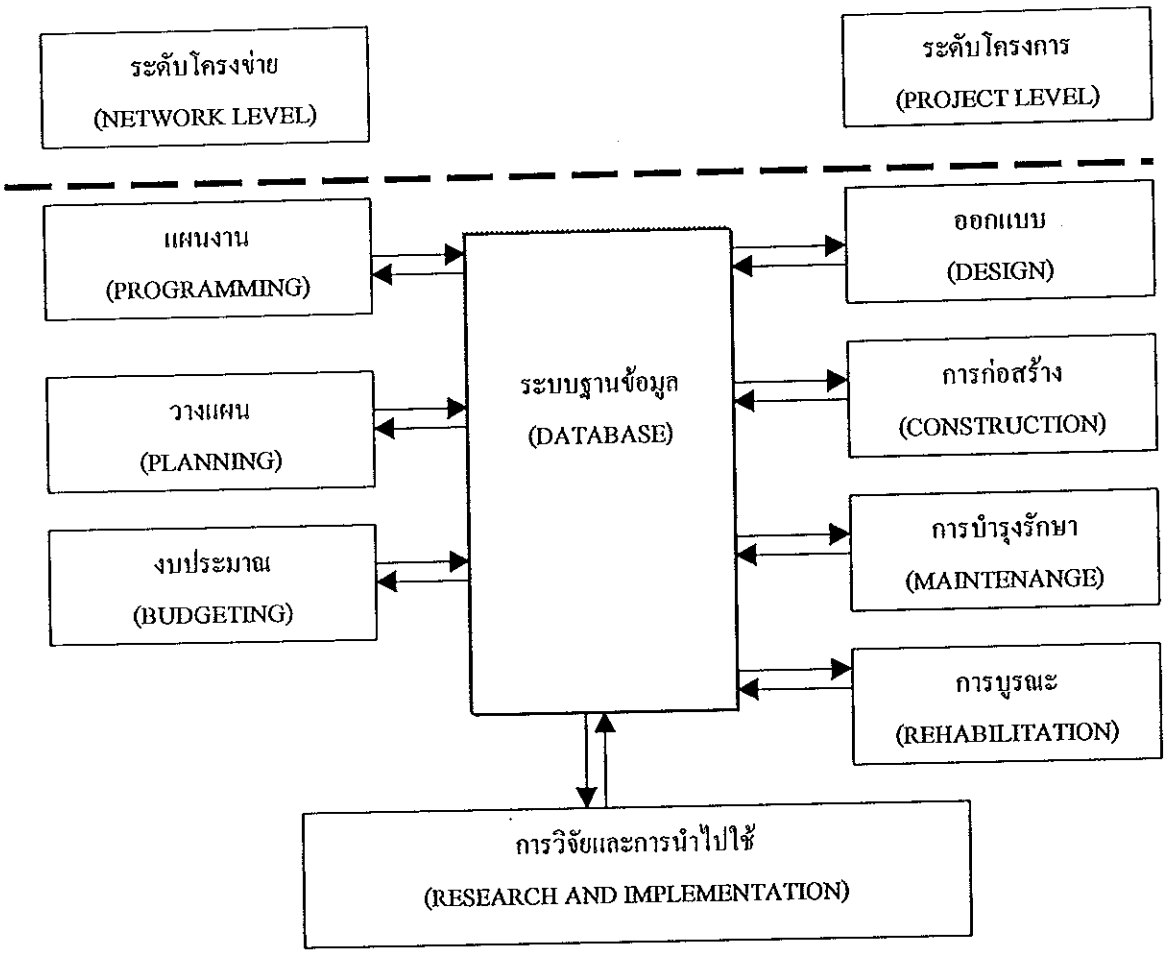
2.3.4 โครงสร้างของการจัดการผิวทาง

การจัดการผิวทาง มีอยู่ 2 ระดับ ดังแผนภูมิในภาพประกอบ 2.4

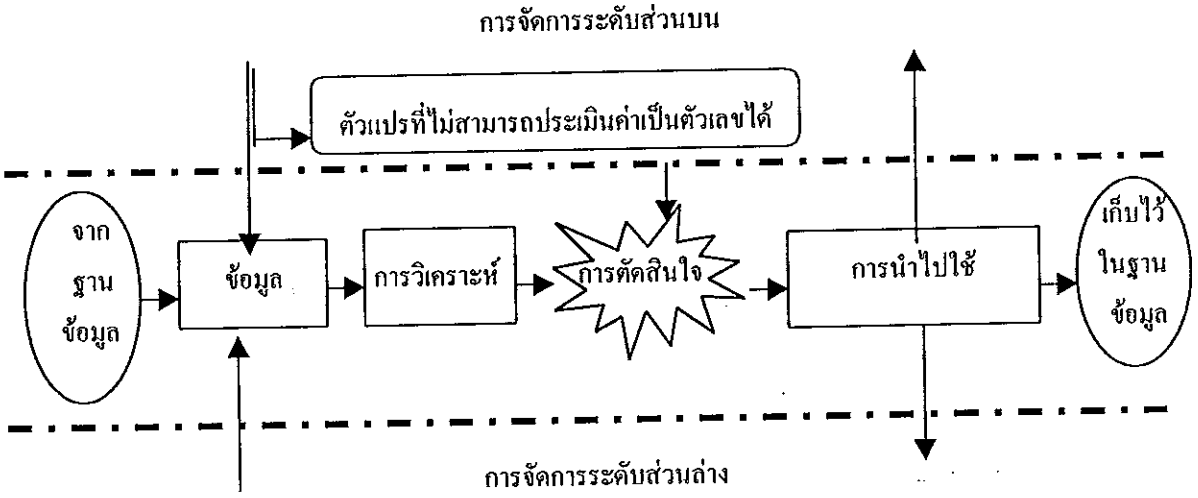


ภาพประกอบ 2.4 ระดับของการจัดการผิวทาง (พิชัย ธานีรณานนท์, 2539)

ภาพประกอบ 2.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมต่าง ๆ และระบบข้อมูลซึ่งเป็นทั้งแหล่งข้อมูลและที่เก็บข้อมูลย้อนกลับจากกิจกรรมแต่ละอย่าง การตัดสินใจในแต่ละระดับการจัดการ จำเป็นต้องใช้ข้อมูลที่ต่างกันทั้งประเภทและปริมาณ เกณฑ์ที่แตกต่างกัน และมีข้อจำกัดที่แตกต่างกัน ดังนั้นรายละเอียดของโครงสร้างของส่วนต่าง ๆ ของระบบรวบรวมก็จะมีความแตกต่างกันมากในแต่ละระดับและกิจกรรม แต่การไหลของข้อมูลหรือขั้นตอนของงานในแต่ละระดับนั้นจะเหมือนกัน ไม่ว่าจะเป็นระดับไหนและจะเหมือนกันสำหรับแต่ละกิจกรรมในระดับหนึ่ง ๆ ดังภาพประกอบ 2.6



ภาพประกอบ 2.5 กิจกรรมต่าง ๆ ของระบบการจัดการผิวทาง (พิชัย ธานีรณานนท์, 2539)

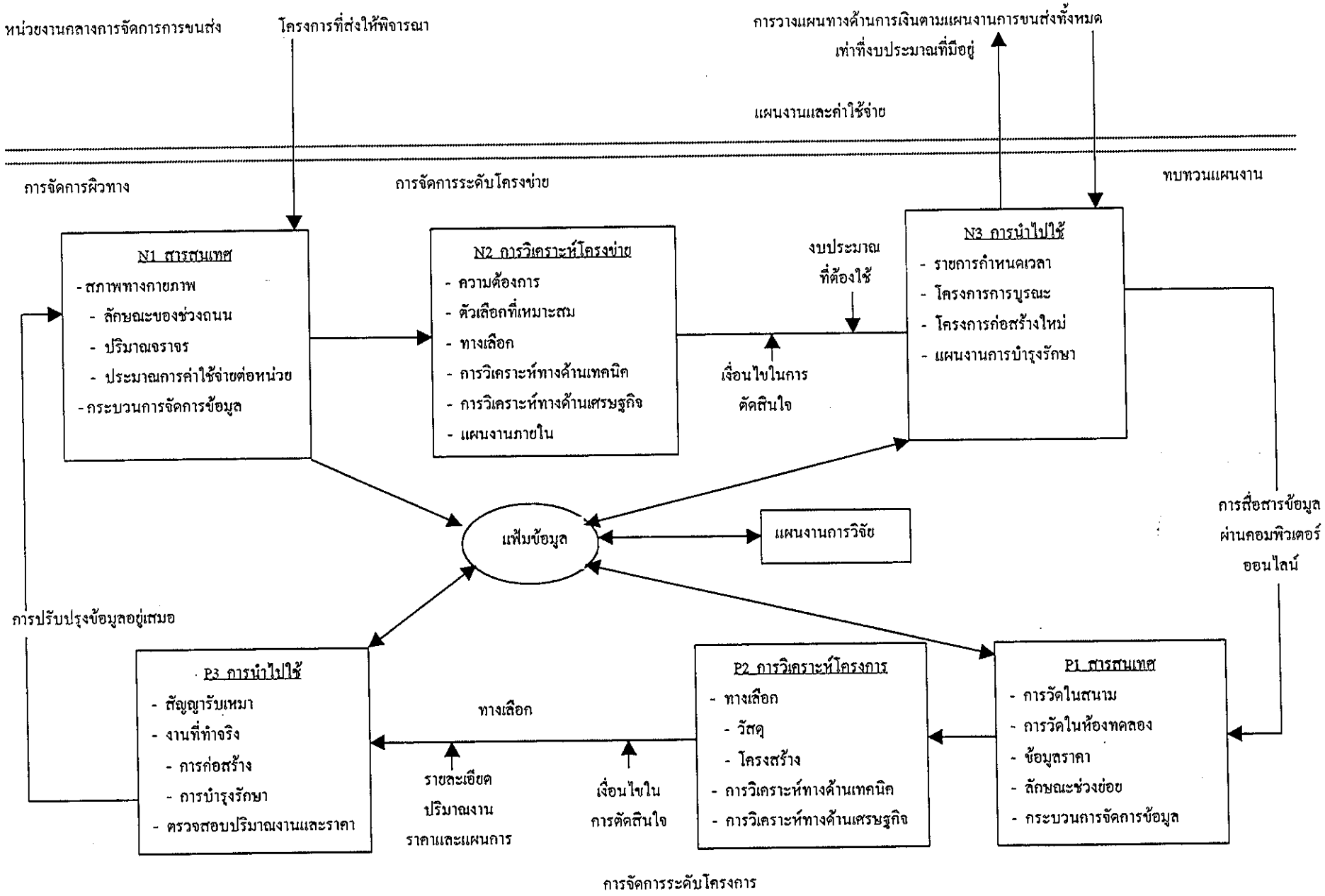


ภาพประกอบ 2.6 การไหลของข้อมูลที่ระดับหนึ่งของการจัดการผิวทาง (พิชัย ธานีรณานนท์, 2539)

จากภาพประกอบ 2.6 จะเห็นได้ว่า ในระบบการจัดการผิวทางจะมีระบบย่อยอยู่ 3 ส่วน ใหญ่ ๆ คือ

1. สารสนเทศ (Information)
2. การวิเคราะห์ (Analysis)
3. การดำเนินการ (Implementation)

ในการตัดสินใจจะต้องรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง และวิเคราะห์ผลที่ตามมาของทางเลือกที่มีอยู่โดยอาศัยข้อมูลนี้ จากผลการวิเคราะห์นี้ประกอบกับการพิจารณาข้อมูลส่วนอื่น ๆ ที่จำแนกเป็นตัวเลขไม่ได้ (เช่น ด้านการเมือง) และข้อจำกัดต่าง ๆ จะได้การตัดสินใจอย่างหนึ่ง เมื่อมีการตัดสินใจแล้วก็จะดำเนินการตามนั้น และบันทึกผลที่เกิดขึ้นจากการตัดสินใจไว้ในฐานข้อมูล แล้วส่งผ่านไปยังระดับการจัดการอื่น ๆ แนวคิดนี้ได้นำมาใช้ในระบบ PMS ทั้งสองระดับ



ภาพประกอบ 2.7 กรอบและระบบย่อยหลักของระบบการจัดการผิวทางที่สมบูรณ์ (พิชัย ธานีรณานนท์, 2539)

ภาพประกอบ 2.7 แสดงระบบย่อย 3 ระบบของการจัดการระดับโครงข่ายและอีก 3 ระบบย่อยของการจัดการระดับโครงการ นอกจากนั้นยังแสดงระบบย่อยไว้อีก 2 ส่วน คือ ข้อมูล และการศึกษาวิจัย ซึ่งครอบคลุมกิจกรรมของทั้งระดับโครงข่ายและโครงการ ยังมีกิจกรรมและเกณฑ์อีกหลายอย่างที่ไม่ได้แสดงไว้เป็นส่วนหนึ่งของระบบย่อย เช่น งบประมาณ ข้อจำกัด เกณฑ์ในการตัดสินใจ ฯลฯ ถึงแม้ว่าส่วนเหล่านี้จะเป็นส่วนสำคัญในการตัดสินใจ แต่จะใช้กับผลลัพธ์ของผลที่ได้จากระบบย่อยเท่านั้น ดังนั้นจะเป็นการดีกว่าที่จะแยกส่วนเหล่านี้ออกมา กิจกรรมต่าง ๆ ที่ใส่ไว้ในภาพประกอบที่ 2.7 ยังไม่สมบูรณ์ แต่มีไว้เพื่อการสาธิตเท่านั้น

ระบบย่อยของข้อมูล (Information subsystem)

ระบบย่อยนี้เกี่ยวข้องกับการเก็บข้อมูลที่จำเป็นในการที่จะระบุสภาพที่เป็นอยู่ของโครงข่ายทั้งหมด ข้อมูลเกี่ยวกับการจราจร และแฟคเตอร์อื่น ๆ การประมวลข้อมูล ฯลฯ กิจกรรมที่สำคัญ และประเภทของข้อมูลที่เก็บ รวมถึงสิ่งต่อไปนี้

(ก) การพิจารณาว่าลักษณะความเสียหายใดของผิวทางที่ควรจะทำการวัด และข้อมูลประเภทใดที่จำเป็นต้องมี

(ข) การค้นหาช่วงของถนนที่มีลักษณะเหมือนกันในโครงข่าย

(ค) ลักษณะทางเรขาคณิตและอื่น ๆ ของช่วงต่าง ๆ ของถนน

(ง) การนับหรือการประมาณการปริมาณจราจร จำนวนอุบัติเหตุ

(จ) การวัดค่าในสนามของความสามารถในการรับน้ำหนัก คุณภาพของผิวทางในการขับขี่ สภาพของผิวถนน ความต้านการไถล ฯลฯ

(ฉ) การประมาณหน่วยราคาค่าก่อสร้าง ค่าซ่อมบำรุง และค่าบำรุงรักษา

(ช) การสำรวจทรัพยากรที่มีอยู่ (วัสดุ ขีดความสามารถของผู้รับเหมา เครื่องจักร ฯลฯ)

(ซ) การค้นหาเกณฑ์ที่ต้องการในเรื่องคุณภาพขั้นต่ำของผิวทางในการขับขี่ ค่าขั้นต่ำของความต้านทานการไถล ฯลฯ

(ฌ) การสำรวจดูว่ามีโครงการ หรืองานปรับปรุงอะไรบ้าง ที่ได้รับอนุมัติแล้วจากโปรแกรมด้านทางหลวง สนามบินและการขนส่ง เช่น โครงการปรับปรุงความขุ หรือรูปทรงเรขาคณิตของถนน ซึ่งมีผิวทางเป็นส่วนประกอบส่วนหนึ่งของโครงการใหญ่

(ญ) ข้อมูลจากโครงการที่ก่อสร้าง และจากการบำรุงรักษาที่ทำไปแล้ว

(ฎ) การประมวลข้อมูล เพื่อป้อนเข้าสู่ระบบย่อยของการวิเคราะห์โครงข่าย และเพื่อส่งต่อไปยังแฟ้มข้อมูล

การปรับข้อมูลต่าง ๆ ที่กล่าวข้างต้นให้ทันสมัยเป็นสิ่งจำเป็น

ระบบย่อยของการวิเคราะห์โครงข่าย (Network analysis subsystem)

หน้าที่สำคัญของระบบย่อยนี้ คือ การพิจารณาการปรับปรุงผิวทางและความจำเป็นในการบำรุงรักษา พร้อมกับทำโปรแกรมการซ่อมบำรุง การก่อสร้างใหม่ และการบำรุงรักษา โดยการทำกิจกรรมต่อไปนี้

(ก) การค้นหาความจำเป็นและส่วนที่จะต้องปรับปรุงจากระบบย่อยของข้อมูล

(ข) การสร้างทางเลือกสำหรับโครงการที่กำลังพิจารณา หรือส่วนที่จะบำรุงรักษา เช่น ประเภทต่าง ๆ ความหนาต่าง ๆ เวลาที่สมควรทำการก่อสร้างใหม่

(ค) การคัดเลือก ช่วงเวลาสำหรับการวิเคราะห์โปรแกรม อัตราปรับลดดอกเบี้ย (Discount rate) ระดับคุณภาพของผิวทางในการขับขี่ ฯลฯ เพื่อการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์และเทคนิคและค้นหาพื้นฐานสำหรับใช้ในการตัดสินลำดับก่อนหลังของโปรแกรม (เช่น พิจารณาเฉพาะผลตอบแทนสูงสุด หรือค่าใช้จ่ายต่ำสุด)

(ง) การวิเคราะห์ทางเทคนิคของแต่ละทางเลือกในรูปแบบของการประเมินผลการใช้งาน โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

(จ) การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของแต่ละทางเลือก ในรูปของการคำนวณค่าใช้จ่ายและผลตอบแทน

(ฉ) การริเริ่มแผนงานสำหรับการก่อสร้างใหม่ การซ่อมบำรุง และการบำรุงรักษาและคัดเลือกที่ดีที่สุด โดยพิจารณาเกี่ยวกับผลตอบแทน หรือตามลำดับที่จัดไว้

ระบบย่อยของการดำเนินการ (Implementation subsystem)

การดำเนินการเกิดขึ้นหลังจากที่ได้ใช้เกณฑ์การตัดสินใจ และพิจารณาข้อจำกัดทางด้านงบประมาณ ระบบย่อยจะลำดับโปรแกรม และตารางเวลาขั้นสุดท้ายสำหรับโครงการก่อสร้างใหม่ และโครงการซ่อมบำรุงต่าง ๆ ในช่วงเวลาที่วิเคราะห์ บวกกับโปรแกรมบำรุงรักษาประจำปี

2.3.5 ข้อพิจารณาที่สำคัญในการใช้แนวคิดของระบบการจัดการผิวทางแบบเบ็ดเสร็จสมบูรณ์

ข้อพิจารณาหลัก ๆ มีดังนี้

(1) ความจำเป็นที่จะต้องมีคำจำกัดความที่แน่นอน และเข้าใจง่ายในเรื่องของการจัดการผิวทาง แต่ขณะเดียวกันไม่ควรจะจำกัดเกินไปจนการปฏิบัติหรือวิธีบางอย่างถูกจำกัดออกไป

(2) ความจำเป็นที่จะต้องมีบุคลากรที่มีคุณวุฒิที่เหมาะสมกับกิจกรรมต่าง ๆ ของการจัดการผิวทาง เช่น เศรษฐศาสตร์ การวิเคราะห์โครงสร้างการวิจัย คอมพิวเตอร์ สถิติ ฯลฯ

(3) ความจำเป็นในการใช้และนิยามความหมายของแฟคเตอร์ที่เกี่ยวกับการใช้โครงสร้างและผลการใช้งานของผิวทาง

(4) กลไกที่ดีในการเชื่อมระหว่างระดับนโยบายของการจัดการขนส่ง และการจัดการผิวทางในระดับโครงข่าย และการเชื่อมโยงที่ประสานอย่างเหมาะสมระหว่างระดับโครงข่าย และระดับโครงการของการจัดการผิวทาง

(5) กลไกที่พัฒนาอย่างดีสำหรับเชื่อมโยงระหว่างการจัดการด้านบำรุงรักษากับด้านอื่น ๆ ของการจัดการผิวทาง

2.3.6 เหตุผลในการใช้ Pavement Management System (PMS)

การที่วิศวกรจะเลือกวิธีการบำรุงรักษาถนนให้เหมาะสมกับสภาพความเสียหายของผิวทางแต่ละโครงการ หรือช่วงถนน หรือจัดลำดับความสำคัญในการบำรุงรักษาผิวทาง ที่อยู่ในโครงข่ายถนนในความรับผิดชอบของตนเองนั้น เป็นสิ่งกระทำได้ไม่ง่ายนัก ถ้าวิศวกรผู้นั้นขาดประสบการณ์หรือความชำนาญที่เพียงพอ และอาจจะนำไปสู่การตัดสินใจที่ผิดพลาดในการเลือกวิธีการบำรุงรักษาผิวทางและจัดลำดับความสำคัญก่อน/หลังในการบำรุงรักษา

ดังนั้นระบบการจัดการผิวทางจึงเป็นสิ่งที่สำคัญและสามารถช่วยวิศวกรในการตัดสินใจเลือกวิธีการบำรุงรักษาผิวทางและจัดลำดับความสำคัญของโครงการทั้งหมดในโครงข่ายถนนที่จะต้องทำการบำรุงรักษา

2.3.7 ขั้นตอนการทำ PMS ในส่วนของการบำรุงรักษา

อาจแยกได้เป็นข้อ ๆ ดังนี้

(1) การรวบรวมข้อมูลและประวัติของถนนแต่ละโครงการที่สำคัญที่สุดของระบบ PMS คือ ฐานข้อมูล ซึ่งจะประกอบด้วยประวัติของถนนแต่ละโครงการ ตั้งแต่วันเริ่มต้นการก่อสร้าง วันสิ้นสุดการก่อสร้าง วันเปิดใช้งาน ประวัติการซ่อมบำรุงแต่ละครั้ง ข้อมูลทางด้านกายภาพและโครงสร้างของถนน เช่น ค่า CBR ของดินคันทาง ความกว้างของผิวทาง ความกว้างของไหล่ทาง ประเภทของผิวทาง ประเภทของไหล่ทาง เป็นต้น ซึ่งข้อมูลเหล่านี้มีความจำเป็นมากในการที่จะวิเคราะห์และทำนายสภาพผิวทางเพื่อการวางแผนการบำรุงรักษาในอนาคตต่อไป

(2) การสำรวจสภาพของพื้นผิวถนนจริง คือ การออกไปสำรวจสภาพของพื้นผิวถนนที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน โดยผู้ชำนาญการทางด้านนี้โดยเฉพาะ หรือผู้ที่มีประสบการณ์ทางด้านนี้เพียงพอ ในขั้นตอนนี้จะมีวิธีการให้คะแนนของสภาพพื้นผิวถนนในแต่ละสภาวะที่แตกต่างกันไป เช่น รอยแตกแบบต่าง ๆ ความเสียหายที่บริเวณรอยต่อ เป็นต้น ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจในสนามนี้จะเป็นส่วนสำคัญที่ใช้ในการพิจารณาเลือกวิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสมกับสภาพความเสียหายของพื้นผิวถนนในแต่ละช่วง วิธีในการสำรวจสภาพถนนอาจทำได้หลายวิธี เช่น สำรวจโดยคน สำรวจโดยใช้เครื่องมืออัตโนมัติ ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับความพร้อมหรือความเหมาะสมของแต่ละพื้นที่

(3) การวิเคราะห์ข้อมูล หลังจากที่ได้ข้อมูลการสำรวจสภาพผิวทางในสนามแล้ว ก็จะนำข้อมูลสนามมาทำการวิเคราะห์ โดยอาจจะมีการให้น้ำหนักของคะแนนของแต่ละสภาพความเสียหายของผิวทางตามความสำคัญ แล้วคิดคะแนนรวม หรืออาจจะคิดคะแนนรวมเลย หลังจากนั้นก็จะนำคะแนนที่ได้ไปกำหนดวิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสมต่อไป

(4) การเลือกวิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสม

การเลือกวิธีการบำรุงรักษาอาจพิจารณาได้จาก 2 องค์ประกอบ (Factor) ดังนี้

ก. องค์ประกอบที่มีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการทำงานของผิวทางเช่น ความฝืดของผิวทาง ความเสียหายในการขับขี่ รวมถึงสภาพความเสียหาย ที่ตั้งของผิวทาง (ที่ราบ ภูเขา) ความเร็วของการจราจร ปริมาณการจราจร และการระบายน้ำ

ข. องค์ประกอบที่เกี่ยวกับความสามารถในการทำการบำรุงรักษาเพื่อที่จะทำให้ผิวทางใช้งานได้ตลอดเวลา เช่น การบำรุงรักษาตามกำหนดเวลา และตามเงินงบประมาณที่มีอยู่

อย่างไรก็ตาม วิธีการบำรุงรักษาผิวทางวิธีหนึ่งอาจใช้ในการบำรุงรักษาสภาพความเสียหายของพื้นผิวถนนได้หลายประเภท และสภาพความเสียหายของผิวทางบางประเภทก็อาจจะมีวิธีการบำรุงรักษาได้หลายวิธีเช่นกัน ถ้าเป็นกรณีที่มีวิธีการบำรุงรักษาวิธีเดียวก็ไม่มีปัญหา สามารถใช้ระดับของคะแนนที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลสนามเป็นตัวกำหนดวิธีการบำรุงรักษาได้โดยตรง แต่ถ้าเป็นกรณีที่มีวิธีการบำรุงรักษาหลาย ๆ วิธีต่อหนึ่งสภาพความเสียหาย ก็จะต้องพิจารณาจากหลาย ๆ องค์ประกอบของแต่ละวิธีเพื่อที่จะเลือกวิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสมที่สุด โดยอาจจะพิจารณาจากความยากง่ายในการทำงาน เครื่องมือที่มีอยู่ จากผลลัพธ์ที่ได้หลังจากการทำวิธีการบำรุงรักษานั้น ๆ เช่น ประสิทธิภาพในการทำหน้าที่ของผิวทาง ประสิทธิภาพของโครงสร้างของผิวทาง อายุการใช้งาน หรืออาจจะพิจารณาเรื่องของราคาค่าใช้จ่ายด้วย ซึ่งอาจจะใช้หลักเกณฑ์ในการเลือกวิธีการบำรุงรักษาที่แตกต่างกันไปตามความเหมาะสม

(5) การจัดลำดับความสำคัญก่อน/หลังของโครงการในโครงข่ายถนน

เมื่อได้วิธีการบำรุงรักษาพื้นผิวถนนที่เหมาะสมสำหรับแต่ละโครงการหรือแต่ละช่วงถนนแล้ว ก็จะต้องมีการจัดลำดับความสำคัญก่อนหลังของโครงการหรือช่วงถนนในโครงข่ายถนนที่จะทำการบำรุงรักษา ทั้งนี้ ก็เพื่อให้ทุกโครงการหรือทุกช่วงถนนได้รับการบำรุงรักษาที่ถูกต้องทันเวลา ทำให้การใช้เงินงบประมาณเกิดประสิทธิผลมากที่สุด และยืดอายุการใช้งานของถนนออกไปให้ยาวนานที่สุด เพื่อให้ผิวทางมีประสิทธิภาพในการทำงานหรือความสามารถในการให้บริการที่ดีอยู่เสมอ ถ้าไม่มีการจัดลำดับความสำคัญก่อนหลังของโครงการในโครงข่ายถนนแล้ว การเลือกโครงการหรือช่วงถนนที่จะต้องทำการบำรุงรักษานั้นจะเป็นไปโดยไม่มีกฎเกณฑ์ในการพิจารณา ซึ่งจะนำไปสู่การบำรุงรักษาที่ผิดเวลาและสิ้นเปลืองงบประมาณ ในบางครั้งการจัดลำดับ

ก่อนหลัง อาจจะไม่ได้พิจารณาถึงประสิทธิภาพการทำงานหรือความสามารถในการให้บริการเพียงอย่างเดียว แต่อาจจะพิจารณาถึงผลตอบแทนทางเศรษฐกิจเป็นหลักสำคัญก็ได้ ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขต่าง ๆ และผู้จัดลำดับ

(6) คำนวณงบประมาณรายจ่าย

การคำนวณงบประมาณรายจ่ายทั้งหมดในแต่ละปีจะคำนวณจากผลรวมของค่าใช้จ่ายในการทำการบำรุงรักษาของทุกโครงการหรือทุกช่วงถนนที่ได้จัดลำดับความสำคัญก่อนหลังไว้แล้ว จากข้อมูลการจัดลำดับความสำคัญก่อนหลัง เราสามารถทราบได้ว่าในแต่ละปีจะต้องทำการบำรุงรักษาโครงการหรือช่วงถนนใดบ้างและทำส่วนใดก่อนส่วนใดหลัง หรือถ้ามีงบประมาณที่จำกัดในแต่ละปี ก็จะทราบได้ว่าสามารถทำการบำรุงรักษาโครงการหรือช่วงถนนใดได้บ้างภายในงบประมาณที่กำหนด

(7) การดำเนินการ

การนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้ง 6 ขั้นตอนที่กล่าวแล้วมาดำเนินการให้เป็นรูปธรรม เพื่อให้เกิดประโยชน์กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องมากที่สุด และจะนำไปสู่การพัฒนาระบบ PMS ให้ดียิ่งขึ้น เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2.4 ระบบการบริหารงานบำรุงทางของกรมทางหลวง ประเทศไทย (Thailand Pavement Management System, TPMS)

2.4.1 กล่าวนำระบบ TPMS

กรมทางหลวงได้นำระบบบริหารงานบำรุงทางมาใช้ในงานบำรุงทางครั้งแรกในปี 2527 โดยการช่วยเหลือของธนาคารโลก ระบบที่นำมาใช้คือระบบ Burrow and Snaith Maintenance System (BSM) จากประเทศอังกฤษ พัฒนาโดยบริษัท John Burrow and Partners ในขณะเดียวกันปี 2527 กรมทางหลวงร่วมกับ UK Transportation and Road Research Laboratory (TRRL)* ได้จัดทำโครงการวิจัยเรื่องการศึกษาความเสียหายของถนน (Road deterioration study) เพื่อศึกษาถนนชนิดต่าง ๆ ในประเทศไทย โดยเลือกถนน 24 เส้นทางทั่วประเทศ แล้วรวบรวมข้อมูลความเสียหายและประวัติการซ่อมบำรุงเพื่อศึกษาติดตามพฤติกรรมของถนนตามสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศที่แตกต่างกัน แล้วนำข้อมูลจากทั้งสองแหล่งมาร่วมใช้งาน โดยการดำเนินงานในครั้งแรกได้มีการทดลองและพัฒนาปรับปรุงระบบให้เข้ากับสภาพของถนนและการจราจรในประเทศไทยที่แขวงการทางอยุธยา และกองบำรุงทาง กรมทางหลวงได้นำมาใช้ในงานบำรุงทางทั่วประเทศในปี 2530 โดยเรียกระบบบริหารงานบำรุงทางนี้ว่า ระบบ TPMS (Thailand Pavement Management System)

* TRRL ปัจจุบันคือ TRL (TRANSPORT RESEARCH LABORATORY)

ระบบ TPMS ซึ่งพัฒนามาจากระบบ BSM นั้น จะแนะนำวิธีการซ่อมบำรุงทางและจัดลำดับความสำคัญ โดยพิจารณาจากปริมาณความเสียหาย ลักษณะความเสียหายและปริมาณการจราจร ในขณะที่การวางแผนงานบูรณะก่อสร้างทางโดยกองวางแผน จะพิจารณาจากการศึกษาความเหมาะสมทางด้านเศรษฐกิจ ทำให้วิธีการกำหนดแผนงานของหน่วยงานทั้งสองไม่สอดคล้องกัน จึงไม่อาจจะพิจารณากำหนดวงเงินที่เหมาะสมในการจัดสรรงบประมาณให้แก่งานบูรณะและงานบำรุงทางได้ ต่อมาในปี 2532 กรมทางหลวงโดยการช่วยเหลือของธนาคารพัฒนาแห่งเอเชีย (ADB) ได้ว่าจ้างบริษัท N.D. Lea International Limited เพื่อทำการปรับปรุงระบบ TPMS ให้สามารถพิจารณาวงเงินงบประมาณความต้องการในการซ่อมบำรุงทางโดยพิจารณาจากความเหมาะสมทางด้านเศรษฐกิจ แทนการพิจารณาจากความเสียหายของทางอย่างเดียว ซึ่งบริษัท N.D. Lea ได้ดำเนินการโดยนำระบบ HDM-III พัฒนาโดยธนาคารโลก มาปรับปรุงใหม่ให้เหมาะสมสอดคล้องกับสภาพของถนนในประเทศไทย ทั้งนี้บริษัท N.D. Lea ได้นำผลการศึกษาจากโครงการวิจัยเรื่องการศึกษาความเสียหายของถนนที่กรมทางหลวงดำเนินการร่วมกับ TRRL ตั้งแต่ปี 2527 มาใช้ในการปรับเปลี่ยนการทำนายพฤติกรรมของถนนตามระบบ HDM-III ได้มาจากผลการศึกษาที่ธนาคารโลกดำเนินการในประเทศ บราซิล อินเดีย เป็นต้น และได้ทดลองใช้ระบบกับสภาพถนนจริงในพื้นที่ของแขวงการทางฉะเชิงเทราและแขวงการทางชลบุรี เพื่อปรับวิธีการเสนอแนะวิธีการซ่อมบำรุงที่เหมาะสมให้ตรงกับการซ่อมบำรุงของกรมทางหลวง และได้นำเสนอระบบ TPMS Budgeting Module ให้กรมทางหลวงเพื่อใช้ในการวางแผนงานบำรุงทาง ซึ่งกองบำรุงได้นำระบบนี้มาใช้ในทุกสำนักทางหลวงตั้งแต่ปี 2537 เป็นต้นมา

2.4.2 การดำเนินการระบบบริหารงานบำรุงทาง

การบริหารงานบำรุงทางตามระบบ TPMS มีขั้นตอนการดำเนินงาน แบ่งได้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

(1) การรวบรวมข้อมูล

การรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วยข้อมูลลักษณะทาง (Road inventory) และข้อมูลสภาพทาง (Road collection) โดยมีรายละเอียดดังนี้

ก. ข้อมูลลักษณะทาง

ขั้นตอนในการเก็บข้อมูลลักษณะทางเริ่มต้นโดยการแบ่งทางหลวงออกเป็นช่วงใหญ่ (Section) ช่วงละ 1 กิโลเมตร ใช้ตามหลักกิโลเมตรเดิมที่มีอยู่ ในแต่ละช่วงใหญ่แบ่งออกเป็นช่วงย่อย (Subsection) ช่วงละประมาณ 200 เมตร ช่วงย่อยนี้จะเป็นฐานข้อมูลหลักในระบบ TPMS ทั้งหมด ข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทางในด้านวิศวกรรมและปริมาณการจราจร (Engineering and Traffic Characteristics) ของแต่ละช่วงย่อย เช่น ความยาวของช่วงย่อย ความกว้าง

ของผิวจราจรและไหล่ทาง ชนิดของพื้นทาง ปริมาณการจราจร เป็นต้น จะดำเนินการสำรวจโดยหน่วยสำรวจภาคสนาม (Field Survey Team, FST) ของแต่ละหมวดการทาง โดยกรอกข้อมูลลงในแบบฟอร์มการสำรวจทางตามระบบ TPMS ดังภาพประกอบ ก.2 ในภาคผนวก ก. หลังจากนั้นข้อมูลการสำรวจสภาพทางในแต่ละสายทางของทุกหมวดการทางก็จะรวบรวมส่งให้กับสำนักทางหลวง เพื่อนำไปบันทึกลงในแฟ้มข้อมูลหลัก (Area Master File) ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่อไป

ข ข้อมูลสภาพทาง

หน่วยสำรวจภาคสนามจะดำเนินการสำรวจเก็บข้อมูลสภาพทาง เช่น ความเสียหายหนัก (Major deterioration) ความเสียหายเบา (Minor deterioration) ร่องล้อ (Rutting) ความเสียหายที่ขอบผิวทาง (Edge deterioration) เป็นต้น ตามแบบฟอร์มที่ 4 ของ TPMS ดังภาพประกอบ ก.3 ในภาคผนวก ก โดยใช้เครื่องมือพื้นฐาน เช่น เทปวัด ไม้บรรทัด (Straight edge) ลิ่มวัด (Wedge) เป็นต้น เมื่อสำรวจข้อมูลได้แล้ว จะรวบรวมนำส่งสำนักทางหลวงเพื่อบันทึกลงคอมพิวเตอร์ การสำรวจสภาพทางนี้นอกจากการสำรวจด้วยหน่วยสำรวจภาคสนาม ซึ่งเป็นการสำรวจด้วยการสังเกตโดยอาศัยความชำนาญของผู้สำรวจเป็นหลักแล้ว (Visual inspection) ในบางครั้งจำเป็นต้องทำการสำรวจเพิ่มเติมโดยอาศัยเครื่องมือวัดที่แน่นอนเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ละเอียดมากขึ้น โดยจะมีหน่วยประเมินผลสภาพทาง (Field Evaluation Unit, FEU) ออกไปดำเนินการสำรวจอีกครั้งโดยใช้เครื่องมือวัด เช่น Benkelman beam, Dynamic cone penetrometer หรือ Pendulum tester เป็นต้น

(2) การวิเคราะห์วิธีการซ่อมบำรุง

เมื่อข้อมูลความเสียหายที่สำรวจโดยหน่วยสำรวจภาคสนาม ได้บันทึกในคอมพิวเตอร์แล้ว ระบบ TPMS จะทำการวิเคราะห์หาวิธีการซ่อมบำรุง โดยการคำนวณพื้นที่ของความเสียหายแต่ละชนิดเป็นเปอร์เซ็นต์ แล้วนำไปเปรียบเทียบกับระดับความเสียหายสูงสุดตามเกณฑ์มาตรฐาน (Intervention level) ของแต่ละชนิดความเสียหายที่ได้กำหนดไว้ตามมาตรฐานของระบบ TPMS ดังภาคผนวก ก จากนั้นระบบก็จะแนะนำวิธีการซ่อมบำรุงในแต่ละช่วงย่อย (Subsection) เกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้แล้วในระบบนี้สามารถปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมสอดคล้องกับสภาพ ข้อเท็จจริงทางด้านวิศวกรรมของแต่ละพื้นที่ได้ สำหรับเกณฑ์ที่อยู่ในระบบ TPMS นี้ ได้จากการทดลองใช้ที่แขวงการทางอยุธยา

(3) การประเมินความสำคัญ

ขั้นตอนนี้เป็นการประเมินหาค่าระดับความเสียหายของแต่ละช่วงย่อยเพื่อจัดลำดับความสำคัญที่จะทำการซ่อมบำรุง โดยพิจารณาจากปริมาณความเสียหายแต่ละชนิดที่เกิดขึ้น ความเสียหายแต่ละชนิดจะมีความสำคัญมากน้อยแตกต่างกันออกไป เช่น การเกิดร่องล้อจะมีความ

CENTRAL LIBRARY
PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY

สำคัญมากกว่าความเสียหายที่ไหล่ทาง เป็นต้น สำหรับปริมาณการจราจรในช่วงนั้น ๆ ก็เป็นสิ่งสำคัญและเป็นปัจจัยที่จะต้องนำมาพิจารณาด้วย

ต่อจากนั้นจึงหาค่าราคาต่อหน่วยที่จะต้องใช้ในการซ่อมบำรุงแต่ละช่วงย่อยและเรียงลำดับไว้ ซึ่งราคาดังกล่าวอาจจะไม่เท่ากันในแต่ละแขวงการทาง แล้วจึงบันทึกลำดับความสำคัญของ ช่วงย่อยที่จะทำการซ่อมบำรุงก่อนหลังไว้

(4) การจัดทำรายการลำดับความสำคัญ

ระบบ TPMS จะเสนอแนะวิธีการซ่อมบำรุงและค่างานบำรุงทางสำหรับแต่ละช่วงย่อย 200 เมตร ในขณะเดียวกันระบบก็จะคำนวณให้คะแนนความสำคัญของแต่ละชนิดความเสียหายเพื่อใช้ในการจัดลำดับความสำคัญ โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการให้คะแนนความสำคัญจะดูจากปริมาณความเสียหาย ชนิดของความเสียหาย และปริมาณการจราจร ดังนี้

DRV = % ความเสียหาย × DWP × TWP × (พื้นที่จริง / พื้นที่เฉลี่ย)

โดย DRV คือ Defect Rating Value

DWP คือ Defect Weighting Percentage

TWP คือ Traffic Weighting Percentage

ในกรณีที่ช่วงย่อยมีความเสียหายหลายชนิด ก็จะมีค่า DRV หลายค่า ระบบได้หาวิธีการจัดลำดับความสำคัญโดยกำหนดค่า Priority value ดังนี้

PVA = ค่า DRV ที่มีค่ามากที่สุดของช่วงย่อยนั้น

PVB = ผลรวมของค่า DRV ในช่วงย่อยนั้น

การจัดลำดับความสำคัญจะเรียงลำดับตามค่า PVA จากมากไปหาน้อย หากค่า PVA เท่ากัน ระบบจะเลือกค่า PVB ที่มากที่สุดก่อน ตัวอย่างการจัดทำรายการลำดับความสำคัญของช่วงย่อย ดังภาพประกอบ ก.4 ในภาคผนวก ก การจัดทำรายการลำดับความสำคัญอาจเรียงลำดับความสำคัญในแต่ละพื้นที่หรือเรียงตามหมายเลขของช่วงย่อยไปจนตลอดทั้งสายทางได้ด้วย

(5) การตรวจสอบเพิ่มเติม

ผลการจัดทำรายการลำดับความสำคัญในขั้นแรกหรือว่าฉบับร่างนั้น ได้จากการประเมินผลข้อมูลที่ได้จากการสำรวจสนาม ซึ่งใช้เครื่องมือสำรวจพื้นฐาน ดังนั้นความละเอียดและความแน่นอนอาจยังไม่พอ จึงจำเป็นต้องมีขั้นตอนการสำรวจเพิ่มเติมด้วยเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพ ขั้นตอนนี้ดำเนินการโดยหน่วยประเมินผล ประกอบด้วยนายช่างผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบพร้อมเครื่องมือทดสอบที่มีประสิทธิภาพในการตรวจสอบความเสียหายของทาง เช่น Benkelman beam, Bump integrator, Dynamic cone penetrometer และ Pendulum tester เป็นต้น รวมถึงการใช้เทคนิค

ต่าง ๆ ในการตรวจสอบสภาพทาง ทำการตรวจสอบช่วงย่อยที่มีความเสียหายมากจากการจัดลำดับความสำคัญของช่วงย่อยอีกครั้งหนึ่ง จากนั้นจะนำข้อมูลจากการตรวจสอบป้อนเข้าคอมพิวเตอร์เพื่อประเมินผลจัดลำดับความสำคัญที่ละเอียดและแน่นอนใหม่

ข้อดีของการตรวจสอบซ้ำคือ จะช่วยให้ช่วงย่อยที่ควรจะได้รับการซ่อมบำรุงได้รับการสำรวจด้วยวิธีเดียวกันโดยบุคลากรที่มีความชำนาญสูง สิ่งที่ได้จากการตรวจสอบโดยใช้เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพดังกล่าว นอกจากจะเก็บไว้เป็นข้อมูลระบบ TPMS แล้ว ยังสามารถใช้ประกอบการตัดสินใจในการซ่อมบำรุงให้ดียิ่งขึ้นด้วย

วิธีนี้จะสามารถผสมผสานระบบ TPMS ผู้เชี่ยวชาญ เครื่องมือ และประสบการณ์ของนายช่างแขวงการทางเข้าด้วยกัน เพื่อประโยชน์ในการที่จะกำหนดวิธีการซ่อมบำรุงจุดที่มีความเสียหายมากที่สุดก่อนได้ วิธีการและขั้นตอนในการดำเนินงานของระบบบริหารงานบำรุงทางแบบ TPMS ดังภาพประกอบ ก.1 ในภาคผนวก ก

กล่าวโดยสรุปวิธีการของระบบ TPMS มีข้อดี ข้อเสียดังนี้

ข้อดี

1. มีขั้นตอนและวิธีการในการดำเนินงานที่เป็นระบบ ระเบียบ ทำให้ง่ายต่อการปฏิบัติงาน

2. ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจจะมีความละเอียดมาก เนื่องจากวิธีการสำรวจจะใช้วิธีการวัดขนาดและพื้นที่ที่เกิดความเสียหายโดยตรง

ข้อเสีย

- วิธีการสำรวจสภาพผิวทางมีความยุ่งยาก และเสียเวลามากในการสำรวจแต่ละครั้ง

2.5 ระบบการจัดการผิวทางของรัฐโอไฮโอ ประเทศสหรัฐอเมริกา

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการจัดการผิวทางในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยจะเน้นไปที่วิธีการของรัฐโอไฮโอ โดยเนื้อหาส่วนใหญ่จะกล่าวถึงวิธีการและหลักการในการหาค่าสภาวะของผิวทาง เกณฑ์การให้คะแนนสภาพผิวทาง การแบ่งประเภทการบำรุงรักษา และหลักเกณฑ์การเลือกวิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสม

การจัดการผิวทางในประเทศสหรัฐอเมริกาโดยทั่วไปมีขั้นตอนในการดำเนินงานแบ่งได้เป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

(1) การรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วยข้อมูลลักษณะทาง และข้อมูลสภาพทางคล้ายกับระบบ TPMS แต่รายละเอียดในการเก็บข้อมูลจะแตกต่างกัน

(2) การวิเคราะห์วิธีการซ่อมบำรุง จะใช้ระบบผู้ชำนาญการเชิงฐานความรู้ (Knowledge Base Expert System) ในการวิเคราะห์วิธีการซ่อมบำรุง

(3) การประเมินความสำคัญ จะประเมินจากระดับคะแนนความเสียหายของผิวทาง โดยแสดงด้วยค่า Pavement Condition Rating (PCR) และค่า Structural Deduct (STD)

(4) การจัดทำรายการลำดับความสำคัญ จะพิจารณาจากค่าตัวเลข 4 ค่า คือ ค่า PCR ค่า STD ค่า Present Serviceability Index (PSI) และค่า Skid Number (SN)

2.5.1 การหาค่าสภาวะของพื้นผิวทาง (Pavement condition evaluation) (ศักดิ์ชัย ปรีชาวีรกุล, 1995)

หลักการปฏิบัติทั่วไป (General practices)

โดยทั่วไป หน่วยงานทางหลวงของสหรัฐอเมริกา (State Highway Agenies, SHA) จะประเมินสภาพพื้นผิวถนนโดยพิจารณาจากปัจจัย 4 ตัว คือ

(1) สภาพความเสียหายของถนน (Distress)

(2) ความสามารถในการรับน้ำหนักของโครงสร้างถนน (Structural capacity)

(3) ค่าความฝืด (Skid number)

(4) ความขรุขระ (Roughness)

นอกจากนั้นสภาพถนนยังสามารถประเมินได้จากวิธีอื่น ๆ อีก วิธีที่ใช้กันมากมี 2 วิธี คือ

วิธีที่ 1 Pavement Condition Rating or Index (PCR or PCI)

ส่วนใหญ่จะใช้ในการวัดประสิทธิภาพการทำงานของผิวทาง โดยพิจารณาจากสภาพความเสียหายหลาย ๆ ตัวประกอบ โดยมีการพิจารณาสภาพความเสียหายที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างถนนด้วย ซึ่งจะเป็นตัวที่ถูกใช้ในการพิจารณาบ่อย ๆ

วิธีที่ 2 Present Serviceability Rating and Index (PSR and PSI) จะพิจารณาถึงความสามารถในการให้บริการของพื้นผิวถนน เช่น ค่า Roughness และ/หรือ Safety (Friction) วิธีที่ 2 จะครอบคลุมและให้ผลที่ดีกว่าวิธีแรก แต่มีความยุ่งยากในการประเมิน ใช้เครื่องมือในการประเมินมากกว่า และเป็นเครื่องมือที่ค่อนข้างหายากกว่าวิธีแรก

การประเมินสภาพผิวทางเพื่อเป็นเครื่องมือในการจัดลำดับความสำคัญ ต้องพิจารณาองค์ประกอบหลาย ๆ อย่างในการประเมิน เช่น ในการหาค่า PCR จะต้องประเมินความรุนแรง ขอบเขต หรือขนาดของสภาพความเสียหาย (Distress) ของผิวทาง ส่วนใหญ่สภาพความเสียหาย

ของผิวทางจะเกี่ยวข้องกับการแตกร้าว (Cracking) และการแตกแยกออกเป็นส่วน ๆ (Disintegration) เช่น ผิวหน้าหลุดร่อน (Scaling) แตกเป็นเสี่ยง (Shatter slab) ของผิวทาง สภาพเหล่านี้สามารถระบุได้โดยผู้ที่ผ่านการอบรมทางด้านนี้มาแล้ว และผู้ที่ผ่านการอบรมเหล่านี้จะสามารถใช้ประสบการณ์และการตัดสินใจในการที่จะทำให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือ

ศักดิ์ชัย ปรีชาวีรกุล (1995) อ้างถึง Zaniewski et. Al. ว่าเป็นผู้ที่พยายามรวบรวมวิธีการให้คะแนนสภาวะของพื้นผิวถนน (Pavement Condition Rating) จาก 26 รัฐ ทั่วประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อที่จะพัฒนาหลักเกณฑ์ในการให้คะแนนสภาวะของพื้นผิวถนน เพื่อเป็นแนวทางให้กับ Federal Highway Agency (FHWA) เขาพยายามที่จะวางหลักเกณฑ์ในการเลือกและการแบ่งช่วงของถนนสำหรับการสำรวจ เกณฑ์การสำรวจความเสียหายและสภาพความเสียหายของพื้นผิวถนน และหลักเกณฑ์ในการหาและใช้ค่า PSR และ PSI ต่อจากนั้นเขาได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้นมาสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจสภาวะของพื้นผิวถนน เพื่อเป็นข้อมูลในการทำ PMS ต่อไป เรียกว่า Methods of Analyzing Pavement Condition Data (MAPCON)

หลักปฏิบัติของหน่วยงานทางหลวงในรัฐโอไฮโอ ประเทศสหรัฐอเมริกา

ในรัฐโอไฮโอ มีวิธีการประเมินสภาพผิวทางโดยใช้กระบวนการ 4 กระบวนการ คือ Pavement Condition Rating (PCR), Dynamic Deflection Measurements, Present Severity Index (PSI) และ Skid Number (SN) ทั้งนี้ค่า PCR และค่าที่ได้จากกระบวนการ Dynamic Deflection Measurement จะเป็นค่าที่ใช้ในการจัดการผิวทางที่ระดับโครงการ และค่าที่ได้จากทั้ง 4 กระบวนการจะใช้ในการจัดการผิวทางในระดับโครงข่าย

กระบวนการหาค่า PCR เป็นแบบ Subjective[1] หมายความว่า เป็นการประเมินสภาพความเสียหายของผิวทางโดยใช้สายตาของวิศวกรผู้สำรวจผิวทาง ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจจะถูกนำไปใช้ประกอบการพิจารณาหาวิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสมต่อไป PCR ถูกจัดให้เป็นระบบที่ผู้ให้คะแนนเป็นผู้สำรวจสภาพความเสียหายของพื้นผิวถนนจะต้องให้คะแนนหรือระดับของความเสียหายในแต่ละประเภทของความเสียหาย โดยแบ่งการให้คะแนนออกเป็น 2 ส่วน คือ ความรุนแรงของความเสียหาย และขอบเขตของความเสียหาย ดังตารางที่ ก. 2 ในภาคผนวก ก

---

[1] แบบ Subjective คือ วิธีการสำรวจสภาพความเสียหายของผิวทาง โดยใช้วิธีการประเมินขนาดพื้นที่และความรุนแรงของความเสียหายที่เกิดขึ้นบนผิวทางด้วยสายตา โดยไม่ต้องมีการวัดขนาดพื้นที่ความเสียหายโดยตรง

กระบวนการ PCR จะมีค่าตัวเลขอยู่ 2 ค่า คือ ค่า PCR และค่ารับน้ำหนักของโครงสร้างผิวทาง (Structural Deduct : STD) ค่า PCR ได้จากการนำผลรวมของค่า Deduction Point ของสภาพความเสียหายทั้งหมดลบออกจากค่า 100 ก็จะได้ค่า PCR หรือเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$PCR = 100 - \sum_{i=1}^{n} DP_i \qquad (2.1)$$

$$DP_i = DW_i \times SW_i \times EW_i \qquad (2.2)$$

เมื่อ n คือ จำนวนประเภทความเสียหายที่เกิดขึ้นทั้งหมดบนผิวทางที่พิจารณา

DP คือ Deduction Point

DW คือ น้ำหนักของความเสียหายแต่ละประเภท (Distress Weight)

SW คือ น้ำหนักความรุนแรงของความเสียหายที่เกิดขึ้นแต่ละประเภท (Severity Weight)

EW คือ น้ำหนักขอบเขตของความเสียหายที่เกิดขึ้นแต่ละประเภท (Extent Weight)

ค่า STD ได้จากผลรวมของค่า Deduction Point ของประเภทความเสียหายที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างของผิวทางเท่านั้น ดังนั้นจึงสามารถประมาณค่ารับน้ำหนักของโครงสร้างผิวทางได้จากค่า STD ค่า PCR และค่า STD จะใช้ในการพิจารณาแบ่งประเภทของวิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสมสำหรับผิวทางนั้น ๆ โดยมีการแบ่งประเภทการบำรุงรักษาไว้ดังนี้

ตารางที่ 2.1 ประเภทการบำรุงรักษาผิวทาง

Maintenance & Rehabilitation (M&R)Strategy	PCR and STD Values
การบูรณะใหญ่ (Major Rehabilitation)	PCR <50 หรือ STD >25
การบูรณะย่อย (Minor Rehabilitation)	PCR >50 และ STD <25
การบำรุงรักษา (Maintenance)	PCR >50 หรือ STD <25

ค่า PCR มีค่าระหว่าง 0 ถึง 100 ถ้า PCR = 100 แสดงว่าผิวทางนั้นสภาพดีมาก ในขณะที่ค่า STD มากกว่า 25 แสดงว่าการรับน้ำหนักของโครงสร้างผิวทางนั้นเลว ดังตารางที่ ก. 3 ในภาคผนวก ก แสดงค่า SW, EW และค่า Total DP และค่า STD

ค่า PCR จะเป็นตัวชี้วัดสภาพของผิวทางในช่วงที่ทำการประเมินว่าจัดอยู่ในระดับใด โดยมีการแบ่งช่วงระดับค่า PCR ออกเป็นช่วง ๆ เพื่อแสดงถึงสภาพของผิวทาง ดังนี้

ตารางที่ 2.2 ระดับ PCR และสภาพผิวทาง

ระดับค่า PCR	สภาพผิวทาง
0 - < 20	ไม่สามารถให้บริการได้
20 - < 40	ทรุดโทรมมาก
40 - < 60	ทรุดโทรม
60 - < 75	พอใช้
75 - < 90	ดี
90 - 100	ดีมาก

ถ้าต้องการค่าความถูกต้องแม่นยำของค่ารับน้ำหนักของโครงสร้างผิวทางมากขึ้น จำเป็นต้องใช้กระบวนการ Deflection measurement ในรัฐโอไฮโอ ใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Dynaflect ในการวัดค่ารับน้ำหนักของผิวทาง

ค่า PCR และค่า STD สามารถบอกถึงสภาพความเสียหายของพื้นผิวทาง และยังสามารถใช้ในการพิจารณาเลือกวิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสมได้ แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าจุดใดหรือโครงการใดควรจะทำก่อนและควรจะทำเมื่อไร ดังนั้น การจัดการในระดับโครงข่ายจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้ปัจจัยตัวอื่นเข้ามาช่วยในการตัดสินใจ นั่นคือ ค่า PSI และค่า SN ค่า 2 ค่านี้จะเป็นเงื่อนไขที่จะใช้ในการจัดลำดับความสำคัญก่อนหลังของการบำรุงรักษาผิวทาง

ค่า PSI คือ ดัชนีที่บ่งบอกถึงความสบายในการขับขี่ หรือความขรุขระของผิวทาง ค่า PSI มีค่าจาก 0 – 5 ค่า 0 คือ ผิวทางขรุขระมาก ไม่สามารถผ่านไปได้ ค่า 5 คือ ผิวทางเรียบมาก ขับขี่สบาย เครื่องมือที่ใช้วัดค่า PSI ในรัฐโอไฮโอ คือ Inertial Profilometer

ค่า Skid Number เป็นค่าชี้วัดถึงค่าความเสียดทานของผิวทางในรัฐโอไฮโอ ได้แบ่งระดับชั้นของผิวทางตามค่า Skid number คือ ผิวทางที่มีค่า Skid number ต่ำกว่า 30 ถือว่าทรุดโทรมมาก จะต้องได้รับการบำรุงรักษาแล้ว

2.5.2 หลักเกณฑ์การเลือกวิธีบำรุงรักษาที่เหมาะสมของรัฐโอไฮโอ ประเทศสหรัฐอเมริกา

ระบบผู้ชำนาญการเชิงฐานความรู้ในการทำ PMS (Knowledge-Based Expert System in PMSs)

วัตถุประสงค์หลักในการพัฒนาระบบ PMS เพื่อช่วยให้วิศวกรจราจรเลือกวิธีการทำการบำรุงรักษาและบูรณะ (Maintenance and Rehabilitation : M&R) ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม วิธีการทำ M&R ที่เหมาะสมหมายความว่า วิธีการนั้น ๆ จะต้องทำในเวลาที่เหมาะสม และประหยัดค่า

ใช้จ่าย เพื่อให้อายุการใช้งานของพื้นผิวถนนมีระยะเวลาที่ยาวนานมากขึ้น สิ่งที่จะถูกพิจารณาในอันดับต้น ๆ ก่อนสิ่งอื่นในกระบวนการคัดเลือกพื้นผิวหรือช่วงของพื้นผิวถนนที่จะทำ M&R คือ เวลา และค่าใช้จ่าย ถ้าวิธีการทำ M&R ถูกเลื่อนออกไป อาจทำให้พื้นผิวถนนเกิดความเสียหายมากขึ้น จนถึงขั้นต้องรื้อแล้วก่อสร้างใหม่ก็ได้

โดยทั่วไป การเลือกวิธีการทำ M&R จะพิจารณาจากชนิดของสภาพความเสียหายของผิวทาง ดังนั้น การประเมินสภาพความเสียหาย (Distress) ของผิวทางต้องใช้วิศวกรที่ได้ผ่านการฝึกอบรมและมีประสบการณ์มาแล้ว บ่อยครั้งที่สภาวะอันตรายของผิวทางไม่ได้เกิดขึ้นเพียงชนิดเดียวในแต่ละจุด แต่อาจจะเกิดหลาย ๆ ชนิดในจุดเดียวกัน หรือไม่ก็สภาพความเสียหายชนิดหนึ่งอาจจะเกิดมาจากสภาพความเสียหายอีกชนิดหนึ่ง เช่น การทรุดตัว (Settlement) การแตกเป็นเสี่ยง (Shatter slab) บนผิวทางแบบแข็งเกร็ง (Rigid pavement) ซึ่งอาจจะเกิดมาจากการพังทลายของชั้นรองพื้นทาง (Base) ก็ได้ หรือการแตกเป็นเสี่ยงอาจนำไปสู่การเกิดหลุมบนพื้นผิว และถ้าความเสียหายเหล่านี้ไม่ได้รับการแก้ไขหรือการปฏิบัติที่ถูกต้องเหมาะสมในเวลาที่เหมาะสมด้วยแล้ว ก็จะก่อให้เกิดความเสียหายที่มากขึ้นจนไม่สามารถบำรุงรักษาได้อีก เพราะฉะนั้นจึงเป็นหน้าที่ของวิศวกรที่ต้องตัดสินใจในการเลือกใช้วิธีการทำ M&R ที่เหมาะสมที่สุด

ในระยะหลังเมื่อคอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทมากขึ้น หน่วยงานทางหลวงของแต่ละรัฐ (SHA) ในสหรัฐอเมริกาก็หันมาใช้คอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์ระบบ PMS กันมากขึ้น แต่การใช้คอมพิวเตอร์ก็ใช่ว่าจะดีเสมอไป เพราะคอมพิวเตอร์มิได้ฉลาดเหมือนคน ซึ่งบางครั้งในระดับขั้นที่สูงขึ้นไปคอมพิวเตอร์ก็ไม่สามารถวิเคราะห์ได้

ศักดิ์ชัย ปรีชาวีรกุล (1995) อ้างถึง Ritchie et.al. ว่าได้เสนอวิธีการทำ Knowledge-Based Expert System (KBES) และ Surface Condition Expert System for Pavement Rehabilitation Planning (SCEPTRE) และแสดงให้เห็นถึงความสามารถของ KBES ที่ช่วยให้วิศวกรคัดเลือกวิธีการบูรณะที่เหมาะสมสำหรับผิวทางแบบยืดหยุ่น (Flexible pavement) ส่วน SCEPTRE จะพิจารณาข้อมูลของสภาวะพื้นผิวถนนกับเกณฑ์การคัดเลือกและเหมาะสำหรับระดับ Project แต่ต่อมาได้รับการปรับปรุงแก้ไขและเพิ่มส่วนของการวิเคราะห์การบำรุงรักษาผิวทางรวมไปถึงการให้คำปรึกษาด้วย เรียกว่า Pavement Rehabilitation Analysis and Design Mentor (PARADIGM) System

PARADIGM เป็นการรวมเอาระบบต่าง ๆ ที่มีอยู่แล้วเข้าไว้ด้วยกัน ประกอบด้วย 3 Module หลัก คือ

1. SCEPTRE Module
2. Overlay Design Heuristic Adviser (OVERDRIVE) Module
3. Network Optimization Module

SCEPTRE หลังจากที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขเป็นโมดูลรุ่นใหม่แล้วก็จะทำการวิเคราะห์ทางการเงินด้วยโดยพิจารณาจาก Life-cycle costs และประสิทธิภาพผิวทางของแต่ละวิธีการ ส่วนโมดูลรุ่นเก่าบอกเพียงวิธีการบำรุงรักษาในหลาย ๆ วิธี เพื่อให้วิศวกรใช้ในการตัดสินใจ

OVERDRIVE จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับประสิทธิภาพที่เป็นอยู่ของโครงสร้างของผิวทางและทำการออกแบบการปูทับผิวทางเดิม

Network Optimization ใช้ในการหาวิธีการทำ M&R ที่ดีที่สุดและเหมาะสมที่สุดที่จะต้องทำในแต่ละปี และรวบรวมค่าใช้จ่ายสำหรับที่จะใช้ในแต่ละปีให้ด้วย

ศักดิ์ชัย ปรีชาวีรกุล (1995) อ้างถึง Cohn และ Harris ว่าได้รวบรวมและสรุปข้อมูลที่เกี่ยวกับระบบผู้ชำนาญการในด้านการขนส่งไว้ว่า หน่วยงานทางหลวงในประเทศสหรัฐอเมริกาที่มีการพัฒนาระบบ PMS โดยใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญในการพัฒนาด้วย ได้แก่ หน่วยงานทางหลวงรัฐแคลิฟอร์เนีย (CalTrans) หน่วยงานทางหลวงรัฐคอนเน็กติกัต (ConnDOT) หน่วยงานทางหลวงรัฐเท็กซัส (TxDOT) และหน่วยงานทางหลวงรัฐยูทาร์ หน่วยงานทางหลวงรัฐแคลิฟอร์เนียได้พัฒนาโปรแกรมที่ชื่อว่า 4RSCOPE และรวบรวมการจัดการฐานข้อมูลของระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อช่วยให้วิศวกรตัดสินใจเลือกวิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสมสำหรับแต่ละโครงการ หน่วยงานทางหลวงรัฐคอนเน็กติกัตใช้ Pavement Rating Analysis System (PRS) เป็นเครื่องมือในการจัดการระดับโครง-ข่าย และเป็นรัฐเดียวที่ใช้ Photolog Laser Videodisc (PLV) Retrieval System ในการประเมินสภาพผิวทาง และได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้วิเคราะห์หาวิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสมโดยใช้ Condition Scores และปริมาณการจราจร หน่วยงานทางหลวงของรัฐเท็กซัสได้พัฒนาโปรแกรมที่ชื่อว่า Micro-PES และระบบผู้เชี่ยวชาญที่ทำหน้าที่คล้ายกับ SCEPTRE หน่วยงานทางหลวงของรัฐยูทาร์ได้พัฒนาต้นแบบของการจัดลำดับโครงการก่อสร้างซึ่งไล่เรียงจากการซ่อมบำรุงรักษาเล็กน้อยไปจนถึงโครงการก่อสร้างแบบเต็มรูปแบบ

กล่าวโดยสรุป ระบบผู้ชำนาญการเชิงฐานความรู้ คือ การนำความรู้และประสบการณ์ของวิศวกรที่มีความเชี่ยวชาญในเรื่องการบำรุงรักษาผิวทางมาเรียบเรียงและจัดให้เป็นระบบเพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้สำหรับการตัดสินใจเลือกใช้การบำรุงรักษาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับแต่ละช่วงถนนหรือทั้งโครงข่าย

ระบบผู้ชำนาญการเชิงฐานความรู้ได้ถูกประยุกต์ใช้ในการเลือกวิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสมสำหรับผิวทางที่เกิดความเสียหายในรัฐโอไฮโอ สำหรับถนนคอนกรีตแบบมีรอยต่อ (ศักดิ์ชัย ปรีชาวีรกุล, 1995) ตัวแปรที่ถูกพิจารณาในการเลือกคือ ความรุนแรงของความเสียหาย (Distress Severity : Low, Medium, High) และขอบเขตของความเสียหาย (Extent : Occasional, Frequent, Extensive) และสถานที่ตั้งของถนนว่าเป็นถนนระหว่างเมือง (Interstate) หรือถนนหลาย

ช่องจราจร (Multi-Lane) วิธีการบูรณะแบบย่อย (Minor Rehabilitation) ในรัฐโอไฮโอ สามารถแบ่งได้ 3 ประเภท คือ

1. การซ่อมบำรุงรอยต่อ (Joint Repair Treatment : JR)
2. การซ่อมบำรุงผิวทาง (Concrete Pavement Restoration : CPR)
3. การลาดทับผิวทางคอนกรีตเดิม (Overlay)

และในแต่ละประเภทก็ยังแบ่งย่อยออกเป็นหลาย ๆ วิธี ดังตารางที่ ก.4 ในภาคผนวก ก.

กล่าวโดยสรุป วิธีการของรัฐโอไฮโอ ประเทศสหรัฐอเมริกา

ข้อดี

1. วิธีการสำรวจสภาพความเสียหายทำได้ง่ายและใช้เวลาในการสำรวจไม่มากนักในแต่ละช่วงถนน

2. มีการแบ่งระดับสภาพของถนนออกเป็นหลายระดับ โดยใช้ค่า PCR และค่า STD เป็นตัวแบ่ง ทำให้ง่ายต่อการพิจารณาเลือกประเภทของวิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสม

3. มีการนำระบบผู้ชำนาญการเชิงฐานความรู้มาใช้ในการเลือกวิธีบำรุงรักษาที่เหมาะสม ทำให้ง่ายต่อการนำไปใช้และเกิดความเหมาะสมที่สุดสำหรับแต่ละช่วงถนน

ข้อเสีย

1. ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจสภาพความเสียหายอาจมีความผิดพลาดหรือคลาดเคลื่อนได้ เนื่องจากการสำรวจใช้วิธีการประเมินด้วยสายตาของผู้สำรวจ ซึ่งขึ้นอยู่กับประสบการณ์และความชำนาญของผู้สำรวจแต่ละคน

2. ผู้สำรวจจะต้องได้รับการอบรมวิธีการสำรวจสภาพความเสียหายมาอย่างดี ทำให้เป็นอุปสรรคในบางหน่วยงานที่ขาดบุคลากร

2.6 ระบบการจัดการผิวทางของ Roads and Traffic Authority (RTA) New South Wales ประเทศออสเตรเลีย

หัวข้อนี้จะกล่าวถึงหลักปฏิบัติของหน่วยงาน RTA ในการประเมินสภาพความเสียหายของผิวทางที่ใช้กันอยู่ในรัฐ New South Wales ประเทศออสเตรเลีย เนื้อหาในหัวข้อนี้จะกล่าวเฉพาะเรื่องการประเมินสภาพความเสียหายของผิวทางเท่านั้น

2.6.1 หลักปฏิบัติของ Roads and Traffic Authority (RTA, New South Wales) (Rocond 90, 1990)

การประเมินสภาพความเสียหายโดยใช้ประสบการณ์ของผู้สำรวจ (Subjective) อาจแบ่งระดับสภาพของผิวทางเป็น ดี ปานกลาง เลว และอาจจะให้ระดับที่ไม่เท่ากันในแต่ละคน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้สำรวจแต่ละคน แต่สภาพความเสียหายบางประเภทต้องการความละเอียดถูกต้องมากขึ้น ดังนั้น RTA จึงใช้วิธีการสำรวจสภาพความเสียหายของผิวทางโดยใช้วิธีการวัดพื้นที่จริง (Objective) สำหรับความเสียหายบางประเภท ซึ่งจะให้ความถูกต้องมากกว่าวิธีแบบประเมินด้วยสายตา การประเมินสภาพความเสียหายแบบวิธีการวัดพื้นที่จริงจะเป็นการวัดความกว้าง ความยาว ความลึก ของผิวทางที่เกิดความเสียหายตลอดทั้งช่วงถนน แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณหาเงื่อนไข (Condition code) เพื่อนำไปใช้ในการเลือกวิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสมต่อไป

การแบ่งช่วงถนนที่สำรวจ (Selecting rating segments)

การแบ่งถนนออกเป็นช่วง ๆ เพื่อให้ง่ายต่อการสำรวจและการเลือกวิธีการบำรุงรักษา เกณฑ์ที่ใช้พิจารณาในการแบ่งช่วงถนน คือ

(1) มีประวัติเหมือน ๆ กัน เช่น ก่อสร้างในระยะเวลาไล่เลี่ยกัน

(2) มีลักษณะทางภูมิศาสตร์คล้าย ๆ กัน เช่น เป็นทางขึ้นเนินเหมือนกัน

(3) มีพื้นผิวประเภทเดียวกัน

(4) มีจำนวนช่องจราจรเท่ากัน

(5) มีปริมาณการจราจรพอ ๆ กัน

(6) มีความยาวแต่ละช่วงถนนอยู่ระหว่าง 0.5 – 1.75 กิโลเมตร

หรือกรณีที่สภาพแวดล้อมต่าง ๆ ของถนนมีลักษณะเหมือนกันเป็นระยะทางยาว ๆ ก็อาจจะแบ่งช่วงถนนที่ยาวมากกว่า 3 กิโลเมตรได้ แต่ต้องไม่มีสภาพความเสียหายที่แตกต่างกันมาก

ความเสียหายบางประเภทจะใช้วิธีการสำรวจสภาพความเสียหายโดยเลือกช่วงถนนยาว 50 เมตร เพื่อเป็นตัวแทนของสภาพความเสียหายของทั้งช่วงถนน แต่วิธีนี้จะต้องเลือกช่วงถนน 50 เมตร ที่สามารถเป็นตัวแทนของช่วงถนนทั้งหมดได้ สำหรับผิวทางแบบยืดหยุ่นช่วง 50 เมตรจะใช้สำหรับหาค่าสภาพรอยแตก (Cracking) และร่องล้อ (Rutting)

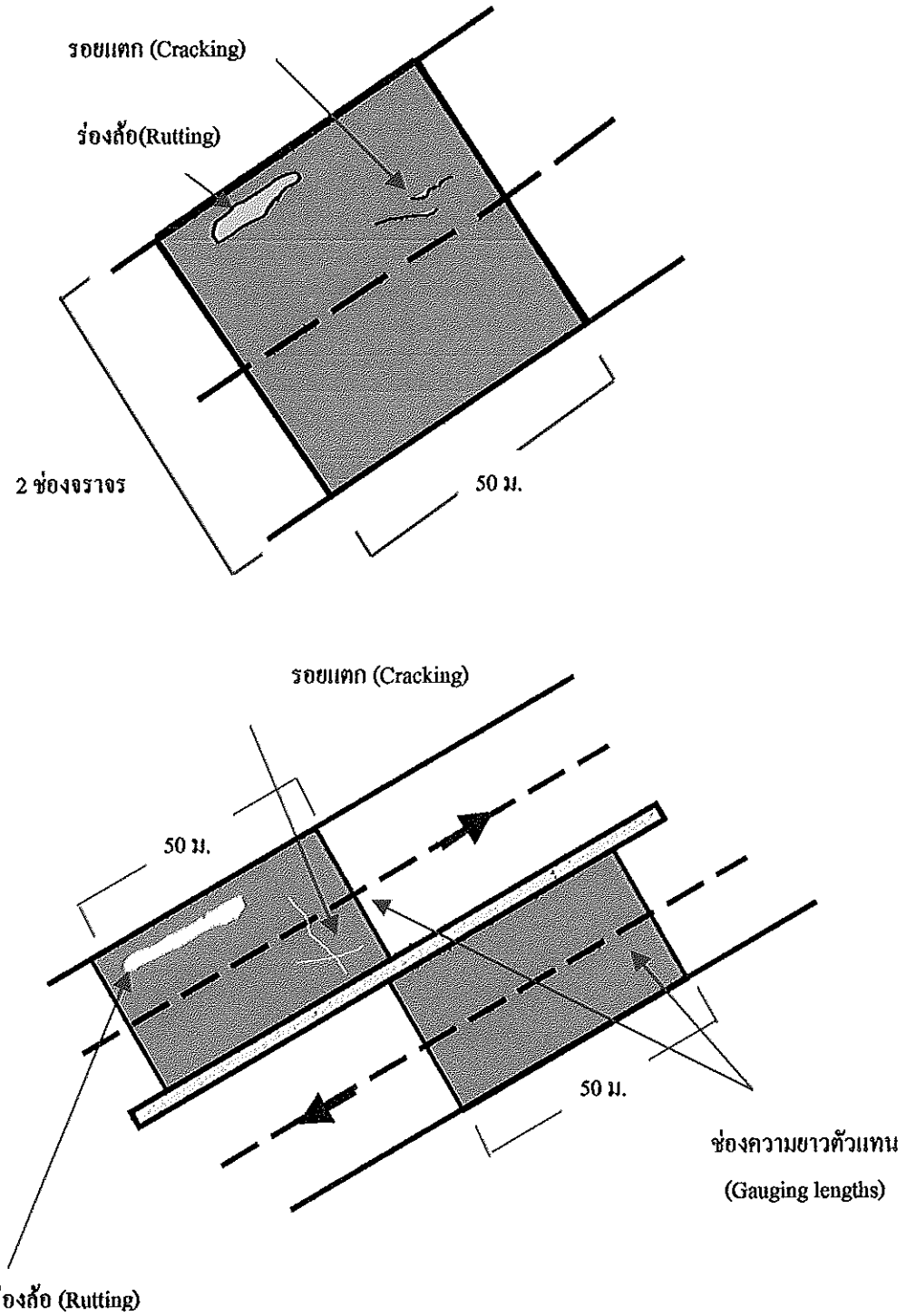
สำหรับผิวทางแบบแข็งเกร็ง ช่วง 50 เมตร จะใช้เพียงช่องจราจรเดียว เพื่อเป็นตัวแทนของช่วงถนนทั้งหมด ซึ่งใช้สำหรับหาค่า

(1) สภาพความเสียหายของวัสดุเชื่อมประสานตรงรอยต่อตามขวาง (Transverse joint sealant distress)

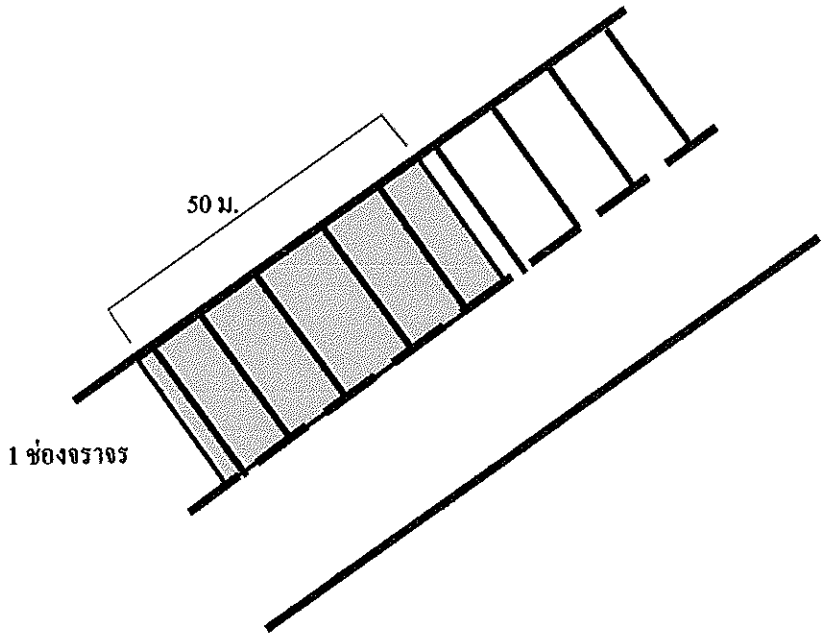
(2) ความต่างระดับระหว่างรอยต่อตามขวาง (Stepping at transverse joints)

(3) รอยบิ่นตรงรอยต่อตามขวางและรอยแตก (Spalling at joints and crack)

(4) รอยแตก (Pavement cracking)



ภาพประกอบ 2.8 ช่วงถนนตัวแทนยาว 50 เมตร (Gauging length) สำหรับถนนผิวทางยืดหยุ่น



ภาพประกอบ 2.9 ช่วงถนนตัวแทนยาว 50 เมตร (Gauging length) สำหรับถนนผิวทางคอนกรีต

วิธีการสำรวจสภาพความเสียหายของผิวทาง (Procedure for rating)

ในขั้นตอนแรกจะแบ่งถนนออกเป็นช่วงก่อน โดยทีมผู้สำรวจจะต้องออกไปบนถนนที่จะสำรวจแล้วจัดแบ่งถนนออกเป็นช่วง ๆ โดยใช้เกณฑ์ดังที่กล่าวมาแล้ว เมื่อได้ช่วงถนนที่เหมาะสมแล้ว จึงเริ่มสำรวจสภาพความเสียหายแต่ละประเภทบนช่วงถนนนั้น ๆ อีกครั้งหนึ่ง โดยขับรถไปช้า ๆ บนช่วงถนนที่สำรวจ และผู้ให้คะแนนก็จะประเมินสภาพความเสียหายโดยดูจากสภาพผิวทางแล้วให้คะแนนในแบบฟอร์มการให้คะแนนที่กำหนดขึ้น การขับรถสำรวจจะสำรวจทีละช่องจราจร เมื่อไปจนสุดช่วงถนนก็จะกลับรถไปอีกช่องจราจรเพื่อสำรวจ ทำจนสำรวจครบทุกสภาพความเสียหาย จำนวนรอบที่วนรถขึ้นอยู่กับความชำนาญ ประสบการณ์ของผู้สำรวจ ถ้าผู้สำรวจมีประสบการณ์และความชำนาญ ก็จะวนรถน้อยรอบกว่าผู้สำรวจที่ประสบการณ์น้อย

รายละเอียดในการสำรวจสภาพความเสียหายและเงื่อนไขระดับคะแนนความเสียหายต่าง ๆ มีอยู่ในภาคผนวก ข

กล่าวโดยสรุป วิธีการของ RTA รัฐ New South Wales ประเทศออสเตรเลีย มีข้อดี ข้อเสีย ดังนี้

ข้อดี

ใช้วิธีการสำรวจสภาพความเสียหายบางชนิด โดยการวัดขนาดและพื้นที่ความเสียหายของช่วงถนนตัวแทนโดยตรง และใช้วิธีการสำรวจแบบการประเมินด้วยสายตาสำหรับความเสียหายบางชนิด ทำให้ข้อมูลที่ได้มีความถูกต้องมากขึ้น และช่วยให้ประหยัดเวลาในการสำรวจมากกว่าการสำรวจโดยการวัดพื้นที่ของความเสียหายทั้งหมด

ข้อเสีย

1. สภาพความเสียหายที่ต้องวัดขนาดและพื้นที่ที่เกิดความเสียหายบ้าง ทำให้ยุ่งยากและเสียเวลาในการสำรวจ

2. สภาพความเสียหายที่สำรวจโดยการประเมินด้วยสายตา จะได้ข้อมูลที่อาจมีข้อผิดพลาด เนื่องจากต้องอาศัยประสบการณ์และความชำนาญของผู้สำรวจแต่ละคน

นอกจากหลักเกณฑ์และวิธีการในการทำระบบการจัดการผิวทางของประเทศต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาแล้ว ยังมีผลการศึกษาอื่น ๆ ที่เสนอวิธีการในการทำระบบการจัดการผิวทางในบางหัวข้อที่แตกต่างออกไป เช่น วิธีการเลือกการบำรุงรักษาที่เหมาะสม และวิธีการจัดลำดับความสำคัญก่อนหลังของการเลือกบำรุงรักษาช่วงถนนของเบนท์ ทาเจเซ็น (Bent Thagesen, Technical University of Denmark) ในหนังสือ Highway and Traffic Engineering in Developing Countries

วิธีเลือกการบำรุงรักษาที่เหมาะสมของเบนท์ ทาเจเซ็น (Bent Thagesen, 1996)

โดยทั่วไป การเลือกวิธีการบำรุงรักษาผิวทางจะขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของวิศวกร แต่วิธีนี้ใช่ว่าจะได้วิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสมที่สุด เพราะขึ้นอยู่กับวิจารณญาณของวิศวกรแต่ละคน ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามประสบการณ์ของแต่ละคน ดังนั้น จึงมีการคิดค้นหลักเกณฑ์ในการเลือกวิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสมขึ้นมา เพื่อให้เป็นมาตรฐานในการนำไปใช้ การเลือกวิธีการบำรุงรักษาจะพิจารณาในแง่ทางเศรษฐกิจที่เหมาะสมที่สุด (Economic optimizing) ซึ่งมีแบบจำลองอยู่ 2 แบบจำลอง คือ แบบจำลองเชิงพาณิชย์ (Commercial model) และแบบจำลองเชิงผู้ใช้ (User model)

(1) แบบจำลองเชิงพาณิชย์ ใช้วิธีการเลือกวิธีบำรุงรักษาที่ให้ผลในเชิงค่าใช้จ่ายต่ำสุดในระยะยาวซึ่งจะรวมถึงค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาในอนาคตด้วย ดังนั้นแบบจำลองนี้จึงต้องมีการทำนายความเสียหายที่จะเกิดกับช่วงถนนในอนาคตด้วย

(2) แบบจำลองเชิงผู้ใช้ พิจารณาถึงผลตอบแทนของผู้ใช้ถนนและค่าการลงทุนสำหรับแต่ละช่วงถนนในช่วงเวลาประมาณ 10 ปี หรือมากกว่านั้น วิธีการบำรุงรักษาแต่ละวิธีจะถูกเปรียบเทียบผลตอบแทนของผู้ใช้ถนน แล้วเลือกวิธีการที่คุ้มค่าที่สุด โดยมีการคำนวณหาค่า Net Present Value (NPV) ดังนี้

$$NPV = (RUC_{DN} - RUC_{DS}) - (MC_{DS} - MC_{DN})$$

เมื่อ RUC_{DN} คือ ปรับลดค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ถนน กรณีที่ไม่ทำอะไรเลย
(discounted road user cost in the do nothing case)

RUC_{DS} คือ ปรับลดค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ถนน กรณีที่ทำอะไรบางอย่าง
(discounted road user cost in the do something case)

MC_{DS} คือ ปรับลดค่าบำรุงรักษาของผู้ใช้ในกรณีทำอะไรบางอย่าง
(discounted maintenance user cost in the do something case)

MC_{DN} คือ ปรับลดค่าบำรุงรักษาของผู้ใช้ในกรณีไม่ทำอะไรเลย
(discounted maintenance user cost in the do nothing case)

ถ้าค่า NPV เป็นค่าบวก แสดงว่าวิธีการบำรุงรักษาวิธีนั้นให้ผลคุ้มค่าและเมื่อเปรียบเทียบค่า NPV ของวิธีการบำรุงรักษาทุกวิธีแล้ววิธีใดมีค่า NPV สูงสุด แสดงว่าวิธีนั้นให้ผลตอบแทนที่ดีที่สุดและเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด

วิธีการจัดลำดับความสำคัญก่อนหลังของการเลือกบำรุงรักษาช่วงถนนของเบนท์ ทาเจเซ็น (Bent Thagesen, 1996)

ปัญหาใหญ่ของการบำรุงรักษาถนนในระดับโครงข่ายคือ เงินงบประมาณไม่เพียงพอสำหรับการบำรุงรักษาถนนทุก ๆ ช่วงถนนในโครงข่าย ดังนั้นส่วนสำคัญในการจัดการการบำรุงรักษาคือ การจัดลำดับความสำคัญก่อนหลังของการเลือกบำรุงรักษาช่วงถนน เพื่อคัดเลือกช่วงถนนที่มีความสำคัญหรือเร่งด่วนในการบำรุงรักษาให้ได้รับการบำรุงรักษาก่อน (ตามที่ได้รับงบประมาณ ส่วนช่วงถนนที่อยู่นอกเหนือจากลำดับที่ได้รับการบำรุงรักษาก็จะถูกผัดผ่อนไปทำการบำรุงรักษาในปีต่อไปหรืองบประมาณต่อไป วิธีของ Bent Thagesen มี 2 วิธี คือ วิธีแบบจำลองลำดับชั้น (Ranking model) และแบบจำลองทางเศรษฐกิจ (Economic model)

แบบจำลองลำดับชั้น (Ranking models) เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดในการจัดลำดับความสำคัญก่อนหลังของการเลือกบำรุงรักษาช่วงถนน วิธีนี้จะใช้สภาพความเสียหายที่เกิดขึ้นบนช่วงถนนเป็นตัวแปรที่ใช้ในการจัดลำดับช่วงถนนที่เกิดความเสียหายน้อยหรืออยู่ในลำดับหลัง ๆ ก็จะถูกผัดผ่อน

การบำรุงรักษาออกไปก่อน จนกระทั่งได้ทำการบำรุงรักษาช่วงถนนลำดับต้น ๆ แล้ว มีเงินงบประมาณเหลือจึงจะทำการบำรุงรักษาในช่วงถนนในลำดับที่เหลือตามลำดับ ปัญหาของแบบจำลองนี้คือไม่สามารถวิเคราะห์หาผลที่จะเกิดในภายหลังได้ อาจจะทำให้การบริหารจัดการเงินงบประมาณไม่เกิดประสิทธิผลสูงสุด

แบบจำลองทางเศรษฐกิจ (Economic models) ในระบบใหม่ได้มีการปรับปรุงรายการของงานซ่อมแซมผิวทางโดยพิจารณาทางเศรษฐกิจ (Economic) และค่าใช้จ่ายตลอดช่วงเวลาที่ทำการวิเคราะห์ (Life cycle cost) วิธีการบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ในแต่ละช่วงถนนในโครงข่ายจะถูกนำมาพิจารณาและผสมผสานกันจนได้วิธีการบำรุงรักษาต่าง ๆ ที่ทำให้เงินงบประมาณถูกใช้อย่างคุ้มค่าที่สุด วิธีการบำรุงรักษาที่มีค่าใช้จ่ายสูงก็จะถูกแทนที่ด้วยวิธีการบำรุงรักษาที่มีค่าใช้จ่ายต่ำกว่า เช่น การทำผิวใหม่ (Resealing) อาจแทนด้วยการปะ (Patching) เป็นต้น

ในการศึกษานี้ได้นำระบบการจัดการผิวทางที่ใช้ในรัฐโอไฮโอ ประเทศสหรัฐอเมริกา Roads and Traffic Authority รัฐนิวเซาท์เวลส์ ประเทศออสเตรเลีย และวิธี TPMS ของกรมทางหลวง ประเทศไทย มาประยุกต์ใช้กับโครงข่ายถนนภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

2.7 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS) เป็นเทคโนโลยีที่มีความสลับซับซ้อน และมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เป็นระบบที่มีกระบวนการในการจัดเก็บรวบรวม วิเคราะห์ สืบค้นและแสดงผลข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์ที่ต้องการในลักษณะภาพกราฟฟิกต่าง ๆ ได้ภายในเวลาอันรวดเร็ว ทั้งยังสามารถดัดแปลงแก้ไขข้อมูลที่เก็บในฐานข้อมูลได้ โดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วยฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์

ความหมายของ GIS ได้มีผู้ให้คำจำกัดความหรือคำนิยามต่าง ๆ ดังนี้

สรรค์ใจ กลิ่นดาว (2542) กล่าวถึง GIS ว่า เป็นการปฏิบัติการรวบรวมจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลอย่างเป็นขั้นตอน สามารถค้นคืนข้อมูลที่ต้องการได้ภายในเวลาอันรวดเร็ว อีกทั้งสามารถนำข้อสนเทศที่เป็นผลจากการวิเคราะห์ไปใช้ในกระบวนการตัดสินใจของผู้บริหารในการปฏิบัติงานใด ๆ

แก้ว นวลฉวี (2541) กล่าวถึง GIS ว่า ประกอบขึ้นด้วยกระบวนการต่าง ๆ ทางคอมพิวเตอร์เพื่อทำการจัดเก็บ และจัดการข้อมูลที่มีลักษณะเป็นสารสนเทศเชิงพื้นที่ (Spatial information)

บริษัท ล็อกซ์เล่ย์ อินเตอร์กราฟ (ประเทศไทย) จำกัด, 2538 กล่าวถึง GIS ว่า เป็นระบบที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลพื้นที่ (Spatial data) และข้อมูลแสดงคุณลักษณะเชิงตัวเลข (Attribute data) ตั้งแต่การจัดเก็บข้อมูล การถ่ายทอดข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล ตลอดจนการเรียกใช้ข้อมูลสามารถอ้างอิงตำแหน่งบนพื้นดินได้ ประกอบด้วยฐานข้อมูลฮาร์ดแวร์ และซอฟท์แวร์ของคอมพิวเตอร์

2.7.1 การทำงานของระบบ GIS

ระบบ GIS ประกอบด้วยหลักพื้นฐานที่สำคัญ 4 ประการ คือ การนำเข้าข้อมูล การจัดการข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการแสดงผลข้อสนเทศ กล่าวโดยสรุปได้ดังนี้ (สรรค์ใจ กลิ่นดาว, 2542)

(1) การนำเข้าข้อมูล (Data input)

เป็นองค์ประกอบที่มีหน้าที่ในการแปลงข้อมูลที่มีอยู่แล้วให้อยู่ในรูปที่สามารถใช้กับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้ ข้อมูลภูมิศาสตร์ที่มีอยู่แล้วอาจอยู่ในรูปแผนที่ ตาราง รูปถ่ายทางอากาศ ภาพถ่ายดาวเทียม เป็นต้น กระบวนการนำเข้าข้อมูลภูมิศาสตร์บางชนิดสามารถกระทำได้โดยตรง เช่น ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงตัวเลข

การสร้างฐานข้อมูลที่ละเอียด ถูกต้อง เป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งต่อการปฏิบัติงานในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ อย่างไรก็ตาม การที่จะได้ฐานข้อมูลที่มีความละเอียดถูกต้องนั้น ข้อมูลที่นำเข้ามาสู่ฐานข้อมูลจะต้องถูกต้องด้วย นั่นหมายถึงข้อมูลที่จะนำเข้าต้องเป็นข้อมูลที่มีคุณภาพ (Data quality) ข้อมูลที่มีคุณภาพต้องประกอบด้วยคุณลักษณะที่สำคัญ ๆ ดังนี้

1. ต้องเป็นข้อมูลที่ทันสมัย
2. ตำแหน่งของข้อมูลเชิงพื้นที่ต้องถูกต้อง
3. การจำแนกข้อมูลต้องถูกต้องและสมบูรณ์
4. วิธีการที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลตลอดจนการบันทึกรหัสข้อมูลจะต้องถูกต้องตามหลักวิชาการ

การนำเข้าข้อมูลในระบบ GIS มีอยู่ 4 วิธี ได้แก่

1. การนำเข้าด้วยแผงแป้นอักขระ (Keyboard)

การนำเข้าข้อมูลทางแผงแป้นอักขระ เป็นการลดภาระการทำงานลง สามารถนำเข้าได้ทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงคุณลักษณะ

2. การบันทึกข้อมูลลายเส้นหรือการดิจิไทซ์ (Digitizing)

การบันทึกข้อมูลลายเส้น หรือเรียกสั้น ๆ ว่า การดิจิไทซ์ เป็นวิธีการที่ใช้กันมากที่สุดในการแปลงข้อมูลแผนที่เป็นข้อมูลเชิงตัวเลข รายละเอียดบนแผนที่จะถูกบันทึกเป็นชุดหรือกลุ่มของพิกัด X และ Y

เครื่องอ่านพิกัดข้อมูลลายเส้น (Digitizer) ประกอบด้วย โต๊ะ (Table) หรือโต๊ะอ่านพิกัดขนาดเล็ก (Tablet) ในตัวโต๊ะจะมีเส้นลวดพาดผ่านเป็นตารางกริด และมีตัวชี้ตำแหน่ง (Cursor) ที่ภายในมีวงขดลวดอยู่ ซึ่งจะปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นช่วง ๆ ภายใต้การควบคุมของผู้ปฏิบัติงาน

3. การกวาดภาพ (Scanning)

ผลที่ได้จากการกราดภาพ คือ ภาพเชิงเลข (Digital image) และอยู่ในโครงสร้างของข้อมูลราสเตอร์ (Raster data) ถ้าต้องการให้ข้อมูลอยู่ในโครงสร้างของข้อมูลเวกเตอร์ (Vector data) ต้องผ่านกระบวนการแปลงข้อมูลจากข้อมูลราสเตอร์เป็นข้อมูลเวกเตอร์ ภายหลังจากการแปลงข้อมูลแล้ว ต้องกำหนดรหัส หรือ ID Number เพื่อที่ว่าข้อมูลเชิงคุณลักษณะจะสามารถเชื่อมโยงกับข้อมูลเชิงพื้นที่ได้ด้วย ID Number นี้

4. แฟ้มข้อมูลเชิงเลขที่มีอยู่ก่อนแล้ว (Existing data file)

ปัจจุบัน หน่วยงานของทางราชการหลายหน่วยงานได้สร้างแผนที่เชิงเลข (Digital map) เพื่อใช้งานตามวัตถุประสงค์ของหน่วยงานนั้น ๆ เช่น แผนที่เส้นทางคมนาคม แผนที่อุตุนิยมวิทยา แผนที่ชนิดป่าไม้ หรือข้อมูลราสเตอร์ ได้แก่ ภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งอยู่ในลักษณะที่เป็นแม่เหล็ก CCT (Computer Compatible Tape) และฟิล์ม

ประเภทของข้อมูลที่ป้อนเข้าสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ มีดังนี้ คือ (บริษัท ล็อกซ์เล่ย์ อินเตอร์กราฟ จำกัด, 2538)

1. ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) เป็นข้อมูลที่ระบุตำแหน่งพิกัดที่ตั้งข้อมูล ประเภทนี้เป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง เพราะ GIS เป็นข้อมูลที่ต้องมีการอ้างอิงทางภูมิศาสตร์ (Geo-referenced) ข้อมูลเหล่านี้ได้แก่ แผนที่ต่าง ๆ

2. ข้อมูลที่ไม่อยู่ในเชิงพื้นที่ (Non-spatial data) เป็นข้อมูลที่เกี่ยวกับคุณลักษณะต่าง ๆ แต่ยังคงจะต้องเกี่ยวข้องกับพื้นที่นั้น ๆ (Associated attributes) ข้อมูลเหล่านี้ได้แก่ ข้อมูลประชากร เป็นต้น

คุณสมบัติของการใส่ข้อมูลเข้าสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ครอบคลุม 3 ขั้นตอนย่อย ดังนี้คือ

1. ป้อนข้อมูลเชิงพื้นที่สู่ระบบโดยใช้วิธีแปลงเป็นข้อมูลตัวเลขด้วยวิธีการ Digitizer หรือ Scan เข้าไป ทำได้โดยการกำหนดจุดค่าที่พิกัดทางภูมิศาสตร์ (Ground control point) ตาม Projection ต่าง ๆ ที่มีอยู่ ส่วนมากจะใช้ค่า Latitude, Longitude และระบบ UTM (Universal Transverse Mercator)

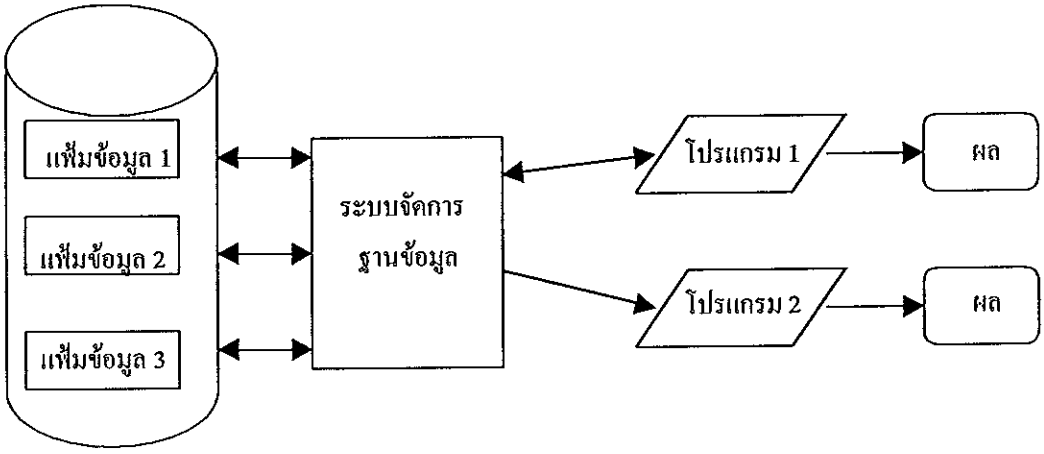
2. ใส่ข้อมูลที่ไม่อยู่ในเชิงพื้นที่สู่ระบบโดยวิธีการสร้างตารางความสัมพันธ์ (Attribute table)

3. เชื่อมข้อมูลทั้งสองประเภทข้างต้นเข้าด้วยกันด้วยระบบ GIS ซึ่งในแต่ละระบบอาจมีวิธีการจัดการกับข้อมูลในแต่ละขั้นตอนต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับซอฟต์แวร์ที่ใช้ เช่น SPANS, ARC/INFO, ILWIS, INTERGRAPH และ MAP INFO เป็นต้น ต่างก็เป็นซอฟต์แวร์ที่เอื้ออำนวยให้สามารถสร้างแผนที่ วิเคราะห์แสดงและจัดการกับข้อมูลแผนที่ได้ ในแต่ละโปรแกรมต่างก็มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป

(2) การจัดการข้อมูล (Data management)

เป็นองค์ประกอบที่มีหน้าที่ในการจัดเก็บและแก้ไขข้อมูลจากฐานข้อมูล มีวิธีการหลากหลายที่ใช้ในการจัดการข้อมูลให้อยู่ในรูปแฟ้มข้อมูลที่คอมพิวเตอร์สามารถอ่านได้ มีการจัดการโครงสร้างข้อมูล และการเชื่อมโยงแฟ้มข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ

ระบบจัดการฐานข้อมูลเปรียบเสมือนสื่อกลางระหว่างผู้ใช้กับโปรแกรมต่าง ๆ ที่ประยุกต์เพื่อใช้งานกับฐานข้อมูล ดังภาพประกอบ 2.10



ภาพประกอบ 2.10 การใช้แฟ้มข้อมูลร่วมกันโดยระบบจัดการฐานข้อมูล

ระบบการจัดการฐานข้อมูลควรมีคุณลักษณะที่สำคัญ ดังนี้

1. ความเป็นอิสระของข้อมูล (Data independence) ข้อมูลที่จัดเก็บในฐานข้อมูลจะไม่ผูกพันอยู่กับวิธีการจัดเก็บและเรียกใช้ข้อมูลวิธีการใดวิธีการหนึ่ง ทำให้เกิดความสะดวกสามารถปรับปรุงโครงสร้างของข้อมูล และใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2. การกำหนดโครงสร้างข้อมูล (Data structuring) ในฐานข้อมูลหนึ่ง ๆ ที่บรรจุรายการของข้อมูลเป็นจำนวนมาก จะมีข้อจำกัดในการใช้ เว้นแต่มีการกำหนดโครงสร้างข้อมูลอย่างมีความหมายชัดเจน ดังนั้น ระบบการจัดการฐานข้อมูลจะอำนวยความสะดวกในการกำหนดโครง-สร้างข้อมูล

3. พจนานุกรมข้อมูล (Data dictionary) รายละเอียดของโครงสร้างข้อมูลในฐานข้อมูลจะถูกจัดเก็บไว้ในพจนานุกรมข้อมูล เมื่อใดก็ตามที่มีการเรียกใช้หรือเปลี่ยนแปลงข้อมูล ระบบการจัดการฐานข้อมูลต้องอาศัยรายละเอียดของโครงสร้างข้อมูลจากพจนานุกรมข้อมูลนี้เสมอ

4. ความถูกต้องและการกู้ข้อมูล (Validity and recovery) การใช้ข้อมูลร่วมกันนับเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง อย่างไรก็ตามอาจเกิดความผิดพลาดของข้อมูลที่แทรกเข้าไปในฐานข้อมูลโดยโปรแกรมประยุกต์ใด ๆ ระบบจัดการฐานข้อมูลต้องใช้ระบบข้อมูลสำรองในการกู้ให้ระบบข้อมูลกลับเข้าสู่สภาพที่ถูกต้องสมบูรณ์ได้

(3) การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis)

เป็นกระบวนการที่ปฏิบัติเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อสนเทศ ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลนั้น จะต้องวิเคราะห์ทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงคุณลักษณะ นอกจากนี้เป็นที่ทราบกันทั่วไปว่าไม่มีซอฟต์แวร์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่มีฟังก์ชันในการวิเคราะห์ครบถ้วน ผู้ใช้จำเป็นต้องโอนย้ายข้อมูลไปสู่โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์อีกโปรแกรมหนึ่งที่มีฟังก์ชั่นที่ต้องการ ดังนั้นในองค์ประกอบการวิเคราะห์ข้อมูล จึงควรมีฟังก์ชั่นที่อำนวยความสะดวกในการโอนย้ายข้อมูลไปสู่ระบบอื่น (Export) หรือนำข้อมูลจากซอฟต์แวร์อื่นมาสู่ระบบ (Import)

(4) การแสดงผล (Data display)

เป็นองค์ประกอบที่มีหน้าที่ในการนำเสนอผลต่อผู้ใช้ในรูปของแผนที่ตาราง คำบรรยาย โดยให้ปรากฏทั้งบนสำเนาถาวร (Hard copy) และภาพบนจอคอมพิวเตอร์และ/หรือแฟ้มข้อมูลในรูปสำเนาชั่วคราว (Soft copy)

ในงานวิจัยนี้ได้มีการนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เข้ามาประยุกต์ใช้ด้วย เพื่อให้ง่ายในการวิเคราะห์และแสดงผลของข้อมูลทั้งในเชิงฐานข้อมูลและรูปภาพ และเพื่อให้การปรับปรุงเปลี่ยนแปลง แก้ไขฐานข้อมูล และรูปโครงข่ายถนนเป็นไปด้วยความสะดวก จะได้เป็นข้อมูลที่ทันสมัยอยู่ตลอดเวลา

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางด้าน GIS (GIS Software)

ในอดีตที่ผ่านมาโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ นับเป็นโปรแกรมที่มีความซับซ้อนเข้าใจยาก ใช้งานลำบากต้องจำคำสั่งมากมาย บางโปรแกรมต้องใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ระดับสูง จึงทำให้ไม่เป็นที่แพร่หลายนัก แต่ในปัจจุบันโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้รับการพัฒนาจนเป็นโปรแกรมแนวใหม่ที่เรียกว่า Desktop mapping System (DTMS) โปรแกรมแนวใหม่นี้จะมีเมนูและปุ่มคำสั่งไม่มากจนเกินไป ไม่ซับซ้อนในการใช้งาน ทำให้สามารถทำความเข้าใจได้ง่าย ตัวอย่างเช่น โปรแกรม MapInfo Professional เป็นต้น ความสามารถอันโดดเด่นของโปรแกรมประเภทนี้อยู่ที่การผนวกข้อมูลจากฐานข้อมูลหรือตารางข้อมูลจากโปรแกรมสเปรดชีตต่าง ๆ ได้อย่างง่ายดาย ไม่ว่าจะเป็น Oracle, Informix, Sybase, SQL server, dbase, Microsoft Access, Excel, Lotus 1-2-3 หรือแฟ้มข้อมูลที่อยู่ในรูปของ ASCII Text และ DBF

ในปัจจุบันจึงมีหลายองค์กรที่นำโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เข้าไปประยุกต์ใช้กับหน่วยงานของตน และมีแนวโน้มว่าจะเป็นที่นิยมมากขึ้นเรื่อย ๆ จึงทำให้บริษัทที่พัฒนางานด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์หลาย ๆ บริษัทหันมาพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มากขึ้นจนทำให้เกิดโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ใหม่ ๆ ขึ้นมามากมาย

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน มีมากมายหลายโปรแกรม เช่น

1. ARC/INFO
2. ARC VIEW
3. MAPINFO PROFESSIONAL
4. INTERGRAPH
5. ATLAS GIS
6. GEO MEDIA
7. PAMAP
8. SPANs

ในการศึกษานี้ได้เลือกใช้โปรแกรม MapInfo Professional เพราะทางภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ได้จัดซื้อไว้สำหรับนักศึกษาได้ใช้ทำการศึกษาโครงงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ความนำ

บทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย รายละเอียดเกี่ยวกับการพัฒนาวิธีการประเมินสภาพความเสียหายของผิวทางคอนกรีต วิธีการสำรวจข้อมูลสภาพความเสียหายของถนนคอนกรีตในสนาม หลักเกณฑ์ในการเลือกวิธีการบำรุงรักษา และหลักเกณฑ์ในการจัดลำดับความสำคัญของการเลือกช่วงถนนที่จะบำรุงรักษา

งานศึกษานี้มีขั้นตอนหลักในการดำเนินการอยู่ 5 ขั้นตอน

1. การพัฒนาวิธีการประเมินสภาพความเสียหายของพื้นผิวถนนคอนกรีต
2. การสำรวจเก็บข้อมูลสนาม
3. การเลือกวิธีการบำรุงรักษา
4. การจัดลำดับความสำคัญในการบำรุงรักษา
5. การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับใช้วิเคราะห์ข้อมูลความเสียหายของผิวทางคอนกรีต

การพัฒนาวิธีการประเมินสภาพความเสียหาย การเลือกวิธีการบำรุงรักษา และการจัดลำดับความสำคัญในการบำรุงรักษานั้น ผู้วิจัยได้ศึกษาวิธีการของหน่วยงานทางหลวงรัฐโอไฮโอ ประเทศสหรัฐอเมริกา วิธีของ RTA ประเทศออสเตรเลีย และวิธี TPMS ของกรมทางหลวง ประเทศไทย เป็นเกณฑ์ในการพัฒนาวิธีการที่เหมาะสมกับสภาพถนนคอนกรีตของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การสำรวจเก็บข้อมูลสนาม ผู้ศึกษาได้ร่างแบบฟอร์มการสำรวจสภาพความเสียหายของถนนคอนกรีตขึ้นเอง และทดลองใช้ในการเก็บข้อมูลจริงแล้วทำการปรับแก้ให้เหมาะสมสำหรับใช้เก็บข้อมูลภาคสนามของโครงข่ายถนนคอนกรีตในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับใช้วิเคราะห์ข้อมูล จะกล่าวอย่างละเอียดในบทที่ 4

3.2 ขั้นตอนในการดำเนินการ

3.2.1 การพัฒนาวิธีการประเมินสภาพความเสียหายของพื้นผิวถนนคอนกรีต

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นว่างานวิจัยนี้ได้ยึดหลักเกณฑ์ในการประเมินสภาพความเสียหายของถนนคอนกรีตมาจาก 3 แหล่ง คือ รัฐโอไฮโอ ประเทศสหรัฐอเมริกา วิธีของ RTA ประเทศออสเตรเลีย และวิธีของกรมทางหลวง ประเทศไทย จากข้อมูลและวิธีการของทั้ง 3 แหล่งนี้ ผู้วิจัยได้นำมาผสมผสาน ปรับปรุง และทดลองใช้กับถนนคอนกรีตภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เมื่อทดลองนำมาใช้แล้วก็พยายามหาข้อผิดพลาด ข้อดี ข้อเสีย แล้วนำมาปรับปรุงจนคิดว่าน่าจะเป็นวิธีการที่ง่ายและเหมาะสมที่สุดสำหรับการประเมินสภาพถนนคอนกรีตภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

ในขั้นแรกผู้ศึกษาได้ออกไปสำรวจประเภทความเสียหายทั้งหมดที่เกิดกับพื้นผิวถนนคอนกรีตในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปรากฏว่ามีความเสียหายที่เกิดขึ้นทั้งหมด 10 ชนิด ดังแสดงภาพประกอบในภาคผนวก ช. ความเสียหายเหล่านี้ ได้แก่

1. รอยแตก (Cracking)
2. รอยต่อตามขวาง (Transverse joint sealant distress)
3. ความต่างระดับที่รอยต่อตามขวาง (Stepping at transverse joints)
4. การหลุดร่อนตรงรอยต่อและรอยแตก (Spalling at joint and crack)
5. มุมหัก (Corner break)
6. หินใหญ่หลุดร่อน (Popouts)
7. ผิวหน้าหลุดร่อน (Scaling)
8. รอยปะ (Patching)
9. การแตกเป็นเสี่ยง (Shatter slab)
10. การทรุดตัว (Settlement)

เมื่อได้ประเภทความเสียหายทั้งหมดแล้ว ก็พิจารณาว่าจะใช้วิธีการสำรวจสภาพความเสียหายแบบใด ซึ่งมีอยู่ 2 วิธี คือ แบบ Objective[1] และ Subjective ในครั้งแรกผู้วิจัยได้ใช้วิธีการสำรวจแบบ Objective เพราะคิดว่าน่าจะให้ผลที่ละเอียดและถูกต้องกว่าวิธีแบบ Subjective ดังนั้นผู้ศึกษาได้นำวิธีการของ Roads and Traffic Authority (RTA) New South Wales Australia มาเป็นเกณฑ์ในการสำรวจ โดยใช้ Road condition manual (Rocond 90) เป็นมาตรฐานในการกำหนดระดับคะแนนความเสียหาย โดยแบ่งการให้คะแนนเป็น 2 ประเภท คือ ความรุนแรงของความเสียหาย และขอบเขตของความเสียหาย ในแต่ละประเภทก็มีการแบ่งระดับคะแนนความเสียหายออกเป็น 3-5 ระดับขั้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเสียหายแต่ละประเภท ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข.

เมื่อกำหนดหลักเกณฑ์การสำรวจแล้ว จึงลงไปเก็บข้อมูลสนามเพื่อให้ได้ค่าความเสียหายชนิดต่าง ๆ แล้วนำค่าเหล่านั้นมาคำนวณเพื่อหาระดับขั้นของความเสียหายในแต่ละชนิด ดังแสดงในภาคผนวก ข

จากการทดลองใช้วิธีสำรวจแบบ Objective ปรากฏว่ามีข้อเสียหลายประการ ดังนี้

1. ใช้เวลาค่อนข้างมากในการสำรวจต่อช่วงถนนแต่ละช่วง
2. ในขณะทำการสำรวจจะต้องปิดกั้นการจราจร มิฉะนั้นอาจเกิดอุบัติเหตุกับผู้สำรวจได้
3. ต้องใช้เครื่องมือและบุคลากรมาก

จากข้อเสียเหล่านี้ทำให้เกิดความยุ่งยากและสิ้นเปลืองเวลาในการสำรวจแต่ละครั้ง จึงเป็นอุปสรรค์ที่จะนำวิธีสำรวจแบบ Objective ไปใช้ในการสำรวจสภาพความเสียหายของพื้นผิวถนนทั้งโครงข่าย ผู้ศึกษาจึงเปลี่ยนแนวคิดในการสำรวจเป็นวิธีแบบ Subjective แทน และได้ร่างแบบฟอร์มการสำรวจข้อมูลสนามขึ้นมา ดังภาพประกอบ 3.1 ในครั้งแรกผู้ศึกษาคิดว่าน่าจะเป็นวิธีที่หยาบและได้ค่าความถูกต้องไม่ดีนัก ดังนั้นจึงทำการทดสอบการสำรวจแบบวิธี Subjective โดยใช้ถนนเส้นเดียวกันที่ได้ทำการสำรวจแบบ Objective ไว้ คือ ถนนวิทย์วิถี ดังภาพประกอบ 3.2

---

[1] แบบ Objective คือ วิธีการสำรวจสภาพความเสียหายของผิวทาง โดยใช้วิธีการวัดขนาดพื้นที่ที่เกิดความเสียหายบนผิวทางโดยตรง การใช้เครื่องมือในการวัดแบบพื้นฐาน เช่น ไม้บรรทัด ตลับเมตร เป็นต้น

รูปวาด

ผู้สำรวจที่ (1) _____ วันที่สำรวจ _____/_____/_____

(2) _____

ชื่อถนน _____ [ ] 1 ช่องจราจร

ระบบถนน : [ ] 1 ช่องจราจร

: [ ] 2 ช่องจราจรไม่มีเกาะกลาง [ ] 2 ช่องจราจรมีเกาะกลาง

[ ] หลายช่องจราจรไม่มีเกาะกลาง [ ] หลายช่องจราจรมีเกาะกลาง

ลักษณะช่วงถนน : [ ] ทางตรง [ ] ทางโค้ง [ ] ทางแยก

ปริมาณการจราจร : [ ] มาก [ ] ปานกลาง [ ] น้อย

ประเภทพื้นผิว : [ ] คอนกรีตเสริมเหล็กแบบมีรอยต่อ [ ] คอนกรีตเสริมเหล็กแบบต่อเนื่อง

ไหล่ทาง : [ ] มี [ ] ไม่มี

จำนวนช่องจราจร : [ ] 1 ช่องจราจร [ ] 2 ช่องจราจร [ ] 3 ช่องจราจร [ ] 4 ช่องจราจร

ความกว้างช่องจราจร _____ เมตร

ความยาวช่วงถนน _____ เมตร

การระบายน้ำ : [ ] ดี [ ] ไม่ดี

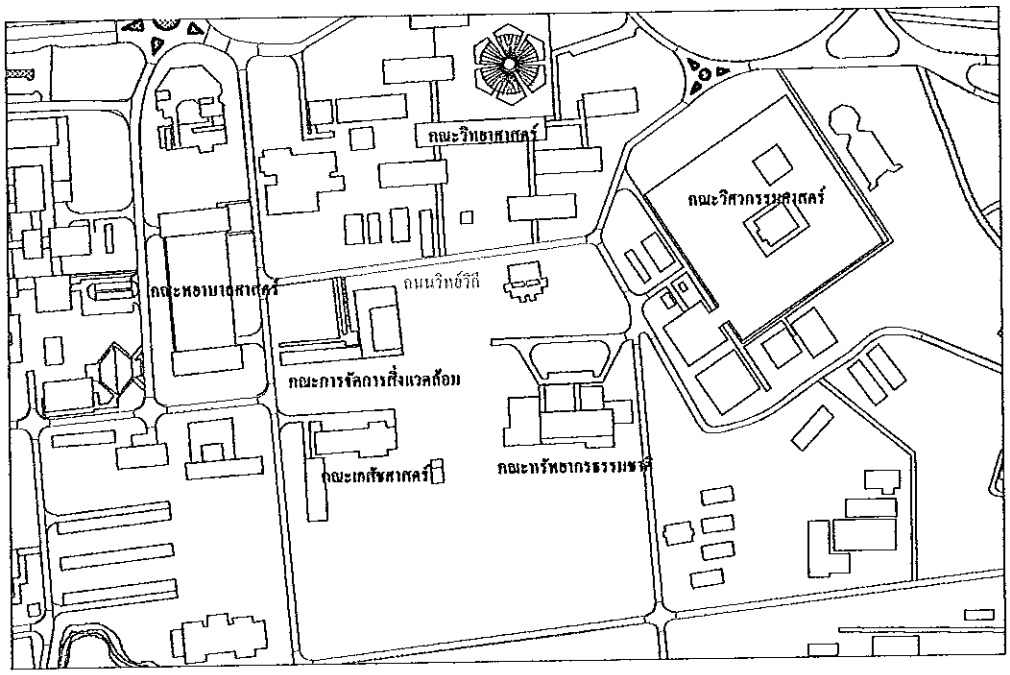
บริเวณที่ตั้ง _____

ลำดับ	ประเภทความเสียหาย	ความรุนแรง (Severity)			ขอบเขต (Extent)		
		ต่ำ	กลาง	สูง	น้อย	กลาง	มาก
1	ผิวหน้าหลุดร่อน (Scaling)						
2	รอยปะ (Patching)						
3	หินใหญ่หลุดร่อน (Popouts)						
4	ต่างระดับตรงรอยต่อตามขวาง (Stepping at transverse joints)						
5	ทรุดตัว (Settlement)						
6	แตกเป็นเสี่ยง (Shatter slab)						
7	รอยบิ่นตรงรอยต่อและรอยแตก (Spalling at joint and crack)						
8	ยางประสานรอยต่อตามขวาง (Transverse joint sealant distress)						
9	รอยแตก (Cracking)						
10	มุมหัก (Corner break)						

หมายเหตุ - ศึกษาเงื่อนไขในการวัดสภาพความเสียหายจากเอกสารการวัดสภาพความเสียหายของพื้นผิวถนนคอนกรีต

- ▒ หมายถึง ไม่ต้องสำรวจในช่องคะแนนนั้น ๆ

ภาพประกอบ 3.1 แบบฟอร์มการเก็บข้อมูลภาคสนาม



ภาพประกอบ 3.2 ตำแหน่งที่ตั้งถนนวิทย์วิถี

ผลที่ได้จากการสำรวจด้วยวิธีแบบ Subjective ปรากฏว่ามีค่าระดับความเสียหายของผิวทางคอนกรีตใกล้เคียงกับผลที่ได้จากวิธีแบบ Objective (รายละเอียดและผลการเปรียบเทียบแสดงในหัวข้อ 5.2 บทที่ 5) ผู้ศึกษาจึงตัดสินใจใช้วิธีการสำรวจสภาพความเสียหายของผิวทางคอนกรีตแบบ Subjective แทนวิธีแบบ Objective เพราะมีข้อได้เปรียบหลายประการ ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ข้อได้เปรียบของวิธีสำรวจแบบ Subjective เมื่อเทียบกับวิธีสำรวจแบบ Objective

วิธีสำรวจแบบ Objective	วิธีสำรวจแบบ Subjective
1. ใช้เวลาในการสำรวจค่อนข้างมาก	1. ใช้เวลาน้อย
2. ต้องปิดการจราจร	2. ไม่ต้องปิดการจราจร
3. ต้องบันทึกข้อมูลอย่างละเอียด	3. บันทึกข้อมูลไม่มากนัก
4. ใช้ผู้สำรวจ 3-4 คน	4. ใช้ผู้สำรวจ 2-3 คน

แต่วิธีสำรวจแบบ Subjective ก็มีข้อจำกัดหลายประการเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีสำรวจแบบ Objective ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ข้อเสียเปรียบของวิธีสำรวจแบบ Subjective เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีสำรวจแบบ Objective

วิธีสำรวจแบบ Objective	วิธีสำรวจแบบ Subjective
ข้อมูลที่ได้จะมีความละเอียดถูกต้องใกล้เคียงกันมาก ไม่ว่าข้อมูลนั้นจะได้จากผู้สำรวจคนใดก็ตาม เพราะใช้วิธีการวัดความเสียหายโดยตรง	ข้อมูลที่ได้จากผู้สำรวจแต่ละคนอาจแตกต่างกัน เนื่องจากการสำรวจใช้ความเห็นส่วนบุคคล ดังนั้นผลที่ได้จึงขึ้นอยู่กับความชำนาญและประสบการณ์ของผู้สำรวจแต่ละคน

อย่างไรก็ตาม ผู้ศึกษาได้เลือกใช้วิธีการสำรวจสภาพความเสียหายแบบ Subjective เพราะพิจารณาแล้วว่ามีข้อได้เปรียบมากกว่า และในการใช้งานจริงน่าจะปฏิบัติได้ง่ายกว่าวิธีแบบ Objective หลังจากนั้นผู้ศึกษาได้ปรับปรุงแก้ไขหลักเกณฑ์ในการให้ระดับคะแนนความเสียหายให้มีความกระชับและง่ายต่อการสำรวจมากขึ้น โดยอ้างอิงจากวิธีการของรัฐโอไฮโอ ประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นเกณฑ์ ทั้งนี้ผู้ศึกษาได้ปรับระดับคะแนนความเสียหายจาก 5 ระดับ คือ A, B, C, D, E และ 1, 2, 3, 4, 5 มาเป็น 3 ระดับคือ A, B, C และ 1, 2, 3 ดังภาคผนวก ข. สาเหตุที่ผู้ศึกษาปรับระดับคะแนนความเสียหายจาก 5 ระดับมาเป็น 3 ระดับ ก็เพื่อให้เกิดความสะดวกและง่ายในการสำรวจและให้คะแนนความเสียหาย รวมทั้งกำหนดค่าน้ำหนักความเสียหาย ค่าน้ำหนักความรุนแรง และค่าน้ำหนักขอบเขตของความเสียหายแต่ละชนิด โดยใช้ค่าน้ำหนักต่าง ๆ ตามแบบอย่างของรัฐโอไฮโอ ประเทศสหรัฐอเมริกา ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ค่าน้ำหนักความเสียหายของผิวทางคอนกรีตเสริมเหล็กแบบมีรอยต่อ

ความเสียหาย	ค่าน้ำหนักของความเสียหาย	ค่าน้ำหนักความรุนแรง			ค่าน้ำหนักขอบเขต		
		ต่ำ	กลาง	สูง	น้อย	กลาง	มาก
ผิวหน้าหลุดร่อน (Scaling)	10	1.0	1.0	1.0	0.6	0.8	1.0
รอยปะ (Patching)	5	1.0	1.0	1.0	0.5	0.8	1.0
หินใหญ่หลุดร่อน (Popouts)*	5	1.0	1.0	1.0	0.4	0.6	1.0
ต่างระดับตรงรอยต่อ (Stepping)	10	0.4	0.7	1.0	0.5	0.8	1.0
ทรุดตัว (Settlement)	5	0.4	0.7	1.0	0.5	0.8	1.0
แตกเป็นเสี่ยง (Shatter slab)	10	1.0	1.0	1.0	0.5	0.8	1.0
รอยบิ่นตรงรอยต่อ (Joint spalling)	15	0.4	0.7	1.0	0.5	0.8	1.0
ยางประสานรอยต่อตามขวาง (Sealant damage)	15	1.0	1.0	1.0	0.5	0.8	1.0
รอยแตก (Cracking)*	15	0.4	0.7	1.0	0.4	0.9	1.0
มุมหัก (Corner breaks)*	10	0.4	0.8	1.0	0.5	0.8	1.0

หมายเหตุ * ความเสียหายที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างของผิวทาง

3.2.2 การสำรวจเก็บข้อมูลสนาม

เมื่อได้กำหนดวิธีการและหลักเกณฑ์ต่าง ๆ เรียบร้อยแล้ว จึงเริ่มทำการสำรวจเก็บข้อมูลในสนาม

ในขั้นแรกก่อนลงปฏิบัติงานในสนาม ผู้ศึกษาได้แบ่งโครงข่ายถนนออกเป็นถนนสายต่าง ๆ ตามการแบ่งของกองอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ และส่วนที่ผู้ศึกษาเพิ่มเติมเองโดยแบ่งออกเป็น 21 สาย และในถนนแต่ละสายจะมีการแบ่งออกเป็นช่วงถนนย่อย อาจแบ่งเป็นช่วงเดียวหรือหลายช่วงขึ้นอยู่กับหลาย ๆ ปัจจัย ได้แก่

1. สภาพแวดล้อมของถนน (ทางราบ ทางชัน)
2. ลักษณะของถนน (ทางตรง ทางโค้ง ทางแยก จำนวนช่องจราจร ความกว้างช่องจราจร ประเภทพื้นผิว)
3. ปริมาณการจราจร (น้อย ปานกลาง มาก)

โดยแบ่งเป็นช่วงถนนย่อยทั้งหมด 62 ช่วง รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ซ

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อการพัฒนาวิธีการประเมินสภาพความเสียหายในครั้งแรก ว่าได้สำรวจสภาพความเสียแบบ Objective คือ ใช้วิธีการวัดความรุนแรง และขอบเขตของความเสียหายในแต่ละประเภท โดยใช้เครื่องมือในการวัด ดังนี้ 1) ไม้บรรทัด 2) ตลับเมตร 3) Template ในการสำรวจมีการจัดทีมผู้สำรวจทีมละ 2 คน (ในงานวิจัยนี้ใช้ทีมสำรวจทีมเดียว) และใช้ถนนวิทย์วิถี เป็นถนนทดลอง เมื่อพบว่าการสำรวจแบบ Objective มีข้อเสียหลายประการดังที่กล่าวมาแล้ว จึงปรับเปลี่ยนวิธีการสำรวจเป็นแบบ Subjective โดยมีการจัดทีมผู้สำรวจทีมละ 2 คนเหมือนเดิม แต่แทนที่จะใช้วิธีการวัดร่องรอยความเสียหายทุกร่องรอยตลอดช่วงถนน ก็ใช้วิธีขี่รถจักรยานยนต์ ไปบนเส้นทางที่ทำการสำรวจอย่างช้า ๆ โดยให้ผู้สำรวจอีกคนหนึ่งนั่งซ้อนท้าย แล้วให้คะแนนความเสียหายลงในแบบฟอร์มการสำรวจ ทำเช่นนี้จนครบทุกช่วงถนนที่กำหนด แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจไปป้อนในคอมพิวเตอร์โดยผ่านโปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อบันทึกเป็นฐานข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งจะนำไปสู่ขั้นตอนการเลือกวิธีการบำรุงรักษาและการจัดลำดับต่อไป

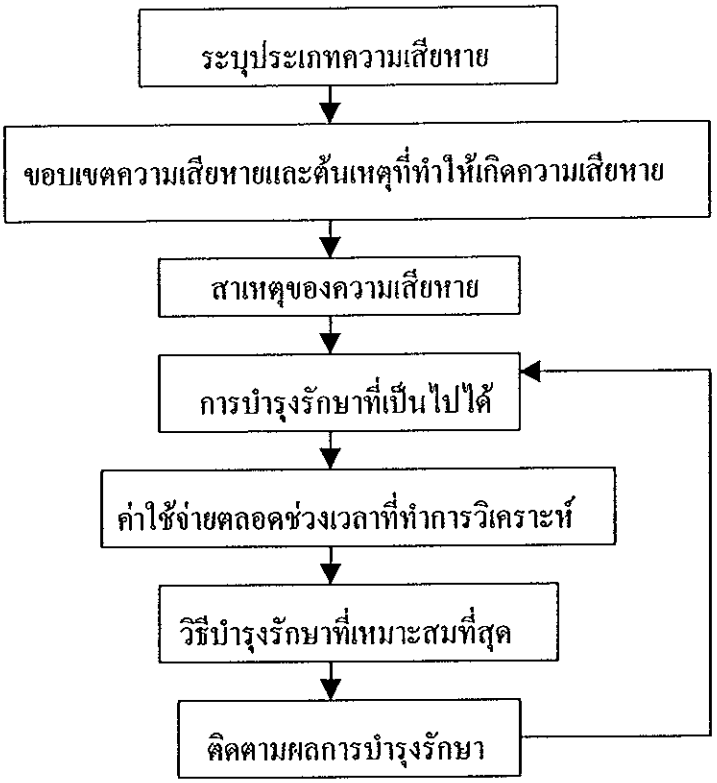
3.2.3 หลักเกณฑ์การเลือกวิธีการบำรุงรักษาพื้นผิวถนนคอนกรีต

ความเสียหายชนิดหนึ่ง ๆ ที่เกิดกับผิวทางอาจมีวิธีบำรุงรักษาได้หลายวิธี และวิธีบำรุงรักษาวิธีหนึ่งก็อาจจะสามารถใช้วิธีบำรุงรักษาความเสียหายได้หลายชนิดเช่นกัน เปรียบเสมือนผู้ป่วยที่เป็นโรคอย่างหนึ่งก็อาจมียาหลาย ๆ ขนานที่สามารถรักษาโรคให้หายได้ขึ้นอยู่กับว่าหมอจะสั่งยาขนานใดให้ ในทางกลับกัน ยาขนานหนึ่งก็อาจสามารถรักษาโรคได้หลาย ๆ โรคเช่นกัน ดังนั้นจึงต้องมีวิธีการที่สามารถจะเลือกวิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับแก้ไขความเสียหายที่เกิดกับผิวทางของแต่ละช่วงถนน

การเลือกวิธีการบำรุงรักษาโดยทั่วไปที่ใช้อยู่ในหลาย ๆ ประเทศจะใช้ตัวแปรหลาย ๆ ตัวประกอบการพิจารณา เช่น ราคาค่าก่อสร้าง อายุการใช้งาน ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ผลตอบแทนต่อผู้ใช้ถนน ปริมาณการจราจร เทคโนโลยี และที่สำคัญที่สุดคือ สภาพความเสียหายประเภทต่าง ๆ ที่เกิดกับผิวทาง โดยส่วนใหญ่การตัดสินใจเลือกวิธีการบำรุงรักษาจะพิจารณาจากราคาค่าก่อสร้าง และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ เป็นหลัก เนื่องจากงบประมาณในการบำรุงรักษามีอยู่จำกัดนั่นเอง จึงจำเป็นต้องใช้งบประมาณที่มีอยู่อย่างจำกัดเพื่อให้เกิดประโยชน์มากที่สุดและพร้อมกันนั้นก็ต้องทำการซ่อมบำรุงผิวทางที่เกิดความเสียหายให้ได้จำนวนมากที่สุดด้วย ดังนั้นในแต่ละจุดหรือแต่ละช่วงถนนที่ได้รับการซ่อมบำรุงอาจจะไม่ได้รับการซ่อมบำรุงด้วยวิธีที่ดีที่สุด การเลือกวิธีการบำรุงรักษาผิวทางโดยพิจารณาจากราคาค่าก่อสร้าง และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจนั้นจะต้องมีการคำนวณหาค่าต่าง ๆ เช่น ค่า NPV ,Benefit Cost Ratio อื่น ๆ จะต้องอาศัยข้อมูลและสถิติทาง

การเงินของวิธีการบำรุงรักษาแบบต่าง ๆ ทุกวิธี เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณแล้วเปรียบเทียบผลลัพธ์ของค่าต่าง ๆ ที่ได้ว่าวิธีการใดให้ผลตอบแทนคุ้มค่ามากที่สุด

ขั้นตอนการพิจารณาเลือกวิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสม



ภาพประกอบ 3.3 แผนผังขั้นตอนพิจารณาเลือกวิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสม
(Roads and Traffic Authority of NSW, 1991)

จากแผนผังในภาพประกอบ 3.3 จะเห็นได้ว่านอกจากการประเมินสภาพความเสียหายที่เกิดกับพื้นผิวทางแล้ว ยังจะต้องพิจารณาจากค่าใช้จ่ายตลอดช่วงอายุการบำรุงรักษาและความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจของแต่ละวิธีการบำรุงรักษาด้วย ซึ่งต้องนำมาเปรียบเทียบในแต่ละวิธีว่าวิธีใดทำให้เกิดประสิทธิผลมากที่สุด

ในงานศึกษานี้จะไม่คำนึงถึงตัวแปรทางด้านราคา เศรษฐกิจ หรืออายุการใช้งาน แต่จะพิจารณาเฉพาะตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสภาพความเสียหายเท่านั้น เนื่องจากข้อมูลหรือสถิติของตัวแปรที่กล่าวมาจะต้องได้มาจากการเก็บรวบรวมข้อมูลของหลาย ๆ ปี แต่ข้อมูลดังกล่าวของโครงข่ายถนนภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ไม่ได้ถูกเก็บรวบรวมไว้ ดังนั้นจึง

ไม่สามารถพิจารณาตัวแปรทางด้านราคาและอายุการใช้งานได้ การพิจารณาเลือกวิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสมในงานศึกษานี้จะพิจารณาเลือกวิธีการบำรุงรักษาที่สามารถครอบคลุมชนิดความเสียหายที่เกิดกับผิวทางของแต่ละช่วงถนนให้ได้มากที่สุด และจะอ้างอิงจากวิธีการของหน่วยงานทางหลวงของรัฐโอไฮโอ ประเทศสหรัฐอเมริกา และวิธีการของกรมทางหลวง ประเทศไทย ด้วย โดยแบ่งหมวดหมู่ของวิธีการรักษาที่สามารถแก้ไขความเสียหายชนิดต่าง ๆ ไว้ ดังตารางที่ 3.4 และความเสียหายชนิดต่าง ๆ ที่สามารถแก้ไขได้ด้วยวิธีการบำรุงรักษาวิธีต่าง ๆ ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.4 วิธีบำรุงรักษาที่สามารถแก้ไขความเสียหายชนิดต่าง ๆ ของผิวทางคอนกรีต

วิธีการบำรุงรักษา	ความเสียหายที่สามารถแก้ไขได้
1. อัดด้วย Dense grade asphalt concrete (สกัดคอนกรีตเก่าออก)	1. รอยแตกมุม (Corner break)
2. ซ่อมแบบตลอดความลึก (Full depth repair)	1. รอยแตกมุม 2. รอยแตกร้าวในแนวยาว (Longitudinal crack) 3. รอยแตกร้าวในแนวทแยง (Diagonal crack) 4. รอยแตกร้าวตามขวาง (Transverse crack) 5. ขอบรอยต่อแตกกะเทาะ (Spalling) 6. รอยแตกตามขวางใกล้รอยต่อ (Transverse crack near joint) 7. การแตกเป็นเสี่ยง (Shatter slap) 8. การหลุดร่อนของมวลรวมใหญ่ (Popouts) 9. รอยปะ (Patching)
3. การอัด Epoxy mortar หรือ Polymer based mortar	1. รอยแตกมุม 2. รอยแตกร้าวในแนวยาว 3. รอยแตกร้าวในแนวทแยง 4. รอยแตกร้าวตามขวาง 5. ขอบรอยต่อแตกกะเทาะ
4. อุดด้วยวัสดุยาแนวรอยต่อชนิดเทร้อน	1. รอยแตกร้าวในแนวยาว 2. รอยแตกร้าวตามขวาง 3. รอยปะ

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

วิธีการบำรุงรักษา	ความเสียหายที่สามารถแก้ไขได้
5. อุดด้วย Rubber asphalt compound	1. รอยแตกร้าวในแนวยาว 2. รอยแตกร้าวในแนวทแยง 3. รอยแตกร้าวตามขวาง
6. การปะฉาบผิว (Thin Bonded Patching)	1. ขอบรอยต่อแตกกะเทาะ 2. การหลุดร่อนของผิวหน้า (Scaling) 3. การหลุดร่อนของมวลรวมใหญ่
7. การเปลี่ยนวัสดุยาแนวรอยต่อชนิดเทร้อน	1. การอัดทะลักบริเวณรอยต่อตามขวาง (Pumping joint) 2. ความเสียหายของยางตรงรอยต่อตามขวาง
8. การยกแผ่นคอนกรีต	การเลื่อนลงอยู่ต่างระดับ (Faulting)
9. การขัดออก	การเลื่อนลงอยู่ต่างระดับ
10. การซ่อมเปลี่ยนวัสดุปิดทับรอยต่อใหม่	การเลื่อนลงอยู่ต่างระดับ
11. รื้อแผ่นเก่าทิ้ง หล่อแผ่นใหม่แทน	การทรุดตัวของแผ่นพื้น

ตารางที่ 3.5 ความเสียหายที่สามารถแก้ไขได้ด้วยวิธีการบำรุงรักษาวิธีต่าง ๆ ของผิวทางคอนกรีต

ความเสียหาย	วิธีการบำรุงรักษา
1. รอยแตกมุม (Corner break)	1. อัดด้วย Dense grade asphalt concrete 2. ซ่อมแบบตลอดความลึก (Full depth repair) (รอยแตกขนาดใหญ่) 3. การอัด Epoxy mortar
2. รอยแตกร้าวในแนวยาว (Longitudinal crack)	1. อัดด้วย rubber asphalt compound 2. ซ่อมแบบตลอดความลึก (Full depth repair) 3. การอัด Epoxy mortar 4. อุดด้วยวัสดุยาแนวรอยต่อชนิดเทร้อน (Seal with hot poured elastic type) 5. การลาดทับ (Overlay)

ตารางที่ 3.5 (ต่อ)

ความเสียหาย	วิธีการบำรุงรักษา
3. รอยแตกร้าวในแนวทแยง (Diagonal crack)	1. อัดด้วย Rubber asphalt compound 2. ซ่อมแบบตลอดความลึก (Full depth repair) (รอยแตกขนาดใหญ่) 3. การอัด Epoxy mortar
4. รอยแตกร้าวตามขวางกลางแผ่นพื้น (Transverse crack)	1. อุดรอยแตกด้วย Rubber asphalt compound 2. ซ่อมแบบตลอดความลึก (Full depth repair) (รอยแตกขนาดใหญ่) 3. การอัด Epoxy mortar 4. อุดด้วยวัสดุยาแนวรอยต่อชนิดเทร้อน
5. การเลื่อนลงอยู่ต่างระดับ (Faulting)	1. การยกแผ่นคอนกรีต 2. การขัดออก 3. การซ่อมเปลี่ยนวัสดุปิดทับรอยต่อใหม่
6. ขอบรอยต่อแตกกะเทาะ (Spalling)	1. ปิดทับด้วย Premix (ซ่อมชั่วคราว) 2. เทซีเมนต์คอนกรีตหรือปูนทราย หรือ Epoxy หรือ Polymer based mortar 3. การปะฉาบผิว (Thin bonded patching) 4. ซ่อมแบบตลอดความลึก (Full depth repair)
7. รอยแตกตามขวางใกล้รอยต่อ	- ซ่อมแบบตลอดความลึก (Full depth repair)
8. การอัดทะลักบริเวณรอยต่อตามขวาง	- การเปลี่ยน (Resealing) วัสดุยาแนวรอยต่อชนิดเทร้อน
9. การทรุดตัวของแผ่นพื้น	1. รื้อแผ่นพื้นเก่าทิ้ง หล่อแผ่นใหม่แทน (Slap replacement) 2. การลาดทับ (Overlay)
10. การแตกเป็นเสี่ยง	- ซ่อมแบบตลอดความลึก (Full depth repair)
11. ผิวหน้าหลุดร่อน (Scaling)	1. การปะฉาบผิว 2. การลาดทับ (Overlay)

ตารางที่ 3.5 (ต่อ)

ความเสียหาย	วิธีการบำรุงรักษา
12. หินใหญ่หลุดร่อน (Popouts)	1. ซ่อมแบบตลอดความลึก (Full depth repair) 2. การปะฉาบผิว 3. การลาดทับ (Overlay)
13. รอยต่อตามขวาง (Transverse joint sealant distress)	- การเปลี่ยน (Resealing) วัสดุยาแนวรอยต่อชนิดเทร้อน
14. รอยปะ (Patching)	1. ซ่อมแบบตลอดความลึก (Full depth repair) 2. อุดด้วยวัสดุยาแนวรอยต่อชนิดเทร้อน

ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดวิธีการบำรุงรักษาประเภทต่าง ๆ สำหรับความเสียหายแต่ละชนิดในระดับต่าง ๆ ดังตารางที่ 3.7 โดยมีการจัดหมวดหมู่ของวิธีการบำรุงรักษา ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 ประเภทของวิธีการบำรุงรักษาผิวทางคอนกรีต

ประเภทของวิธีการบำรุงรักษา	วิธีการบำรุงรักษา
การบำรุงรักษารอยต่อและรอยแตก (Joint Repair Treatment : JR)	1. การอุดด้วยวัสดุยาแนวรอยต่อชนิดเทร้อน 2. การเปลี่ยนวัสดุยาแนวรอยต่อชนิดเทร้อน 3. อัดด้วย Dense grade asphalt concrete 4. ซ่อมแบบตลอดความลึก (Full depth repair) 5. การอัด Epoxy mortar หรือ Polymer based mortar 6. อุดด้วย Rubber asphalt compound
การบำรุงรักษาผิวหน้าถนน (Concrete Pavement Restoration : CPR)	1. การปะฉาบผิว (Thin bonded patching) 2. การขัดออก 3. การซ่อมเปลี่ยนวัสดุปิดทับรอยต่อใหม่
การบำรุงรักษาการทรุดตัว (Settlement Treatment : ST)	1. การยกแผ่นคอนกรีต 2. รื้อแผ่นเก่าทิ้ง หล่อแผ่นใหม่แทน

ตารางที่ 3.7 วิธีการบำรุงรักษาประเภทต่าง ๆ ของผิวทางคอนกรีตสำหรับความเสียหายแต่ละชนิดในระดับต่าง ๆ

ความเสียหาย	ความรุนแรงและขอบเขตของความเสียหาย								
	LO	LF	LE	MO	MF	ME	HO	HF	HE
ผิวหน้าหลุดร่อน (Scaling)					CPR	CPR	CPR	CPR	CPR
หินใหญ่หลุดร่อน (Popouts)			CPR	CPR	JR	JR	JR	JR	JR
ทรุดตัว (Settlement)				ST	ST	ST	ST	ST	ST
รอยแตก (Cracking)				JR	JR	JR	JR	JR	JR
ต่างระดับตรงรอยต่อ (Stepping)				CPR	CPR	CPR	ST	ST	ST
มุมหัก (Corner breaks)				JR	JR	JR	JR	JR	JR
รอยปะ (Patching)				JR	JR	JR	JR	JR	JR
รอยบิ่นตรงรอยต่อ (Joint spalling)				JR	JR	JR	JR	JR	JR
ยางประสานรอยต่อตามขวาง (Sealant damage)				JR	JR	JR	JR	JR	JR
แตกเป็นเสี่ยง (Shatter slab)				JR	JR	JR	JR	JR	JR

Note : LO = Low-Occasional LF = Low-Frequent LE = Low-Extensive
MO = Medium-Occasional MF = Medium-Frequent LE = Medium-Extensive
HO = High-Occasional HF = High-Frequent HE = High-Extensive
JR = Joint Repair Treatment CPR = Concrete Pavement Restoration
ST = Settlement Treatment

โดยที่ Low, Medium, High ใช้สำหรับแบ่งระดับความรุนแรงของความเสียหาย และ Occasional, Frequent, Extensive ใช้สำหรับแบ่งระดับขอบเขตความเสียหาย

3.2.4 หลักเกณฑ์การจัดลำดับความสำคัญในการบำรุงรักษาผิวทางคอนกรีต

ดังได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 ว่าระบบ PMS มี 2 ระดับ คือ ระดับโครงการ และระดับโครงข่าย ในหัวข้อนี้เป็นการวิเคราะห์ในระดับโครงข่าย ประกอบด้วยโครงการทุก ๆ โครงการรวมอยู่ในโครงข่ายนี้ ถ้าเราวิเคราะห์เพียงแต่ในระดับโครงการ คือ สำรวจสภาพความเสียหายแล้วทำการซ่อมบำรุงในแต่ละโครงการ โดยไม่ได้คำนึงถึงโครงการอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เราจะไม่สามารถบริหารจัดการให้ระบบโครงข่ายถนนทั้งระบบมีประสิทธิภาพหรือเกิดประสิทธิผลสูงสุดได้ ดังนั้น

การบริหารจัดการในระดับโครงข่ายมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ด้วยเหตุนี้ทำให้เกิดหลักเกณฑ์ต่าง ๆ มากมายที่สามารถบริหารจัดการกับระบบโครงข่ายให้เกิดประสิทธิผลมากที่สุด ในงานศึกษานี้ได้ใช้หลักเกณฑ์ในการบริหารจัดการกับระบบโครงข่ายดังนี้

ตัวแปรสำคัญที่ใช้ในการพิจารณาการจัดลำดับก่อนหลังของการเลือกที่จะทำการบำรุงรักษาช่วงถนนใด ๆ มี 2 ตัวแปรคือ

1. ค่า Total Deduction Point (TDP)
2. ปริมาณการจราจร

(1) ค่า TDP

ค่า TDP เป็นค่าที่บ่งบอกถึงสภาพความเสียหายโดยรวมของช่วงถนนนั้น ๆ คือ ช่วงถนนใดมีค่า TDP น้อย ย่อมแสดงว่าช่วงถนนนั้นเกิดความเสียหายน้อย และถ้าค่า TDP มาก ก็แสดงว่าเกิดความเสียหายมาก ดังนั้นช่วงถนนใดมีค่า TDP มากที่สุดจะได้รับการจัดลำดับอยู่ลำดับแรก และเรียงลงมาตามลำดับค่า TDP จากมากไปน้อย

ผู้ศึกษาได้จัดแบ่งระดับของค่า TDP เพื่อแบ่งระดับสภาพของผิวทางไว้ดังตารางที่ 3.8 และค่า TDP ได้จากผลรวมของค่า Deduction Point ของสภาพความเสียหายทั้งหมด หรือเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$TDP = \sum_{i=1}^{n} DP_i$$

$$DP_i = DW_i \times SW_i \times EW_i$$

เมื่อ n = จำนวนประเภทความเสียหายที่เกิดขึ้นทั้งหมดบนผิวทางที่พิจารณา

DP คือ Deduction Point

DW คือ น้ำหนักของความเสียหายแต่ละประเภท (Distress Weight)

SW คือ น้ำหนักความรุนแรงของความเสียหายที่เกิดขึ้นแต่ละประเภท (Severity Weight)

EW คือ น้ำหนักขอบเขตของความเสียหายที่เกิดขึ้นแต่ละประเภท (Extent Weight)

ตัวอย่างการคำนวณหาค่า TDP ดังตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.8 สภาพผิวทางแบ่งตามระดับค่า TDP

ระดับค่า TDP	สภาพผิวทาง
90 - 100	ไม่สามารถให้บริการได้
75 - <90	ทรุดโทรมมาก
60 - <75	ทรุดโทรม
40-<60	พอใช้
20 - <40	ดี
0 - <20	ดีมาก

ตารางที่ 3.9 ตัวอย่างการคำนวณค่าน้ำหนักความเสียหายของผิวทางคอนกรีตเสริมเหล็กแบบมีรอยต่อ

ความเสียหาย	ค่าน้ำหนักของความเสียหาย	ค่าน้ำหนักความรุนแรง			ค่าน้ำหนักขอบเขต			DP
		ต่ำ	กลาง	สูง	น้อย	กลาง	มาก	
ผิวหน้าหลุดร่อน (Scaling)	10	1.0	1.0	1.0	0.6	0.8	1.0	6.0
รอยปะ (Patching)	5	1.0	1.0	1.0	0.5	0.8	1.0	5.0
หินใหญ่หลุดร่อน (Popouts)*	5	1.0	1.0	1.0	0.4	0.6	1.0	2.0
ต่างระดับตรงรอยต่อ(Stepping)	10	0.4	0.7	1.0	0.5	0.8	1.0	2.0
ทรุดตัว (Settlement)	5	0.4	0.7	1.0	0.5	0.8	1.0	1.0
แตกเป็นเสี่ยง (Shatter slab)	10	1.0	1.0	1.0	0.5	0.8	1.0	5.0
รอยบิ่นตรงรอยต่อ (Joint spalling)	15	0.4	0.7	1.0	0.5	0.8	1.0	7.5
ยางประสานรอยต่อตามขวาง (Sealant damage)	15	1.0	1.0	1.0	0.5	0.8	1.0	15.0
รอยแตก (Cracking)*	15	0.4	0.7	1.0	0.4	0.9	1.0	9.5
มุมหัก (Corner breaks)*	10	0.4	0.8	1.0	0.5	0.8	1.0	8.0
						TDP		61.00

หมายเหตุ * ความเสียหายที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างของผิวทาง

(2) ปริมาณการจราจร

ปริมาณการจราจรเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสำคัญและความจำเป็นในการใช้งานของถนนแต่ละสาย ดังนั้นในงานศึกษานี้ได้ยึดหลักการจราจรง่าย ๆ คือ ถ้าช่วงถนนใดมีปริมาณการจราจรมากกว่าช่วงถนนอื่น ๆ แสดงว่าช่วงถนนนั้นต้องมีความสำคัญกว่าช่วงถนนอื่น ๆ ที่มีปริมาณการจราจรน้อยกว่าในแง่เศรษฐศาสตร์การขนส่ง ดังนั้นช่วงถนนที่มีปริมาณการจราจรมากที่สุดก็จะได้รับการจัดลำดับอยู่แรกสุด และเรียงลงมาตามลำดับปริมาณการจราจรมากไปน้อย

แต่ในงานศึกษานี้ใช้ค่าตัวแปรทั้ง 2 ตัวคือ ค่า TDP และปริมาณการจราจรในการจัดลำดับก่อนหลังของการเลือกที่จะทำการบำรุงรักษา ดังนั้นเมื่อจัดลำดับแล้วจะได้ค่าลำดับแรกสุดคือ ช่วงถนนที่เกิดความเสียหายมากที่สุดคือค่า TDP มากที่สุด และมีปริมาณการจราจรมากที่สุด แต่ในความเป็นจริงช่วงถนนที่เกิดความเสียหายมากที่สุดอาจไม่ใช่ช่วงถนนที่มีปริมาณการจราจรมากที่สุดก็ได้ กรณีนี้จึงเป็นปัญหาว่าจะจัดลำดับอย่างไร ดังนั้นผู้ศึกษาจึงได้กำหนดหลักเกณฑ์ในการจัดลำดับไว้ดังนี้

ผู้ศึกษาได้กำหนดค่าน้ำหนักขึ้นมา 2 ค่า เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าดัชนีค่าหนึ่งขึ้นมาเพื่อเป็นตัวชี้วัดถึงลำดับก่อนหลังในการเลือกทำการบำรุงรักษา ค่าน้ำหนักทั้งสองค่านี้บ่งบอกถึงการให้ความสำคัญกับตัวแปรแต่ละตัวแปรคือ ค่า TDP และปริมาณการจราจร ซึ่งผู้จัดลำดับสามารถกำหนดค่าน้ำหนักทั้งสองตัวได้ด้วยตนเองตามความต้องการ ส่วนจะกำหนดให้ค่าตัวไหนมากหรือน้อยกว่าก็ขึ้นอยู่กับผู้จัดลำดับให้ความสำคัญกับตัวแปรใดมากกว่า เช่น ถ้าให้ตัวแปร TDP สำคัญกว่า ก็ให้ค่าน้ำหนักของค่า TDP มากกว่าค่าน้ำหนักของปริมาณการจราจร ส่วนค่าน้ำหนักแต่ละค่าควรจะมีค่าเป็นเท่าไรก็ขึ้นอยู่กับผู้จัดลำดับว่าต้องการให้น้ำหนักของตัวแปรทั้งสองตัวแตกต่างกันมากน้อยเพียงไร โดยทั่วไปผลรวมของค่าน้ำหนักควรจะเป็นจำนวนเต็มง่าย ๆ เช่น 10 หรือ 100 ซึ่งทำให้ง่ายต่อการคำนวณหาค่าดัชนีชี้วัดลำดับก่อนหลัง ในงานศึกษานี้ได้ทดลองกำหนดให้ค่าน้ำหนักของค่า TDP เป็น 7 และค่าน้ำหนักของปริมาณการจราจรเป็น 3 ซึ่งผลรวมของค่าน้ำหนักทั้งสองค่าเท่ากับ 10 และในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นก็จะกำหนดให้ผลรวมของค่าน้ำหนักทั้งสองค่ามีค่าเท่ากับ 10 เช่นกัน ดังนั้นผู้จัดลำดับสามารถกำหนดค่าน้ำหนักของแต่ละตัวแปรได้ตั้งแต่ 0-10 เท่านั้น

วิธีคำนวณหาค่าดัชนีชี้วัดลำดับก่อนหลัง

การเก็บข้อมูลปริมาณการจราจรจะมีการเก็บข้อมูลเป็นภาษาแทนค่าตัวเลขคือ น้อย ปานกลาง มาก แต่ในการหาค่าดัชนีชี้วัดลำดับก่อนหลังจะต้องมีการนำค่าน้ำหนักของปริมาณจราจรคูณกับค่าปริมาณการจราจร ดังนั้นจึงจำเป็นต้องแปลงภาษาที่เป็นข้อมูลปริมาณการจราจรให้

เป็นค่าตัวเลขเสียก่อนจึงจะทำการคำนวณได้ ในงานศึกษานี้ได้กำหนดค่าตัวเลขแทนปริมาณการจราจรไว้ดังนี้

ค่าตัวเลข	100	แทนปริมาณการจราจรมาก
ค่าตัวเลข	50	แทนปริมาณการจราจรปานกลาง
ค่าตัวเลข	10	แทนปริมาณการจราจรน้อย

สูตรการคำนวณค่าดัชนีชี้วัดลำดับก่อนหลัง

$$PI = \frac{(TDP \times W_{TDP}) + (T \times W_T)}{(W_{TDP} + W_T)(10)}$$

เมื่อ PI คือ Priority Index (มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 10 ในที่นี้)

TDP คือ Total Deduction Point Value

W_{TDP} คือ Total Deduction Point Weight (ค่าเท่ากับ 7 ในที่นี้)

T คือ Traffic Value

W_T คือ Traffic Weight (ค่าเท่ากับ 3 ในที่นี้)

โดยที่ เมื่อค่า PI มีค่ามาก แสดงว่าช่วงถนนนั้นอยู่ในลำดับต้น ๆ ที่ต้องรีบทำการบำรุงรักษาก่อน และลำดับก่อนหลังของการเลือกที่จะทำการบำรุงรักษาช่วงถนนใด ๆ จะเรียงลำดับความสำคัญจากสำคัญมากที่สุดไปหาสำคัญน้อยที่สุด ตามค่า PI จากมากไปหาน้อย

นอกจากค่า TDP แล้ว ยังมีค่า PCR ที่บ่งบอกถึงสภาวะของพื้นผิวทางและใช้ในการแบ่งประเภทของการบำรุงรักษาดังที่กล่าวแล้วในตารางที่ 2.1 แต่ในงานศึกษานี้ไม่ได้พิจารณาถึงการแบ่งประเภทของการบำรุงรักษา ดังกล่าวแล้วในหัวข้อ 3.2.3 หลักเกณฑ์การหาค่าสภาวะของผิวทางหรือค่า PCR มีดังนี้

การหาค่าสภาวะของผิวทาง

ในงานศึกษานี้จะยึดหลักเกณฑ์การหาค่าสภาวะผิวทางตามแบบของรัฐโอไฮโอ ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยใช้กระบวนการ Pavement Condition Rating (PCR) กระบวนการทาง PCR ถูกจัดให้เป็นกระบวนการที่ผู้ให้คะแนนเป็นผู้สำรวจสภาพความเสียหายของผิวทางและจะต้องให้คะแนนหรือระดับของความเสียหายในแต่ละชนิดของความเสียหาย โดยแบ่งการให้คะแนน

ออกเป็น 2 ส่วนคือ ความรุนแรงของความเสียหาย และขอบเขตของความเสียหาย กระบวนการ PCR จะมีค่าตัวเลข 2 ค่า คือ ค่า PCR และค่ารับน้ำหนักของโครงสร้างผิวทาง (Structural Deduct : STD) ค่า PCR ได้จากการนำผลรวมของค่าคะแนนความเสียหาย (Deduction Point : DP) ของสภาพความเสียหายทั้งหมด ลบออกจากค่า 100 จะเป็นค่า PCR หรือเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$PCR = 100 - \sum_{i=1}^{n} DP_i \qquad (5.1)$$

$$DP_i = DW_i \times SW_i \times EW_i \qquad (5.2)$$

เมื่อ n คือ จำนวนประเภทความเสียหายที่เกิดขึ้นทั้งหมดบนผิวทางที่พิจารณา

DP คือ Deduction Point

DW คือ น้ำหนักของความเสียหายแต่ละประเภท (Distress Weight)

SW คือ น้ำหนักความรุนแรงของความเสียหายที่เกิดขึ้นแต่ละชนิด (Severity Weight)

EW คือ น้ำหนักขอบเขตความเสียหายที่เกิดขึ้นแต่ละประเภท (Extent Weight)

ส่วนค่า STD ได้จากผลรวมของค่า Deduction Point ของชนิดความเสียหายที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างผิวทางเท่านั้น ดังนั้นจึงสามารถประเมินความเสียหายที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างผิวทางได้จากค่า STD

3.2.5 การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับใช้บันทึกและวิเคราะห์ข้อมูลความเสียหายของผิวทางคอนกรีต

งานศึกษานี้ได้มีการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ประยุกต์มาเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการบันทึกและวิเคราะห์สภาพความเสียหายของแต่ละช่วงถนน จัดลำดับก่อนหลังของการเลือกทำการบำรุงรักษาและแนะนำวิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสมสำหรับช่วงถนนใด ๆ ในโปรแกรมได้ผนวกกับโปรแกรมทางด้าน GIS ด้วยเพื่อช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลให้ง่ายขึ้น โดยใช้รูปภาพ (Graphic) สัญลักษณ์ ตัวอักษร เป็นตัวแสดงผลต่าง ๆ และแสดงแผนที่ของโครงข่ายถนนทั้งหมด รายละเอียดต่าง ๆ อยู่ในบทที่ 4

บทที่ 4

การออกแบบโปรแกรม PSUPMS

4.1 ความนำ

ปัจจุบัน ระบบคอมพิวเตอร์มีบทบาทต่อชีวิตประจำวันของมนุษย์มากขึ้น กิจกรรมของมนุษย์โดยส่วนใหญ่จะมีคอมพิวเตอร์เข้ามาเกี่ยวข้องด้วยเสมอ โดยเฉพาะกิจกรรมที่มีความยุ่งยากซับซ้อน คอมพิวเตอร์จะเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยเหลือมนุษย์ให้ทำกิจกรรมนั้น ๆ ได้สะดวก รวดเร็ว และมีความถูกต้องมากขึ้น (รวมถึงการประเมินและวิเคราะห์สภาพความเสียหายของผิวทางด้วย) ในประเทศที่พัฒนาแล้วส่วนใหญ่ได้มีการนำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์และบริหารจัดการกับโครงข่ายถนนมานานแล้ว โดยได้มีการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้นมาเพื่อใช้ในการบริหารจัดการโครงข่ายถนนให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากที่สุด เช่น รัฐโอไฮโอ ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้มีการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ชื่อว่า Pavement Treatment In Ohio Transportation System (PATRIOT) (พัฒนาโดย ศักดิ์ชัย ปรีชาวีรกุล) เพื่อใช้ในการบริหารจัดการโครงข่ายถนนในรัฐโอไฮโอ สำหรับรัฐ New South Wales (NSW) ประเทศออสเตรเลีย ได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ชื่อว่า Condition Management Information System (CMIS) เพื่อใช้บริหารจัดการกับโครงข่ายถนนในรัฐ NSW ในประเทศไทยก็มีโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับบริหารจัดการโครงข่ายถนนทั่วประเทศ คือ โปรแกรม TPMS ซึ่งพัฒนาขึ้นโดยประเทศอังกฤษ แต่โปรแกรม TPMS จะใช้ได้เฉพาะกับผิวทางแบบยืดหยุ่นเท่านั้น ขณะนี้ในประเทศไทยยังไม่มีโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้บริหารจัดการกับโครงข่ายถนนคอนกรีตดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเป็นจุดเริ่มต้นที่จะพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้บริหารจัดการกับโครงข่ายถนนคอนกรีต โดยทดลองใช้โครงข่ายถนนภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ เป็นกรณีศึกษา แต่โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาสำหรับใช้บริหารจัดการกับโครงข่ายถนนคอนกรีตเฉพาะส่วนการบำรุงรักษาเท่านั้น ซึ่งโปรแกรมถูกพัฒนาให้เป็นภาษาไทยที่ง่าย สะดวก และไม่มีความซับซ้อนมากเกินไป โดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual Basic V.6.0 สร้าง User Interface เชื่อมต่อกับฐานข้อมูลซึ่งพัฒนาโดยใช้โปรแกรม Microsoft Access 97 และยังได้เชื่อมต่อกับแผนที่โครงข่ายถนนซึ่งใช้ระบบ GIS เข้ามาช่วยในการแสดงผลทางแผนที่และข้อมูลต่าง ๆ โดยใช้โปรแกรม MapInfo Professional

ในบทนี้จะกล่าวถึงโครงสร้าง รายละเอียดในส่วนต่าง ๆ ระบบการทำงาน วิธีการพัฒนาและฐานข้อมูลของโปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้น พร้อมแสดงรูปภาพประกอบเพื่อความชัดเจนและมองเห็นภาพของโปรแกรมได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

4.2 การพัฒนาโปรแกรม

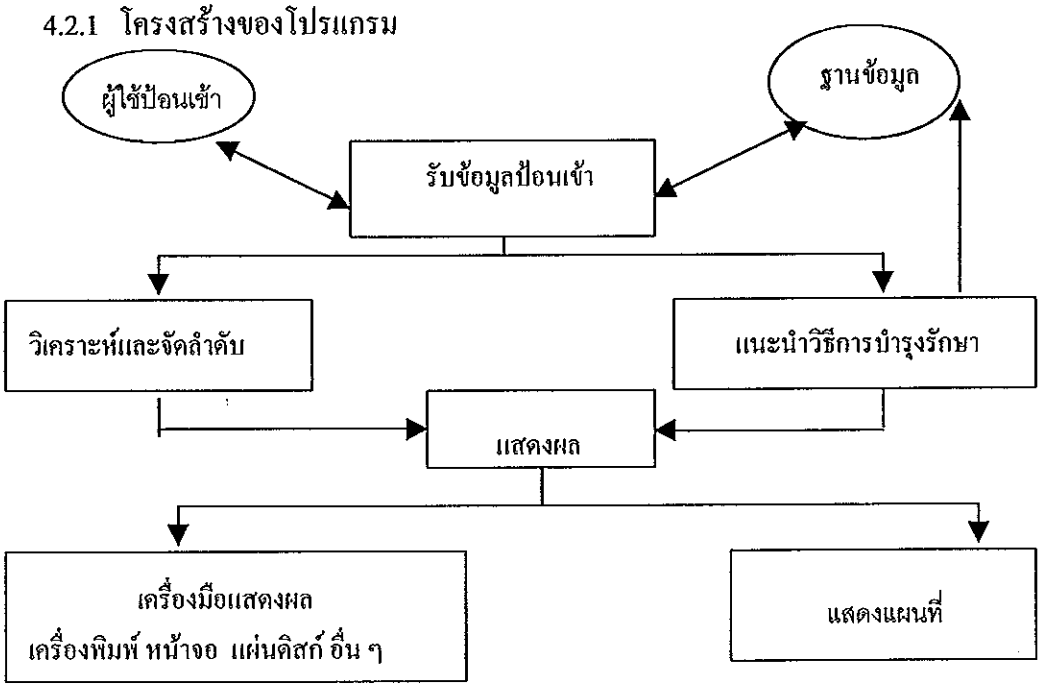
ในงานศึกษานี้ผู้ศึกษาได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้นมาโปรแกรมหนึ่ง ซึ่งผู้ศึกษาให้ชื่อว่าโปรแกรม PSUPMS(Prince of Songkla University Pavement Management system) เป็นโปรแกรมที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้โปรแกรมหลาย ๆ โปรแกรมเป็นเครื่องมือประกอบกัน โปรแกรมหลักที่ใช้พัฒนาโปรแกรม PSUPMS คือ โปรแกรม Microsoft Visual Basic (VB) Version 6.0 ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้ ส่วนรับข้อมูลป้อนเข้า ส่วนการวิเคราะห์และจัดลำดับ ส่วนแนะนำวิธีการบำรุงรักษา ส่วนแสดงผล และส่วนแสดงความช่วยเหลือ

ฐานข้อมูลที่ใช้เป็นตัวเก็บข้อมูลทั้งหมดคือ Microsoft Access 97 (Microsoft Access สำหรับ Windows 95 Step by Step, 2540)

โปรแกรมที่ใช้ในส่วนของการแสดงแผนที่คือโปรแกรม MapInfo Professional Version 5.0 (คู่มือการเรียนรู้ MapInfo Professional ด้วยตนเอง, 2542)

โปรแกรมที่ใช้ในส่วนของการแสดงผลอีกตัวหนึ่งก็คือ โปรแกรม Seagate Crystal Report Version 7.01 (Visual Basic 6 ฉบับโปรแกรมเมอร์, 2542) โปรแกรมนี้ใช้ทำส่วนของรายงานที่พร้อมจะพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์

4.2.1 โครงสร้างของโปรแกรม



ภาพประกอบ 4.1 โครงสร้างของโปรแกรม PSUPMS

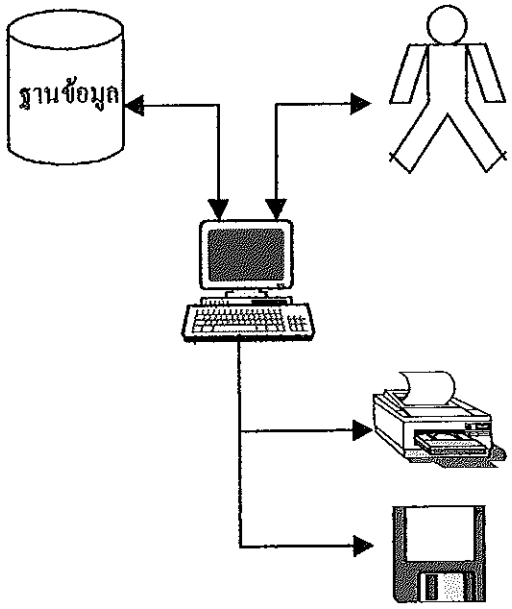
4.2.2 ระบบการทำงานของโปรแกรม

โปรแกรม PSUPMS ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อ

1. จัดเก็บข้อมูล โดยเป็นตัวปฏิบัติการระหว่างเจ้าหน้าที่เก็บข้อมูลเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลของแต่ละช่วงถนน

2. วิเคราะห์ผล โดยนำข้อมูลที่เก็บไว้ในฐานข้อมูลไปทำการวิเคราะห์ผลต่าง ๆ ที่ผู้ใช้ต้องการ เช่น ลำดับความสำคัญก่อนหลังในการบำรุงรักษา วิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสม ซึ่งกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลนี้จะเป็นกระบวนการภายในโปรแกรมที่ผู้ใช้ไม่สามารถมองเห็นได้

3. เสนอแนะหรือแสดงผลการวิเคราะห์ เช่น วิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสมหรือผลการจัดลำดับก่อนหลัง โดยการแสดงผลที่ได้จากการวิเคราะห์ในข้อ 2 ให้ผู้ใช้ได้ทราบอาจจะแสดงผ่านทางหน้าจอ หรือเครื่องพิมพ์หรืออุปกรณ์อื่น ๆ ระบบการทำงานของโปรแกรมดังภาพประกอบ 4.2



ภาพประกอบ 4.2 ระบบการทำงานของโปรแกรม PSUPMS

4.2.3 ส่วนประกอบของโปรแกรม PSUPMS

โปรแกรม PSUPMS ประกอบด้วย 7 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

1. ส่วนรับข้อมูลป้อนเข้า
2. ส่วนวิเคราะห์และจัดลำดับ
3. ส่วนแนะนำวิธีการบำรุงรักษา
4. ส่วนแสดงผล

5. ส่วนแผนที่
6. ส่วนความช่วยเหลือ
7. ส่วนฐานข้อมูล

ส่วนรับข้อมูลป้อนเข้ามีหน้าที่ในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสำรวจในสนามที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมด สามารถจำแนกแหล่งที่มาของข้อมูลได้เป็น 2 แหล่ง คือ จากผู้ใช้ป้อนเข้ามา และจากฐานข้อมูลเดิมที่มีอยู่แล้ว ข้อมูลที่ได้จะถูกนำไปใช้วิเคราะห์หาวิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสม โดยส่วนแนะนำวิธีการบำรุงรักษา และการจัดลำดับก่อนหลังในการบำรุงรักษา โดยส่วนวิเคราะห์และจัดลำดับ และข้อมูลเหล่านี้จะเก็บไว้ในฐานข้อมูลคอมพิวเตอร์ที่พร้อมจะถูกเรียกขึ้นมาวิเคราะห์เมื่อใดก็ได้ หรือแสดงผลออกมาทางหน้าจอคอมพิวเตอร์หรือเครื่องพิมพ์โดยส่วนแสดงผล ส่วนของความช่วยเหลือประกอบด้วยข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการใช้โปรแกรม PSUPMS และรายละเอียดอื่น ๆ เช่น เกณฑ์ในการให้คะแนนสภาพความเสียหายของถนนคอนกรีต หรือรูปภาพที่แสดงให้เห็นถึงสภาพความเสียหายประเภทต่าง ๆ ส่วนฐานข้อมูลจะประกอบด้วยตารางฐานข้อมูลต่าง ๆ ที่เก็บอยู่ในรูปของไฟล์ Microsoft Access ซึ่งถูกเชื่อมโยงเข้ากับโปรแกรม PSUPMS เพื่อดึงข้อมูลไปใช้ในส่วนต่าง ๆ ของโปรแกรม

(1) ส่วนรับข้อมูลป้อนเข้า

ส่วนรับข้อมูลป้อนเข้า เป็นส่วนที่ใช้ติดต่อระหว่างผู้ใช้กับโปรแกรม PSUPMS เป็นส่วนที่ใช้สำหรับป้อนข้อมูลที่เกี่ยวข้อง อาจแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนได้แก่ ข้อมูลที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์สภาพความเสียหายและข้อมูลที่เกี่ยวกับสภาพทางกายภาพของแต่ละช่วงถนน

ส่วนนี้พัฒนาขึ้นโดยใช้โปรแกรม Visual Basic ที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการ Windows โดยได้พัฒนาให้ส่วนรับข้อมูลต่าง ๆ มีลักษณะเป็นกราฟฟิกเป็นส่วนใหญ่ และพยายามให้มีส่วนที่ผู้ใช้ต้องพิมพ์ให้น้อยที่สุด เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นจากผู้ใช้ที่อาจจะพิมพ์ข้อมูลที่ไม่ถูกต้องหรือข้อมูลที่ไม่เหมาะสมกับการวิเคราะห์ที่กำหนดไว้ในโปรแกรมและเพื่อให้ข้อมูลที่ป้อนลงในโปรแกรมเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ลักษณะของกราฟฟิกดังกล่าว เช่น Combo box, check box, picture box, Command button เป็นต้น ข้อมูลที่ถูกป้อนเข้าไปในโปรแกรม PSUPMS จะถูกบันทึกลงในฐานข้อมูลโดยมีลักษณะฐานข้อมูลเป็นแบบ Microsoft Access การบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูลจะใช้ภาษา Structural Query Language (SQL) ในการนำข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้รับเก็บบันทึกเป็นตารางฐานข้อมูล

ที่มาของข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ผู้ใช้ป้อนเข้า และส่วนที่ได้จากฐานข้อมูลเก่าที่มีการบันทึกไว้ก่อนแล้ว ผู้ใช้จะป้อนข้อมูลด้วยวิธีใดขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของผู้ใช้หรือความต้องการของผลการวิเคราะห์ ฐานข้อมูลที่ได้จากส่วนนี้จะถูกนำไปวิเคราะห์หาวิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสม และข้อมูลบางส่วนจะถูกนำไปวิเคราะห์การจัดลำดับความสำคัญก่อนหลังในการเลือกบำรุงรักษาต่อไป

ผู้ใช้ป้อนเข้า

ผู้ใช้สามารถป้อนข้อมูลใหม่ลงในฐานข้อมูลได้โดยป้อนผ่านโปรแกรม PSUPMS อาจป้อนข้อมูลโดยใช้คีย์บอร์ดและ/หรือเมาส์ในการป้อนข้อมูล ข้อมูลที่ต้องป้อนเข้าจะถูกกำหนดไว้ในหน้าจอส่วนรับข้อมูล ซึ่งจะสัมพันธ์กับข้อมูลที่ได้มาจากการเก็บข้อมูลในสนามโดยใช้แบบฟอร์มการเก็บข้อมูลสนามที่กำหนดไว้ให้ ดังภาพประกอบ 3.1 ในบทที่ 3 ข้อมูลที่ต้องป้อนเข้าประกอบด้วยข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

ก. ชื่อถนน

ข. ระบบถนน

ค. ประเภทพื้นผิวถนน

ง. ลักษณะช่วงถนน

จ. ปริมาณการจราจร

ฉ. ไหล่ทาง

ช. วันที่สำรวจ

ซ. จำนวนช่องจราจร

ฌ. ความกว้างช่องจราจร

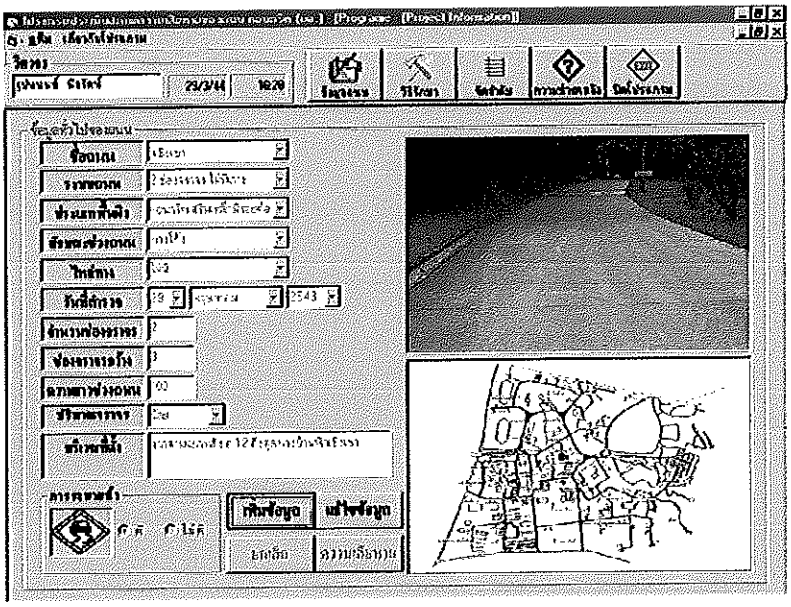
ญ. ความยาวช่วงถนน

ฎ. บริเวณที่ตั้ง

ฏ. ชื่อผู้สำรวจ

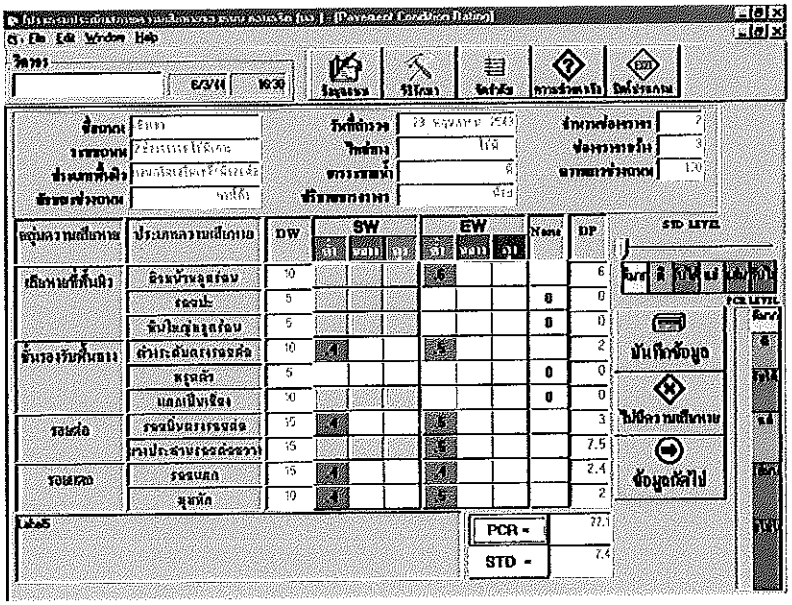
ฐ. การระบายน้ำ

- ข้อมูลที่เกี่ยวกับสภาพทางกายภาพของช่วงถนนเป็นข้อมูลที่ระบุถึงสภาพทั่ว ๆ ไปของช่วงถนน ประกอบด้วย ชื่อถนน ระบบถนน ประเภทพื้นผิว ลักษณะช่วงถนน ไหล่ทาง จำนวนช่องจราจร ความกว้างช่องจราจร ความยาวช่วงถนน บริเวณที่ตั้ง



ภาพประกอบ 4.3 หน้าต่างการรับข้อมูลเกี่ยวกับสภาพทางกายภาพของช่วงถนน

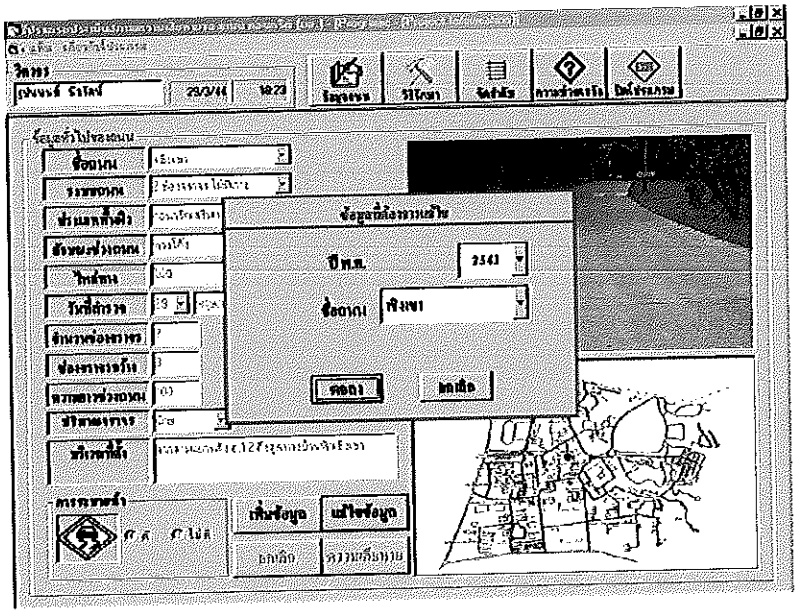
- ข้อมูลที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์สภาพความเสียหาย ประกอบด้วย ความรุนแรงและขอบเขตของความเสียหายในแต่ละประเภทของแต่ละช่วงถนน ปริมาณการจราจร วันที่สำรวจและการระบายน้ำ



ภาพประกอบที่ 4.4 หน้าต่างการรับข้อมูลเกี่ยวกับสภาพความเสียหายของช่วงถนน

ข้อมูลป้อนเข้าจากฐานข้อมูล Microsoft Access

ในกรณีที่ผู้ใช้ต้องการแก้ไขข้อมูลเก่าที่ได้บันทึกไว้แล้วก็สามารถทำได้โดยจะมีหน้าจอสำหรับป้อนชื่อถนนและปี พ.ศ. ที่สำรวจสภาพความเสียหาย เพื่อการค้นหาและแสดงข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมด (ดูรายละเอียดเรื่องฐานข้อมูล) ผู้ใช้สามารถแก้ไขส่วนใดของข้อมูลก็ได้โดยใช้การพิมพ์และ/หรือใช้เมาส์เลือกข้อมูลเพื่อเปลี่ยนแปลง เมื่อแก้ไขเรียบร้อยแล้วจะต้องบันทึกข้อมูลที่แก้ไขแล้วลงในฐานข้อมูลด้วย เพื่อให้ข้อมูลเก่าที่ต้องการแก้ไขเปลี่ยนเป็นข้อมูลใหม่ที่แก้ไขแล้ว ข้อมูลที่ได้จากฐานข้อมูลสามารถที่จะนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไปได้ ไม่ว่าจะเป็นการจัดลำดับหรือหาวิธีการบำรุงรักษา

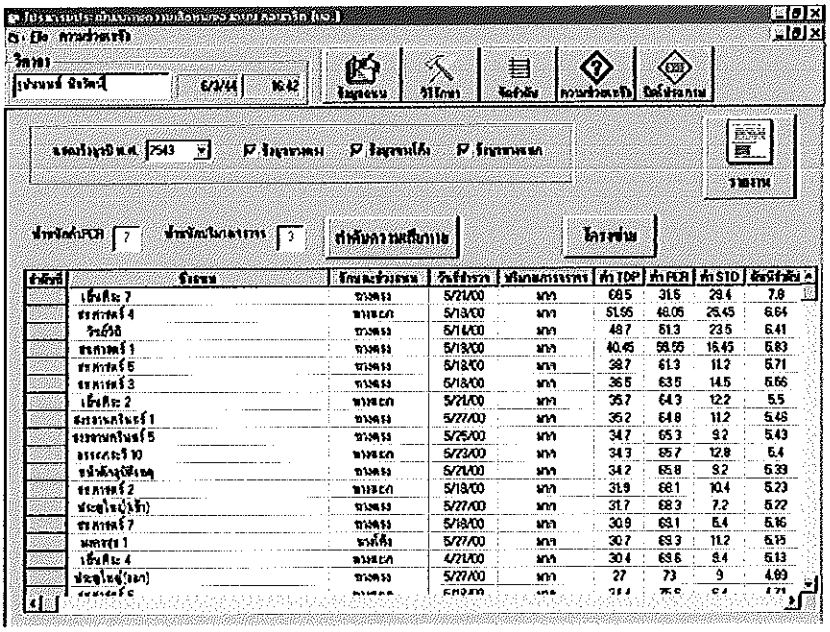


ภาพประกอบ 4.5 หน้าต่างการค้นหาข้อมูลที่มีการบันทึกไว้แล้วของโปรแกรม PSUPMS

(2) ส่วนวิเคราะห์และจัดลำดับ

ส่วนวิเคราะห์และจัดลำดับจะนำข้อมูลจากฐานข้อมูลที่ได้จากการป้อนผ่านทางหน้าจอรับข้อมูลมาใช้ในการวิเคราะห์หาลำดับความสำคัญก่อนหลังในการเลือกบำรุงรักษาโดยใช้ค่า TDP และปริมาณการจราจรเป็นตัวแปรในการคำนวณหาลำดับ ดังได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 3.2.4 การแสดงผลการจัดลำดับผู้ใช้สามารถระบุปีที่สำรวจ ลักษณะช่วงถนน เป็นทางตรง ทางโค้ง ทางแยก แยกเป็นแต่ละลักษณะหรือรวมทุกลักษณะเข้าด้วยกันก็ได้ เพื่อแสดงผลตามที่ผู้ใช้ต้องการ ข้อมูลที่แสดงผลประกอบด้วย ชื่อถนน วันเดือนปีที่ทำการสำรวจ ลักษณะช่วงถนนตามที่ผู้ใช้ระบุ ค่า TDP ค่า PCR ปริมาณการจราจร และค่าดัชนีชี้วัด โดยจะเรียงลำดับจากช่วงถนนที่มี

ค่าดัชนีชี้วัดลำดับก่อน/หลังที่มีค่าสูงสุดไปหาค่าต่ำสุด แสดงว่าช่วงถนนที่อยู่ในลำดับต้น ๆ สมควรที่จะทำการบำรุงรักษาก่อนช่วงถนนที่มีลำดับหลัง ๆ เมื่อผู้ใช้ทราบลำดับความสำคัญของช่วงถนนต่าง ๆ แล้ว และอยากทราบว่าช่วงถนนใดควรจะมีวิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสมอย่างไร ก็สามารถดูได้โดยการดับเบิ้ลคลิกที่ข้อมูลของช่วงถนนใด ๆ โปรแกรมก็จะเข้าสู่หน้าจอวิธีการบำรุงรักษาและเสนอแนะวิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสมสำหรับช่วงถนนนั้น ๆ พร้อมทั้งมีคำอธิบายถึงรายละเอียดวิธีการบำรุงรักษาด้วย ในส่วนของการวิเคราะห์และจัดลำดับมิได้มีความเกี่ยวเนื่องกับหน้าจออื่น ๆ ผู้ใช้สามารถเข้าถึงหน้าจอการจัดลำดับได้โดยตรง โดยไม่ต้องป้อนข้อมูลผ่านหน้าจอใด ๆ หรือเปิดหน้าจอใด ๆ ก่อน แต่ในกรณีที่ต้องการให้โปรแกรมแสดงผลการจัดลำดับก่อนหลังของช่วงถนน จะต้องมั่นใจว่ามีข้อมูลอยู่ในฐานข้อมูลอยู่แล้ว มิฉะนั้นก็ไม่สามารถทำได้



ภาพประกอบ 4.6 หน้าต่างการจัดลำดับก่อนหลังของการเลือกบำรุงรักษาช่วงถนนของโปรแกรม PSUPMS

(3) ส่วนแนะนำวิธีการบำรุงรักษา

ส่วนแนะนำวิธีการบำรุงรักษาจะนำข้อมูลจากส่วนรับข้อมูลป้อนเข้าหรือข้อมูลจากฐานข้อมูลที่เก็บบันทึกไว้มาทำการวิเคราะห์และประมวลผลเพื่อหาวิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับแต่ละช่วงถนน การประมวลผลในส่วนนี้สามารถประมวลผลจากข้อมูลที่ป้อนเข้าได้ 2 ทาง คือ

1. กรณีที่ผู้ใช้ป้อนข้อมูลเริ่มต้นที่หน้าจอส่วนรับข้อมูลแล้วไม่ได้บันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูล ป้อนข้อมูลมาตามลำดับจนถึงหน้าจอเสนอแนะวิธีการบำรุงรักษา โปรแกรมจะเสนอแนะวิธีการบำรุงรักษาของช่วงถนนที่มีข้อมูลปรากฏอยู่ในหน้าจอรับข้อมูลในปัจจุบัน

2. กรณีที่ผู้ใช้ต้องการให้โปรแกรมเสนอแนะวิธีการบำรุงรักษาสำหรับช่วงถนนใด ๆ ที่มีอยู่ในฐานข้อมูลก็สามารถทำได้ โดยการระบุชื่อถนนที่ต้องการ โปรแกรมก็จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลและประมวลผล โดยอาศัยหลักเกณฑ์ที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.2.3 เสนอแนะวิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสมสำหรับช่วงถนนนั้น ๆ ตามที่ผู้ใช้ระบุ พร้อมทั้งแสดงคำอธิบายถึงขั้นตอนวิธีการบำรุงรักษาพอสังเขป

นอกจากโปรแกรมจะเสนอแนะวิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสมแล้ว ยังเสนอแนะวิธีการบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ในแต่ละกลุ่มของความเสียหาย ในโปรแกรมได้กำหนดไว้ 4 กลุ่ม คือ

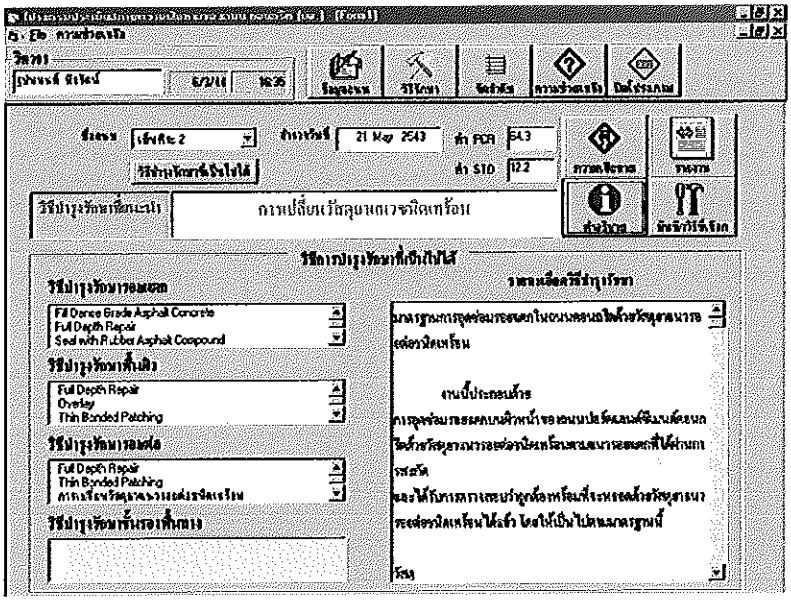
ก. วิธีการบำรุงรักษารอยแตก

ข. วิธีการบำรุงรักษาพื้นผิว

ค. วิธีการบำรุงรักษารอยต่อ

ง. วิธีการบำรุงรักษาชั้นรองพื้นทาง

กรณีที่ช่วงถนนนั้น ๆ เกิดความเสียหายขึ้นทั้ง 4 ประเภทพร้อมกัน โปรแกรมจะแนะนำวิธีการบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ทั้ง 4 ประเภท แต่กรณีที่ช่วงถนนนั้น ๆ เกิดความเสียหายบางประเภท โปรแกรมก็จะแนะนำวิธีการบำรุงรักษาที่เป็นไปได้เฉพาะประเภทที่เกิดความเสียหายเท่านั้น และวิธีการรักษาในแต่ละวิธียังสามารถดูรายละเอียดของวิธีการบำรุงรักษานั้น ๆ ได้ด้วย

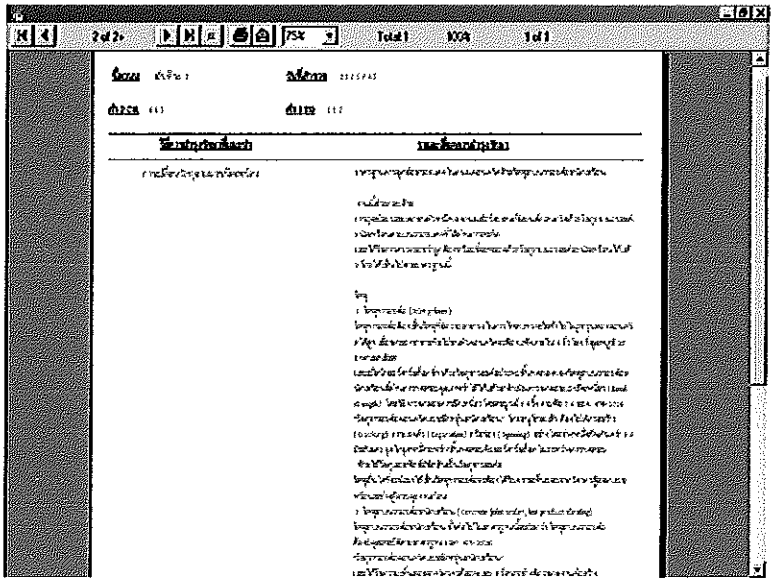


ภาพประกอบ 4.7 หน้าต่างการเสนอแนะวิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสมและเป็นไปได้ของโปรแกรม PSUPMS

(4) ส่วนรายงาน

ส่วนรายงานเป็นส่วนที่ใช้ในการแสดงผลการวิเคราะห์ในรูปแบบของรายงาน การจัดรูปแบบรายงานและการแสดงผลการวิเคราะห์จะดำเนินการโดยโปรแกรม Crystal Report V.7.01 (Visual Basic 6 ฉบับโปรแกรมเมอร์, 2542) สามารถแสดงได้ 2 ทาง คือ

1. ทางหน้าจอ กรณีที่ผู้ใช้ต้องการให้โปรแกรมแสดงรายงานในส่วนใด ๆ ผ่านทางหน้าจอก็สามารถทำได้โดยการระบุให้โปรแกรมแสดงผลทางหน้าจอโดยไม่ต้องมีการพิมพ์ออกมาเป็นรายงาน และข้อมูลในรายงานนั้นจะถูกบันทึกเก็บไว้ในตารางฐานข้อมูลชั่วคราวจนกว่าโปรแกรมจะถูกสั่งให้วิเคราะห์ข้อมูลและจัดทำรายงานใหม่ รายงานใหม่จะถูกบันทึกแทนที่รายงานเดิม



ภาพประกอบ 4.8 หน้าต่างการรายงานวิธีการบำรุงรักษาที่แนะนำของโปรแกรม PSUPMS

2. ทางเครื่องพิมพ์หรืออุปกรณ์อื่น ๆ ' ถ้าผู้ใช้ต้องการรายงานที่เป็นเอกสาร โปรแกรมก็สามารถแสดงรายงานโดยผ่านทางเครื่องพิมพ์หรืออุปกรณ์อื่น ๆ ได้ เช่น เครื่องพล็อต-เตอร์ (Plotter) เครื่องพิมพ์ (Printer) เป็นต้น

วิธีการบำรุงรักษาที่แนะนำ	**รายละเอียดการบำรุงรักษา**
รปะฉาบผิว (Thin Bond Patching)	ร่างมาตรฐานการซ่อมผิวคอนกรีตแบบการปะฉาบผิว (Thin bonded patching)

งานนี้ประกอบด้วยการฉาบผิวของถนนคอนกรีตที่เกิดการหลุดร่อนที่ผิวหน้าหรือเกิดความเ
สียหายที่ผิวหน้าในระดับความลึกไม่มากกว่า 50
มิลลิเมตรจากผิวหน้าด้วยคอนกรีตผสมเสร็จ งานซ่อมผิวแบบ Thin bonded patching นี้
จะใช้กับความเสียหายของถนนคอนกรีตที่เกิดในลักษณะของรอยแตกเป็นตื้นตามแนวรอยต่อ
(Shallow spalling at joints) การหลุดร่อนของผิวคอนกรีต (Scaling)
หรือการแตกหลุดของผิวหน้าคอนกรีต (Surface breaking)

วัสดุ
1. ปูนซีเมนต์ ปูนซีเมนต์ที่ใช้อาจเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1
หรือปูนซีเมนต์ชนิดพิเศษอื่นใดที่ได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อนนำมาใช้
งาน
2. วัสดุมวลรวมเม็ดละเอียด วัสดุมวลรวมเม็ดละเอียดที่ใช้กันทั่วไปในงานคอนกรีต คือ
ทราย ซึ่งจะต้องมีคุณสมบัติดังนี้
2.1 เป็นทรายน้ำจืดที่หยาบ
2.2 สะอาด ปราศจากวัสดุอื่นเจือปน เช่น ดิน เก้าถ่าน และวัชพืช
เมื่อทดลองตามวิธีทดลองที่ ทล.-ท. 201/2515 "วิธีการทดลองหา Organic impurities
ในทรายสำหรับคอนกรีต" แล้ว จะต้องมีสีไม่แก่กว่าสีมาตรฐาน
2.3 มีขนาดคละดังแสดงในตารางที่ จ.1
2.4 ในกรณีที่ต้องใช้วัสดุมวลรวมเม็ดละเอียดที่แตกต่างไปจากที่กำหนดไว้ข้างต้น
จะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อน
3. วัสดุมวลรวมเม็ดหยาบ วัสดุมวลรวมเม็ดหยาบที่ใช้ในงานซ่อมผิวแผ่นพื้นคอนกรีต คือ
หิน หรือ กรวด ซึ่งจะต้องมีคุณสมบัติดังนี้
3.1 เป็นวัสดุที่มีเนื้อแข็ง เหนียว ไม่ผุ สะอาด และปราศจากวัสดุอื่นเจือปน
เมื่อทดลองตามวิธีการทดลอง ที่ ทล.-ท. 202/2515 "วิธีการทดลองหาความสึกหรอของ
Coarse aggregate โดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion" แล้ว
จะต้องมีค่าการสึกหรอไม่เกินร้อยละ 40
3.2 ไม่เป็นหินชนิดเนื้อหยาบพรุน ที่แช่ไว้ในน้ำเป็นเวลา 24
ชั่วโมงแล้วมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นจากเดิมเกินกว่าร้อยละ 10
3.3 มีขนาดคละดังแสดงในตารางที่ จ.2
3.4 ในกรณีที่หินหรือกรวดที่หาได้ตามท้องถิ่นมีขนาดไม่ถูกต้องตามตารางที่ จ.2
อาจจะทำการหาอัตราส่วนผสมระหว่างหิน หรือกรวด ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป
เพื่อให้ได้ขนาดและตามตารางที่ จ.2 โดยวิธี Mix design
3.5
ในกรณีที่ต้องใช้วัสดุมวลรวมเม็ดหยาบอื่นใดที่มีคุณสมบัติต่างไปจากที่กำหนดไว้ข้างต้น
ต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อน
4. น้ำ น้ำที่จะนำมาใช้ผสมหรือบ่มคอนกรีตได้จะต้องสะอาดปราศจากสารต่าง ๆ เช่น เกลือ
น้ำมัน กรด ด่าง และอินทรีย์วัตถุ หรือสารอื่นใดในปริมาณที่เป็นอันตรายต่อคอนกรีต

(5) ส่วนแผนที่

ส่วนแผนที่เป็นอีกส่วนหนึ่งของการแสดงผลโปรแกรมได้ถูกออกแบบให้แสดงแผนที่โครงข่ายถนนทั้งหมดภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ผ่านทางหน้าจอ ส่วนนี้จะรวมอยู่ในหน้าจอการแสดงผลการจัดลำดับความสำคัญก่อนหลัง แผนที่โครงข่ายถนนในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ สร้างขึ้นโดยใช้โปรแกรมทางด้านระบบ Geographic Information System (GIS) คือ โปรแกรม MapInfo Professional Version 5.0 แหล่งที่มาของข้อมูลแผนที่ได้จากโครงงานนักศึกษาของนายฐปนนนท์ นิลรัตน์ และนายวิเชียร เนียมอ่อน (การทำแผนที่ทั่วไปของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ โดยใช้ระบบดาวเทียม GPS, 2536) ซึ่งเป็นแผนที่โครงข่ายถนนมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ เมื่อปี พ.ศ. 2536 และข้อมูลอยู่ในรูปของไฟล์คอมพิวเตอร์ โดยต้องทำการแปลงไฟล์ดังกล่าวให้เป็นไฟล์ .TAB ซึ่งเป็นไฟล์รูปแผนที่ที่ใช้สำหรับโปรแกรม MapInfo เมื่อได้แปลงไฟล์เรียบร้อยแล้วต้องทำการปรับปรุงเพิ่มเติมเส้นถนนและขอบเขตของอาคารต่าง ๆ ให้เป็นปัจจุบัน เพื่อนำมาใช้ในการแสดงผลในโปรแกรม PSUPMS ได้ การเชื่อมต่อระหว่างโปรแกรม MapInfo และโปรแกรม Visual Basic สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การทำ Object Linking and Embedding (OLE) หรือการใช้คำสั่งให้เปิดโปรแกรม MapInfo โดยตรง แต่ในงานวิจัยนี้ใช้การทำ OLE เป็นวิธีเชื่อมต่อระหว่างโปรแกรม MapInfo และโปรแกรม Visual Basic

การแสดงผลทางแผนที่สามารถแสดงผลได้ 2 วิธี คือ

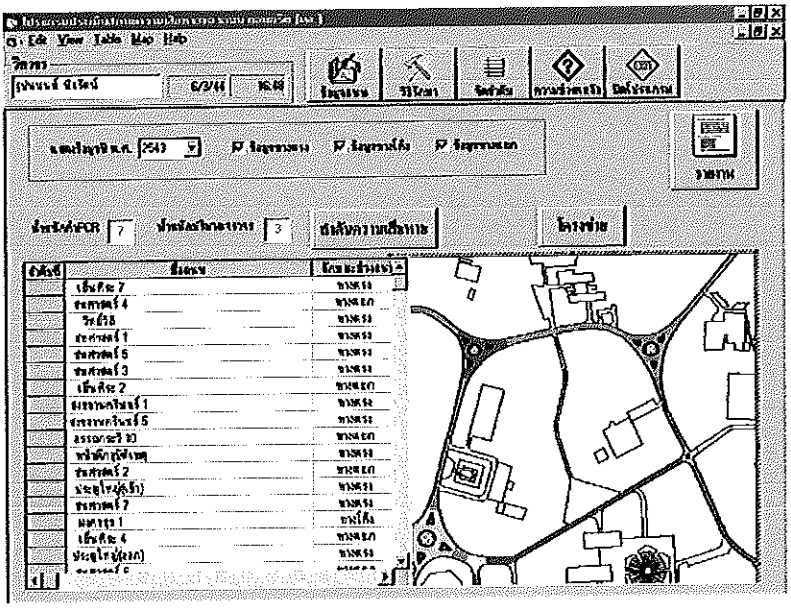
1. แสดงแผนที่บนคอนโทรล OLE โดยตรง แผนที่ที่แสดงสามารถแสดงข้อมูลอย่างหยาบ ๆ ของถนนแต่ละช่วงได้ เช่น ชื่อถนน และแผนที่นี้ยังสามารถย่อขยายหรือเลื่อนไปตรงจุดที่ต้องการได้ โดยการกำหนดมาตราส่วนและการทำ Map Drag ตามลำดับ

2. แสดงแผนที่โดยการสั่งให้คอนโทรล OLE เปิดโปรแกรม MapInfo Map [1] ขึ้นมา เมื่อโปรแกรม MapInfo Map ถูกเปิดขึ้นก็จะแสดงรูปแผนที่โครงข่ายถนนทั้งหมด โดยสามารถย่อขยายและเลื่อนตำแหน่งของแผนที่ได้เช่นกัน แต่วิธีนี้สามารถแสดงข้อมูลของแต่ละช่วงถนนได้

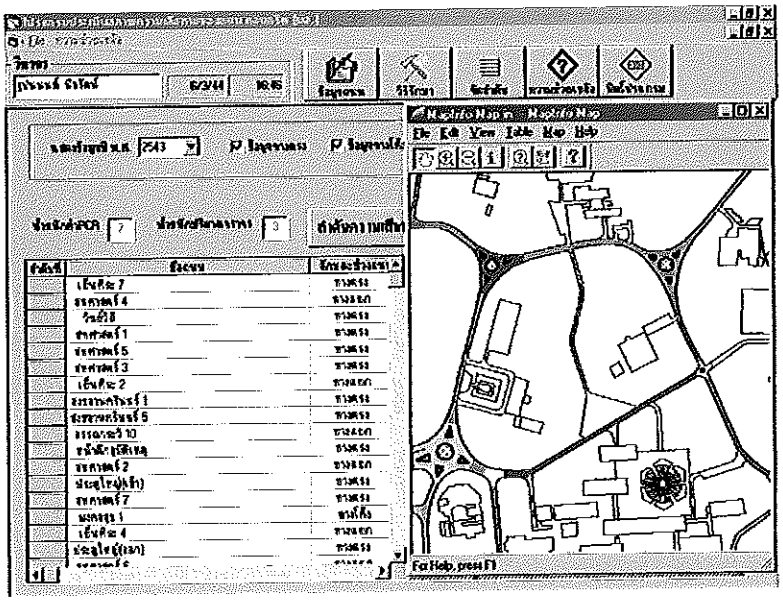
---

[1] MapInfo Map คือ โปรแกรมย่อยของโปรแกรม MapInfo ที่ถูกฝังไว้ในโปรแกรมสำเร็จรูปอื่น MapInfo Map ทำหน้าที่คล้ายเป็นตัวแสดงรายงาน แต่สามารถทำงานได้หลายอย่าง คล้าย ๆ กับโปรแกรม MapInfo เช่น ปรับเปลี่ยนชั้นแผนที่ได้ แสดงข้อมูลในรูปตาราง กราฟ ตัวอักษร และอื่น ๆ ได้

ละเอียดกว่า โดยการใช้ฟังก์ชั่นสอบถามข้อมูล (Information Toolbar) ข้อมูลเกี่ยวกับแต่ละช่วงถนนที่หน้าจอนี้สามารถบอกได้ เช่น ชื่อถนน ความยาวช่วงถนน จำนวนช่องจราจร ความกว้างช่องจราจร ประเภทพื้นผิว เป็นต้น



ภาพประกอบ 4.10 หน้าต่างการแสดงผลทางแผนที่บนคอนโทรล OLE

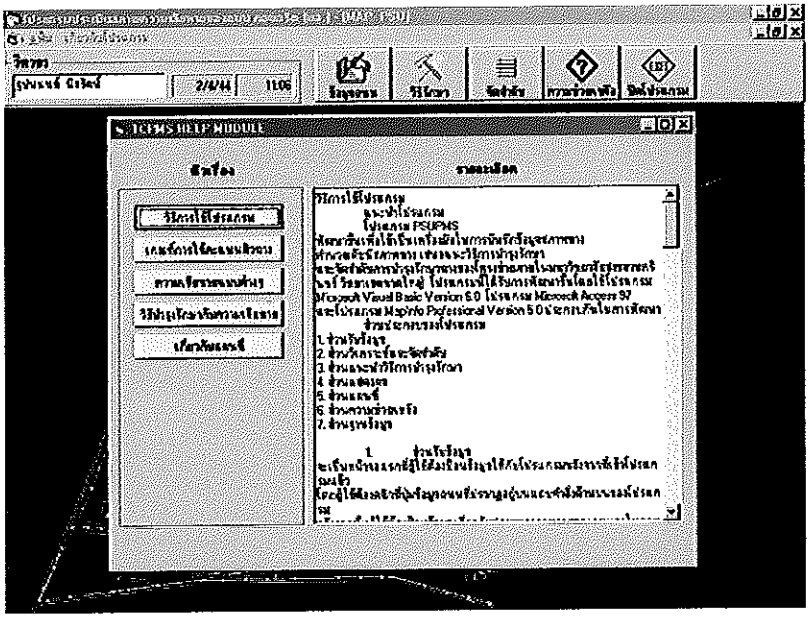


ภาพประกอบ 4.11 หน้าต่างการแสดงแผนที่โดยโปรแกรม MapInfo Map

การออกแบบให้โปรแกรม PSUPMS มีส่วนของระบบ GIS เข้ามาร่วมด้วยเพื่อเพิ่มขีดความสามารถของโปรแกรมให้สามารถใช้งานได้หลากหลายยิ่งขึ้น และสามารถใช้วิเคราะห์โครงข่ายถนนอื่น ๆ ได้ด้วย โดยการนำข้อมูลรูปแผนที่และฐานข้อมูลของแผนที่นั้น ๆ ผ่านทางโปรแกรม MapInfo (ฐานข้อมูลของแผนที่ในโปรแกรม MapInfo จะสัมพันธ์กับฐานข้อมูลที่สร้างขึ้นในโปรแกรม Microsoft Access) เข้ามาวิเคราะห์โดยโปรแกรม PSUPMS และยังเป็นการแสดงผลโดยใช้รูปภาพ ซึ่งทำให้ผู้ใช้มองเห็นภาพและข้อมูลในภาพรวมได้ง่ายและถูกต้องยิ่งขึ้น

(6) ส่วนความช่วยเหลือ

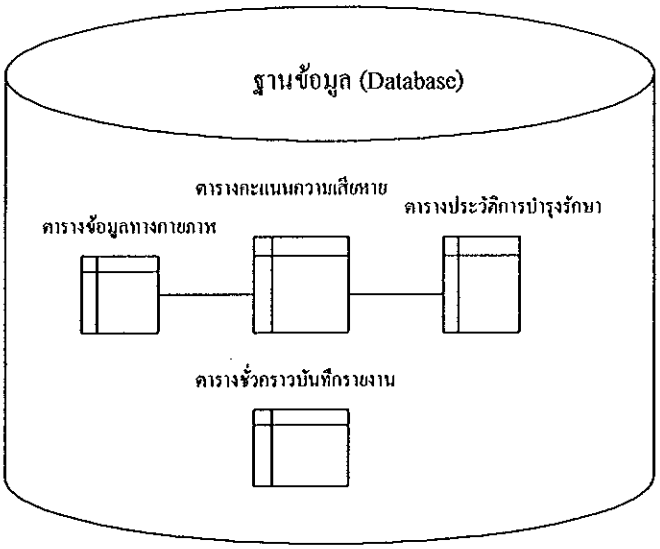
เป็นส่วนแนะนำผู้ใช้ให้ทราบถึงขั้นตอนและวิธีการใช้โปรแกรม PSUPMS ประกอบด้วยวิธีการและขั้นตอนการใช้โปรแกรม PSUPMS หลักเกณฑ์การประเมินสภาพความเสียหาย ลักษณะของสภาพความเสียหายแบบต่าง ๆ วิธีบำรุงรักษาและแผนที่ การสื่อจะใช้ทั้งตัวอักษรและรูปภาพประกอบเพื่อให้เข้าใจง่ายและมองเห็นภาพได้ ส่วนของความช่วยเหลือถูกออกแบบให้แยกออกจากส่วนอื่น ๆ ของโปรแกรม ซึ่งผู้ใช้สามารถเข้าไปในส่วนของความช่วยเหลือได้ โดยไม่ต้องผ่านส่วนอื่น ๆ ของโปรแกรมก่อนเลย



ภาพประกอบ 4.12 หน้าต่างแสดงความช่วยเหลือเกี่ยวกับการใช้โปรแกรม PSUPMS

(7) ส่วนฐานข้อมูล

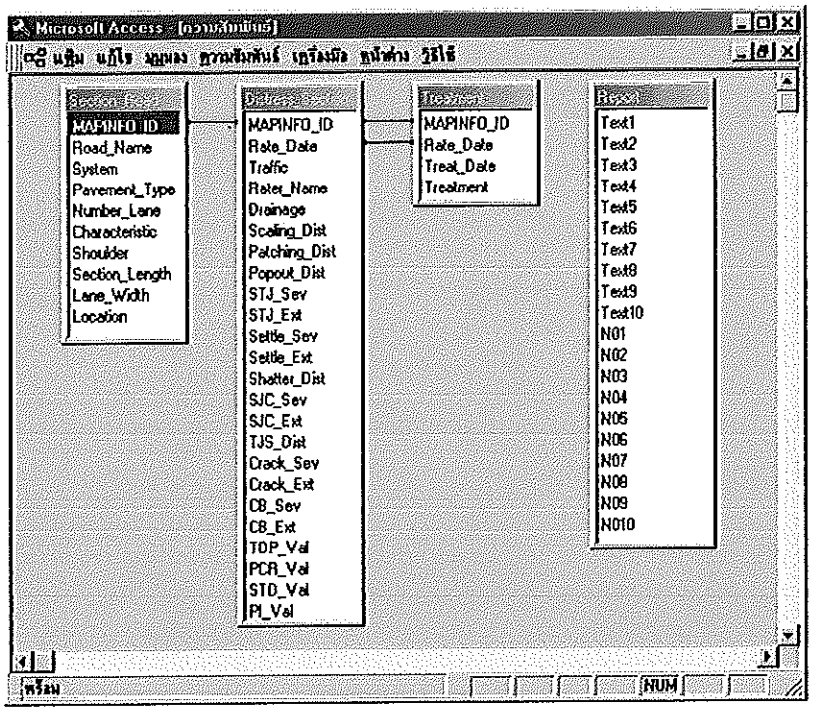
ฐานข้อมูล (Database) คือ ที่อยู่ของข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กัน ข้อมูลเหล่านี้จะจัดเก็บร่วมกันอย่างมีระบบและรูปแบบ ทำให้ง่ายต่อการประมวลผลและการจัดการ สำหรับฐานข้อมูลที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในปัจจุบันจะเป็นแบบ Relational database จะจัดเก็บข้อมูลในรูปของตาราง (Table) โดยที่ข้อมูลในแต่ละตารางจะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน



ภาพประกอบ 4.13 ตัวอย่างฐานข้อมูลในโปรแกรม PSUPMS

ฐานข้อมูลที่พัฒนาร่วมในโปรแกรม PSUPMS เป็นแบบ Relational Database เช่นกัน ประกอบด้วยตารางฐานข้อมูลทั้งหมด 4 ตารางดังนี้

1. ตารางฐานข้อมูลเกี่ยวกับสภาพทางกายภาพของแต่ละช่วงถนน
2. ตารางฐานข้อมูลเกี่ยวกับสภาพความเสียหายของแต่ละช่วงถนน
3. ตารางฐานข้อมูลประวัติการบำรุงรักษาของแต่ละช่วงถนน
4. ตารางฐานข้อมูลจัดทำรายงาน



ภาพประกอบ 4.14 ตารางฐานข้อมูลของโปรแกรม PSUPMS

บทที่ 5

ผลการประเมินสภาพความเสียหายและผลการวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 ความนำ

บทนี้จะกล่าวถึงผลของการประเมินสภาพความเสียหายของพื้นผิวทางคอนกรีตภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ที่ได้สำรวจในพื้นที่จริงด้วยวิธีสำรวจแบบ Objective และวิธีสำรวจแบบ Subjective แล้วนำผลการสำรวจทั้งสองวิธีมาเปรียบเทียบว่ามีผลที่เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร ในการสำรวจด้วยวิธีแบบ Objective ได้ทดลองสำรวจสภาพความเสียหายของช่วงถนน 1 ช่วง เพื่อเป็นตัวอย่างที่จะใช้เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากวิธีการสำรวจแบบ Subjective ของช่วงถนนเดียวกัน และจะกล่าวถึงผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลความเสียหายจากโปรแกรม PSUPMS คือ วิธีการบำรุงรักษาที่แนะนำ และผลการจัดลำดับความสำคัญก่อนหลัง

5.2 ผลการสำรวจสภาพความเสียหาย

5.2.1 การสำรวจแบบ Objective

การสำรวจสภาพความเสียหายของพื้นผิวทางในครั้งแรกใช้วิธีแบบ Objective คือ การสำรวจโดยใช้วิธีวัดความเสียหายที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวถนนโดยตรง อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดคือ ไม้-โปรเทคเตอร์ ตลับเมตร และเท็มเพลต (Template) สำหรับวัดความกว้างรอยแตก วัดขนาดของพื้นที่ครอบคลุมความเสียหายแต่ละประเภท และวัดความรุนแรงของความเสียหายแต่ละประเภท ความเสียหายตลอดความยาวช่วงถนน ในงานศึกษานี้ได้สำรวจถนนวิทย์วิถี เป็นตัวอย่างของข้อมูลแบบ Objective สาเหตุที่เลือกถนนวิทย์วิถีเป็นตัวอย่างในการสำรวจ เพราะถนนวิทย์วิถีเกิดความเสียหายแบบหลากหลายชนิด จึงน่าจะเป็นข้อมูลตัวอย่างที่จะใช้ในการเปรียบเทียบผลการสำรวจจากทั้ง 2 วิธีได้ดีที่สุด โดยมีชนิดความเสียหายที่เกิดขึ้นทั้งหมด ผลการสำรวจและการคำนวณหาระดับความเสียหายแต่ละชนิด ดังนี้

สภาพความเสียหายที่เกิดขึ้นบนถนนวิทย์วิถีมีทั้งหมด 7 ชนิด ได้แก่

1. ผิวหน้าหลุดร่อน (Scaling)
2. รอยปะ (Patching)
3. หินใหญ่หลุดร่อน (Popout)
4. ความต่างระดับรอยต่อตามขวาง (Stepping at transverse joint)
5. ยางเชื่อมประสานรอยต่อตามขวาง (Transverse joint sealant)

6. รอยแตก (Cracking)

7. มุมหัก (Corner break)

ผลการสำรวจและการคำนวณหาระดับความเสียหายของความเสียหายแต่ละชนิด โดยใช้มาตรฐานระดับคะแนนความเสียหายที่ใช้ในงานศึกษาที่มีการแบ่งคะแนนความเสียหายออกเป็น 3 ระดับ ประกอบด้วยความรุนแรงของความเสียหาย 3 ระดับ คือ 1, 2, 3 และขอบเขตความเสียหาย 3 ระดับ คือ A, B, C (รายละเอียดในภาคผนวก ข) มีดังนี้

ข้อมูลทางกายภาพของถนนวิทย์วิถี

ความกว้างช่องจราจร = 3.0 เมตร

ความยาวช่วงถนน = 260 เมตร

จำนวนช่องจราจร = 2 ช่อง

พื้นที่ช่วงถนน (1 ช่องจราจร) = 780 ตารางเมตร

1. ผิวหน้าหลุดร่อน (Scaling)

พื้นที่ที่เกิดความเสียหายทั้งหมด = 398.12 ตารางเมตร

พื้นที่ตลอดช่วงถนน = 780 ตารางเมตร

ขอบเขตความเสียหาย $= \frac{\text{พื้นที่ที่เกิดความเสียหายทั้งหมด}}{\text{พื้นที่ตลอดช่วงถนน}} \times 100$

$= \frac{398.12}{780} \times 100 = 51.05\,\%$

$\therefore$ ระดับคะแนน = C

2. รอยปะ (Patching)

พื้นที่รอยปะทั้งหมด = 15.53 ตารางเมตร

พื้นที่ตลอดช่วงถนน = 780 ตารางเมตร

ขอบเขตความเสียหาย $= \frac{\text{พื้นที่รอยปะทั้งหมด}}{\text{พื้นที่ตลอดช่วงถนน}} \times 100$

$= \frac{15.53}{780} \times 100 = 1.99\,\%$

$\therefore$ ระดับคะแนน = A

3. <u>หินใหญ่หลุดร่อน</u> (Popouts)

พื้นที่ที่เกิดหลุมบ่อ = 0.42 ตารางเมตร

ขอบเขตความเสียหาย $= \frac{\text{พื้นที่ที่เกิดหลุมบ่อ}}{\text{พื้นที่ตลอดช่วงถนน}} \times 100$

$= \frac{0.42}{780} \times 100 = 0.05\%$

คะแนนขอบเขตความเสียหาย = A

$\therefore$ ระดับคะแนน = A

4. <u>ความต่างระดับรอยต่อตามขวาง</u> (Stepping at Transverse joints)

ค่าความต่างระดับโดยเฉลี่ย = 4.69 มิลลิเมตร

คะแนนความรุนแรงความเสียหาย = 1

จำนวนรอยต่อที่มีค่าเฉลี่ยความต่างระดับ ≥ 3 = 29 รอยต่อ

จำนวนรอยต่อตลอดช่วงถนน = 52 รอยต่อ

ขอบเขตความเสียหาย =

$\frac{\text{จำนวนรอยต่อที่มีค่าเฉลี่ยของความต่างระดับ} \geq 3}{\text{จำนวนรอยต่อตลอดช่วงถนน}} \times 100$

$= \frac{29}{52} \times 100 = 55.77\%$

คะแนนขอบเขตความเสียหาย = C

$\therefore$ ระดับคะแนน = C1

5. <u>ยางเชื่อมประสานรอยต่อตามขวาง</u> (Transverse joint sealant)

ความยาวรอยต่อที่เกิดความเสียหายทั้งหมด = 11.15 เมตร

ความยาวของรอยต่อทั้งหมด = 156 เมตร

ขอบเขตความเสียหาย $= \frac{\text{ความยาวรอยต่อที่เกิดความเสียหายทั้งหมด}}{\text{ความยาวของรอยต่อทั้งหมด}} \times 100$

$= \frac{11.15}{156} \times 100 = 7.15\%$

$\therefore$ ระดับคะแนน = A

6. <u>รอยแตก</u> (Cracking)

พื้นที่ที่เกิดรอยแตกทั้งหมด = 301.19 ตารางเมตร

ความกว้างรอยแตก = 3 – 5 มม. (> 3 มม.)

คะแนนความรุนแรงความเสียหาย = 3

ขอบเขตความเสียหาย = $\frac{\text{พื้นที่ที่เกิดรอยแตกทั้งหมด}}{\text{พื้นที่ตลอดช่วงถนน}} \times 100$

$= \frac{301.19}{780} \times 100 = 38.62\%$

คะแนนขอบเขตความเสียหาย = C

∴ ระดับคะแนน = C3

7. <u>มุมหัก</u> (Corner break)

จำนวนมุมหักทั้งหมด = 79 มุม

จำนวนมุมทั้งหมด = 148 มุม

ความกว้างรอยแตก = 2 – 3 มิลลิเมตร

คะแนนความรุนแรงความเสียหาย = 2

ขอบเขตความเสียหาย = $\frac{\text{จำนวนมุมหักทั้งหมด}}{\text{จำนวนมุมทั้งหมด}} \times 100$

$= \frac{79}{148} \times 100 = 53.38\ \%$

คะแนนขอบเขตความเสียหาย = C

∴ ระดับคะแนน = C2

5.2.2 การสำรวจแบบ Subjective

ใช้วิธีการขับขี่รถจักรยานยนต์โดยมีผู้สำรวจ 2 คน คือ ผู้ขับขี่และผู้ให้คะแนน โดยขับขี่รถจักรยานยนต์ไปตามถนนที่ทำการสำรวจอย่างช้า ๆ และสังเกตดูความเสียหายที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวทางตลอดช่วงถนน แล้วจึงให้คะแนนความเสียหายแต่ละประเภท ทำอย่างนี้จนให้คะแนนครบทุกชนิดของความเสียหายที่เกิดขึ้น ชนิดความเสียหายที่เกิดขึ้นทั้งหมด ผลการสำรวจและการแปลงค่าที่ได้จากการสำรวจเป็นระดับคะแนนความเสียหาย มีดังนี้

ความเสียหายที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวถนนวิทย์วิถีมี 7 ชนิด เหมือนกับผลที่ได้จากการสำรวจแบบ Objective และในแต่ละประเภทความเสียหายได้ผลดังต่อไปนี้

ข้อมูลสภาพความเสียหาย ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ข้อมูลสภาพความเสียหายถนนวิทย์วิถี

ลำดับ	ประเภทความเสียหาย	ความรุนแรง (Severity)			ขอบเขต (Extent)		
		ต่ำ	กลาง	สูง	น้อย	กลาง	มาก
1	ผิวหน้าหลุดร่อน (Scaling)						x
2	รอยปะ (Patching)				x		
3	หินใหญ่หลุดร่อน (Popouts)				x		
4	ความต่างระดับรอยต่อตามขวาง (Stepping at transverse joints)		x				x
5	ทรุดตัว (Settlement)	-	-	-	-	-	-
6	แตกเป็นเสี่ยง (Shatter slab)				-	-	-
7	หลุดร่อนตรงรอยต่อและรอยแตก (Spalling at joint and crack)	-	-	-	-	-	-
8	ยางเชื่อมประสานรอยต่อตามขวาง (Transverse Joint Sealant)				x		
9	รอยแตก (Cracking)		x				x
10	มุมหัก (Corner break)		x				x

เพื่อความน่าเชื่อถือของผลการสำรวจแบบ Subjective ผู้ศึกษาได้ให้วิศวกรท่านอื่นมาร่วมตรวจสอบสภาพความเสียหายของถนนวิทย์วิถี และถนนอื่น ๆ อีก 2 เส้นทาง เพื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการสำรวจโดยผู้ศึกษาเองดังภาคผนวก ค ซึ่งมีวิศวกรผู้ร่วมตรวจสอบอีก 2 ท่าน และตรวจสอบคนละครั้งกัน ก่อนทำการตรวจสอบผู้วิจัยได้ให้วิศวกรทั้ง 2 ท่านได้ศึกษาหลักเกณฑ์ในการประเมินสภาพความเสียหายและให้ทดลองตรวจสอบสภาพความเสียหายแบบ Objective ก่อน เพื่อความเข้าใจที่ชัดเจนยิ่งขึ้น แล้วจึงให้เริ่มตรวจสอบสภาพความเสียหายโดยวิธีแบบ Subjective ผลที่ได้จากการสำรวจสภาพความเสียหายของถนนวิทย์วิถี มีผลดังแสดงในตารางที่ 5.2 และ 5.3

ตารางที่ 5.2 ข้อมูลสภาพความเสียหายถนนวิทย์วิถีจากการสำรวจของนายสมพล สูงทองจริยา

ลำดับ	ประเภทความเสียหาย	ความรุนแรง (Severity)			ขอบเขต (Extent)		
		ต่ำ	กลาง	สูง	น้อย	กลาง	มาก
1	ผิวหน้าหลุดร่อน (Scaling)						x
2	รอยปะ (Patching)					x	
3	หินใหญ่หลุดร่อน (Popouts)				x		
4	ความต่างระดับรอยต่อตามขวาง (Stepping at transverse joints)		x		x		
5	ทรุดตัว (Settlement)	-	-	-	-	-	-
6	แตกเป็นเสี่ยง (Shatter slab)				-	-	-
7	หลุดร่อนตรงรอยต่อและรอยแตก (Spalling at joint and crack)	-	-	-	-	-	-
8	ยางเชื่อมประสานรอยต่อตามขวาง (Transverse Joint Sealant)				x		
9	รอยแตก (Cracking)		x			x	
10	มุมหัก (Corner break)		x		x		

ตารางที่ 5.3 ข้อมูลสภาพความเสียหายถนนวิทย์วิถีจากการสำรวจของนายเกียรติศักดิ์ ศรีเทียม

ลำดับ	ประเภทความเสียหาย	ความรุนแรง (Severity)			ขอบเขต (Extent)		
		ต่ำ	กลาง	สูง	น้อย	กลาง	มาก
1	ผิวหน้าหลุดร่อน (Scaling)						x
2	รอยปะ (Patching)				x		
3	หินใหญ่หลุดร่อน (Popouts)					x	
4	ความต่างระดับรอยต่อตามขวาง (Stepping at transverse joints)	x				x	
5	ทรุดตัว (Settlement)	-	-	-	-	-	-
6	แตกเป็นเสี่ยง (Shatter slab)				-	-	-
7	หลุดร่อนตรงรอยต่อและรอยแตก (Spalling at joint and crack)	-	-	-	-	-	-
8	ยางเชื่อมประสานรอยต่อตามขวาง (Transverse Joint Sealant)				x		
9	รอยแตก (Cracking)			x		x	
10	มุมหัก (Corner break)		x			x	

เพื่อเป็นการเปรียบเทียบผลที่ได้จากทั้ง 2 วิธีจึงเสนอวิธีการแปลงค่าที่ได้จากการสำรวจด้วยวิธี Subjective เป็นระดับคะแนนความเสียหาย โดยใช้มาตรฐานระดับคะแนนความเสียหายที่ใช้ในงานวิจัย ดังภาคผนวก ข ดังนี้

วิธีการแปลงค่าระดับความเสียหายของความเสียหายแต่ละชนิด (ข้อมูลที่สำรวจโดยผู้ศึกษา)

ข้อมูลทางกายภาพของถนนวิทย์วิถี

ความกว้างช่องจราจร = 3.0 เมตร

ความยาวช่วงถนน = 260 เมตร

จำนวนช่องจราจร = 2 ช่อง

พื้นที่ช่วงถนน = 780 ตารางเมตร

1. ผิวหน้าหลุดร่อน (Scaling)

ความรุนแรง = ไม่พิจารณา

ขอบเขตความเสียหาย = มาก (จากข้อมูลสนาม)

ดังนั้น ระดับคะแนนขอบเขตความเสียหาย = C (>30% ของพื้นที่ทั้งหมด)

∴ ระดับคะแนน = C

2. รอยปะ (Patching)

ความรุนแรง = ไม่พิจารณา

ขอบเขตความเสียหาย = น้อย (จากข้อมูลสนาม)

ดังนั้น ระดับคะแนนขอบเขตความเสียหาย = A (<10% ของพื้นที่ทั้งหมด)

∴ ระดับคะแนน = A

3. หินใหญ่หลุดร่อน (Popouts)

ความรุนแรง = ไม่พิจารณา

ขอบเขตความเสียหาย = น้อย (จากข้อมูลสนาม)

ดังนั้น ระดับคะแนนขอบเขตความเสียหาย = A (<10% ของพื้นที่ทั้งหมด)

∴ ระดับคะแนน = A

4. ความต่างระดับของรอยต่อตามขวาง (Stepping at transverse joints)

ความรุนแรง = กลาง (จากข้อมูลสนาม)

ดังนั้น คะแนนความรุนแรง = 2 (5-10 มม. ของระดับที่ต่างกันระหว่างแผ่นตรงรอยต่อตามขวาง)

ขอบเขตความเสียหาย = มาก (จากข้อมูลสนาม)

ดังนั้น ระดับคะแนนขอบเขตความเสียหาย = C (>30% ของจำนวนรอยต่อตามขวางทั้งหมด)

∴ ระดับคะแนน = C2

5. ยางเชื่อมประสานรอยต่อตามขวาง (Transverse joint sealant distress)

ความรุนแรง = ไม่พิจารณา

ขอบเขตความเสียหาย = น้อย (จากข้อมูลสนาม)

ดังนั้น ระดับคะแนนขอบเขตความเสียหาย = A (<15% ของพื้นที่ทั้งหมด)

∴ ระดับคะแนน = A

6. รอยแตก (Cracking)

ความรุนแรง = กลาง (จากข้อมูลสนาม)

ดังนั้น คะแนนความรุนแรง = 2 (1-3 มม. ความกว้างรอยแตกโดยเฉลี่ย)

ขอบเขตความเสียหาย = มาก (จากข้อมูลสนาม)

ดังนั้น ระดับคะแนนขอบเขตความเสียหาย = C (>30% ของพื้นที่ทั้งหมด)

∴ ระดับคะแนน = C2

7. มุมหัก (Corner break)

ความรุนแรง = กลาง (จากข้อมูลสนาม)

ดังนั้น คะแนนความรุนแรง = 2 (1-3 มม. ความกว้างรอยแตกโดยเฉลี่ย)

ขอบเขตความเสียหาย = มาก (จากข้อมูลสนาม)

ดังนั้น ระดับคะแนนขอบเขตความเสียหาย = C (>30% ของจำนวนมุมทั้งหมด)

∴ ระดับคะแนน = C2

จากข้อมูลการสำรวจสภาพความเสียหายของผิวทางคอนกรีตบนถนนวิทย์วิถีภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จากผู้สำรวจ 3 คน จะเห็นว่าระดับความรุนแรงและระดับขอบเขตของความเสียหายมีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก ข้อมูลที่แตกต่างกันนั้นอาจเนื่องมาจากความแตกต่างกันของวิจารณญาณและประสบการณ์ของผู้สำรวจแต่ละคน แต่ถ้าผู้สำรวจแต่ละคนได้รับการอบรมวิธีการประเมินสภาพความเสียหายมาอย่างดีก็จะสามารถลดปัญหาความแตกต่างของข้อมูลดังกล่าวลงได้มาก

นำผลที่ได้จากการสำรวจสภาพความเสียหายของถนนวิทย์วิถีจากทั้งสองวิธีมาเปรียบเทียบได้ดังตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์สภาพความเสียหายระหว่างวิธีการสำรวจแบบ Subjective และ Objective บนถนนวิทย์วิถี

ลำดับ	ประเภทความเสียหาย	ระดับความเสียหาย			
		วิธีแบบ Objective	วิธีแบบ Subjective (ข้อมูลของผู้ศึกษา)	วิธีแบบ Subjective (ข้อมูลของสมพล สูงทองจริยา)	วิธีแบบ Subjective (ข้อมูลของเกียรติศักดิ์ ศรีเทียม)
1	ผิวหน้าหลุดร่อน	C	C	C	C
2	รอยปะ	A	A	B	A
3	หินใหญ่หลุดร่อน	A	A	A	B
4	ความต่างระดับรอยต่อตามขวาง	C1	C2	C2	B1
5	ทรุดตัว	-	-	-	-
6	แตกเป็นเสี่ยง	-	-	-	-
7	หลุดร่อนตรงรอยต่อและรอยแตก	-	-	-	-
8	ยางเชื่อมประสานรอยต่อตามขวาง	A	A	A	A
9	รอยแตก	C3	C2	B2	B3
10	มุมหัก	C2	C2	A2	B2

จากตารางที่ 5.4 จะเห็นว่า ค่าความรุนแรงและขอบเขตของสภาพความเสียหายที่ได้จากทั้งสองวิธีมีความแตกต่างกันอยู่บ้าง แต่ผลลัพธ์โดยรวมจากทั้งสองวิธีจะได้ระดับความเสียหายที่อยู่ในระดับเดียวกัน จึงสรุปได้ว่าวิธีการสำรวจแบบ Subjective สามารถนำมาใช้ในการสำรวจสภาพ

ความเสียหายของพื้นผิวถนนคอนกรีตภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ได้โดยมีผลลัพธ์ที่ให้ค่าใกล้เคียงความเป็นจริงในระดับหนึ่ง และง่ายต่อการปฏิบัติจริงในสนาม รวมทั้งประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายกว่าวิธีแบบ Objective ดังนั้นในงานศึกษานี้ผู้ศึกษาจึงเลือกใช้วิธีการสำรวจสภาพความเสียหายของผิวทางแบบ Subjective ต่อไปสำหรับเส้นทางสายอื่น ๆ

5.3 ผลการจัดลำดับความสำคัญก่อนหลังจากโปรแกรม PSUPMS

หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการจัดลำดับความสำคัญก่อนหลังในโปรแกรม PSUPMS ใช้หลักเกณฑ์เดียวกับที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 3.2.4 ผลการจัดลำดับความสำคัญก่อนหลังที่จะทำการบำรุงรักษาเป็นไปตามที่แสดงในภาคผนวก ค. แต่ในหัวข้อนี้จะเสนอให้ทราบถึงผลของการจัดลำดับ 10 อันดับแรก ดังตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 เส้นทาง 10 อันดับแรกจากการจัดลำดับความสำคัญก่อนหลังจากโปรแกรม PSUPMS

ลำดับที่	ถนน	วันที่สำรวจ	ลักษณะช่วงถนน	ค่า TDP	ค่า PCR	ปริมาณจราจร	ดัชนีชี้วัดลำดับก่อนหลัง
1	เย็นศิระ 7	21 พ.ค. 43	ทางตรง	68.50	31.50	มาก	7.80
2	สหศาสตร์ 4	18 พ.ค. 43	ทางแยก	51.95	48.05	มาก	6.64
3	วิทย์วิถี	14 พ.ค. 43	ทางตรง	48.70	51.30	มาก	6.41
4	สหศาสตร์ 1	18 พ.ค. 43	ทางตรง	40.45	59.55	มาก	5.83
5	สหศาสตร์ 5	18 พ.ค. 43	ทางตรง	38.70	61.30	มาก	5.71
6	สหศาสตร์ 3	18 พ.ค. 43	ทางตรง	36.80	63.50	มาก	5.56
7	เย็นศิระ 2	21 พ.ค. 43	ทางแยก	35.70	64.30	มาก	5.50
8	สงขลานครินทร์ 1	27 พ.ค. 43	ทางตรง	35.20	64.80	มาก	5.46
9	สงขลานครินทร์ 5	25 พ.ค. 43	ทางตรง	34.70	65.30	มาก	5.43
10	อรรถกระวี 10	23 พ.ค. 43	ทางแยก	34.30	65.70	มาก	5.40

จากผลการจัดลำดับที่ได้จากโปรแกรม PSUPMS ผู้ศึกษาได้เปรียบเทียบกับผลการจัดลำดับที่ได้จากการประเมินด้วยสายตา (Subjective) โดยใช้การประเมินด้วยสายตาของผู้ศึกษาปรากฏว่าลำดับที่ได้จากโปรแกรมมีความใกล้เคียงกับลำดับที่ได้จากการประเมินของผู้ศึกษา ทั้งนี้

ผู้ศึกษาได้ประเมินและจัดลำดับไว้ก่อนที่จะทราบผลการจัดลำดับจากโปรแกรม เพื่อป้องกันไม่ให้ผลที่ได้จากการจัดลำดับจากผู้ศึกษาเกิดความเอนเอียงไปหาผลที่ได้จากโปรแกรม ดังตารางที่ 5.6 แสดงการเปรียบเทียบผลการจัดลำดับ (ลำดับ 1-10) ที่ได้จากโปรแกรม PSUPMS และผลที่ได้จากผู้ศึกษา

ตารางที่ 5.6 เปรียบเทียบผลการจัดอันดับ 10 อันดับแรกระหว่างโปรแกรม PSUPMS กับผู้ศึกษา

ลำดับที่	ถนน	ลำดับที่จากโปรแกรม	ลำดับที่จากผู้ศึกษา
1	เย็นศิระ 7	1	1
2	สหศาสตร์ 4	2	3
3	วิทย์วิถี	3	2
4	สหศาสตร์ 1	4	4
5	สหศาสตร์ 5	5	6
6	สหศาสตร์ 3	6	5
7	เย็นศิระ 2	7	7
8	สงขลานครินทร์ 1	8	9
9	สงขลานครินทร์ 5	9	8
10	อรรถกระวี 10	10	10

จากผลการเปรียบเทียบจะเห็นว่าลำดับของถนนบางช่วงมีความแตกต่างกันบ้าง แต่ไม่มากนัก ผลการจัดลำดับโดยรวมถือได้ว่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นผลการจัดลำดับที่ได้จากโปรแกรม PSUPMS น่าจะมีความน่าเชื่อถือได้ในระดับหนึ่ง และผลที่ได้มีส่วนสำคัญมากในระดับการบริหารสามารถนำผลที่ได้ไปใช้ในการกำหนดนโยบายและวางแผนการจัดการเกี่ยวกับระบบโครงข่ายถนนไปจนถึงเรื่องของการเงินหรืองบประมาณที่ต้องใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดและคุ้มค่าที่สุด

ข้อเสนอแนะและผลลัพธ์ต่าง ๆ ที่ได้จากโปรแกรม PSUPMS อาจจะไม่ถูกต้องและเหมาะสมที่สุดเสมอไป ดังที่กล่าวมาแล้วว่าโปรแกรม PSUPMS จะเน้นไปในเชิงวิศวกรรมมากกว่าปัจจัยอื่น ๆ ดังนั้นถ้าพิจารณาถึงปัจจัยอื่น ๆ ด้วยแล้วก็จะทำให้ผลการวิเคราะห์ที่ได้อาจไม่เหมาะ-สมสำหรับกรณีนั้น ๆ ทั้งนี้จะต้องใช้วิจารณญาณของผู้บริหารพิจารณาถึงผลลัพธ์ต่าง ๆ ที่ได้จากโปรแกรมด้วยว่าเหมาะสมหรือไม่

5.4 ผลการวิเคราะห์หาวิธีการบำรุงรักษาจากโปรแกรม PSUPMS

เมื่อทราบถึงระดับของสภาพความเสียหายของถนนแต่ละช่วงแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ หาวิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสมที่สุด เพื่อทำการบำรุงรักษาถนนให้มีสภาพที่สามารถใช้งานได้ต่อไปตามเวลาอันสมควร ถ้าทำการสำรวจสภาพความเสียหายของผิวทางเสร็จเรียบร้อยแล้วไม่ทำการบำรุงรักษาถนนนั้น ๆ ให้มีสภาพที่สามารถใช้งานได้ต่อไปก็ไม่มีประโยชน์ที่จะทำการสำรวจเก็บข้อมูลสภาพความเสียหายของผิวทาง ดังนั้นโปรแกรม PSUPMS จึงถูกออกแบบให้มีส่วนที่สามารถแนะนำวิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสมได้ โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจสภาพความเสียหายของถนนแต่ละช่วงที่ถูกเก็บบันทึกไว้ในฐานข้อมูลของโปรแกรมมาวิเคราะห์เพื่อหาวิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้หลักเกณฑ์ในการเลือกวิธีการบำรุงรักษา ดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 3.2.3

5.4.1 ผลการวิเคราะห์หาวิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสม

ในหัวข้อนี้จะแสดงผลการวิเคราะห์หาวิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสมของช่วงถนน 10 อันดับแรกที่ถูกจัดลำดับไว้จากโปรแกรม PSUPMS ดังตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 วิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสมของช่วงถนน 10 อันดับแรก

ลำดับที่	ถนน	วันที่สำรวจ	วิธีการบำรุงรักษา
1	เย็นศิระ 7	21 พ.ค. 43	การซ่อมแบบตลอดความลึก
2	สหศาสตร์ 4	18 พ.ค. 43	การปะฉาบผิว
3	วิทย์วิถี	14 พ.ค. 43	การซ่อมแบบตลอดความลึก
4	สหศาสตร์ 1	18 พ.ค. 43	การซ่อมแบบตลอดความลึก
5	สหศาสตร์ 5	18 พ.ค. 43	การเปลี่ยนวัสดุยาแนวรอยต่อชนิดเทร้อน
6	สหศาสตร์ 3	18 พ.ค. 43	การเปลี่ยนวัสดุยาแนวรอยต่อชนิดเทร้อน
7	เย็นศิระ 2	21 พ.ค. 43	การเปลี่ยนวัสดุยาแนวรอยต่อชนิดเทร้อน
8	สงขลานครินทร์ 1	27 พ.ค. 43	การเปลี่ยนวัสดุยาแนวรอยต่อชนิดเทร้อน
9	สงขลานครินทร์ 5	25 พ.ค. 43	การเปลี่ยนวัสดุยาแนวรอยต่อชนิดเทร้อน
10	อรรถกระวี 10	23 พ.ค. 43	การเปลี่ยนวัสดุยาแนวรอยต่อชนิดเทร้อน

ในทางปฏิบัติอาจมีหลายเงื่อนไขที่เป็นตัวกำหนดวิธีการบำรุงรักษาของถนนแต่ละช่วง และจำนวนช่วงถนนที่จะสามารถทำการบำรุงรักษาได้ เช่น งบประมาณที่จำกัด ความสามารถของผู้รับเหมา ระยะเวลาที่ใช้ในการบำรุงรักษา และเหตุผลทางการเมืองอื่น ๆ แต่ในงานศึกษานี้เน้นเฉพาะในแง่ทางวิศวกรรมเท่านั้น ดังนั้น วิธีการบำรุงรักษาที่แนะนำสำหรับถนนแต่ละช่วงอาจจะไม่เหมาะสมที่สุด ถ้ามีการนำเงื่อนไขอื่น ๆ มาร่วมพิจารณาด้วย ดังนั้น การที่จะนำผลที่ได้จากโปรแกรมไปใช้งานทางปฏิบัติควรอาศัยความรู้ ความชำนาญ และประสบการณ์จากผู้เชี่ยวชาญ การซ่อมบำรุงรักษาถนนดอนกรีตมาประกอบพิจารณาเพิ่มเติมจากผลที่ได้จากโปรแกรมด้วย

บทที่ 6

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

6.1 กล่าวนำ

บทนี้เป็นการสรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะสำหรับผู้สนใจจะทำวิจัยต่อจากงานศึกษานี้ หรือผู้สนใจจะขยายผลของงานศึกษานี้ให้กว้างออกไป ซึ่งแบ่งหัวข้อเป็น 4 หัวข้อ คือ สรุปผลการพัฒนาวิธีการประเมินสภาพความเสียหายของพื้นผิวถนนคอนกรีต สรุปผลการพัฒนาโปรแกรม สรุปผลการใช้โปรแกรม และข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยนี้

6.2 สรุปผลการพัฒนาวิธีการประเมินสภาพความเสียหายของพื้นผิวถนนคอนกรีต

จากผลการทำวิจัยนี้สามารถสรุปผลได้ดังนี้

6.2.1 หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินสภาพความเสียหายผิวทางคอนกรีตของต่างประเทศที่ศึกษามา คือ ของรัฐโอไฮโอ ประเทศสหรัฐอเมริกา ของ Roads and Traffic Authority (RTA) New South Wales ประเทศออสเตรเลีย และของประเทศไทย คือ ของกรมทางหลวง (โปรแกรม TPMS) โดยนำหลักเกณฑ์และวิธีการของที่ต่าง ๆ มาผสมผสานกันแล้วปรับปรุงให้เหมาะสมกับโครงข่ายถนนคอนกรีตภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

6.2.2 วิธีการสำรวจสภาพความเสียหายของพื้นผิวถนนคอนกรีตภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ใช้วิธีการสำรวจแบบ Subjective คือ ใช้วิธีประเมินด้วยสายตาของผู้สำรวจและให้คะแนนโดยใช้ข้อความแทนค่าตัวเลข โดยข้อความจะถูกแปลงกลับไปเป็นค่าตัวเลขในภายหลังเมื่อข้อมูลถูกนำไปวิเคราะห์ ถ้าผู้สำรวจได้รับการอบรมวิธีการสำรวจและประเมินสภาพความเสียหายของพื้นผิวถนนคอนกรีตมาอย่างดีแล้วจะยิ่งทำให้ผลการประเมินที่ได้น่าเชื่อถือมากขึ้น

6.2.3 การจัดลำดับความสำคัญก่อนหลังที่จะทำการบำรุงรักษาผิวทางคอนกรีต ใช้ตัวแปร 2 ตัวแปรในการวิเคราะห์ลำดับ คือ ค่า TDP และค่าปริมาณการจราจรของแต่ละช่วงถนน โดยนำค่าทั้ง 2 ดังกล่าวมาคำนวณหาค่าดัชนีชี้วัดลำดับก่อนหลัง โดยมีสูตรดังนี้

$$PI = \frac{(TDP \times W_{TDP}) + (T \times W_T)}{(W_{TDP} + W_T)(10)}$$

เมื่อ	PI	คือ	Priority Index (มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 10 ในที่นี้)
	TDP	คือ	Total Deduction Point Value
	W_{TDP}	คือ	Total Deduction Point Weight (ค่าเท่ากับ 7 ในที่นี้)
	T	คือ	Traffic Value
	W_T	คือ	Traffic Weight (ค่าเท่ากับ 3 ในที่นี้)

และผลที่ได้จากโปรแกรมก็ตรงกับความน่าจะเป็นในทางปฏิบัติ

6.2.4 การเสนอแนะวิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสมของแต่ละช่วงถนน ใช้หลักเกณฑ์ดังที่กล่าวในหัวข้อ 3.2.3 แต่ถ้าต้องการให้ได้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องน่าเชื่อถือและเป็นไปได้ในทางปฏิบัติจะต้องอาศัยความรู้ ความชำนาญ และประสบการณ์จากผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการซ่อมบำรุงพื้นผิวถนนคอนกรีตโดยเฉพาะมาประกอบการวิเคราะห์ด้วย

6.3 สรุปผลการพัฒนาโปรแกรม

การพัฒนาโปรแกรม PSUPMS ในงานศึกษานี้ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

6.3.1 การพัฒนาโปรแกรม PSUPMS มีจุดประสงค์เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บฐานข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และแสดงผลการวิเคราะห์ให้ผู้ใช้ทราบ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่สามารถทำงานได้รวดเร็วและถูกต้องในระดับหนึ่ง เพื่อประหยัดเวลาในการทำงานในกรณีที่ข้อมูลหรือปริมาณงานมาก ๆ และยังเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบความถูกต้องของวิธีการประเมินสภาพความเสียหายของผิวทางคอนกรีตในงานศึกษานี้ด้วย

6.3.2 การพัฒนาหน้าจอใช้งานของโปรแกรม PSUPMS มีหน้าจอหลักทั้งหมด 10 หน้าจอ ประกอบด้วย 4 หน้าจอและหน้าจอย่อยอีก 6 หน้าจอ โดยแบ่งหน้าจอหลักเป็นหน้าจอสำหรับป้อนข้อมูลเกี่ยวกับสภาพของถนน 2 หน้าจอ คือ หน้าจอสำหรับป้อนข้อมูลทางกายภาพ และหน้าจอสำหรับป้อนข้อมูลคะแนนความเสียหาย หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผล 2 หน้าจอ คือ หน้าจอวิเคราะห์วิธีการบำรุงรักษาและหน้าจอการจัดลำดับความสำคัญ และแบ่งหน้าจอย่อยเป็น หน้าจอค้นหาข้อมูล 1 หน้าจอ หน้าจอแสดงคะแนนความเสียหาย 1 หน้าจอ หน้าจอแสดงแผนที่ 1 หน้าจอ หน้าจอแสดงความช่วยเหลือ 1 หน้าจอ หน้าจอแสดงรายงาน 1 หน้าจอ และหน้าจอแสดงข้อมูลเกี่ยวกับโปรแกรม 1 หน้าจอ

6.3.3 ลักษณะการออกแบบหน้าจอจะเน้นให้เป็นลักษณะของกราฟฟิกเป็นส่วนใหญ่ เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากผู้ใช้พิมพ์ข้อมูลที่ไม่ถูกต้องหรือไม่เหมาะสม

6.3.4 ระบบฐานข้อมูลของโปรแกรมเป็นฐานข้อมูลแบบเชิงสัมพันธ์ (Relational database)

6.3.5 ส่วนของการแสดงผลทางแผนที่ได้ใช้โปรแกรมทางด้านระบบ GIS เข้ามาร่วมด้วย โดยใช้โปรแกรม MapInfo Professional 5.0

6.4 สรุปผลการใช้โปรแกรม

สามารถสรุปได้ดังนี้

6.4.1 การใช้โปรแกรม PSUPMS จะช่วยให้การทำงานด้านการวิเคราะห์ข้อมูลสภาพความเสียหายมีประสิทธิภาพและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

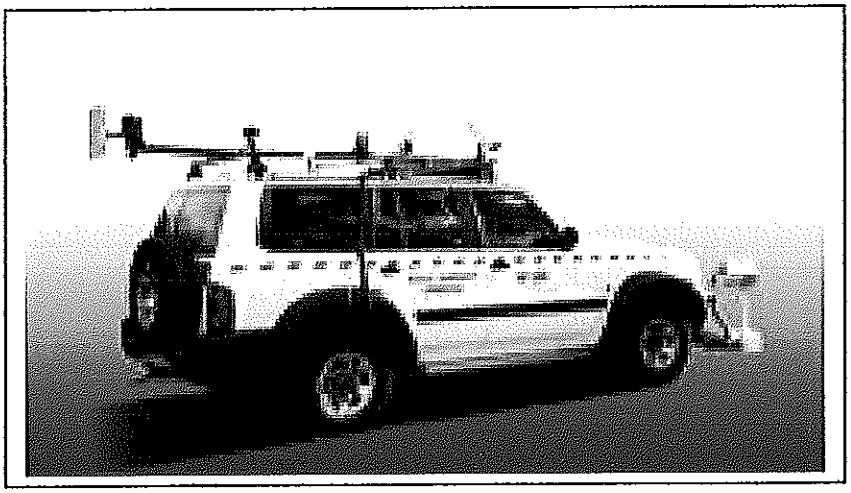
6.4.2 โปรแกรม PSUPMS จะช่วยให้การเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นระบบมากขึ้น และยังสามารถป้องกันการสับสนของข้อมูลหรือการสูญหายของข้อมูลอีกด้วย

6.4.3 การแสดงผลของโปรแกรมมีส่วนของแผนที่ที่สามารถแสดงให้เห็นภาพรวมของโครง-ข่ายถนนทั้งหมด และยังสามารถแสดงรายละเอียดของข้อมูลในแต่ละช่วงถนนบนหน้าจอเดียวกับแผนที่ได้ด้วย ทำให้ผู้ใช้สามารถมองเห็นภาพพร้อมด้วยรายละเอียดต่าง ๆ ได้ในเวลาเดียวกัน

6.4.4 อย่างไรก็ตาม ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม PSUPMS ยังต้องอาศัยความรู้ ความชำนาญ และประสบการณ์ เกี่ยวกับการซ่อมบำรุงรักษาผิวทางคอนกรีตของผู้ใช้ด้วย เพื่อความถูกต้องและเป็นไปได้ในทางปฏิบัติมากที่สุด

6.5 ข้อเสนอแนะ

6.5.1 หลักเกณฑ์ในการประเมินสภาพความเสียหายที่ถูกพัฒนาขึ้นในงานศึกษานี้ ยังให้ข้อมูลที่มีความถูกต้องในระดับหนึ่ง ค่าน้ำหนักของความเสียหาย ค่าน้ำหนักความรุนแรง และค่าน้ำหนักขอบเขตความเสียหายที่นำมาใช้ เป็นการนำค่าน้ำหนักที่ใช้ในรัฐโอไฮโอ ประเทศสหรัฐอเมริกา มาทั้งหมด ซึ่งค่าน้ำหนักเหล่านี้อาจจะไม่เหมาะสมที่สุดกับสภาพผิวทางและสภาพแวดล้อมในประเทศไทยเท่าไรนัก เนื่องจากสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ลักษณะการจราจร และสาเหตุของความเสียหายแตกต่างจากประเทศไทย และยังรวมถึงวิธีการสำรวจสภาพความเสียหายของผิวทางที่ใช้วิจารณญาณและประสบการณ์ของคนในการประเมิน ซึ่งแต่ละคนจะมีวิจารณญาณและประสบการณ์ไม่เหมือนกัน ดังนั้นการคิดค้นและพัฒนาวิธีการอื่น ๆ ที่เป็นมาตรฐานสามารถทำให้ข้อมูลที่ได้มีความถูกต้องแม่นยำ และประหยัดเวลาในการสำรวจน่าจะมีการดำเนินการต่อไปอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อการสำรวจด้วยอุปกรณ์และระบบประมวลผลที่ทันสมัยดังเช่นรถสำรวจด้วยกล้องดิจิตอล ดังภาพประกอบ 6.1 ที่มีใช้อยู่ในประเทศสหรัฐอเมริกา



ภาพประกอบ 6.1 รถสำรวจความเสียหายผิวทางด้วยกล้องดิจิตอล

6.5.2 หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการเสนอแนะวิธีการบำรุงรักษาควรนำระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System) เข้ามาร่วม เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความถูกต้องและเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

6.5.3 การประเมินสภาพความเสียหายเพื่อเลือกวิธีการซ่อมบำรุงที่เหมาะสมเป็นเพียงส่วนหนึ่งในระบบ PMS เท่านั้น ถึงแม้จะมีระบบการประเมินที่ดีอย่างไร หากไม่มีองค์ประกอบอื่น ๆ ที่เหมาะสมก็ไม่สามารถบริหารจัดการให้โครงข่ายถนนทั้งโครงข่ายมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากที่สุดได้ ดังนั้นสมควรทำระบบ PMS ให้เต็มระบบ โดยรวมเอาส่วนต่าง ๆ ตั้งแต่ 1) การวางแผน 2) การออกแบบ 3) การก่อสร้าง 4) การบำรุงรักษา 5) การประเมิน 6) การวิจัย เข้ามารวมกันเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการบริหารจัดการโครงข่ายอย่างเต็มระบบได้

6.5.4 การนำระบบ GIS เข้ามาร่วมในงานศึกษานี้ นับว่าเป็นส่วนดีของงานวิจัย ซึ่งในปัจจุบันระบบ GIS เข้ามามีบทบาทอย่างมากในการทำงานของหน่วยงานต่าง ๆ และนับวันจะมีบทบาทมากขึ้นเรื่อย ๆ คาดว่าต่อไปในอนาคตทุกหน่วยงานอาจจะต้องใช้ระบบ GIS เป็นส่วนประกอบในการทำงาน ซึ่งในการออกแบบโปรแกรม PSUPMS ในงานวิจัยนี้ได้นำระบบ GIS เข้ามาเป็นส่วนแสดงผลทางกราฟฟิก (แผนที่โครงข่ายถนน) และข้อมูลทางตัวอักษร

บรรณานุกรม

กิตติ ภักดีวัฒนะกุล และจำลอง ครูอุตสาหะ. 2542. Visual Basic 6.0 ฉบับโปรแกรมเมอร์. กรุงเทพฯ : หจก. ไทยเจริญการพิมพ์.

กิตติ ภักดีวัฒนะกุล และจำลอง ครูอุตสาหะ. 2542. Visual Basic 6.0 ฉบับฐานข้อมูล. กรุงเทพฯ : หจก. ไทยเจริญการพิมพ์.

แก้ว นวลฉวี. 2541. GIS กับการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (ระดับผู้ปฏิบัติ). กรุงเทพฯ : บริษัท เอ็นไวร์ คอนเซ็ป จำกัด.

เจริญ จันทลักขณา. ม.ป.ป. วิศวกรรมการทาง. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ธาริน สิทธิธรรม และสุรสิทธิ์ คิวประสพศักดิ์. 2540. คู่มือการเขียนโปรแกรม Advance Visual Basic Version 6.0. กรุงเทพฯ : บริษัท ส. เอเซียเพรส (1989) จำกัด.

ธีระชาติ รื่นไกรฤกษ์ และคณะ. 2535. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับถนนคอนกรีต. กรุงเทพฯ : ฝ่ายฝึกอบรมด้านโยธา กองฝึกอบรม กรมทางหลวง.

พิชัย ธานีรณานนท์. 2539. วิศวกรรมผิวทาง. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วิศัลย์ พัวรุ่งโรจน์ และไพรัช โมระนิธิสวัสดิ์. 2540. Micorsoft Access สำหรับ Windows 95 Step by Step. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

สมใจ สิงห์สา. 2542. คู่มือการเรียนรู้ MapInfo Professional ด้วยตนเอง. กรุงเทพฯ.

สรรค์ใจ กลิ่นดาว. 2542. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หลักการเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

สุทธา ศรีวิริยาจารย์. 2542. Microsoft Visual Basic Professional 6.0 Step by Step. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

เสถียร วงศ์วิเชียร. 2530. ระบบการบริหารงานบำรุงทางและคู่มือระบบ BSM. กรุงเทพฯ : กองบำรุง กรมทางหลวง.

สำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. มปป. มาตรฐานระบบข้อมูล ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ รายงานหลัก. กรุงเทพฯ.

Haas, R. and Hudson, R.W. 1978. Pavement Management Systems. United State of America : McGraw-Hill, Inc.

MapInfo Corporation Troy. 1998. MapInfo Professional User's Guide. New York : MapInfo Corporation.

Microsoft Corporation. 1998. Microsoft Visual Basic Version 6.0 Step by Step : Professional.

Mulholland, P.J. 1991. Pavement Management Systems (PMS) for Local Government Guidelines Report. Australian Road Research Board.

Prechaverakul, S. 1995. "The Development of a Method for the Selection of Minor Rehabilitation Treatments for Pavements in Ohio". Ph.D. Dissertation Department of Civil Engineering. The Ohio State University. (Unpublished).

Roads and Traffic Authority of NSW. 1990. ROCOND 90.

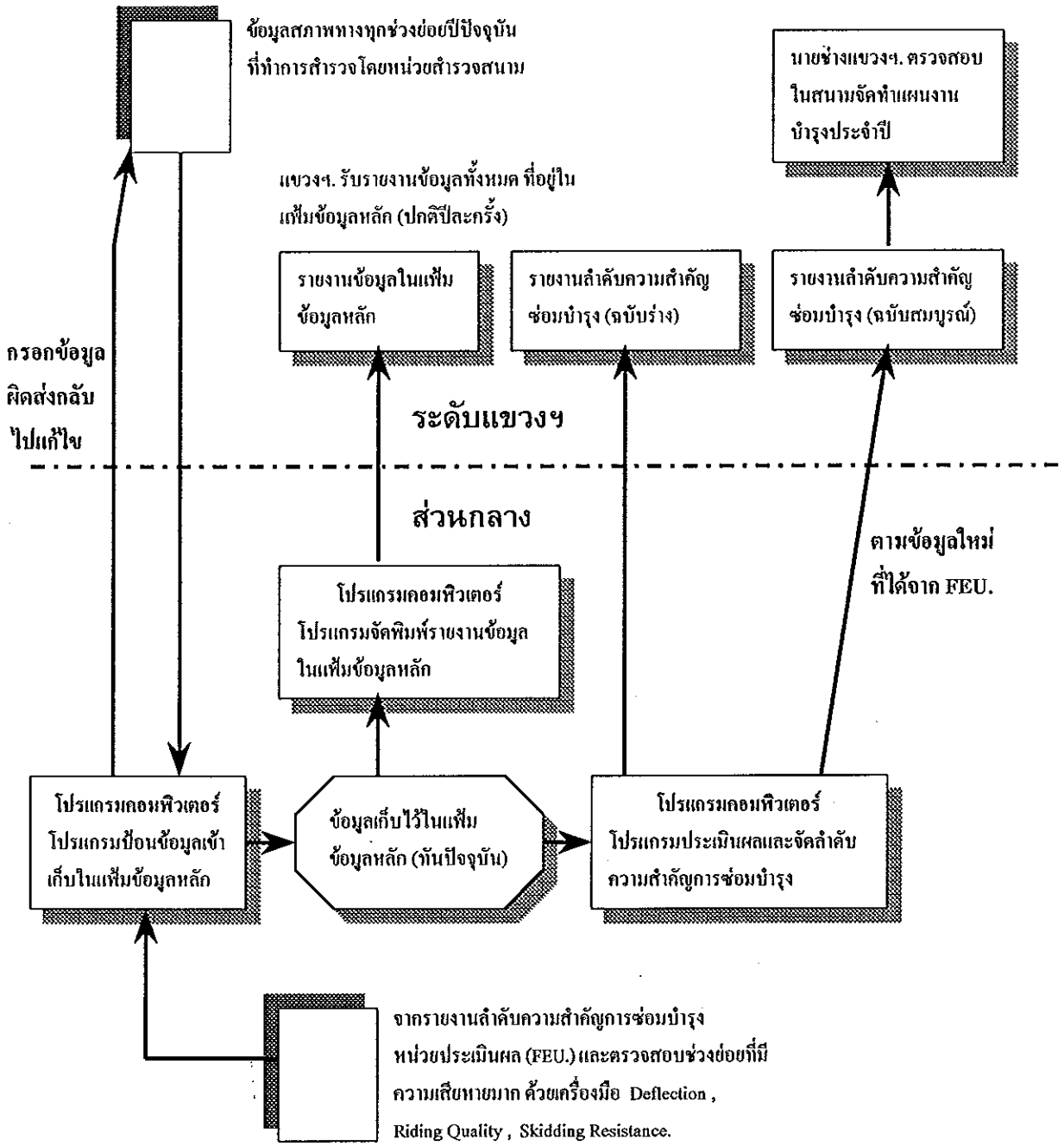
Thagesen, B. 1995. Highway and Traffic Engineering in Developing Countries. London : E&FN Spon.

ภาคผนวก ก

- ระบบการบริหารงานบำรุงทางของกรมทางหลวง ประเทศไทย (TPMS ใช้สำหรับผิวทางแบบยืดหยุ่น)
- ระบบการจัดการผิวทางของรัฐโอไฮโอ ประเทศสหรัฐอเมริกา
- ระบบการจัดการผิวทางของ Roads and Traffic Authority (RTA) New South Wales ประเทศออสเตรเลีย

ระบบการบริหารงานบำรุงทางของกรมทางหลวง ประเทศไทย

วิธีการและขั้นตอนในการดำเนินงานของระบบ TPMS



ภาพประกอบ ก.1 วิธีการดำเนินงานของระบบงานบำรุงทาง TPMS

(เสถียร วงศ์วิเชียร, 2530.)

ความเสียหายที่พิจารณาในการประเมินในระบบ TPMS

การแยกพิจารณาความเสียหายในการประเมิน ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ความเสียหายที่ผิวจราจรและความเสียหายที่เกิดขึ้นทางด้านซ้ายและขวาของผิวทาง โดยมีรายละเอียดดังนี้

ความเสียหายที่ผิวจราจร

การพิจารณาความเสียหายที่ผิวจราจร ประกอบด้วยความเสียหายดังต่อไปนี้

(1) ความเสียหายของขอบผิวทาง (Edge deterioration) (ช่องที่ 35, 39)*

ก. ข้อมูลความเสียหายของขอบผิวทางด้านขวาให้กรอกลงในช่องที่ 35* และด้านซ้ายกรอกลงช่องที่ 39*

ข. ขอบทาง ในที่นี้หมายถึงขอบผิวทางตรงรอยต่อระหว่างผิวจราจร และไหล่ทาง ในบางกรณีขอบผิวจราจรอาจไม่ปรากฏเด่นชัดหรือไม่เป็นเส้นตรง ให้ประมาณการว่าขอบผิวทางอยู่ที่ขอบผิวจราจรที่ก่อสร้างเดิม

ค. ความเสียหายของขอบผิวจราจร หมายถึง

- เส้นขอบผิวจราจรสึกกร่อนจากเส้นขอบผิวจราจรเดิมเกินกว่า 150 มิลลิเมตร
- เกิดรอยแตกที่กว้างมากกว่า 5 มิลลิเมตร ขนานกับขอบทางและอยู่ห่างจากขอบทาง 150 ถึง 300 มิลลิเมตร

ง. การวัดความเสียหายของขอบผิวทาง ให้วัดความยาวของความเสียหายเป็นเมตรและกรอกตัวเลขเป็นจำนวนเต็ม

(2) ร่องล้อ (Wheel track rutting) (ช่องที่ 36, 40)*

ก. ข้อมูลความเสียหายร่องล้อขวาให้กรอกลงในช่องที่ 36* และร่องล้อซ้ายให้กรอกลงในช่องที่ 40*

ข. ตำแหน่งของการเกิดร่องล้อจะขึ้นอยู่กับความกว้างของผิวจราจร โดยปกติร่องล้อ ด้านนอกจะเกิดห่างจากขอบผิวจราจรประมาณ 0.6 ถึง 1.2 เมตร

ค. การวัดความลึกของร่องล้อ ให้วัดบริเวณร่องล้อด้านนอกและวัดตรงจุดที่ลึกที่สุด

หมายเหตุ : * ช่องต่าง ๆ ดูหน้า 103-105 ประกอบ

ง. การสำรวจความเสียหายของร่องล้อทั้งทางด้านซ้ายทางและขวาทาง จะทำทุกช่วง 25 เมตร โดยการวัดความลึกของร่องล้อนั้นให้วัดโดยใช้ไม้บรรทัดเหล็กยาว 2 เมตร พาดขวางร่องล้อแล้วสอดลิ่มวัดความลึกของร่องล้อตรงจุดที่ลึกที่สุด ความลึกที่วัดได้ให้เปรียบเทียบกับความลึกมาตรฐานของร่องล้อที่ควรซ่อมบำรุงคือ 25 มิลลิเมตร โดยการกรอกข้อมูลให้กรอกเป็นจำนวนครั้งของร่องล้อที่มีความลึกมากกว่า 25 มิลลิเมตร จากการวัดความลึกทุกๆระยะ 25 เมตร ตลอดช่วงย่อยนั้นลงในช่องทดเลขท้ายแบบฟอร์มที่ 4 (หน้า 106)

จ. ความเสียหายเนื่องจากร่องล้อทั้งซ้ายทางและขวาทาง จะมีหน่วยเป็นจำนวนครั้งของร่องล้อที่มีความลึกมากกว่า 25 มิลลิเมตร จากการวัดความลึกทุก ๆ ระยะ 25 เมตร ตลอดช่วงย่อยนั้น และให้กรอกจำนวนครั้งดังกล่าวลงในช่องข้อมูลที่ 36 และ 40* แล้วแต่กรณี ตัวเลขจำนวนครั้งดังกล่าวเรียกว่า Rut count จะต้องมีค่าน้อยกว่าค่าความยาวของช่วงย่อยหารด้วย 25

(3) ความเสียหายเบาที่ผิวจราจร (Minor carriage way deterioration) (ช่องที่ 37)

ก. ความเสียหายเบาที่ผิวจราจรหมายถึง

- พื้นที่ที่มีรอยแตกแบบไม่ต่อเนื่อง ทั้งแบบรอยแตกตามขวางและรอยแตกตามยาว โดยพื้นที่ของรอยแตกสามารถคำนวณได้โดยใช้ความยาวของรอยแตกคูณด้วย 0.5 เมตร ถ้าเป็นรอยแตกที่ขนานกันและห่างกันไม่เกิน 0.5 เมตร ให้วัดพื้นที่โดยตีเส้นกรอบสี่เหลี่ยมห่างออกจากรอยแตกไปด้านนอกข้างละ 0.25 เมตร

- พื้นที่ที่มีหินหลุดร่อนเกินกว่าร้อยละ 20 โดยในบางกรณีการหลุดลอกนี้อาจเป็นแนวยาวแคบๆ พื้นที่ที่วัดควรใช้ความยาวคูณด้วย 0.5 เมตร แต่ถ้ามี 2 แนวใกล้ ๆ กัน ให้วัดแบบวิธีวัดรอยแตกที่ขนานกัน ดังกล่าวข้างต้น

ข. การสำรวจวัดพื้นที่ของความเสียหายเบา ให้สำรวจทุกช่วง 25 เมตรโดยวัดพื้นที่ความเสียหายเป็นจำนวนเต็มของตารางเมตรที่ลงตัว แล้วกรอกลงในช่องทดเลขท้ายแบบฟอร์มที่ 4 ผลรวมของพื้นที่ทุกช่วง 25 เมตร ของช่วงย่อยนั้นจะเป็นพื้นที่ความเสียหายเบาที่ผิวจราจรของช่วงย่อยนั้น และให้กรอกลงในช่องข้อมูลที่ 37*

ข้อควรจำ : พื้นที่ความเสียหายเบาที่กรอกลงในช่องข้อมูลที่ 37* จะต้องไม่มากกว่าพื้นที่ผิวทางในช่วงย่อย ซึ่งได้จากความกว้างของผิวทางเฉลี่ยคูณกับความยาวของช่วงย่อย กล่าวคือ ช่อง 37* ไม่มากกว่าช่องที่ 16 × ช่องที่ 11*

(4) ความเสียหายหนักที่ผิวจราจร (Major carriageway deterioration) (ช่องที่ 38)*

ก. ความเสียหายหนักที่ผิวจราจรหมายถึง

- พื้นที่ที่เกิดหลุมบ่อ (Potholes) หรือพื้นที่ที่มีหินหลุดลอกลึกเกินกว่า 20 มิลลิเมตร

- พื้นที่ที่มีรอยแตกแบบต่อเนื่อง (Interconnected cracking) โดยไม่รวมพื้นที่ความเสียหายเบาหรือรอยแตกที่ไม่ต่อเนื่องแต่ขนานกันและห่างกันไม่เกิน 50 มิลลิเมตร

- รอยปะ (Patching) ที่สูงกว่าผิวจราจรเดิมเกิน 25 มิลลิเมตร

- พื้นที่ที่มีการยุบตัว ทำให้พื้นที่ข้างเคียงสูงกว่าระดับผิวทางโดยทั่วไป ในที่นี้ไม่รวมถึงความเสียหายที่เกิดจากร่องล้อ แต่ถ้าความเสียหายที่เกิดจากร่องล้อมีความลึกเกินกว่า 100 มิลลิเมตร ให้ถือเป็นความเสียหายหนักด้วย

ข. การสำรวจวัดพื้นที่ของความเสียหายหนัก ให้ทำในทำนองเดียวกับการสำรวจวัดพื้นที่ของความเสียหายเบาคือ สำรวจทุกช่วง 25 เมตร และวัดพื้นที่ความเสียหายเป็นจำนวนเต็มของตารางเมตรที่ลงตัว พื้นที่ความเสียหายหนักที่ผิวจราจรของช่วงย่อยให้กรอกลงในช่องข้อมูลที่ 38*

ข้อระวัง : พื้นที่ความเสียหายหนักที่กรอกลงในช่องข้อมูลที่ 38* จะต้องไม่มากกว่าพื้นที่ผิวทางในช่วงย่อย ซึ่งได้จากความกว้างของผิวทางเฉลี่ยคูณกับความยาวของช่วงย่อยกล่าวคือ ช่อง 38* ไม่มากกว่าช่องที่ 16 × ช่องที่ 11*

พื้นที่ทางด้านซ้ายและขวาของผิวทาง

การพิจารณาความเสียหายที่เกิดขึ้นกับพื้นที่ทางด้านซ้ายและขวาของผิวทาง ประกอบด้วยความเสียหายที่รางระบายน้ำริมทาง ความเสียหายที่ไหล่ทางต่ำกว่าผิวทาง และความเสียหายที่ไหล่ทาง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) ความเสียหายที่รางระบายน้ำริมทาง

ก. ความเสียหายที่รางระบายน้ำริมทาง จำแนกออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

- รางระบายน้ำริมทางตื้นเขิน อุดตัน

- รางระบายน้ำริมทางหรือช่องน้ำถูกกัดเซาะเพราะแรงไหลของน้ำหรือน้ำท่วม

ข. ถ้ามีรางระบายน้ำข้างทาง ให้วัดความลึกของรางระบายน้ำ

ค. ช่องข้อมูลที่ 25 และ 30* ใช้กรอกข้อมูลเกี่ยวกับรางระบายน้ำริมทางว่าตื้นเขินหรือไม่ ควรขุดแต่งรางระบายน้ำริมทางใช่หรือไม่ ถ้าความลึกของรางระบายน้ำที่ได้จากการสำรวจน้อยกว่า 1.0 เมตร (หรือตามที่กรมจะกำหนดต่อไป) หรือถ้ามีดินตะกอนหรือขยะอยู่ในรางระบายน้ำ แสดงว่ารางระบายน้ำตื้นเขิน ควรขุดแต่งรางระบายน้ำ ให้กรอกในช่องที่ 25 หรือ 30* ด้วยตัวอักษร "Y" และถ้าไม่ตื้นเขินให้กรอกด้วยตัวอักษร "N" แล้วแต่กรณี

ง. ช่องข้อมูลที่ 26 และ 31* ใช้กรอกข้อมูลเกี่ยวกับรางระบายน้ำริมทางว่าถูกกัด-เซาะหรือไม่ ถ้ามีการกัดเซาะรางระบายน้ำให้กรอกในช่องที่ 26 หรือ 31* ด้วยตัวอักษร "Y" และถ้าไม่มีการกัดเซาะให้กรอกด้วยตัวอักษร "N" แล้วแต่กรณี

ข้อควรจำ : ช่องข้อมูลเกี่ยวกับรางระบายน้ำข้างทาง ช่องข้อมูลที่ 25, 30, 26, 31* จะต้องกรอกด้วยตัวอักษร "Y" หรือ "N" เท่านั้น ห้ามกรอกตัวอักษร ตัวเลข หรือเครื่องหมายอื่นใดทั้งสิ้น เพราะคอมพิวเตอร์จะไม่รับข้อมูล

(2) ความเสียหายที่ไหล่ทางต่ำกว่าผิวทาง (Shoulder edge step) (ช่องที่ 27, 32)*

ก. ให้วัดความแตกต่างของระดับไหล่ทางกับผิวทางทุกๆ ช่วง 25 เมตร โดยใช้ไม้บรรทัดเหล็กยาว 2 เมตร ทาบยื่นออกมาจากผิวทางแล้วใช้ลิ่มวัดความลึกสอดใต้ไม้บรรทัดเหล็ก ถ้าระดับไหล่ทางต่ำกว่าผิวทางเกิน 50 มิลลิเมตร ให้ใส่เลข "1" ลงในช่องทดเลขท้ายแบบฟอร์มที่ 4 แต่ถ้าระดับไหล่ทางต่ำกว่า ผิวทางน้อยกว่า 50 มิลลิเมตร ให้ใส่เลข "0" ลงในช่องดังกล่าวแทน เมื่อวัดตลอดช่วงย่อยแล้ว ให้รวมตัวเลขทั้งหมดแล้วกรอกลงในช่องข้อมูลที่ 27 หรือ 32* แล้วแต่อยู่ด้านขวาทางหรือซ้ายทาง

ข. จะเห็นว่าหน่วยของความเสียหายที่ไหล่ทางต่ำกว่าผิวทาง เป็นจำนวนครั้งที่ไหล่ทางต่ำกว่าผิวทางเกินกว่า 50 มิลลิเมตร ได้จากการวัดความลึกของไหล่ทางต่ำกว่าผิวทางเกิน 50 มิลลิเมตร ตลอดช่วงย่อยนั้น ตัวเลขจำนวนครั้งดังกล่าวเรียกว่า Edge step count

ข้อควรจำ : ตัวเลขที่กรอกลงในช่องข้อมูลที่ 27 หรือ 32* จะต้องไม่มากกว่าจำนวนครั้งที่วัดความลึกของไหล่ทางต่ำกว่าผิวทางตลอดช่วงย่อย กล่าวคือ ช่องที่ 27 หรือช่องที่ 32* จะต้องไม่มากกว่าความยาวของช่วงย่อยหารด้วย 25

(3) ความเสียหายที่ไหล่ทาง (Shoulder deterioration) (ช่องที่ 28, 33)*

ก. ความเสียหายที่ไหล่ทาง หมายถึง

- ในกรณีที่ไหล่ทางเป็นหญ้าหรือลูกรัง ความเสียหาย หมายถึง
  - ไหล่ทางต่ำกว่าผิวทางเกินกว่า 150 มิลลิเมตร
  - พื้นที่ไหล่ทางถูกบดย่ำจากยวดยานจนเกิดความเสียหาย
- ในกรณีที่ไหล่ทางลาดยาง ความเสียหาย หมายถึง
  - เป็นหลุมบ่อหรือผิวไหล่ทางหลุดร่อนลึกกว่า 20 มิลลิเมตร
  - มีรอยแตกต่อเนื่องเป็นจำนวนมากและบางครั้งอาจมีผิวหลุดออกด้วย
  - มีการยุบตัวลึกกว่า 50 มิลลิเมตร
  - รอยปะ(Patching) ที่ไม่ดี มีระดับสูงกว่าผิวทางและไหล่ทางทั่วไปเกินกว่า 20 มิลลิเมตร

ข. ให้วัดความเสียหายของไหล่ทางเป็นพื้นที่จำนวนเต็มของตารางเมตรในแต่ละช่วงของ 25 เมตร แล้วกรอกตัวเลขนี้ลงในช่องทดเลขท้ายแบบฟอร์มที่ 4

ค. การวัดพื้นที่ความเสียหายที่ไหล่ทาง ไม่ควรคิดความกว้างของไหล่ทางเกิน 2.5 เมตร ยกเว้นว่าไหล่ทางนั้นมีความกว้างถูกกำหนดอย่างแน่นอน แต่อย่างไรก็ตาม ก็ไม่ให้คิดความกว้างของไหล่ทางเกิน 4.0 เมตร

ง. พื้นที่ความเสียหายที่ไหล่ทางรวมกันทุกช่วง 25 เมตร ตลอดช่วงย่อยคือพื้นที่ความเสียหายที่ไหล่ทาง ให้กรอกข้อมูลลงในช่องที่ 28 หรือ 40* แล้วแต่จะอยู่ด้านซ้ายทางหรือขวาทาง

ข้อควรจำ : พื้นที่ความเสียหายที่ไหล่ทางที่กรอกลงในช่องข้อมูลที่ 28 หรือ 40* จะต้องมีค่าไม่มากกว่าพื้นที่ไหล่ทางจริงของช่วงย่อย ซึ่งหาค่าได้โดยเอาความกว้างเฉลี่ยของไหล่ทางคูณกับความยาวของช่วงย่อยนั้น

ตารางที่ ค.1 สรุปการพิจารณาความเสียหายตามระบบ TPMS

ชนิดความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย
ก. ความเสียหายที่ผิวจราจร	
1. ความเสียหายของขอบผิวทาง	ของผิวทางสึกกร่อนจากผิวจราจรหรือเกิดรอยแตกที่กว้างมากกว่า 5 มม. วัดพื้นที่ความเสียหายเป็นความยาวในหน่วยเมตร
2. ร่องล้อ	พิจารณาร่องล้อที่ลึกกว่า 25 มม.วัดทุกระยะ 25 เมตร
3. ความเสียหายเบา	วัดพื้นที่ความเสียหายเบาเป็นตารางเมตร
3.1 รอยแตกแบบไม่ต่อเนื่อง	
- รอยแตกตามขวาง	คำนวณพื้นที่รอยแตก = ความยาว X 0.5 เมตร
- รอยแตกตามยาว	
3.2 พื้นที่ที่มียางเยิ้ม	มียางรถปรากฏอยู่จนไม่สามารถมองเห็นหินได้
3.3 พื้นที่ที่มีการหลุดร่อนหรือสภาพผิวทางขรุขระ	มีหินหลุดร่อนเกินกว่าร้อยละ 20
4. ความเสียหายหนัก	วัดพื้นที่ความเสียหายหนักเป็นตารางเมตร
5. หลุมบ่อ	พื้นที่ที่เป็นหลุมบ่อหรือหลุดลอกลึกเกิน 20 มม.

ตารางที่ ก.1 สรุปการพิจารณาความเสียหายตามระบบ TPMS (ต่อ)

ชนิดความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย
6. รอยแตกแบบต่อเนื่อง	ไม่รวมรอยแตกที่ไม่ต่อเนื่องแต่ห่างกันไม่เกิน 50 มม.
7. รอยปะ	พิจารณารอยปะที่สูงกว่าผิวจราจรเดิมเกิน 20 มม.
8. พื้นที่ที่มีการยุบตัวหรือร่องล้อที่ลึกเกินกว่า 100 มม.	พื้นที่ความเสียหายจะสูงกว่าระดับผิวทางโดยทั่วไป
ข. พื้นที่ทางด้านซ้ายและขวาของผิวทาง	
1. ความเสียหายที่รางระบายน้ำริมทาง	พิจารณาร่องน้ำที่ถูกกัดเซาะ และร่องน้ำที่ตื้นเขินอุดตันจนต้องขุดแต่งรางระบายน้ำ
2. ความเสียหายที่ไหล่ทางต่ำกว่าผิวทาง	พิจารณาไหล่ทางที่ต่ำกว่าระดับผิวจราจรเกิน 50 มม.
ความเสียหายที่ไหล่ทาง	โดยวัดที่ทุกๆช่วงระยะ 25 เมตร ตลอดช่วงย่อย
	พิจารณาวัดพื้นที่ความเสียที่ไหล่ทางเป็นตารางเมตร

ภาพประกอบ ก.2

ส. 3-08
กรมทางหลวง
เริ่มใช้ ก.ย. 2534

ข้อมูลลักษณะทาง ตามระบบบริหารงานบำรุงทาง

ชื่อหน่วยงาน (สำนักงานทางหลวงฯ แขวงฯ)	รหัส

แบบฟอร์ม 0 [2]

หมายเลขควบคุม 1

ช่วงใหญ่ (กม. เริ่มต้น) 2

ช่วงย่อย 3

กม.เริ่มต้น Km. START

กม.สิ้นสุด Km. END

ข้อสังเกตของจุดเริ่มต้น (ภาษาไทย)

DESCRIPTION OF START (Use upper case characters)

4

ประเภททาง 5

สำนักงานทางหลวง 6

แขวง 7

ระดับการจราจร 8

ลักษณะทาง 9

จำนวนสะพาน (แห่ง) 80

จำนวนท่อ (แห่ง) 81

ข้อมูลวัสดุสร้างทาง

แบบฟอร์ม [3]

หมายเลขควบคุม 1

ช่วงใหญ่ (กม. เริ่มต้น) 2

ช่วงย่อย 3

เดือน/ค.ศ. 10

ช่วงย่อยยาว (ม.) 11

	กว้าง (ม.)	ชนิดวัสดุ
ไหล่ทางขวา	14	15
ผิวจราจร	16	17
ไหล่ทางซ้าย	18	19

หัวหน้าหน่วย ....

ส. 3-09
กรมทางหลวง
เริ่มใช้ ก.ย. 2534

ภาพประกอบ ก.3 **ข้อมูลสภาพทาง ตามระบบบริหารงานบำรุงทาง**

ชื่อหน่วยงาน (สำนักงานทางหลวงฯ แขวงฯ)	รหัส

0 แบบฟอร์ม: 4

1 หมายเลขควบคุม

2 ช่วงใหญ่ (กม.เริ่มต้น)

3 ช่วงย่อย

22 หน่วยประเมินผล (Y/N)

23 เดือน/ก.ส.

ขวาทาง

25 ชุดแต่งรางระบายน้ำ (Y/N)

26 อัดเซาะร่องน้ำ (Y/N)

27 ไหล่ต่ำกว่าผิวเกิน 50 มม.

28 ไหล่ทางเสีย (ม.^{2})

ผิวจราจร

35 ขอบผิวทางขวาเสีย (ม.)

36 ร่องล้อขวาเกิน 25 มม.

37 เสียหายเบา (ม.^{2})

38 เสียหายหนัก (ม.^{2})

39 ขอบผิวทางซ้ายเสีย (ม.)

40 ร่องล้อซ้ายเกิน 25 มม.

41 ท่อคั้นเขินอุดตัน (แห่ง)

42 อัดเซาะปลายท่อ (แห่ง)

ซ้ายทาง

30 ชุดแต่งรางระบายน้ำ (Y/N)

31 อัดเซาะร่องน้ำ (Y/N)

32 ไหล่ต่ำกว่าผิวเกิน 50 มม.

33 ไหล่ทางเสีย (ม.^{2})

ช่องสำหรับทดเลข

ระยะทาง (ม.)	0	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	
ร่องล้อขวาเกิน 25 มม.																		(36)
ร่องล้อซ้ายเกิน 25 มม.																		(40)
ไหล่ขวาต่ำกว่าผิวเกิน 50 มม.																		(27)
ไหล่ซ้ายต่ำกว่าผิวเกิน 50 มม.																		(32)
เสียหายเบา (ม.^{2})																		(37)
เสียหายหนัก (ม.^{2})																		(38)
ไหล่ทางขวาเสีย (ม.^{2})																		(28)
ไหล่ทางซ้ายเสีย (ม.^{2})																		(33)
ขอบผิวทางขวาเสียยาว (ม.)																		(35)
ขอบผิวทางซ้ายเสียยาว (ม.)																		(39)

หัวหน้าหน่วย_____

ระดับความเสียหายสูงสุดตามเกณฑ์มาตรฐานของระบบ TPMS

(Intervention Level)

TPMS

Department of Highways

STANDARDS & COSTS FILE

CODE 19 CRITICAL DETERIORATION LEVELS GROUP 3

MINOR CARRIAGEWAY EDGE DETN.	LOWER LEVEL	20	%
MIJOR CARRIAGEWAY EDGE DETN.	LOWER LEVEL	15	%
	MIDDLE LEVEL	25	%
	UPPER LEVEL	80	%
WHEEL TRACK RUTTING	LOWER LEVEL	64	%
	UPPER LEVEL	90	%
DEFLECTION	LOWER LEVEL	75	mm x 10^{-2}
RIDING QUALITY	LOWER LEVEL	5.000	mm / km
CURVATURE	LOWER LEVEL	50	m
SKIDDING RESISTANCE	LOWER LEVEL	20	SRV units
CARRIAGEWAY EDGE DETN.	LOWER LEVEL	25	%
SHOULDER DETN.	LOWER LEVEL	40	%
	UPPER LEVEL	70	%
SHOULDER EDGE STEP	LOWER LEVEL	70	%

NOTE :

SCF CODE		GROUP
	17	1
	18	2
	19	3
	20	4
	21	5
	22	6
	23	7
	24	8

เกณฑ์ในการเสนอแนะวิธีการซ่อมบำรุงทาง ตามระบบ TPMS

Note : LTL = Lower Trigger Level
MLT = Middle Trigger Level
ULT = Upper Trigger Level

DEFECT	UNIT	CONDITION	SUGGESTED TREATMENT
Minor Carriageway Detn.	%	≥ LTL	Surface Dress
Major Carriageway Detn.	%	≥ LTL but < MTL	Patch Carriageway
•		≥ MTL but < UTL	Structural Overlay
•		≥ UTL	Reconstruction
Left Wheel Track Rutting	%	≥ LTL but < UTL	Regulating Overlay
•		≥ UTL	Structural Overlay
Right Wheel Track Rutting	%	≥ LTL but < UTL	Regulating Overlay
		≥ UTL	Structural Overlay
Deflection	mm x 10^{-2}	≥ LTL	Structural Overlay
Deflection AND	mm x 10^{-2}	≥ LTL	Regulating Overlay
Riding Quality	mm / km	≥ LTL	
Deflection AND	mm x 10^{-2}	≥ LTL	Reconstruction
Left or Right WTR	%	≥ UTL	
Deflection AND	mm x 10^{-2}	≥ LTL	Reconstruction
Curvature	m	≤ UTL	
Riding Quality	mm / km	≥ LTL	Regulating Overlay
Skidding Resistance	SRV units	≤ LTL	Surface Dress
Left Edge Detn.	%	≥ LTL	Patch Left Edge
Right Edge Detn.	%	≥ LTL	Patch Right Edge

Left Shoulder Detn.	%	≥ LTL but < UTL	Patch Left Shoulder
"	%	≥ UTL	Major Left Shoulder Repair
Right Shoulder Detn.	%	≥ LTL but < UTL	Patch Right Shoulder
"	%	≥ UTL	Major Right Shoulder Repair
Left Edge Step	%	≥ LTL	Major Left Shoulder Repair
Right Edge Step	%	≥ LTL	Major Right Shoulder Repair

ภาพประกอบ ก.4 ตัวอย่างการจัดรายการลำดับความสำคัญของช่วงย่อย

หลักระเบียบวิธีการเลือกช่วงสายทางตามระบบ TPMS. ของ จังหวัด
ระหว่างวันที่ 13 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2557

ลำดับที่	หลักสายทาง ใหญ่	ย่อย	ช่วง ก.ม.	ช่วง แขวง	ช่วง ระดับ	ช่วง โครงสร้าง	ช่วง สายทาง	ก/ข	กม.เริ่มต้น - กม.สิ้นสุด	สายทาง (TMRS)	MAJ REPAIR	PATCH SHLDR	PATCH EDGE	SUR DRESS	PATCH C'W	REG O'L	STRUCT O'L	RECON	PATCH EDGE	PATCH SHLDR	MAJ REPAIR	ค่าซ่อมทาง ทาง	ค่าซ่อมทาง สะสม ทาง	PVA
1	4113	0100	007	01	3	5	48		12/99 007000 007200 BK. BF L POST # 2-14 (L)	200					P							35,100.00	35,100.00	756.60
2	4113	0100	011	02	3	5	48		12/99 011200 011400 BK. BF L POST # 125 (L)	200									P			5,600.00	40,700.00	202.99
3	4113	0100	012	03	3	5	48		12/99 012400 012600 AT ROW POST STA 12+400	200					P							27,000.00	67,700.00	582.00
4	4113	0100	012	04	3	5	48		12/99 012600 012800 BK. AF AT ROW STA (L)	200				D	P							56,200.00	123,900.00	640.20
5	4113	0100	012	05	3	5	48		12/99 012800 013140	340							S					167,960.00	291,860.00	1,644.17
6	4113	0100	013	01	3	5	48		12/99 013170 013400 AT BRIDGE END	230				D	P							59,600.00	351,460.00	640.20
7	4113	0100	023	04	3	5	48		12/99 023600 023800 AT ROW POST STA 23+600 R	200					P							37,800.00	389,260.00	814.81
8	4113	0100	024	02	3	5	48		12/99 024400 024600 3M AT L.POST#265	200					P							27,000.00	416,260.00	582.00
9	4113	0100	024	03	3	5	48		12/99 024600 024800 2M AF ROW POST STA 24+600	200					P							33,750.00	450,010.00	727.50
10	4113	0100	026	01	3	5	48		12/99 026000 026200 AT KM POST 26+000	200			P									4,270.00	454,280.00	154.78
11	4113	0100	026	04	3	5	48		12/99 026600 026800	200							S					96,900.00	551,180.00	1,018.51
12	4113	0100	026	05	3	5	48		12/99 026800 027000	200							S					98,800.00	649,980.00	1,134.91
13	4113	0100	028	05	3	5	48		12/99 028800 029000	200							S					98,800.00	748,780.00	1,120.36
																						748,780.00		10,019.03

SUMMARY OF EACH SUB-CONTROL SECTION

4113-0100-007-01 TO 4113-0100-028-05

WORK ITEM	Quantity	Cost (Baht)	Length
Reconstruction	-	-	-
Structural Overlay	4,868.00	462,460.00	940
Regulating Overlay	-	-	-
Patch Carriageway	1,630.00	220,050.00	1,430
Surface Dressing	2,256.00	56,400.00	430
Patch Left Edge	61.00	4,270.00	200
Patch Right Edge	80.00	5,600.00	200
Patch Left Shoulder	-	-	-
Patch Right Shoulder	-	-	-
Major Left Shoulder Repair	-	-	-
Major Right Shoulder Repair	-	-	-

Fair Condition Length = 1860. Poor Condition Length = 940

ระบบการจัดการผิวทางของรัฐโอไฮโอ ประเทศสหรัฐอเมริกา

ตารางที่ ก.2 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนสภาพผิวทางสำหรับผิวทางคอนกรีตเสริมเหล็กแบบมีรอยต่อ

Distress	Severity Weight			Extent Weight		
	L	M	H	O	F	E
Surface	< 1/4" depth	1/4"- 3/4" depth	>3/4" depth	<20%	20-50%	>50%
Popouts	not considered	not considered	not considered	<20%	20-50%	>50%
Patching	slight	medium	Severe	<10%	10-50%	>50%
Pumping	Some staining	Some staining	Staining apparent with faulting	<10%	10-25%	>25%
Faulting	< 1/4"	1/4"- 1/2"	>1/2"	<20%	20-50%	>50%
Settlement	Noticeable at 40 MPH	Noticeable at 40 MPH	Noticeable at 40 MPH	<1 /mile	2-4 /mile	>4 /mile
Joint Spalling	<4" wide	4"-9" wide	>9" wide	<25%	25-75%	>75%
Joint Sealant Damage	not considered	not considered	not considered	<20%	20-50%	>50%
Pressure Damage	blow ups	blow ups	blow ups	<1/mile	1-3/mile	>3/mile
Transverse Cracking	Hairline or tight	1/4"- 1"	>1"	15≤CS	10<CS<15	CS≤10
Longitudinal Cracking	Hairline or tight	1/4"- 1"	>1"	<5%	5-20%	>20%
Corner Breaks	<1/4"	1/4" -1"	>1"	<3/mile	4-10/mile	>10/mile

Note L = Low; M = Medium; H = High

O = Occasional; F = Frequent, E = Extensive

ตารางที่ ก.3 ค่าน้ำหนักของผิวทางคอนกรีตเสริมเหล็กแบบมีรอยต่อ

Distress	Pavement distress weight	severity weight			Extent weight			DP
		L	M	H	O	F	E	
Surface Deterioration	10	0.4	0.7	1.0	0.6	0.8	1.0	4.2
Popouts #	5	1.0	1.0	1.0	0.4	0.6	1.0	2.0
Patching	5	0.4	0.7	1.0	0.5	0.8	1.0	1.0
Pumping	15	0.7	0.7	1.0	0.3	0.7	1.0	10.5
Faulting	10	0.4	0.7	1.0	0.5	0.8	1.0	3.2
Settlement	5	0.4	0.7	1.0	0.5	0.8	1.0	3.5
Joint Spalling	15	0.4	0.7	1.0	0.5	0.8	1.0	10.5
Joint Sealant Damage	5	1.0	1.0	1.0	0.5	0.8	1.0	2.5
Pressure Damage	5	1.0	1.0	1.0	0.5	0.8	1.0	5.0
Transverse Cracking #	10	0.3	0.8	1.0	0.4	0.8	1.0	10.0
Longitudinal Cracking #	5	0.5	0.7	1.0	0.4	0.9	1.0	1.0
Corner Breaks #	10	0.4	0.8	1.0	0.5	0.8	1.0	6.4
						Total DP		59.80
						STD		19.4

Note
- L = Low, M = Medium, H = High
- O = Occasional, F = Frequent, E = Extensive
- # = Distresses related to structural problems (included in STD calculation)
- The shaded numbers are those being used in the examples
- DP = DW*SW*EW
- Total DP = Summation of all DP
- PCR = 100 - Total DP

ตารางที่ ก. 4 วิธีการบำรุงรักษาผิวทางแบ่งแยกตามประเภท

ประเภทของวิธีการบำรุงรักษา	วิธีการบำรุงรักษาที่ใช้ในการปฏิบัติ
การซ่อมบำรุงรอยต่อ (Joint Repair Treatment : JR)	- ขุดรื้อผิวทางคอนกรีตที่เสียหายออกแล้วแทนที่ด้วยผิวทางลาดยาง - ขุดรื้อผิวทางคอนกรีตที่เสียหายออกแล้วแทนที่ด้วยผิวทางคอนกรีตใหม่ - ใช้ Asphalt ฉีดอัดเพื่อเชื่อมประสานรอยต่อ - ฉีดน้ำปูนข้างใต้แผ่นพื้น (Subsealing with grout)
การซ่อมบำรุงผิวทาง (Concrete Pavement Restoration : CPR)	- รื้อผิวทางที่แตกออกจนถึงชั้นรองพื้นทาง แล้วบดอัดใหม่แทนที่ด้วยคอนกรีตใหม่ แล้วเชื่อมประสานรอยต่อด้วยแอสฟัลท์ - รื้อผิวทางที่ชำรุดออกจนถึงชั้นรองพื้นทาง แล้วบดอัดใหม่แทนที่ด้วยคอนกรีตใหม่ แล้วอัดฉีดน้ำปูนเพื่อเชื่อมประสานบริเวณรอยต่อ
การลาดทับบนแผ่นพื้นคอนกรีต (Overlay)	- ปูทับผิวทางแบบชั้นเดียว - ปูทับผิวทางแบบสองชั้น

ตารางที่ ก. 5 วิธีการบำรุงรักษาสำหรับแต่ละประเภทความเสียหายของถนนภายในรัฐ

ความเสียหาย	ความรุนแรงและขอบเขตของความเสียหาย								
	LO	LF	LE	MO	MF	ME	HO	HF	HE
Surface deterioration					O	O	O	O	O
Popouts					O	O	O	O	O
Settlement					O	O	O	O	O
Longitudinal cracking					O	O	O	O	O
Pumping				JR	JR	JR	JR	JR	JR
Faulting				JR	JR	JR	JR	JR	JR
Transverse cracking				JR	JR	JR	JR	JR	JR
Corner breaks				JR	JR	JR	JR	JR	JR
Pressure damage				JR	JR	JR	JR	JR	JR
Patching				JR	JR	JR	JR	JR	JR
Joint spalling				JR	JR	JR	JR	JR	JR
Sealant damage				JR	JR	JR	JR	JR	JR

Note : LO = Low-Occasional LF = Low-Frequent LE = Low-Extensive

MO = Medium-Occasional MF = Medium-Frequent LE = Medium-Extensive

HO = High-Occasional HF = High-Frequent HE = High-Extensive

JR = Joint Repair Treatment

O = Overlay

ตารางที่ ก. 6 วิธีการบำรุงรักษาสำหรับแต่ละประเภทความเสียหายของถนนระหว่างรัฐ

ความเสียหาย	ความรุนแรงและขอบเขตของความเสียหาย								
	LO	LF	LE	MO	MF	ME	HO	HF	HE
Surface deterioration					O	O	O	O	O
Popouts					O	O	O	O	O
Settlement					O	O	O	O	O
Longitudinal cracking					O	O	O	O	O
Pumping			JR	JR	JR	CPR	JR	CPR	CPR
Faulting			JR	JR	JR	CPR	JR	CPR	CPR
Transverse cracking			JR	JR	JR	CPR	JR	CPR	CPR
Corner breaks			JR	JR	JR	CPR	JR	CPR	CPR
Pressure damage			JR	JR	JR	CPR	JR	CPR	CPR
Patching			JR	JR	JR	CPR	JR	CPR	CPR
Joint spalling			JR	JR	JR	CPR	JR	CPR	CPR
Sealant damage			JR	JR	JR	CPR	JR	CPR	CPR

Note : LO = Low-Occasional LF = Low-Frequent LE = Low-Extensive

MO = Medium-Occasional MF = Medium-Frequent LE = Medium-Extensive

HO = High-Occasional HF = High-Frequent HE = High-Extensive

JR = Joint Repair Treatment

O = Overlay

CPR = Concrete Pavement Restoration

ความเสียหายที่ถูกพิจารณาในการประเมินสภาพผิวทาง

ความเสียหายที่ถูกพิจารณาในการประเมินสภาพของผิวทางคอนกรีตแบบมีรอยต่อด้วยวิธีการของรัฐโอไฮโอ แบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่

1. ความเสียหายพื้นผิวจราจร (Surface defects)
2. ความเสียหายที่โครงสร้างทาง (Pavement support)
3. ความเสียหายที่รอยต่อ (Joints)
4. ความเสียหายประเภทรอยแตก (Cracking)

ในแต่ละประเภทความเสียหายจะแบ่งเป็นความเสียหายชนิดต่าง ๆ ดังนี้

1. ความเสียหายที่ผิวจราจร ประกอบด้วยความเสียหาย 3 ชนิด คือ
   1.1 การชำรุดของพื้นผิว (Surface deterioration)
   1.2 รอยปะ (Patching)
   1.3 หินใหญ่หลุดร่อน (Popouts)
2. ความเสียหายที่โครงสร้างทาง ประกอบด้วยความเสียหาย 3 ชนิด คือ
   2.1 การอัดทะลัก (Pumping)
   2.2 การเลื่อนลงอยู่ต่างระดับ (Faulting)
   2.3 การทรุดตัว (Settlement)
3. ความเสียหายที่รอยต่อ
   3.1 รอยขึ้นตรงรอยต่อ (Joint spalling)
   3.2 ความเสียหายของวัสดุยาแนว (Joint sealant damage)
   3.3 ความเสียหายเนื่องจากแรงดัน (Pressure damage)
4. ความเสียหายประเภทรอยแตก
   4.1 รอยแตกตามขวาง (Transverse)
   4.2 รอยแตกตามยาว (Longitudinal)
   4.3 มุมหัก (Corner breaks)

ระบบการจัดการผิวทางของ Roads and Traffic Authority (RTA) New South Wales ประเทศออสเตรเลีย

ความเสียหายที่จะต้องทำการสำรวจในแต่ละช่วงถนน

1. รอยปะ (Patches)
2. ความเสียหายของพื้นผิว (Local surface defects)
3. ผิวหน้า (Wearing surface)
4. มุมหัก (Edge break)
5. การระบายน้ำ (Table drain)
6. การระบายน้ำของพื้นที่ราบ (Table drain, Flat terrain)
7. ไหล่ทาง (Unsealed shoulders)
8. การลาดผิว และไหล่ทางที่เป็นผิวคอนกรีต (Sealed, asphalt surfaced and concrete shoulders)
9. ผิวทางที่ไม่ได้ปูผิว (Unsealed pavements)
10. คันทางที่ไม่ได้ปูผิว (Unsealed formation)
11. เครื่องหมายจราจร (Signs)
12. เส้นจราจร (Line marking)
13. เครื่องหมายบนผิวทาง (Pavement marking)
14. หมุดพื้นทาง (Raised pavement markers)
15. หลักบอกทาง (Guide posts)
16. ราวกันตกข้างทาง (Crack barrier fencing)

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจ

1. Straight edge, 1.2 m long
2. Measuring wedge
3. Rule in mm
4. Crack width scale
5. Measuring wheel
6. Spray point

ภาคผนวก ข

- มาตรฐานระดับคะแนนของ ROCOND 90
- มาตรฐานระดับคะแนนความเสียหายที่ใช้ในงานศึกษานี้

มาตรฐานระดับคะแนนของ ROCOND 90 (New South Wale Australia)

(CONDITION SCORE ROCOND 90)

ความเสียหายของวัสดุยาแนวรอยต่อตามขวาง

วิธีการประเมิน

การประเมินความเสียหายของยาแนวรอยต่อตามขวางนี้จะใช้ช่วงถนน 50 เมตรที่เลือกไว้เป็นตัวแทนถนนทั้งช่วง วิธีการประเมินคือ ประเมินขอบเขตของความเสียหายตลอดช่วง 50 เมตร โดยวัดระยะของวัสดุยาแนวรอยต่อตามขวางที่หลุดร่อนออกไปหรือไม่เชื่อมประสานกับผิวคอนกรีตตรงรอยต่อ แล้วนำมาเปรียบเทียบความยาวทั้งหมดของรอยต่อตามขวางตลอดช่วง 50 เมตรนั้น แล้วคิดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ก็จะได้ระดับคะแนนความเสียหาย

ตัวอย่าง ค่าการวัด

รอยต่อที่	ความยาวของเสียหาย (เมตร)	ความยาวของรอยต่อทั้งหมด (เมตร)
1	0.0	3.0
2	1.5	3.0
3	1.5	3.0
4	3.0	3.0
5	0.0	3.0
6	2.5	3.0
7	0.0	3.0
8	2.0	3.0
	10.5	24.0

$$\frac{\text{ความยาวของความเสียหาย (ม.)}}{\text{ความยาวของรอยต่อทั้งหมด (ม.)}} \times \frac{100}{1} = \frac{10.5}{24} \times \frac{100}{1}$$

ระดับคะแนนความเสียหายของวัสดุยาแนวรอยต่อตามขวาง = 4

ระดับคะแนน

1 = <1% ของรอยต่อ

2 = 1 - <10% ของรอยต่อ

3 = 10 - <25% ของรอยต่อ

4 = 25 – 50% ของรอยต่อ

5 = >50% ของรอยต่อ

-1 = ไม่สามารถประเมินได้ (กรณีเป็นผิวทางแบบยืดหยุ่น)

-2 = ไม่ประเมิน (กรณีปูทับด้วยแอสฟัลท์คอนกรีต)

ความต่างระดับที่รอยต่อตามขวาง

วิธีการประเมิน

การประเมินความเสียหายชนิดนี้จะประเมินจากรอยต่อทั้งหมด 10 รอยต่อที่อยู่ในช่วงถนน 50 เมตร ที่เลือกไว้เป็นตัวแทน โดยประเมินจากช่องจราจรเดียว

วิธีการประเมินคือ วัดระยะความต่างระดับในแนวดิ่งระหว่างแผ่นพื้นถนน 2 แผ่นที่ต่อกัน โดยวัดตรงรอยต่อตามขวางและให้วัด 2 ค่าที่แต่ละรอยต่อคือ รอยร่องล้อภายใน 1 ค่า และรอยร่องล้อภายนอก 1 ค่า (ค่าความต่างระดับที่ต่ำกว่า 3 มม. จะไม่นำมาคำนวณหาระดับความรุนแรงของความเสียหาย) นำผลรวมของค่าที่อ่านได้ทั้งหมดหารด้วยจำนวนค่าที่อ่านทั้งหมด จะได้เป็นระดับคะแนนความเสียหาย

การคำนวณหาขอบเขตความเสียหาย

นำจำนวนรอยต่อที่มีค่าเฉลี่ยของความต่างระดับ $\geq$ 3 มม. หารด้วยจำนวนรอยต่อที่ทำการวัดทั้งหมดก็คือ 10 แล้วเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์จะได้ระดับคะแนนขอบเขตความเสียหาย

ตัวอย่าง ค่าการวัด

รอยต่อที่	ค่าการวัด	ค่าเฉลี่ย
1	3 มม., 2 มม.	2.5
2	4 มม., 5 มม.	4.5
3	5 มม., 5 มม.	5.0
4	6 มม., 4 มม.	5.0
5	3 มม., 1 มม.	2.0
6	0 มม., 2 มม.	1.0

รอยต่อที่	ค่าการวัด	ค่าเฉลี่ย
7	0 มม., 0 มม.	0.0
8	6 มม., 8 มม.	7.0
9	7 มม., 8 มม.	7.5
10	6 มม., 6 มม.	6.0
	40 มม + 36 มม. = 76 มม.	

ผลรวมของค่าการวัดที่ ≥ 3 มม. ทั้งหมด = 76 มม.

จำนวนค่าที่วัดได้ ≥ 3 มม. = 14

จำนวนรอยต่อที่มีค่าความต่างระดับเฉลี่ย ≥ 3 มม. = 6

<u>การคำนวณความรุนแรง</u>

$$\text{ค่าเฉลี่ยความต่างระดับ} = \frac{\text{ผลรวมของค่าการวัดที่} \geq 3\text{มม.ทั้งหมด}}{\text{ผลรวมของจำนวนค่าที่วัดได้} \geq 3\text{มม.}}$$

$$= \frac{76}{14} \text{ มม.}$$

$$= 5.4 \text{ มม.}$$

(เทียบกับระดับคะแนน)

$\therefore$ ความรุนแรงของความเสียหาย = M – Moderate

<u>การคำนวณขอบเขตความเสียหาย</u>

ขอบเขตความเสียหาย

$$= \frac{\text{จำนวนรอยต่อที่มีค่าความต่างระดับเฉลี่ย} \geq 3\text{ มม.}}{\text{จำนวนรอยต่อที่พิจารณาทั้งหมด (10)}} \times \frac{100}{1}$$

$$= \frac{6}{10} \times \frac{100}{1}$$

$$= 60\%$$

(เทียบกับระดับคะแนน)

$\therefore$ ขอบเขตความเสียหาย = 3

ระดับคะแนนความเสียหายความต่างระดับ

ความรุนแรง = M

ขอบเขต = 3

ระดับคะแนนความเสียหาย = M3

ระดับคะแนนความเสียหาย

ความรุนแรง

Slight 'S' = 3 - <5 มม. ค่าเฉลี่ยของความต่างระดับ

Moderate 'M' = 5 - 10 มม. ค่าเฉลี่ยของความต่างระดับ

Extreme 'X' = > 10 มม. ค่าเฉลี่ยของความต่างระดับ

ขอบเขต

0 = <10% ของความเสียหายที่ $\geq$ 3 มม. หรือค่าความต่างระดับโดยเฉลี่ย < 3 มม.

1 = 10 - <20% ของความเสียหายที่ $\geq$ 3 มม.

2 = 20 - <30% ของความเสียหายที่ $\geq$ 3 มม.

3 = >30% ของความเสียหายที่ $\geq$ 3 มม.

-1 = ไม่สามารถประเมินได้ (กรณีเป็นผิวทางแบบยืดหยุ่น)

-2 = ไม่ประเมิน (กรณีผิวทางคอนกรีตปูทับด้วยแอสฟัลท์คอนกรีต)

หลุดร่อนตรงรอยต่อและรอยแตก

วิธีการประเมิน

การประเมินความเสียหายชนิดนี้จะประเมินจากรอยต่อทั้งหมด 10 รอยต่อที่อยู่ในช่วงถนน 50 เมตรที่เลือกไว้เป็นตัวแทน โดยประเมินจากช่องจราจรเดียว

วิธีประเมินคือ วัดความกว้างของรอยที่เกิดการหลุดร่อนที่ระยะ 1/3 และ 2/3 ตามแนวยาวของรอยการหลุดร่อนตรงรอยต่อหรือแตกตามขวาง ผลรวมของความกว้างรอยการหลุดร่อนที่วัดได้ทั้งหมดหารด้วยจำนวนที่วัดทั้งหมดคือ ความรุนแรงความเสียหาย

วิธีประเมินขอบเขตความเสียหาย ทำได้โดยการวัดความยาวการเกิดการหลุดร่อนทั้งหมดตลอดช่วง 50 เมตร แล้วเทียบกับความยาวของรอยต่อและรอยแตกตามขวางตลอดช่วง 50 เมตร แล้วเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์คือ ค่าขอบเขตความเสียหาย

ตัวอย่าง ค่าการวัด

ความกว้างรอยบิ่น $(23+8)+(9+20)+(27+9)$

$(29+14)+(16+9)+(3+0)$

$(26+20)+(8+25)+(0+0)$

$(29+12)$ = 284 มม.

หมายเหตุ : รอยแตกไม่มีการบิ่น

ความยาวรอยบิ่น $2.5+3+2+3+2+0+3.7+2+0+3$ = 21.2 มม.

<u>ความยาวของรอยต่อและรอยแตกตามขวาง</u>

จำนวนรอยต่อและรอยแตกทั้งหมด x ความกว้างช่องจราจร

10 x 3.7 ม. = 37 ม.

<u>การคำนวณความรุนแรง</u>

$$\text{ความกว้างเฉลี่ย} = \frac{\text{ผลรวมของความกว้างรอยบิ่น (มม.}}{\text{จำนวนของค่าที่อ่าน (20)}}$$

$$= \frac{284}{20} \text{ มม.}$$

= 14.2 มม. ค่าเฉลี่ยความกว้างรอยบิ่น

(เทียบกับระดับคะแนน)

∴ ความรุนแรงของความเสียหาย = S – Slight

ความรุนแรง

<u>การคำนวณขอบเขตความเสียหาย</u>

$$\text{ขอบเขตความเสียหาย} = \frac{\text{ผลรวมความยาว (ม)}}{\text{ผลรวมความยาวของรอยต่อและรอยแตก}} \times \frac{100}{1}$$

$$= \frac{21.2}{37} \times \frac{100}{1}$$

(เทียบกับระดับคะแนน)

∴ ขอบเขตความเสียหาย = 3

ระดับคะแนนความเสียหายความต่างระดับ

ความรุนแรง = S

ขอบเขต = 3

ระดับคะแนนความเสียหาย = S3

ระดับคะแนนความเสียหาย

ความรุนแรง

Slight 'S' = 10 - <30 มม. ค่าเฉลี่ยความกว้างรอยบิ่น

Moderate 'M' = 30 - 80 มม. ค่าเฉลี่ยความกว้างรอยบิ่น

Extreme 'X' = > 80 มม. ค่าเฉลี่ยความกว้างรอยบิ่น

ขอบเขต

0 = ไม่เกิดความเสียหายหรือค่าเฉลี่ยของความกว้างรอยบิ่น < 10 มม. หรือ < 5% ของรอยต่อและรอยแตกทั้งหมด

1 = 5 - <10% ของผลรวมความยาวรอยต่อและรอยแตก

2 = 10 - <25% ของผลรวมความยาวรอยต่อและรอยแตก

3 = >25% ของผลรวมความยาวรอยต่อและรอยแตก

-1 = ไม่สามารถประเมินได้ (กรณีเป็นผิวทางแบบยืดหยุ่น)

-2 = ไม่ประเมิน (กรณีผิวทางคอนกรีตปูทับด้วยแอสฟัลท์คอนกรีต)

รอยแตก

วิธีการประเมิน

การประเมินความเสียหายชนิดนี้จะประเมินช่วงถนนยาว 50 เมตร ที่เลือกไว้เป็นตัวแทนถนนทั้งช่วง โดยการวัดความกว้างของรอยแตกโดยเฉลี่ยทั้งช่วง 50 เมตร เป็นความรุนแรงของความเสียหาย และวัดพื้นที่ที่เกิดรอยแตกทั้งหมดตลอดช่วง 50 เมตร เทียบกับพื้นที่ผิวทางตลอดช่วง 50 เมตร แล้วเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ จะได้ขอบเขตความเสียหาย

วิธีการวัดรอยแตกแบบรอยแตกตามขวางและรอยแตกตามยาว ให้วัดเป็นความยาวตามแนวรอยแตกคูณด้วยความกว้าง 0.3 เมตร จะได้พื้นที่ที่เกิดรอยแตก

วิธีการวัดรอยแตกแบบสุ่มให้วัดเป็นพื้นที่กว้างคูณยาว โดยให้ครอบคลุมพื้นที่ที่เกิดรอยแตก

ตัวอย่าง ผลรวมของพื้นที่รอยแตก

ตามขวาง = 6 ม. x 0.3 ม. = 2 ตร.ม.

หนังจระเข้ = 3 ม. x 2 ม . = 6 ตร.ม.

ตามยาว = 3 ม. x 0.3 ม .= 1 ตร.ม.

= 9 ตร.ม.

การคำนวณความรุนแรง

ความกว้างรอยแตกโดยเฉลี่ย = 2 มม. = M - Moderate

(เทียบกับระดับคะแนน)

การคำนวณขอบเขตความเสียหาย

พื้นที่ช่องจราจร = 3 ม.

ความยาวช่องจราจร = 50 ม.

พื้นที่ช่องจราจร = 3 ม. x 50 ม.

= 150 ตร.ม.

$$\text{ขอบเขตความเสียหาย} = \frac{\text{พื้นที่ทั้งหมดของรอยแตก}}{\text{พื้นที่ทั้งหมด}} \times \frac{100}{1}$$

$$= \frac{9}{150} \times \frac{100}{1}$$

$$= 6\%$$

(เทียบกับระดับคะแนน)

$\therefore$ ขอบเขตความเสียหาย = 2

รอยแตก

ความรุนแรง = M

ขอบเขต = 2

ระดับคะแนนความเสียหาย = M2

ระดับคะแนนความเสียหาย

ความรุนแรง

Slight 'S' = 0.5- <1 มม. ค่าเฉลี่ยความกว้างรอยบิ่น

Moderate 'M' = 1 - 3 มม. ค่าเฉลี่ยความกว้างรอยบิ่น

Extreme 'X' = > 3 มม. ค่าเฉลี่ยความกว้างรอยบิ่น

ขอบเขต

0 = ไม่เกิดความเสียหายหรือค่าเฉลี่ยของความกว้างรอยบิ่น < 10 มม. หรือ < 5% ของรอยต่อและรอยแตกทั้งหมด

1 = 1 - <5% ของพื้นที่ทั้งหมดในช่วง 50 เมตรที่พิจารณา

2 = 5 - <10% ของพื้นที่ทั้งหมดในช่วง 50 เมตรที่พิจารณา

3 = >10% ของพื้นที่ทั้งหมดในช่วง 50 เมตรที่พิจารณา

-1 = ไม่สามารถประเมินได้ (กรณีเป็นผิวทางแบบยืดหยุ่น)

-2 = ไม่ประเมิน (กรณีผิวทางคอนกรีตปูทับด้วยแอสฟัลท์คอนกรีต)

มาตรฐานระดับคะแนนความเสียหายที่ใช้ในงานศึกษานี้

1. ผิวหน้าหลุดร่อน (Scaling)

คะแนนความเสียหาย

A	<10%
B	10 - <30%
C	>30%

วิธีวัดสภาพความเสียหาย

คิดสัดส่วนระหว่างพื้นที่ที่เกิดผิวหน้าหลุดร่อนตลอดช่วงถนนกับพื้นที่ถนนตลอด ช่วงถนน เทียบเป็นเปอร์เซ็นต์คือ สภาพความเสียหาย โดยการวัดพื้นที่ที่เกิดผิวหน้าหลุดร่อนให้วัดเป็นแบบ กว้าง x ยาว ให้ครอบคลุมบริเวณที่เกิดผิวหน้าหลุดร่อนของแต่ละแผ่นถนนคอนกรีต

2. รอยปะ (Patching)

คะแนนความเสียหาย

A	<10%
B	10 - <30%
C	>30%

วิธีวัดสภาพความเสียหาย

คิดสัดส่วนระหว่างพื้นที่ที่เกิดรอยปะกับพื้นที่ถนนตลอดช่วงถนนเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์คือ สภาพความเสียหาย โดยการคิดพื้นที่ที่เกิดรอยปะให้คิดเป็นแบบ กว้าง x ยาว ตามพื้นที่ที่มีการปะ และให้คิดเฉพาะรอยปะที่ทำไว้ไม่ดี เช่น ระดับไม่เสมอกับผิวถนนเดิม หรือรอยต่อระหว่างผิวเดิมกับผิวรอยปะเชื่อมประสานไม่ดี ทำให้เมื่อขับรถผ่านรู้สึกไม่สบาย ไม่ราบเรียบ หรือรู้สึกสะดุด ส่วนรอยปะที่ทำไว้ดีแล้วก็ไม่ต้องนำมาคิด

3. หินใหญ่หลุดร่อน (Popouts)

คะแนนความเสียหาย

A	<10%
B	10 - <30%
C	>30%

วิธีวัดสภาพความเสียหาย

คิดสัดส่วนระหว่างพื้นที่ที่เกิดหินใหญ่หลุดร่อนตลอดช่วงถนนกับพื้นที่ถนนตลอดช่วงถนน เทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยวัดพื้นที่ที่เกิดหินใหญ่หลุดร่อนวัดเป็นแบบ กว้าง x ยาว ให้ครอบคลุมบริเวณที่เกิดหินใหญ่หลุดร่อน คิดพื้นที่เป็นตารางเมตร

4. ความต่างระดับที่รอยต่อตามขวาง (Stepping at transverse joints)

คะแนนความรุนแรง

1	3 - <5 มม.
2	5 – 10 มม.
3	>10 มม.

คะแนนขอบเขต

A	<15%
B	15 - <30%
C	>30%

วิธีวัดสภาพความเสียหาย

วัดค่าความต่างของระดับระหว่างแผ่นพื้นถนน 2 แผ่นที่ต่อกัน โดยวัดตรงรอยต่อตามขวางให้วัด 2 ค่าที่แต่ละรอยต่อ คือ รอยร่องล้อภายใน 1 ค่า และรอยร่องล้อภายนอก 1 ค่า

วิธีคิดขอบเขตความเสียหาย

จำนวนรอยต่อตามขวางที่เกิดความต่างระดับ $\geq$ 3 มม. หารด้วยจำนวนรอยต่อตามขวางทั้งหมด แล้วเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ จะได้ค่าขอบเขตความเสียหาย

หมายเหตุ : ความต่างระดับที่มีค่าต่ำกว่า 3 มม. ไม่นำมาคิดคะแนนความรุนแรง

5. การทรุดตัว (Settlement)

คะแนนความรุนแรง

1	3 - <5 มม.
2	5 – 10 มม.
3	> 10 มม.

คะแนนขอบเขต

A	1 จุด
B	2 – 4 จุด
C	> 4 จุด

<u>วิธีวัดสภาพความเสียหาย</u>

วัดค่าความต่างระดับระหว่างแผ่นพื้นถนนที่ทรุดกับระดับถนนเดิม โดยใช้ค่าเฉลี่ยของความต่างระดับ

<u>วิธีคิดขอบเขตความเสียหาย</u>

จำนวนจุดที่เกิดการทรุดตัวต่อช่วงถนนคือ ขอบเขตความเสียหาย เช่น ตลอดช่วงถนนเกิดการทรุดตัว 2 จุด แสดงว่าขอบเขตความเสียหายมีค่าเท่ากับ B

6. แตกเป็นเสี่ยง (Shatter slab)

คะแนนความเสียหาย

A	<10%
B	10 - <30%
C	>30%

<u>วิธีวัดสภาพความเสียหาย</u>

คิดสัดส่วนระหว่างพื้นที่ที่เกิดการแตกเป็นเสี่ยงกับพื้นที่ถนนตลอดช่วงถนน เทียบเป็นเปอร์เซ็นต์คือ สภาพความเสียหาย โดยการคิดพื้นที่ที่การแตกเป็นเสี่ยงให้คิดเป็นแบบ กว้าง x ยาว ให้ครอบคลุมพื้นที่ที่เกิดการแตกเป็นเสี่ยงแต่ละจุดและคิดพื้นที่เป็นตารางเมตร

7. รอยบิ่นตรงรอยต่อและรอยแตก (Spalling at joint and crack)

คะแนนความรุนแรง

1	10 - <40 มม.
2	40 – 80 มม.
3	>80 มม.

คะแนนขอบเขต

A	5 - <15%
B	15 - <30%
C	>30%

ของความยาวทั้งหมดของรอยต่อและรอยแตก

วิธีวัดสภาพความเสียหาย

วัดความกว้างที่ระยะ 1/3 และ 2/3 ตามแนวยาวที่เกิดรอยบิ่นตรงรอยต่อ หรือรอยแตกตามขวาง ผลรวมของความกว้างของรอยบิ่นที่วัดได้ทั้งหมดหารด้วยจำนวนที่วัดทั้งหมด คือ ค่าคะแนนความรุนแรง

วิธีคิดขอบเขตความเสียหาย

วัดความยาวการเกิดรอยบิ่นทั้งหมดตลอดช่วงถนน เทียบกับความยาวของ รอยต่อ/รอยแตกตามแนวขวางตลอดช่วงถนน คิดเป็น (%) คือ ค่าคะแนนขอบเขต

8. ความเสียหายของวัสดุยาแนวรอยต่อตามขวาง (Transverse joint sealant distress)

ระดับคะแนน

A	<15%
B	15 - <50%
C	>50%

$$\text{Score (\%)} = \frac{\text{ความยาวของความเสียหายที่เกิดขึ้น (ม.)}}{\text{ความยาวรอยต่อทั้งหมด (ม.)}} \times \frac{100}{1}$$

วิธีวัดสภาพความเสียหาย

วัดระยะของวัสดุยาแนวรอยต่อตามขวางที่หลุดร่อนออกไป หรือไม่เชื่อมประสานกับผิวคอนกรีตตรงรอยต่อตามขวาง แล้วนำมาเทียบกับความยาวของรอยต่อตามขวางทั้งหมด โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์

9. รอยแตก (Cracking)

คะแนนความรุนแรง

1	0.5 - <1 มม.
2	1 – 3 มม.
3	>3 มม.

ความกว้างรอยแตก

คะแนนขอบเขต

A	<10%
B	10 - <30%
C	>30%

วิธีวัดสภาพความเสียหาย

- รอยแตกแบบตามขวางและตามยาวให้วัดเป็นความยาวตามแนวรอยแตกคูณด้วยความกว้าง 0.3 เมตร
- รอยแตกแบบสุ่มให้วัดเป็นพื้นที่กว้าง x ยาว โดยให้ครอบคลุมพื้นที่ที่เกิดรอยแตก

วิธีคิดขอบเขตความเสียหาย

สัดส่วนระหว่างพื้นที่เกิดรอยรอยแตกทั้งหมดตลอดช่วงถนน กับพื้นที่ถนนตลอด ช่วงถนน คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ คือ ขอบเขตความเสียหาย

10. มุมหัก (Corner break)

ความรุนแรง	
1	0.5 - <1 มม.
2	1 – 3 มม.
3	>3 มม.

ความกว้างรอยแตก

คะแนนขอบเขต	
A	<10%
B	10 - <30%
C	>30%

วิธีวัดสภาพความเสียหาย

ใช้ค่าเฉลี่ยของรอยแตกในแต่ละมุมของแผ่นคอนกรีต โดยอาจจะวัด 2 หรือ 3 ค่าต่อรอยแตก นำมาเฉลี่ยจะได้ระดับสภาพความเสียหาย

วิธีวัดขอบเขตความเสียหาย

คิดสัดส่วนระหว่างจำนวนมุมที่แตกทั้งหมดตลอดช่วงถนนกับจำนวนมุมของแผ่นคอนกรีตทั้งหมดตลอดช่วงถนน เทียบเป็นเปอร์เซ็นต์จะได้ค่าขอบเขตความเสียหาย

ภาคผนวก ค

- ตารางคะแนนถนนอรรถกระวี และถนนข้างคณะทรัพยากรธรรมชาติ ของผู้สำรวจทั้ง 3
- ผลการจัดลำดับจากโปรแกรม PSUPMS

ข้อมูลสภาพความเสียหายของถนนอรรถกระวีสุนทร และถนนข้างคณะทรัพยากรธรรมชาติ ของผู้สำรวจ 3 คน

ก. 1 ข้อมูลสภาพความเสียหายถนนข้างคณะทรัพยากรธรรมชาติ จากการสำรวจของผู้ศึกษา

ลำดับ	ประเภทความเสียหาย	ความรุนแรง (Severity)			ขอบเขต (Extent)		
		ต่ำ	กลาง	สูง	น้อย	กลาง	มาก
1	ผิวหน้าหลุดร่อน (Scaling)		X		X		
2	รอยปะ (Patching)						X
3	หินใหญ่หลุดร่อน (Popouts)	X			X		
4	ต่างระดับตรงรอยต่อตามขวาง (Stepping at transverse joints)	X			X		
5	ทรุดตัว (Settlement)	-	-	-	-	-	-
6	แตกเป็นเสี่ยง (Shatter slab)				-	-	-
7	รอยบิ่นตรงรอยต่อและรอยแตก (Spalling at joint and crack)					X	
8	ยางประสานรอยต่อตามขวาง (Transverse joint sealant distress)				X		
9	รอยแตก (Cracking)				-	-	-
10	มุมหัก (Corner break)	X			X		

ก. 2 ข้อมูลสภาพความเสียหายถนนข้างคณะทรัพยากรธรรมชาติ จากการสำรวจของนายเกียรติศักดิ์ ศรีเทียม

ลำดับ	ประเภทความเสียหาย	ความรุนแรง (Severity)			ขอบเขต (Extent)		
		ต่ำ	กลาง	สูง	น้อย	กลาง	มาก
1	ผิวหน้าหลุดร่อน (Scaling)		X		X		
2	รอยปะ (Patching)					X	
3	หินใหญ่หลุดร่อน (Popouts)	X			X		
4	ต่างระดับตรงรอยต่อตามขวาง (Stepping at transverse joints)	X			X		
5	ทรุดตัว (Settlement)	-	-	-	-	-	-
6	แตกเป็นเสี่ยง (Shatter slab)				-	-	-
7	รอยบิ่นตรงรอยต่อและรอยแตก (Spalling at joint and crack)					X	
8	ยางประสานรอยต่อตามขวาง (Transverse joint sealant distress)				X		
9	รอยแตก (Cracking)				-	-	-
10	มุมหัก (Corner break)	X			X		

ก. 3 ข้อมูลสภาพความเสียหายถนนข้างคณะทรัพยากรธรรมชาติ จากการสำรวจของนายสมพล สูงทองจริยา

ลำดับ	ประเภทความเสียหาย	ความรุนแรง (Severity)			ขอบเขต (Extent)		
		ต่ำ	กลาง	สูง	น้อย	กลาง	มาก
1	ผิวหน้าหลุดร่อน (Scaling)		X		X		
2	รอยปะ (Patching)						X
3	หินใหญ่หลุดร่อน (Popouts)	X			X		
4	ต่างระดับตรงรอยต่อตามขวาง (Stepping at transverse joints)		X			X	
5	ทรุดตัว (Settlement)	-	-	-	-	-	-
6	แตกเป็นเสี่ยง (Shatter slab)				-	-	-
7	รอยบิ่นตรงรอยต่อและรอยแตก (Spalling at joint and crack)						X
8	ยางประสานรอยต่อตามขวาง (Transverse joint sealant distress)				X		
9	รอยแตก (Cracking)				-	-	-
10	มุมหัก (Corner break)	X			X		

ข. 1 ข้อมูลสภาพความเสียหายถนนอรรถกระวี จากการสำรวจของผู้ศึกษา

ลำดับ	ประเภทความเสียหาย	ความรุนแรง (Severity)			ขอบเขต (Extent)		
		ต่ำ	กลาง	สูง	น้อย	กลาง	มาก
1	ผิวหน้าหลุดร่อน (Scaling)		X		X		
2	รอยปะ (Patching)				X		
3	หินใหญ่หลุดร่อน (Popouts)	X			X		
4	ต่างระดับตรงรอยต่อตามขวาง (Stepping at transverse joints)	X			X		
5	ทรุดตัว (Settlement)		X		X		
6	แตกเป็นเสี่ยง (Shatter slab)				X		
7	รอยบิ่นตรงรอยต่อและรอยแตก (Spalling at joint and crack)				X		
8	ยางประสานรอยต่อตามขวาง (Transverse joint sealant distress)				X		
9	รอยแตก (Cracking)				X		
10	มุมหัก (Corner break)	-	-	-	-	-	-

ข. 2 ข้อมูลสภาพความเสียหายถนนอรรถกระวี จากการสำรวจของนายเกียรติศักดิ์ ศรีเทียม

ลำดับ	ประเภทความเสียหาย	ความรุนแรง (Severity)			ขอบเขต (Extent)		
		ต่ำ	กลาง	สูง	น้อย	กลาง	มาก
1	ผิวหน้าหลุดร่อน (Scaling)		X		X		
2	รอยปะ (Patching)				X		
3	หินใหญ่หลุดร่อน (Popouts)	X			X		
4	ต่างระดับตรงรอยต่อตามขวาง (Stepping at transverse joints)	X			X		
5	ทรุดตัว (Settlement)		X		X		
6	แตกเป็นเสี่ยง (Shatter slab)				X		
7	รอยบิ่นตรงรอยต่อและรอยแตก (Spalling at joint and crack)				X		
8	ยางประสานรอยต่อตามขวาง (Transverse joint sealant distress)				X		
9	รอยแตก (Cracking)				X		
10	มุมหัก (Corner break)	--	-	-	-	-	-

ข. 3 ข้อมูลสภาพความเสียหายถนนอรรถกระวี จากการสำรวจของนายสมพล สูงทองจริยา

ลำดับ	ประเภทความเสียหาย	ความรุนแรง (Severity)			ขอบเขต (Extent)		
		ต่ำ	กลาง	สูง	น้อย	กลาง	มาก
1	ผิวหน้าหลุดร่อน (Scaling)			X	X		
2	รอยปะ (Patching)				X		
3	หินใหญ่หลุดร่อน (Popouts)	X			X		
4	ต่างระดับตรงรอยต่อตามขวาง (Stepping at transverse joints)		X		X		
5	ทรุดตัว (Settlement)		X		X		
6	แตกเป็นเสี่ยง (Shatter slab)				X		
7	รอยบิ่นตรงรอยต่อและรอยแตก (Spalling at joint and crack)				X		
8	ยางประสานรอยต่อตามขวาง (Transverse joint sealant distress)				X		
9	รอยแตก (Cracking)				X		
10	มุมหัก (Corner break)	-	-	-	-	-	-

ผลการจัดลำดับจากโปรแกรม PSUPMS

ลำดับที่	ชื่อถนน	ลักษณะเส้นทาง	วันที่ซ่อม	ปริมาณการจราจร	d1 (SP	d2 (PSI	d3 (D	SNeff (in)
	เย็นศิระ 7	ทางตรง	5/21/00	มาก	68.5	31.5	29.4	7.8
	ชุมศาสตร์ 4	ทางแยก	5/18/00	มาก	51.95	48.05	25.45	6.64
	วิทย์วิถี	ทางตรง	5/14/00	มาก	48.7	51.3	23.5	6.41
	ชุมศาสตร์ 1	ทางตรง	5/18/00	มาก	40.45	59.55	16.45	5.83
	ชุมศาสตร์ 5	ทางตรง	5/18/00	มาก	38.7	61.3	11.2	5.71
	ชุมศาสตร์ 3	ทางตรง	5/18/00	มาก	36.5	63.5	14.5	5.56
	เย็นศิระ 2	ทางแยก	5/21/00	มาก	35.7	64.3	12.2	5.5
	สงขลานครินทร์ 1	ทางตรง	5/27/00	มาก	35.2	64.8	11.2	5.46
	สงขลานครินทร์ 5	ทางตรง	5/25/00	มาก	34.7	65.3	9.2	5.43
	อรรถกระวี 10	ทางแยก	5/23/00	มาก	34.3	65.7	12.8	5.4
	หน้าพิกลุนิติเทพ	ทางตรง	5/21/00	มาก	34.2	65.8	9.2	5.39
	ชุมศาสตร์ 2	ทางแยก	5/18/00	มาก	31.9	68.1	10.4	5.23
	ประตูใหญ่(เข้า)	ทางตรง	5/27/00	มาก	31.7	68.3	7.2	5.22
	ชุมศาสตร์ 7	ทางตรง	5/18/00	มาก	30.9	69.1	5.4	5.16
	มงคลสุข 1	ทางโค้ง	5/27/00	มาก	30.7	69.3	11.2	5.15
	เย็นศิระ 4	ทางแยก	4/21/00	มาก	30.4	69.6	9.4	5.13
	ประตูใหญ่(ออก)	ทางตรง	5/27/00	มาก	27	73	9	4.89
	ชุมศาสตร์ 6	ทางแยก	5/18/00	มาก	24.4	75.6	6.4	4.71
	อรรถกระวี 9	ทางตรง	5/23/00	มาก	22.2	77.8	4.2	4.55
	มงคลสุข 5	ทางโค้ง	5/29/00	น้อย	59.65	40.35	27.9	4.48
	สงขลานครินทร์ 3	ทางตรง	5/25/00	มาก	20.5	79.5	3	4.44
	เย็นศิระ 6	ทางแยก	5/21/00	มาก	20.4	79.6	2.4	4.43
	มงคลสุข 6	ทางตรง	5/29/00	น้อย	56.45	43.55	23.85	4.25
	เย็นศิระ 1	ทางตรง	5/21/00	มาก	17.4	82.6	5.4	4.22
	เย็นศิระ 5	ทางตรง	5/21/00	มาก	15.9	84.1	2.4	4.11
	อรรถกระวี 8	ทางแยก	5/23/00	มาก	15.9	84.1	2.4	4.11
	อรรถกระวี 7	ทางตรง	5/23/00	มาก	15.5	84.5	0	4.09
	หน้าพลสมุทรแพทย์ฯ	ทางตรง	5/23/00	ปานกลาง	36.7	63.3	11.2	4.07
	สงขลานครินทร์ 2	ทางแยก	5/27/00	มาก	15	85	3	4.05
	เย็นศิระ 3	ทางตรง	5/21/00	มาก	14.9	85.1	5.4	4.04
	อรรถกระวี 12	ทางตรง	5/23/00	ปานกลาง	36.2	63.8	16.2	4.03
	มงคลสุข 3	ทางตรง	5/29/00	มาก	14.2	85.8	4.2	3.99
	สงขลานครินทร์ 4	ทางแยก	5/25/00	มาก	13.4	86.6	5.4	3.94
	มงคลสุข 2	ทางแยก	5/27/00	มาก	12.4	87.6	4.4	3.87
	หน้าโรค 1	ทางตรง	5/18/00	ปานกลาง	33.9	66.1	7.2	3.87
	หน้าพระรูป	ทางตรง	5/23/00	มาก	9.5	90.5	0	3.67
	ช้างกลทรัพย์ฯ 2	ทางแยก	5/23/00	ปานกลาง	30.4	69.6	7.4	3.63
	หน้าโรค 2	ทางแยก	5/18/00	ปานกลาง	30.4	69.6	5.4	3.63
	ศรีครัง 2	ทางตรง	5/25/00	น้อย	47.45	52.55	16.45	3.62
	อรรถกระวี 11	ทางแยก	5/23/00	ปานกลาง	29.9	70.1	7.4	3.59
	งามพักมัย	ทางตรง	5/25/00	น้อย	44.7	55.3	17.2	3.43
	หน้าเนิร์สเซอรี่	ทางตรง	5/25/00	น้อย	41.2	58.8	14.2	3.18
	อรรถกระวี 6	ทางแยก	5/23/00	ปานกลาง	23.4	76.6	7.4	3.14
	หน้าโรค 3	ทางตรง	5/18/00	ปานกลาง	23	77	0	3.11
	อรรถกระวี 5	ทางโค้ง	5/23/00	ปานกลาง	22.2	77.8	4.2	3.05
	อรรถกระวี 3	ทางโค้ง	5/23/00	ปานกลาง	20.9	79.1	5.4	2.96
	อรรถกระวี 4	ทางแยก	5/23/00	ปานกลาง	20.9	79.1	5.4	2.96
	ช้างโรงช้าง	ทางตรง	5/25/00	น้อย	37.7	62.3	9.2	2.94
	หลังกลทรัพย์ฯ 2	ทางตรง	5/27/00	น้อย	36	64	11	2.82
	ช้างกลทรัพย์ฯ 1	ทางตรง	5/23/00	น้อย	35.7	64.3	7.2	2.8
	อรรถกระวี 1	ทางตรง	5/23/00	ปานกลาง	17.9	82.1	2.4	2.75
	หลพักพยาบาล(ศรีครัง)	ทางตรง	5/25/00	น้อย	34.7	65.3	7.2	2.73
	หลังกลทรัพย์ฯ 1	ทางตรง	5/27/00	น้อย	34.5	65.5	9	2.72
	บางจาก	ทางตรง	5/27/00	น้อย	32.7	67.3	7.2	2.59
	มงคลสุข 8	ทางตรง	5/29/00	น้อย	32	68	9	2.54
	ศรีครัง 1	ทางตรง	5/25/00	น้อย	30.7	69.3	11.2	2.45
	อรรถกระวี 2	ทางแยก	5/23/00	ปานกลาง	9.9	90.1	2.4	2.19
	มงคลสุข 4	ทางแยก	5/29/00	น้อย	25.4	74.6	7.4	2.09
	เชิงเขา	ทางโค้ง	5/29/00	น้อย	22.9	77.1	7.4	1.9
	ริมล่าง	ทางโค้ง	5/29/00	น้อย	22.7	77.3	7.2	1.89
	มงคลสุข 7	ทางแยก	5/29/00	น้อย	14.4	85.6	2.4	1.31

ภาคผนวก ง

สาเหตุและวิธีการบำรุงรักษาซ่อมแซมของความเสียหายแต่ละชนิด

1. ผิวหน้าหลุดร่อน (Scaling)

การหลุดรอยตามผิวหรือ Scaling เกิดจาก Cement mortar ของ Cement mortar เกิดจาก Cement paste ส่วนบนที่มีน้ำปนอยู่เป็นจำนวนมาก (W/C สูง) ทำให้ผิวหน้าของคอนกรีตไม่แข็งแรง และเกิดการหลุดรอกออกไปจากแผ่นพื้นคอนกรีตได้โดยง่าย การหลุดรอกอาจเกิดมาจากทรายและหินที่ใช้ผสมคอนกรีตสกปรก (เช่นกรณีของทรายบก หรือหินบะซอลท์) รวมทั้งอาจจะเกิดจากส่วนผสมคอนกรีตมีปูนซีเมนต์น้อยเกินไปก็ได้

วิธีซ่อม

ในกรณีที่การหลุดรอกรุนแรงจนเกิดการหลุดของหินจากแผ่นพื้นคอนกรีต จะต้องรื้อเอาส่วนที่หลุดร่อนออกไปจนหมดแล้วเสริมผิวทับ หรือการทำ Thin bonded patching

2. รอยปะ (Patching)

สาเหตุเกิดจากการแก้ไขความเสียหายชนิดอื่น ๆ โดยใช้วิธีการเทคอนกรีตทับส่วนที่เสียหายหรืออาจใช้แอสฟัลท์คอนกรีตปะทับหน้าส่วนที่เกิดความเสียหาย แล้วไม่ได้ทำรอยต่อระหว่างวัสดุใหม่กับผิวถนนเดิมให้ดี จึงทำให้เกิดรอยปะที่ทำให้เกิดการสะดุดเมื่อขับรถผ่าน

วิธีซ่อม

1. ทำ Full depth repair
2. อุดด้วยวัสดุยาแนวรอยต่อชนิดเทร้อน

3. หินใหญ่หลุดร่อน (Popouts)

เป็นลักษณะความเสียหายอันเนื่องมาจากหินใหญ่หลุดจากผิวหน้าคอนกรีต ทำให้เกิดเป็นหลุมขนาดประมาณ 1 นิ้ว บนผิวหน้าของคอนกรีต Popouts อาจจะขยายตัวจนเกิดผิวหน้าคอนกรีตที่หยาบต่อไปได้ สาเหตุของ Popouts เกิดจากหินใหญ่มีคุณสมบัติของ Alkaline aggregate reaction เมื่อผิวของหินทำปฏิกริยากับซีเมนต์แล้วจะเกิดสารประกอบที่มีปริมาตรสูง ทำให้หินใหญ่บวมตัวแล้วหลุดออกไปจากผิวหน้าของคอนกรีต

วิธีซ่อม

ทำ Full depth repair

4. การเลื่อนลงอยู่ต่างระดับ (Faulting or Stepping)

เป็นลักษณะที่รอยต่อเกิดเสียหายเนื่องจากการจราจร จะสามารถทราบว่าแผ่นคอนกรีตเลื่อนลงอยู่ต่างระดับได้โดยการเกิดเป็นขั้นลงจากแผ่นคอนกรีตที่รถวิ่งเข้าหารอยต่อ (Approach slab) ไปยังแผ่นคอนกรีตที่รถจะวิ่งจากรอยต่อ (Leave slab)

<u>สาเหตุและการป้องกัน</u> ขณะที่มีน้ำหนักรถวิ่งข้ามรอยต่อ แรงที่กดกระแทกลงทันทีบนแผ่นคอนกรีตที่รถจะวิ่งจากรอยต่อ เมื่อเทียบกับแรงที่ค่อย ๆ กระทำบนแผ่นคอนกรีตที่รถวิ่งเข้าหารอยต่อในจำนวนครั้งที่มากกว่านั้น แรงกระแทกบนแผ่นคอนกรีตที่รถจะวิ่งจากรอยต่อมีแนวโน้มที่ทำให้วัสดุรองรับแผ่นคอนกรีตยุบตัวลงหรือแน่นขึ้นได้ เว้นแต่ว่าวัสดุที่รองรับได้รับการปรับปรุงให้สามารถต้านการยุบอัดแน่นอีกได้

สาเหตุโดยทั่วไปของการเกิดแผ่นคอนกรีตเลื่อนลงอยู่ต่างระดับมีมากมาย มีสาเหตุมาจากวัสดุไม่แข็งแรงไปจนถึงการบรรทุกน้ำหนักเกินความสามารถของชั้นทางที่จะรับได้ ดินที่รองรับแผ่นคอนกรีตอาจจะไวต่อการรับความชื้น ทำให้ความสามารถในการรับน้ำหนักลดลงเมื่อมีประมาณความชื้นสูง สาเหตุนี้อาจเป็นเพราะการบดทับไม่แน่นพอ หรือการปรับปรุงคุณภาพของดินได้ไม่สม่ำเสมอ ความหนาของชั้นทางอาจจะหนาไม่เพียงพอ เพราะการจราจรมีมากกว่าที่ได้คาดหมายไว้ก่อน และการแอ่นตัวที่รอยต่อมีมากเกินไป การห่อตัวของแผ่นคอนกรีต และการระบายน้ำไม่ดี เป็นช่องทางที่ทำให้วัสดุไหล่ทางและพื้นทางไหลเข้าไปใต้ปลายแผ่นคอนกรีตได้ ระบบหรือตัวถ่ายน้ำหนักจากแผ่นหนึ่งไปอีกแผ่นหนึ่งอาจไม่เพียงพอ หรือเสียหายใช้การไม่ได้ หรือสาเหตุจากเปิดช่องรอยต่อใหญ่จนการถ่ายน้ำหนักโดยอาศัยการขัดตัวของเม็ดวัสดุ ไม่เป็นผล โดยเฉพาะในแผ่นคอนกรีตที่ไม่เสริมเหล็ก

การเลื่อนลงอยู่ต่างระดับของแผ่นคอนกรีตที่ไม่มากนักอาจอนุโลมให้เกิดขึ้นได้ แต่การเลื่อนต่างระดับเกิน 1.6 มม. โดยปกติจะก่อให้เกิดเสียงดังพอควร จากการกระแทกของยางรถจนได้ยินได้ ถ้าเกิดมีสาเหตุทำให้เริ่มต้นเกิดการเลื่อนลงอยู่ต่างระดับแล้วไม่รีบแก้ไขยิ่งปล่อยให้เป็นอยู่เช่นนั้น การเลื่อนลงอยู่ต่างระดับก็จะเพิ่มมากขึ้นเรื่อย การเลื่อนลงอยู่ต่างระดับอย่างมาก ๆ จะทำให้วัสดุปิดรอยต่อเกิดความเสียหายได้ เพราะผิวรอยต่อจะเคลื่อนตัวในแนวดิ่ง ทำให้วัสดุปิดทับรอยต่อเกิดการเคลื่อนหมุ่นตัวหลุดเสียหาย เมื่อวัสดุปิดทับรอยต่อเกิดการเสียหาย จะทำให้น้ำและเม็ดวัสดุต่าง ๆ ไหลเข้าไปทำให้สภาพต่าง ๆ เลวลง เกิดการเลื่อนตัวลงอยู่ต่างระดับยิ่งมากขึ้น อันเป็นผลทำให้มุมแผ่นคอนกรีตแตกหรือแผ่นคอนกรีตเสียหายก่อนเวลาอันควร

ในการออกแบบและก่อสร้าง เพื่อลดโอกาสที่จะเกิดการเลื่อนต่างระดับของแผ่นคอนกรีตเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยต้องมีการวิเคราะห์สภาพดินคันทาง และออกแบบชั้นทางที่รองรับแผ่นคอนกรีตสำหรับการนี้โดยเฉพาะ การออกแบบความหนาของแผ่นคอนกรีตต้องหนาเพียงพอ

กับความต้องการของปริมาณการจราจรในอนาคต และต้องใช้วิธีการถ่ายน้ำหนักจากแผ่นคอนกรีตแผ่นหนึ่งไปสู่แผ่นคอนกรีตอีกแผ่นหนึ่งที่อยู่ถัดไป วัสดุปิดทับรอยต่อและขนาดกว้างและลึกของร่องรอยต่อต้องเหมาะสมกับสภาพการใช้งานและสิ่งแวดล้อมของแผ่นคอนกรีตนั้น ๆ รอยต่อต้องก่อสร้างให้เป็นไปตามความต้องการของการออกแบบและข้อกำหนดของการก่อสร้าง

<u>การบำรุงรักษาและการซ่อมแซม</u> การบำรุงรักษาเพื่อแก้ไขการเลื่อนลงอยู่ต่างระดับของแผ่นคอนกรีตอาจจะดำเนินการได้ด้วย

1. การยกแผ่นคอนกรีต
2. การขัดออก
3. การซ่อมเปลี่ยนวัสดุปิดทับรอยต่อใหม่
4. การควบคุมความชื้นของดินฐานราก

วิธีการที่จะอนุรักษ์ถนนคอนกรีตเดิม ถนนที่มีปัญหาติดขัดในการที่จะก่อสร้างใหม่อีกครั้งหนึ่ง อาจจะแก้ปัญหาเหล่านี้ได้โดยทำการจำกัดน้ำหนักบรรทุกที่จะถ่ายลงบนแผ่นคอนกรีต ลดปริมาณการจราจรโดยการสร้างช่องจราจรพิเศษเพิ่มเติม หรือในบางกรณีต้องก่อสร้างไหล่ทางด้วยคอนกรีต หรือไหล่ทางที่มีการปรับปรุงโดยผสมกับสารผสมชนิดต่าง ๆ

ถ้าสาเหตุแห่งการเลื่อนลงอยู่ต่างระดับกันเกิดจากพื้นรองรับแผ่นคอนกรีตไม่แข็งแรง อาจจะทำให้สภาพนี้ดีขึ้นหรืออย่างน้อยเป็นการชั่วคราวได้ โดยทำการยกแผ่นคอนกรีตขึ้น ซึ่งวิธียกและวัสดุที่ใช้ในการดำเนินการอาจเปลี่ยนแปลงได้ ขึ้นอยู่กับเหตุการณ์และสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ในกรณีที่จำเป็นต้องยกให้เจาะรูในบริเวณที่แผ่นคอนกรีตยุบลงไปให้มีรูในบริเวณที่แผ่นคอนกรีตยุบลงไปให้มีรูเจาะเป็นช่วงถี่ ๆ จากขอบนอกสู่ด้านใน แล้วใช้ Slurry (ของผสมระหว่างซีเมนต์และทรายหรือดินฝุ่นและน้ำ) หรือส่วนผสมแอสฟัลท์ที่เหมาะสม ฉีดเข้าไปในรูโดยใช้แรงอัดดันให้เข้าไปใต้แผ่นคอนกรีตจนกระทั่งเห็นมันไหลทะลักออกมาที่ขอบหรือรูถัดไป แล้วรีบอุดรูที่เพิ่งฉีดของผสมเข้าไปนั้นและดำเนินการซ้ำแบบเดียวกันในรูต่อไป การฉีดของผสมต่อเนื่องตามรูต่าง ๆ นี้จะทำซ้ำกันถ้าจำเป็นต้องรักษาระดับของแผ่นคอนกรีต ถ้าใช้แรงดันที่พอเหมาะแล้วยังไม่สามารถรักษาระดับของแผ่นคอนกรีตไว้ได้ตลอด การอัดยกนี้อาจทำซ้ำอีกได้ในเวลาต่อมา ซึ่งจำต้องเจาะรูซ้ำใหม่ผ่านส่วนที่ได้อัดทำไว้ครั้งแรก อย่างไรก็ตาม การยกแผ่นคอนกรีตด้วยวิธีนี้สามารถทำให้รอยต่อเกิดการยึดติด ไม่สามารถเคลื่อนไหวได้ ถ้าปล่อยให้ของผสมที่ใช้อุดดันไปอุดร่องรอยต่อหรือรอยแตกด้วย

ถ้าสภาพการเลื่อนลงอยู่ต่างระดับของแผ่นคอนกรีต ไม่สามารถแก้ไขให้หยุดการเลื่อนได้ด้วยวิธียกแผ่นคอนกรีตแล้ว จะมีผลทำให้เกิดการแตกที่ปลายแผ่นคอนกรีตขึ้นได้ ในการบูรณะก่อสร้างแผ่นคอนกรีตใหม่ควรจะขุดเอาพื้นทางและดินใต้ชั้นทางที่เสียหาย ไม่สามารถรองรับแผ่น

คอนกรีตได้ออก ออกแบบการระบายน้ำใหม่เพื่อกำจัดแหล่งที่เกิดน้ำ ใส่วัสดุที่เหมาะสมแทนดินใต้ชั้นทางและพื้นทาง ใส่ระบบการถ่ายน้ำหนักใหม่แทนถ้าของเดิมมีใช้อยู่ และเทคอนกรีตใหม่ลงไปนอกจากนี้ถ้าแผ่นคอนกรีตเดิมเป็นแบบเสริมเหล็ก แผ่นที่ทำใหม่ก็ต้องเสริมเหล็กไว้เช่นเดียวกันกับของเดิม และต้องทำการวิเคราะห์ลักษณะการทำงานของรอยต่อ เพื่อทำการจัดวางระยะรอยต่อในแผ่นคอนกรีตใหม่ให้ได้แบบเฉพาะกับขนาดร่องรอยต่อและวัสดุปิดทับรอยต่อที่เหมาะสมด้วย

5. การทรุดตัวของแผ่นพื้น (Settlement)

การทรุดตัวของแผ่นพื้นคอนกรีตของถนนซึ่งเป็น Doweled slab จะมีผลทำให้เกิดรอยต่อยึด (Frozen joint) ทำให้เกิดรอยแตกตามแนวรอยต่อขนานกับแนวรอยต่อที่ระยะประมาณ 30 ซม. ดังนั้น การทรุดตัวของแผ่นพื้นคอนกรีตของถนน จึงมักจะเกิดควบคู่กับการเกิดรอยแตกโครงสร้างในลักษณะต่าง ๆ สาเหตุของการทรุดตัวเกิดจากชั้นทางภายใต้แผ่นพื้นคอนกรีตรวมทั้งดินฐานรากเกิดการทรุดตัวทำให้แผ่นพื้นคอนกรีตทรุดตัวตาม มักจะเกิดบริเวณ Soft area

<u>วิธีซ่อม</u>

ควรรื้อแผ่นเก่าทิ้ง แล้วหล่อแผ่นใหม่แทน

6. การแตกเป็นเสี่ยง (Shatter slab)

เป็นรอยแตกที่ทำให้แผ่นพื้นคอนกรีตแยกเป็น 2 ส่วน หรือมากกว่า และหนังสือบางเล่มระบุว่ารอยแตกตั้งแต่ 2 รอยแตกหรือ 2 ลักษณะในแผ่นพื้นคอนกรีตเกี่ยวกันถือว่าเป็นรอยแตกเป็นเสี่ยง มีสาเหตุมาจากชั้นโครงสร้างใต้แผ่นพื้นคอนกรีตเสียหาย เกิด Soft pocket และมีน้ำขังอยู่ตลอดเวลา รวมไปถึงการทรุดตัวต่างระดับของชั้นทางใต้แผ่นคอนกรีตควบคู่กับการเกิด Repeated loading หรือเกิดจากการรับน้ำหนักรถเกินพิกัดต่าง ๆ

<u>วิธีซ่อม</u>

รื้อแผ่นคอนกรีตที่แตกออกทิ้งไป แล้วหล่อแผ่นใหม่แทน ก่อนการหล่อคอนกรีตใหม่ให้ซ่อมชั้นทางส่วนที่จะต้องรองรับแผ่นคอนกรีตใหม่ให้มั่นคงแข็งแรงก่อน

7. ขอบรอยต่อแตกกะเทาะ (Spalling)

คือการที่ส่วนของแผ่นคอนกรีตตรงบริเวณขอบรอยต่อถูกดันแตกกะเทาะ เนื่องจากผลกระทำของแรงเค้นต่าง ๆ ขอบรอยต่อแตกกะเทาะหลุดนี้เป็นตัวนำไปสู่การเสียหายของวัสดุปิดทับรอยต่อ ผิวทางขรุขระ และอาจจะคาดได้ว่าจะเกิดการเสียหายร้ายแรงต่อไปได้ เช่น การโก่งแตก

เนื่องจากแรงดันโก่งขึ้น การที่ขอบรอยต่อแตกกะเทาะลุกลามออกไปมากขึ้นจะทำให้การใช้วัสดุปิดทับรอยต่อชนิดสำเร็จรูปซึ่งต้องการผิวหน้าสัมผัสที่ดีนั้นใช้งานไม่ได้ผล

<u>สาเหตุและการป้องกัน</u> สาเหตุเกิดจากมีเม็ดวัสดุที่แข็งด้านการกดอัดได้สูง (Incompressible) แทรกลงไปในรอยต่อ ซึ่งเม็ดวัสดุเหล่านี้จะด้านการเคลื่อนชิดของรอยต่อเนื่องจากการขยายตัวในขณะที่อากาศร้อน จึงทำให้เกิดแรงเค้นเฉือนในแนวนอนซึ่งอาจจะเกินกำลังรับแรงเฉือนของคอนกรีตทำให้เกิดแตกกะเทาะได้

การเกิดขอบรอยต่อแตกกะเทาะของถนนคอนกรีตที่แผ่นคอนกรีตมีรอยต่อช่วงสั้น ๆ จะเกิดไม่ใหญ่นัก โดยเฉพาะในถนนคอนกรีตที่ก่อสร้างเสร็จใหม่ ๆ ในถนนคอนกรีตที่เก่าหรือที่มีแผ่นคอนกรีตยาว อาจจะเกิดขอบรอยต่อแตกกะเทาะขนาดใหญ่กว่าเนื่องจากเกิดการเคลื่อนตัวมากเกินไป และมีวัสดุที่แข็งเข้าไปอุดแทรกอยู่ หรือเนื่องจากระบบหรือตัวถ่ายน้ำหนักจากแผ่นหนึ่งไปอีกแผ่นหนึ่งไม่ดีพอ ขอบรอยต่อแตกกะเทาะอาจจะมีสาเหตุจากวัสดุสำหรับเสียบฝังรอยต่อออกแบบไม่ดี วัสดุรอยต่อประกอบด้วยวัสดุแข็งไม่สามารถกดอัดได้ หรืออาจมีสาเหตุมาจากการสัมผัสโดยตรง ระหว่างผิวรอยต่อกับคอนกรีตที่หกหล่นซึ่งปล่อยให้แข็งตัวในร่องรอยต่อโดยไม่ได้เอาออกให้หมด

ความเสียหายของรอยต่อที่เกิดจากขอบรอยต่อแตกกะเทาะนั้น สามารถทำให้เกิดลดน้อยลงได้โดยออกแบบและก่อสร้างให้ดี การออกแบบต้องแน่ใจว่ารอยต่อเผื่อหด (Contraction joint) นั้นมีพื้นที่ผิวเพียงพอที่จะทนต่อแรงกดดันได้ และต้องออกแบบให้การถ่ายน้ำหนักจากแผ่นหนึ่งได้เพียงพอ คอนกรีตที่ใช้ต้องมีกำลังรับแรงได้ตามความต้องการและวัสดุที่ใช้ทำคอนกรีตต้องทนทานด้วย

ถ้ามีการใช้ตัวเสียบฝังรอยต่อ ต้องติดตั้งให้ถูกต้องเพื่อป้องกันมิให้วัสดุที่แข็งไม่สามารถกดอัดได้ประสานเชื่อมกันตรงรอยต่อ เช่น เศษของคอนกรีตที่แข็งตัวคร่อมรอยต่อ ตัวเสียบฝังชนิดพลาสติก และวัสดุจำพวกกดอัดได้ดีจะมีโอกาสทำให้เกิดรอยต่อแตกกระเทาะได้น้อยกว่าชนิดทำด้วยโลหะ นอกจากวิธีป้องกันต่าง ๆ ดังกล่าวแล้ว ต้องคอยระมัดระวังป้องกันมิให้เม็ดวัสดุแข็งจากผิวถนนและไหล่ทางแทรกลงไปโดยทำการปิดทับรอยต่อให้ได้ผลดีด้วย

การบำรุงรักษาและซ่อมแซม การซ่อมขอบรอยต่อแตกกะเทาะชั่วคราวให้ทำโดยใช้พวก Premix ปิดทับให้เรียบร้อย ถ้าเป็นการซ่อมให้อยู่ได้ค่อนข้างถาวรต้องเอาวัสดุที่แตกกะเทาะออก เทซีเมนต์คอนกรีตหรือปูนทรายหรือ Epoxy หรือ Polymer based mortar แทน วิธีการซ่อมนั้นเริ่มต้นด้วยการสกัดผิวคอนกรีตออก และทำความสะอาดแล้วทางเคลือบด้วยวัสดุผสมส่วนเหลวชนิดเดียวกับวัสดุผสมที่จะใช้ปิดทับ ใช้แถบไม้หรือโลหะบางทาด้วยวัสดุกันติด หรือหุ้มด้วยพลาสติก วางใส่ลงในร่องรอยต่อเพื่อให้เป็นรูปร่องสำหรับใส่วัสดุปิดทับรอยต่อได้ทีหลัง ต่อจาก

นั้นใส่วัสดุผสมใหม่ลงไปในบริเวณผิวที่เตรียมไว้ กระทุ้งให้ติดกับผิวเดิมและรอบไม้แบบ ให้ปาดผิวหน้าให้เรียบและทำผิวหน้าให้มีลักษณะใกล้เคียงกับผิวคอนกรีตที่อยู่รอบ ๆ ในกรณีที่ซ่อมด้วยซีเมนต์คอนกรีต เพื่อจะให้ได้ผลดียิ่งขึ้นควรกระทุ้งไม้แน่นอีกครั้งหนึ่งก่อนตกแต่งผิวหน้าครั้งสุดท้าย โดยทั่วไปการบ่มชื้นเป็นสิ่งสำคัญมาก ในกรณีที่ใช้ Epoxy หรือ Latex additive กับส่วนผสมคอนกรีต ไม่จำเป็นต้องใช้น้ำบ่มชื้น ถึงแม้ว่าส่วนผสม Latex ต้องใช้วัสดุกันน้ำปิดอย่างน้อย 48 ชั่วโมง เพื่อป้องกันการแตกจากการหดตัวก็ตาม

8. ความเสียหายของวัสดุยาแนวรอยต่อตามขวาง (Transverse joint sealant distress)

Joint sealing compound ที่มีคุณภาพดี ใช้งานในประเทศหนาว หรือประเทศที่มีอากาศร้อนแห้ง (Hot dry) จะมีอายุใช้งานได้นานประมาณ 10-15 ปี

ประเทศไทยมีอากาศประเภทร้อนชื้น (Hot humid) และมีปริมาณฝนตกชุกสลับกับอากาศที่ค่อนข้างร้อน ทำให้ปฏิกริยาเคมีต่าง ๆ ที่เกิดกับ Joint sealing compound จะรุนแรงกว่าในประเทศหนาว เป็นผลให้อายุใช้งานของ Joint sealing compound ลดลง แต่ยังไม่เคยมีการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้อย่างจริงจัง โดยปกติจะถือว่าอายุใช้งานจะลดลงร้อยละ 50 ก็จะเหลืออายุใช้งานของ Joint sealing compound 5-7 ปี ภายหลังการก่อสร้าง ดังนั้น ถนนคอนกรีตเมื่อเปิดใช้งานนาน 5-7 ปี ก็ควรมีแผนการขุดเปลี่ยน Joint sealing compound เพื่อยืดอายุใช้งานของถนนออกไป

<u>สาเหตุ</u>

การปล่อยให้ Joint sealing compound ยังคงใช้งานอยู่เป็นเวลานานปี แม้ว่าจะพ้นอายุใช้งานแล้ว จะแสดงผลเสียหลายประการดังนี้

1. เกิดการไหลซึมของน้ำฝนตามแนวรอยต่อ ผ่านเข้าไปสะสมในชั้นทางให้แผ่นพื้นคอนกรีต (อาจเป็นชั้นทราย หรือชั้นหินคลุกใต้แผ่นพื้นคอนกรีตก็ได้) อันเป็นสาเหตุของการเกิด Pumping ก่อให้เกิดโพรงใต้แผ่นพื้นคอนกรีต และเกิดความเสียหายลุกลามต่อไปจนถึงขั้นแผ่นพื้นคอนกรีตแตกได้

2. Joint sealing compound ที่หมดอายุ จะเป็นวัสดุที่ไม่มีการคืนตัว ทำให้กรวดและหินก้อนเล็ก ๆ เข้าไปอุดในช่องว่าง เป็นเหตุให้เกิดรอยบิ่นตามขอบรอยต่อ ทำให้การขับขี่ยวดยานไม่ราบเรียบ

<u>แนวทางการพิจารณา Joint sealing compound ที่หมดอายุ</u>

Joint sealing compound ที่หมดอายุจะไม่มีลักษณะของการคืนตัว (Elastic property) ในการตรวจสอบสามารถจะกระทำได้โดยใช้เครื่องมือขุดเอา Joint sealing compound ออกมาตรวจดู ลักษณะของที่หมดอายุจะเปราะ ไม่สามารถทนแรงดึง และไม่มีการคืนตัว ควรพิจารณาสภาพ

ของ Joint sealing compound ในรอยต่อด้วย ถ้า Joint sealing compound ไม่สัมผัสกับผนังของร่องรอยต่ออย่างแนบแน่น แสดงว่าหมดอายุต้องพิจารณาเปลี่ยน เพื่อป้องกันมิให้เกิดความเสียหายลุกลามต่อไป

วิธีซ่อม

การทำ Joint sealing compound หรือเปลี่ยนวัสดุยาแนวรอยต่อ

9. รอยแตก (Cracking)

9.1 รอยแตกร้าวในแนวทแยง (Diagonal crack)

รอยแตกเฉียงเป็นรอยแตกที่พัฒนามาจากรอยแตกมุม หรือบางกรณีอาจเกิดรอยแตกเฉียงโดยไม่มีรอยแตกมุมก็ได้ ถ้าขอบเขตของ Pumping ภายใต้แผ่นพื้นคอนกรีตกินบริเวณกว้างเกินจากมุมเข้าไปภายในมาก หรือเกิดจากน้ำหนักรถมากดลงบนมุมของแผ่นคอนกรีต ซึ่งไม่มีการรองรับที่แข็งแรงพอ หรือเกิดจากชั้นที่รองรับยุบตัว

วิธีซ่อม

1. ถ้าเป็นรอยแตกขนาดเล็ก ให้ใช้เทคนิคการซ่อมรอยแตก ภายหลังการซ่อมรอยแตกให้อุดรอยต่อตามมุมด้วยวัสดุยาแนวรอยต่อ เพื่อป้องกันมิให้น้ำซึม

2. ถ้าเป็นรอยแตกขนาดใหญ่ควรทำ Full depth repair

3. ถ้าได้พื้นคอนกรีตเป็นโพรงจะต้องอุดโพรงเสียก่อนและอุดรอยแตกนั้นด้วย Rubber asphalt compound ให้เต็มรอยแตกนั้น

9.2 รอยแตกตามขวางใกล้รอยต่อ

รอยแตกลักษณะนี้จะเกิดขวางถนนใกล้รอยต่อ โดยเกิดห่างจากรอยต่อประมาณ 30 ซม. สาเหตุเกิดมาจากการยืดของเหล็กเดือย อันเนื่องมาจากเหล็กเดือยวางอยู่ในตำแหน่งที่ไม่ถูกต้อง หรือเกิดจากการรับน้ำหนักมากเกินไป การกระดอนตัวขึ้นลงของแผ่นคอนกรีตที่เกิดขึ้นบ่อย ๆ การอ่อนตัวของทางชั้นล่างมีรอยต่อน้อยเกินไป หรือแคบเกินไป หรือจากการหดตัวของคอนกรีต

วิธีซ่อม

ควรทำ Full depth repair ตัดรอยต่อเก่า แล้วทำรอยต่อใหม่ โดยฝังเหล็กเดือยใหม่

9.3 รอยแตกตามยาว (Longitudinal crack)

มีสาเหตุต่าง ๆ คือ

1. เกิดการขยับตัวทางด้านข้างของแผ่นพื้นคอนกรีต อันเป็นผลมาจากการขยับตัวของคันทาง หรือชั้นทรายของคอนกรีต

2. เกิด Pumping ตามแนวรอยต่อระหว่างขอบแผ่นพื้นคอนกรีตกับไหล่ทาง

3. เกิดจากการหดตัวของแผ่นคอนกรีต (ในกรณีที่แผ่นคอนกรีตกว้างเกินไป และไม่มีรอยต่อตามแนวยาวด้วย)

4. เกิดจากแรงบิดตัวของแผ่นคอนกรีตผสมกับแรงจากน้ำหนักที่กด

วิธีซ่อม

1. อาจจะพิจารณาใช้เทคนิคการซ่อมรอยแตกถ้าเป็นรอยแตกขนาดเล็ก แต่ถ้าเป็นรอยแตกขนาดใหญ่ และมีการทรุดตัว ควรพิจารณาทำการซ่อมแบบ Full depth repair

2. ในกรณีที่เกิด Pumping joint ให้ใช้แอลฟัลท์คอนกรีตอุดตามแนวรอยต่อระหว่างคอนกรีตกับไหล่ทาง เพื่อลดการซึมของน้ำผิวดินลงสู่ชั้นทางที่อยู่ภายใต้

10. รอยแตกร้าวตามมุม (Corner crack)

สาเหตุเกิดจากน้ำหนักรถกระทำลงที่มุมของแผ่นคอนกรีต ซึ่งไม่มีชั้นรองรับที่แข็งแรงพอ หรืออาจเกิดจากการเป็นคลื่น หรือแอ่นตัวของแผ่นคอนกรีตเอง หรืออาจจะเกิดจากคุณภาพของดินคันทางเสื่อมลงรับน้ำหนักไม่ได้

การซ่อม ทุบเอาเนื้อคอนกรีตส่วนที่แตกออก แล้วใส่แทนด้วย Dense grade asphalt concrete หรือถ้าเป็นรอยแตกขนาดเล็กให้ใช้เทคนิคการซ่อมรอยแตก ภายหลังการซ่อมรอยแตกให้อุดรอยต่อตามมุมด้วยวัสดุยาแนวรอยต่อ เพื่อป้องกันมิให้น้ำซึมลงไปได้อีก หรือถ้าเป็นรอยแตกขนาดใหญ่ ควรทำ Full depth repair

ภาคผนวก จ

รายละเอียดของวิธีการบำรุงรักษาผิวทางคอนกรีต
(ธีระชาติ รื่นไกรฤกษ์ และคณะ, 2535)

ร่างมาตรฐานการอุดซ่อมรอยแตกในถนนคอนกรีตด้วยวัสดุยาแนวรอยต่อชนิดเทร้อน

งานนี้ประกอบด้วย การอุดซ่อมรอยแตกบนผิวหน้าของถนนปอร์ตแลนด์ซีเมนต์คอนกรีตด้วยวัสดุยาแนวรอยต่อชนิดเทร้อนตามแนวรอยแตกที่ได้ผ่านการสะกัด และได้รับการตรวจสอบว่าถูกต้องพร้อมที่จะหยอดด้วยวัสดุยาแนวรอยต่อชนิดเทร้อนได้แล้ว โดยให้เป็นไปตามมาตรฐานนี้

วัสดุ

1. วัสดุทารอยต่อ (Joint primer) วัสดุทารอยต่อต้องเป็นวัสดุที่มีความสามารถในการไหลแทรกซึมเข้าไปในรูพรุนของคอนกรีตได้สูง เมื่อทดลองทาทาบทับไปบนผิวคอนกรีตจะต้องแห้งภายใน 4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และเมื่อนำมอร์ตาร์บล็อกที่ทาด้วยวัสดุทารอยต่อประกบชิ้นทดลองของวัสดุยาแนวรอยต่อชนิดเทร้อนที่ผ่านการทดสอบคุณภาพว่าใช้ได้แล้วมาดำเนินการทดสอบแรงยึดเหนี่ยว (Bond strength) โดยวิธีการทดสอบการยึดเหนี่ยวโดยสมบูรณ์ 1 ครั้ง ตามข้อ 7.4 มอก. 479-2526 "วัสดุยาแนวรอยต่อคอนกรีตแบบยืดหยุ่นชนิดเทร้อน" โดยอนุโลมแล้ว ต้องไม่เกิดรอยร้าว (Cracking) การแยกตัว (Separation) หรือร่อง (Opening) อย่างใดอย่างหนึ่งลึกเกินกว่า 6.4 มิลลิเมตร จุดใดจุดหนึ่งระหว่างชิ้นทดสอบกับมอร์ตาร์บล็อกในระหว่างการทดสอบ

ห้ามใช้วัสดุแอสฟัลท์อิมัลชันเป็นวัสดุทารอยต่อ วัสดุอื่นใดที่จะนำมาใช้เป็นวัสดุทารอยต่อจะต้องได้รับความเห็นชอบจากวิศวกรผู้ออกแบบ หรือนายช่างผู้ควบคุมงานก่อน

2. วัสดุยาแนวรอยต่อชนิดเทร้อน (Concrete joint sealer, Hot poured elastic type) วัสดุยาแนวรอยต่อชนิดเทร้อน ซึ่งต่อไปในมาตรฐานนี้จะเรียกว่า วัสดุยาแนวรอยต่อ ต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐาน มอก. 479-2526 "วัสดุยารอยต่อคอนกรีตแบบยืดหยุ่นชนิดเทร้อน" และได้รับความเห็นชอบจากวิศวกรผู้ออกแบบ หรือนายช่างผู้ควบคุมงานก่อสร้าง

วัสดุยาแนวรอยต่อบางชนิด อาจไม่จำเป็นต้องใช้ร่วมกับวัสดุทารอยต่อได้ ทั้งนี้ให้เป็นไปตามคุณสมบัติของวัสดุยาแนวรอยต่อชนิดนั้น ๆ ว่าต้องใช้วัสดุทารอยต่อควบคู่ไปหรือไม่ และจะต้องได้รับอนุญาตให้ใช้ได้จากวิศวกรผู้ออกแบบ หรือนายช่างผู้ควบคุมงานก่อน

3. แถบกาว แถบกาวต้องมีความหนาอย่างน้อย 1 มิลลิเมตร กว้างประมาณ 10 มิลลิเมตร สามารถจะยึดกับคอนกรีตได้เป็นอย่างดี โดยได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อนนำมาใช้งาน

วัสดุชนิดอื่นใด ซึ่งสามารถอุดร่องรอยแตกได้ ป้องกันวัสดุยาแนวรอยต่อไหลซึมลงไป และป้องกันไม่ให้วัสดุยาแนวรอยต่อติดยึดกันกับของร่องรอยแตกโดยตรง อาจพิจารณายอมให้ใช้แทนแถบกาวได้ตามความเหมาะสม ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน

เครื่องจักรและเครื่องมือ

เครื่องจักรและเครื่องมือ อาจประกอบไปด้วยชุดเครื่องมือดังต่อไปนี้ตามความจำเป็น

1. เครื่องสะกัดขยายรอยแตก (Router) ใช้สำหรับสะกัดขยายรอยแตกให้กว้าง และใช้ปรับแต่งรอยแตกที่สะกัดให้มีหน้าตัดได้ตามที่ต้องการ เครื่องสะกัดขยายรอยแตกอาจเป็นเครื่องแบบ Random crack grinder หรือแบบ Vertical rotating bit router ก็ได้

2. ใบมีดขุดรอยต่อ (Blade on backhoe) มีลักษณะเป็นชุดของใบมีดเล็ก ๆ ทำให้ติดกับเครื่องตัดขนาดเล็ก เพื่อใช้ขุดวัสดุยาแนวรอยต่อออกจากรอยแตกเก่าที่ได้ทำการอุดซ่อมไว้ก่อนแล้ว

3. เครื่องเป่าลม (Air compressor) ใช้สำหรับเป่าเศษคอนกรีตส่วนละเอียดและฝุ่นที่สะกัดออกมาให้หลุดออกไปจากร่องรอยแตก เพื่อทำให้ร่องรอยแตกสะอาดปราศจากฝุ่น

4. เครื่องทำความสะอาดผิวด้วยทราย (Sandblast) ใช้ทำความสะอาดรอยแตกที่ผ่านการซ่อมมาแล้วให้สะอาด โดยเครื่องทำความสะอาดผิวด้วยทรายนี้จะทำให้วัสดุยาแนวรอยต่อหลุดออกไปจากรอยแตกจนหมด และทำให้เกิดผิวคอนกรีตใหม่ที่สะอาด

5. เครื่องกวาด (Sweeper) เป็นเครื่องมือที่ใช้กวาดเศษหิน และวัสดุที่หลุดร่อนจากการสะกัดแต่งด้วยเครื่องสะกัดขยายรอยแตก

6. แปรงลวด (Wire brush) ใช้สำหรับทำความสะอาดร่องรอยแตกที่สะกัดเสร็จเรียบร้อย

7. เครื่องฉีดน้ำแรงดันสูง (High pressure water tank) ใช้สำหรับล้างทำความสะอาดรอยแตกที่สะกัดให้เป็นร่องไว้แล้ว

8. เครื่องเป่าแห้ง (Dryer) ใช้สำหรับเป่าให้ผิวหน้าของรอยแตกที่สะกัดให้เป็นร่องและผ่านการล้างให้สะอาดด้วยเครื่องฉีดน้ำแรงดันสูงให้แห้ง

9. เครื่องเผาแบบเปลวเพลิง (Flame cleaner) ใช้เผาวัสดุยาแนวรอยต่อในรอยแตกเก่าที่ได้ทำการซ่อมมาก่อน เพื่อทำให้วัสดุยาแนวรอยต่อเก่าอ่อนตัวลงเพื่อว่าจะได้ใช้เครื่องขุดออกทิ้งไปก่อนที่จะใส่วัสดุยาแนวรอยต่อใหม่ลงไป

10.เตาฟู่ (Tafa burner) ใช้เผาวัสดุยาแนวรอยต่อใช้ก่อนตัวลงเสริมกับเครื่องเผาแบบเปลวเพลิง

เครื่องเผาแบบแปลวเพลิง และเตาฟู่ อาจจะใช้ร่วมกับเครื่องเป่าแห้งในการทำให้ผิวหน้าคอนกรีตแห้งสนิทก่อนการทาวัสดุทารอยต่อ

11. ถังต้มวัสดุยาแนวรอยต่อ (Melting kettle) ถังต้มวัสดุยาแนวรอยต่อ ต้องเป็นถังสองชั้น โดยมีน้ำมันหรือของเหลวอื่นใดเป็นตัวกลางระหว่างชั้น เพื่อให้อุณหภูมิของวัสดุยาแนวรอยต่อสม่ำเสมอโดยทั่วกัน ถังต้มวัสดุยาแนวรอยต่อต้องมีเทอร์โมมิเตอร์ติดไว้เพื่อตรวจสอบอุณหภูมิทั้งขณะต้มและขณะทำ

ถังต้มวัสดุยาแนวรอยต่ออาจมีท่อสำหรับหยอดวัสดุยาแนวรอยต่อประกอบติดกับถังต้ม เพื่อใช้หยอดวัสดุยาแนวรอยต่อลงไปในร่องรอยแตกที่เตรียมไว้

12. เครื่องหยอดวัสดุยาแนวรอยต่อ (Joint filling machine) ประกอบด้วยถังอุ่นวัสดุยาแนวรอยต่อ และที่หยอดวัสดุยาแนวรอยต่อ ถังอุ่นวัสดุยาแนวรอยต่อต้องเป็นถังสองชั้นโดยมีน้ำมันหรือของเหลวอื่นใดเป็นตัวกลางระหว่างชั้นเพื่อให้อุณหภูมิของวัสดุยาแนวรอยต่อสม่ำเสมอโดยทั่วกัน ถังอุ่นวัสดุยาแนวรอยต่อจะต้องมีเทอร์โมมิเตอร์ติดไว้ เพื่อตรวจสอบอุณหภูมิขณะหยอด

13. ถังหยอดวัสดุยาแนวรอยต่อแบบมือถือ (Hand pouring bucket) เป็นถังที่มีที่หยอดวัสดุยาแนวรอยต่อที่สามารถจะถือไปทำงานได้โดยสะดวก ถังหยอดวัสดุยาแนวรอยต่อแบบมือถือนี้สามารถจะใช้แทนเครื่องหยอดได้ในกรณีที่ปริมาณงานมีเพียงเล็กน้อย

ถังหยอดวัสดุยาแนวรอยต่อแบบมือถือจะใช้งานร่วมกับเครื่องหยอดวัสดุยาแนวรอยต่อ

14. แปรง (Brush) ใช้สำหรับทาวัสดุยาแนวรอยต่อบนผิวคอนกรีตก่อนหยอดวัสดุยาแนวรอยต่อ

15. ภาชนะบรรจุทราย (Sand bucket) ใช้สำหรับใส่ทรายหรือขี้เลื่อยเพื่อโรยทับแนวรอยแตกที่ได้หยอดวัสดุยาแนวรอยต่อเรียบร้อยแล้ว

วิธีการซ่อม

1. การเตรียมรอยแตก

1.1 รอยแตกใหม่ที่ยังไม่เคยซ่อม ในกรณีที่เป็นรอยแตกใหม่ที่ยังไม่เคยผ่านการยาแนวรอยแตกมาก่อนให้ทำการซ่อมตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

- ใช้เครื่องสะกัดขยายรอยแตกให้กว้างอย่างน้อย 13 มิลลิเมตร และลึก 25 มิลลิเมตร ตามแนวรอยแตก ในการสะกัดให้สะกัดเอาคอนกรีตส่วนที่ไม่มั่นคงตามแนวรอยแตกออกให้หมด

ควรใช้เครื่องสะกัดแบบ Random crack grinder ขัดจนได้แนวรอยสะกัดที่เรียบร้อย

- ใช้เครื่องกวาดและแปรงลวด กวาดเศษคอนกรีตและส่วนของคอนกรีตที่ไม่มั่นคงให้หลุดออกไปจากแนวรอยแตก

- ใช้เครื่องฉีดน้ำแรงดันสูงล้างทำความสะอาดรอยแตกที่ผ่านการสะกัด และการกวาดแล้ว จนได้รอยสะกัดที่สะอาด

1.2 รอยแตกที่เคยซ่อมมาแล้ว ในกรณีที่เป็นรอยแตกเก่าที่เคยซ่อมมาแล้ว ให้ทำการซ่อมใหม่ดังต่อไปนี้

- ใช้เครื่องเผาแบบแปลวเพลิง และเตาฟู่ เผาวัสดุยาแนวรอยต่อตามแนวรอยแตกให้อ่อนตัวลง

- ใช้ใบมีดขุดรอยต่อ ขุดวัสดุยาแนวรอยต่อที่อุดอยู่ในรอยแตกออกทีละน้อย การขุดวัสดุยาแนวรอยต่อออก ให้กระทำควบคู่กันกับการให้ความร้อนแก่วัสดุยาแนวรอยต่อตามแนวรอยแตก ให้ขุดวัสดุยาแนวรอยต่อออกจนหมดจนถึงคอนกรีตแล้วจึงหยุด

- ใช้เครื่องสะกัดขยายรอยแตกแบบ Random crack grinder ขัดรอยแตกทำให้ผิวเก่าของรอยสะกัดเก่าหลุดออกจนหมด จนกระทั่งปรากฏผิวของคอนกรีตใหม่

หากรอยแตกเดิมกว้างน้อยกว่า 13 มิลลิเมตรหรือลึกน้อยกว่า 25 มิลลิเมตร ให้สะกัดขยายรอยแตกจนได้ขนาดความกว้างอย่างน้อย 13 มิลลิเมตร และลึก 25 มิลลิเมตร ก่อน แล้วจึงดำเนินการขัดรอยแตกตามวิธีการดังกล่าว

- ในกรณีที่การทำงานโดยใช้เครื่องสะกัดขยายรอยแตกดังกล่าวข้างต้นไม่ทำให้เกิดผิวคอนกรีตใหม่ที่สะอาดได้ หรือในกรณีที่พบว่ามีวัสดุยาแนวรอยต่อหลงเหลืออยู่ในร่องรอยแตก ให้ใช้เครื่องทำความสะอาดผิวด้วยทรายทำความสะอาดรอยแตก เพื่อทำให้วัสดุยาแนวรอยต่อเดิมหลุดออกไปจากร่องรอยแตกจนหมด และปรากฏผิวของคอนกรีตใหม่

การใช้เครื่องทำความสะอาดผิวด้วยทรายนี้อาจใช้ร่วมกันหรือใช้แทนเครื่องสะกัดขยายรอยแตกได้ หากพิจารณาเห็นว่าได้ผลดีกว่าและทำงานได้สะดวกกว่า

- ทำการกวาด และล้างทำความสะอาดรอยแตกที่ได้สะกัดใหม่ตามวิธีการเช่นเดียวกับข้อ 1.1

2. การเตรียมวัสดุยาแนวรอยต่อ ให้ต้มวัสดุยาแนวรอยต่อในถังต้มที่มีคุณลักษณะดังที่กล่าวมาแล้ว การทำให้วัสดุยาแนวรอยต่อหลอมละลายจะต้องค่อย ๆ ทำ โดยในระยะแรกจะต้องตัดวัสดุยาแนวรอยต่อที่อยู่ในสภาพแข็งให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ด้วยใบมีดที่ร้อนหรือมีดที่คมและถูด้วยพารา-ฟิน หลังจากนั้นเอาที่ตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ บางส่วนลงไปหลอมละลายในถังต้ม พร้อมทั้งกวนอยู่ตลอด

เวลา และในขณะเดียวกันก็ค่อย ๆ ใส่วัสดุยาแนวรอยต่อที่ตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ ส่วนที่เหลือลงไปในถังต้มทีละน้อย พร้อมกับกวนไปด้วย เมื่อวัสดุยาแนวรอยต่อหลอมละลายและมีอุณหภูมิสูงถึงอุณหภูมิที่จะหยอดได้ก็ให้หยอดลงในรอยแตกที่ได้เตรียมไว้แล้ว ควรระมัดระวังอย่าให้อุณหภูมิของวัสดุยาแนวรอยต่อสูงเกินไป เพราะจะทำให้วัสดุยาแนวรอยต่อเสื่อมคุณภาพ

วัสดุยาแนวรอยต่อซึ่งได้นำไปหลอมละลายแล้วปล่อยให้เย็นจนแข็งตัว จะเอามาหลอมละลายใหม่เพื่อใช้งานต่อไปอีกไม่ได้ วัสดุยาแนวรอยต่อถ้าหลอดละลายแล้วใช้ไม่หมดจะต้องเอาออกทิ้งไป

3. การยาแนวรอยแตก ภายหลังที่รอยแตกแห้งดีแล้ว ให้ทำการยาแนวรอยแตกต่อโดยให้ทำตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 ใช้เครื่องเป่าลมและเครื่องเป่าแห้ง เป่าไล่ฝุ่นและความชื้นที่ยังหลงเหลืออยู่ตามแนวรอยแตกให้หมดไป ฝุ่นและความชื้นที่มีอยู่ตามแนวรอยแตกจะทำให้การเกาะยึดระหว่างวัสดุยาแนวรอยต่อกับคอนกรีตไม่แข็งแรงเท่าที่ควร รอยแตกที่พร้อมจะยาแนวด้วยวัสดุยาแนวรอยต่อต้องสะอาดและแห้ง

3.2 ทาบแถบกาวหรือวัสดุอื่นใดที่เหมาะสมปิดทับแนวรอยแตกเดิมที่กันของร่องรอยแตกที่ได้สะกัดให้กว้างขึ้น แถบกาวนี้จะช่วยไม่ให้วัสดุยาแนวรอยต่อไหลซึมลงไปในรอยแตกอันจะทำให้ปริมาณของวัสดุยาแนวรอยต่อในร่องรอยแตกสูญหายไประหว่างการใช้งาน

3.3 ในกรณีที่ต้องใช้วัสดุทารอยต่อ ให้ใช้แปรงชุบวัสดุทารอยต่อทาทาบลงบนผิวหน้าของรอยแตกที่แห้งและสะอาดแต่เพียงเบา ๆ ปริมาณของวัสดุทารอยต่อต้องไม่มากเกินไปจนเกิดการไหลเยิ้มในรอยแตก

ทิ้งให้วัสดุทารอยต่อแห้ง

3.4 หยอดวัสดุยาแนวรอยต่อลงไปในรอยแตก โดยให้ระดับของวัสดุยาแนวรอยต่อต่ำกว่าขอบของร่องรอยแตกประมาณ 3-6 มิลลิเมตร ทั้งนี้ความหนาของชั้นวัสดุยาแนวรอยต่อที่หยอดลงไปในร่องรอยแตก จะต้องไม่น้อยกว่า 19 มิลลิเมตร

การหยอดวัสดุยาแนวรอยต่ออาจหยอดจากถังต้มวัสดุยาแนวรอยต่อโดยตรงหรือหยอดจากเครื่องหยอดก็ได้

3.5 ภายหลังจากหยอดวัสดุยาแนวรอยต่อเสร็จเรียบร้อย ให้ปิดกั้นการจราจรจนกว่าวัสดุยาแนวรอยต่อแข็งตัวไม่ติดล้อรถในขณะแล่นผ่าน แล้วจึงเปิดการจราจรตามปกติได้ ทั้งนี้ช่วงเวลาที่ปิดการจราจรให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ในคุณสมบัติของวัสดุยาแนวรอยต่อชนิดนั้น ๆ

กรณีต้องเปิดการจราจรทันที ให้ใช้ทรายหรือขี้เลื่อยโรยกลบลงไปตามแนวรอยแตกที่ได้หยอดวัสดุยาแนวรอยต่อเพื่อป้องกันมิให้วัสดุยาแนวรอยต่อติดล้อรถในขณะที่รถผ่าน

ร่างมาตรฐานการเปลี่ยน (Resealing) วัสดุยาแนวรอยต่อชนิดเทร้อน

งานนี้ประกอบด้วย การขุดเอาวัสดุยาแนวรอยต่อที่เก่าหมดสภาพ ตามแนวรอยต่อหรือรอยแตกในถนนคอนกรีตออกทิ้งไป พร้อมกับดำเนินการยาแนวรอยต่อด้วยวัสดุยาแนวรอยต่อชนิดเทร้อนใหม่โดยให้เป็นไปตามมาตรฐานนี้

วัสดุ

1. วัสดุทารอยต่อ (Joint primer)

วัสดุทารอยต่อต้องเป็นวัสดุที่มีความสามารถในการไหลแทรกซึมเข้าไปในรูพรุนของคอนกรีตได้สูง เมื่อทดลองทาทาบทับไปบนผิวคอนกรีตจะต้องแห้งภายใน 4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และเมื่อนำมอร์ตาร์บล็อกที่ทาด้วยวัสดุทารอยต่อประกบชิ้นทดสอบของวัสดุยาแนวรอยต่อชนิดเทร้อนที่ผ่านการทดสอบคุณภาพว่าใช้ได้แล้วมาดำเนินการทดสอบแรงยึดเหนี่ยว (Bond strength) โดยวิธีการทดสอบการยึดเหนี่ยวโดยสมบูรณ์ 1 ครั้ง ตาม มอก. 479 "วัสดุยาแนวรอยต่อคอนกรีตแบบยืดหยุ่นชนิดเทร้อน" โดยอนุโลมแล้วต้องไม่เกิดรอยร้าว (Cracking) หรือการแยกตัว (Separation) หรือร่อง (Opening) อย่างใดอย่างหนึ่งลึกเกินกว่า 6.4 มิลลิเมตร ณ จุดใดจุดหนึ่งระหว่างชิ้นทดสอบกับมอร์ตาร์บล็อกในระหว่างการทดสอบ

ห้ามใช้วัสดุแอสฟัลท์อิมัลชันเป็นวัสดุยาแนวรอยต่อ วัสดุอื่นใดที่จะนำมาใช้เป็นวัสดุทารอยต่อจะต้องได้รับความเห็นชอบจากวิศวกรผู้ออกแบบ หรือนายช่างผู้ควบคุมงานก่อน

2. วัสดุยาแนวรอยต่อชนิดเทร้อน (Concrete joint sealer, Hot poured elastic type)

วัสดุยาแนวรอยต่อชนิดเทร้อน ซึ่งต่อไปในมาตรฐานนี้จะเรียกว่า วัสดุยาแนวรอยต่อต้องมีคุณสมบัติตาม มอก. 479 "วัสดุยาแนวรอยต่อคอนกรีตแบบยืดหยุ่นชนิดเทร้อน" และได้รับความเห็นชอบจากวิศวกรผู้ออกแบบ หรือนายช่างผู้ควบคุมงานก่อน

วัสดุยาแนวรอยต่อบางชนิดอาจไม่จำเป็นต้องใช้ร่วมกับวัสดุทารอยต่อ ทั้งนี้ให้เป็นไปตามคุณสมบัติของวัสดุยาแนวรอยต่อชนิดนั้น ๆ ว่าต้องใช้วัสดุทารอยต่อควบคู่ไปหรือไม่ และจะต้องได้รับอนุญาตให้ใช้ได้จากวิศวกรผู้ออกแบบ หรือนายช่างผู้ควบคุมงานก่อน

3. แถบกาว

แถบกาวต้องมีความหนาอย่างน้อย 1 มิลลิเมตร กว้างประมาณ 10 มิลลิเมตร สามารถจะยึดกับคอนกรีตได้เป็นอย่างดี โดยได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อนนำมาใช้งาน

วัสดุชนิดอื่นใด ซึ่งสามารถอุดร่องรอยต่อหรือรอยแตกได้ เพื่อป้องกันวัสดุยาแนวรอยต่อไหลซึมลงไป และไม่ให้วัสดุยาแนวรอยต่อติดกับกันของร่องรอยต่อหรือรอยแตกโดยตรง

อาจพิจารณายอมให้ใช้แทนแถวกาวได้ตามความเหมาะสม ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน

เครื่องจักรและเครื่องมือ

เครื่องจักรและเครื่องมือ อาจประกอบไปด้วยชุดเครื่องมือดังต่อไปนี้ตามความจำเป็น

1. ใบมีดขุดรอยต่อ (Blade on backhoe) มีลักษณะเป็นชุดของใบมีดเล็ก ๆ ทำให้ติดกับเครื่องตัดขนาดเล็ก เพื่อใช้ขุดวัสดุยาแนวรอยต่อเก่าออกจากรอยต่อ

2. เครื่องขัดรอยต่อ (Joint grinder) ใช้สำหรับขัดผนังของรอยต่อเพื่อขุดเอาวัสดุยาแนวรอยต่อเก่าที่เกาะติดอยู่กับผนังคอนกรีตให้หลุดออก เครื่องขัดรอยต่อจะทำให้ผนังของรอยต่อหลุดออกไปเพียงเล็กน้อย อันทำให้เกิดผิวหน้าใหม่ของผนังคอนกรีตส่วนที่จะสัมผัสกับวัสดุทารอยต่อ

3. เครื่องเป่าลม (Air compressor) ใช้สำหรับเป่าเศษคอนกรีตส่วนละเอียด และฝุ่นที่สะกัดออกมาให้หลุดออกไปจากรอยต่อ เพื่อทำให้รอยต่อสะอาดปราศจากฝุ่น

4. เครื่องทำความสะอาดผิวด้วยทราย (Sandblast) ใช้ทำความสะอาดรอยต่อโดยจะทำให้วัสดุยาแนวรอยต่อหลุดออกไปจากรอยต่อจนหมด และทำให้เกิดผิวคอนกรีตใหม่ที่สะอาด

5. เครื่องกวาด (Sweeper) เป็นเครื่องมือที่ใช้กวาดเศษหิน และวัสดุที่หลุดร่อนจากการขัดด้วยเครื่องขัดรอยต่อ

6. แปรงลวด (Wire brush) ใช้สำหรับทำความสะอาดรอยต่อที่ผ่านการขัดแล้ว

7. เครื่องฉีดน้ำแรงดันสูง (High pressure water tank) ใช้สำหรับล้างทำความสะอาดรอยต่อที่ผ่านการขัดและการทำความสะอาดด้วยทรายแล้ว

8. เครื่องเป่าแห้ง (Dryer) ใช้สำหรับเป่าผิวหน้าของรอยต่อที่ผ่านการล้างให้สะอาดด้วยเครื่องฉีดน้ำแรงดันสูงให้แห้ง

9. เครื่องเผาแบบเปลวเพลิง (Flame cleaner) ใช้เผาวัสดุยาแนวรอยต่อเก่าเพื่อทำให้วัสดุยาแนวรอยต่อเก่าอ่อนตัวลง เพื่อจะได้ใช้เครื่องขุดขุดออกทิ้ง ก่อนที่จะใส่วัสดุยาแนวรอยต่อใหม่ลงไป

10. เตาฟู่ (Tafa burner) ใช้เผาวัสดุยาแนวรอยต่อให้อ่อนตัวลงเสริมกับเครื่องเผาแบบเปลวเพลิง

เครื่องเผาแบบเปลวเพลิง และเตาฟู่อาจจะใช้ร่วมกับเครื่องเป่าแห้งในการทำให้ผิวคอนกรีตแห้งสนิทก่อนการทาวัสดุทารอยต่อ

11. ถังต้มวัสดุยาแนวรอยต่อ (Melting kettle) ถังต้มวัสดุยาแนวรอยต่อ ต้องเป็นถังสองชั้นที่มีน้ำมันหรือของเหลวอื่นใดเป็นตัวกลางระหว่างชั้น เพื่อให้อุณหภูมิของวัสดุยาแนวรอย

ต่อสม่ำเสมอโดยทั่วกัน ถังต้มวัสดุยาแนวรอยต่อ ต้องมีเทอร์โมมิเตอร์ติดไว้เพื่อตรวจสอบอุณหภูมิทั้งขณะต้ม และขณะหยอด

ถังต้มวัสดุยาแนวรอยต่ออาจมีท่อสำหรับหยอดวัสดุยาแนวรอยต่อประกอบติดกับถังต้ม เพื่อใช้หยอดวัสดุยาแนวรอยต่อลงไปในรอยต่อหรือรอยแตกที่ได้เตรียมไว้แล้ว

ถังต้มวัสดุยาแนวรอยต่อที่มีท่อหยอดจะใช้กับงานหยอดวัสดุยาแนวรอยต่อที่มีปริมาณมาก ๆ

12. เครื่องหยอดวัสดุยาแนวรอยต่อ (Joint filling machine) ประกอบด้วยถังอุ่นวัสดุยาแนวรอยต่อ และที่หยอดวัสดุยาแนวรอยต่อ ถังอุ่นวัสดุยาแนวรอยต่อต้องเป็นถังสองชั้นที่มีน้ำมันหรือของเหลวอื่นใดเป็นตัวกลางระหว่างชั้น เพื่อให้อุณหภูมิของวัสดุยาแนวรอยต่อสม่ำเสมอโดยทั่วกัน ถังอุ่นวัสดุยาแนวรอยต่อจะต้องมีเทอร์โมมิเตอร์ติดไว้ เพื่อตรวจสอบอุณหภูมิขณะหยอด

13. ถังหยอดวัสดุยาแนวรอยต่อแบบมือถือ (Hand pouring bucket) เป็นถังที่มีที่หยอดวัสดุยาแนวรอยต่อที่สามารถจะถือไปทำงานได้โดยสะดวก ถ้าหยอดวัสดุยาแนวรอยต่อแบบมือถือนี้สามารถจะใช้แทนเครื่องหยอดได้ในกรณีที่มีปริมาณงานเพียงเล็กน้อย

ถังหยอดวัสดุยาแนวรอยต่อแบบมือถือจะใช้งานร่วมกับเครื่องหยอดวัสดุยาแนวรอยต่อ

14. แปรง (Brush) ใช้สำหรับทาวัสดุทารอยต่อบนผิวคอนกรีตก่อนหยอดวัสดุยาแนวรอยต่อ

15. ภาชนะบรรจุทราย (Sand bucket) ใช้สำหรับใส่ทรายหรือขี้เลื่อยเพื่อโรยทับแนวรอยต่อหรือรอยแตกที่ได้หยอดวัสดุยาแนวรอยต่อเรียบร้อยแล้ว

วิธีการเปลี่ยนวัสดุยาแนวรอยต่อ

1. การเตรียมรอยต่อหรือรอยแตก

1.1 ใช้เครื่องเผาแบบเปลวเพลิง และเตาฟู่ เผาวัสดุยาแนวรอยต่อให้อ่อนตัวลงทีละน้อย การขุดวัสดุยาแนวรอยต่อออกให้กระทำควบคู่กับการให้ความร้อนแก่วัสดุตามแนวรอยต่อหรือรอยแตก

1.2 ใช้ใบมีดขุดรอยต่อ ขุดวัสดุยาแนวรอยต่อที่อุดอยู่ในรอยต่อหรือรอยแตกออกทีละน้อย การขุดวัสดุยาแนวรอยต่อออกให้กระทำควบคู่กับการให้ความร้อนแก่วัสดุยาแนวรอยต่อหรือรอยแตก

ให้ขุดวัสดุยาแนวรอยต่อออกจนหมด หากที่กันของร่องรอยต่อหรือรอยแตกมีแถบกาว หรือวัสดุอื่นใดที่เหมาะสมปิดทับอยู่ ให้เอาออกให้หมดเช่นเดียวกัน

1.3 ใช้เครื่องขัดรอยต่อขัดรอยต่อหรือรอยแตก เพื่อทำให้ผิวเก่าของรอยต่อหรือรอยแตกหลุดออก จนกระทั่งปรากฏผิวใหม่

1.4 หากทำงานโดยใช้เครื่องขุดและเครื่องขัดรอยต่อดังกล่าว ตามข้อ 1.2-1.3 แล้ว ผิวที่ได้ยังไม่สะอาดพอหรือพบว่ายังมีวัสดุยาแนวรอยต่อหลงเหลืออยู่ในรอยต่อหรือรอยแตก ให้ใช้เครื่องทำความสะอาดผิวด้วยทรายทำความสะอาดรอยต่อหรือรอยแตก เพื่อทำให้วัสดุยาแนวรอยต่อเดิมหลุดออกไปจากรอยต่อหรือรอยแตกจนหมด และปรากฏผิวใหม่

การใช้เครื่องทำความสะอาดผิวด้วยทรายนี้ อาจใช้ร่วมหรือใช้แทนเครื่องขัดรอยต่อได้ หากพิจารณาเห็นว่าได้ผลดีกว่าและทำงานได้สะดวกกว่า

1.5 ทำการกวาด และล้างทำความสะอาดรอยต่อหรือรอยแตกที่ได้ขุดและขัด ตามวิธีการที่ได้กล่าวในข้อ 1.1-1.4 แล้ว ทำรอยต่อหรือรอยแตกให้แห้ง

2. การเตรียมวัสดุยาแนวรอยต่อ

ให้ต้มวัสดุยาแนวรอยต่อในถังต้มที่มีคุณลักษณะดังที่กล่าวมาแล้ว การทำให้วัสดุยาแนวรอยต่อหลอมละลายจะต้องค่อย ๆ ทำ โดยในระยะแรกจะต้องตัดวัสดุยาแนวรอยต่อที่อยู่ในสภาพแข็งให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ด้วยใบมีดที่ร้อนหรือมีดที่คมและถูด้วยพาราฟิน หลังจากนั้นเอาที่ตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ บางส่วนลงไปหลอมละลายในถังต้ม พร้อมทั้งกวนอยู่ตลอดเวลา และในขณะเดียวกันก็ค่อย ๆ ใส่วัสดุยาแนวรอยต่อที่ตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ ส่วนที่เหลือลงไปในถังต้มทีละน้อย พร้อมกับกวนไปด้วย เมื่อวัสดุยาแนวรอยต่อหลอมละลายและมีอุณหภูมิสูงถึงอุณหภูมิที่จะหยอดได้ก็ให้หยอดลงในรอยแตกที่ได้เตรียมไว้แล้ว ควรระมัดระวังอย่าให้อุณหภูมิของวัสดุยาแนวรอยต่อสูงเกินไป เพราะจะทำให้วัสดุยาแนวรอยต่อเสื่อมคุณภาพ

3. การยาแนวรอยแตก

หลังจากรอยต่อหรือรอยแตกแห้งดีแล้ว ให้ยาแนวรอยต่อตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 ใช้เครื่องเป่าลมและเครื่องเป่าแห้ง เป่าไล่ฝุ่นและความชื้นที่ยังหลงเหลืออยู่ตามแนวรอยต่อหรือรอยแตกให้หมด ฝุ่นและความชื้นที่มีอยู่ตามแนวรอยต่อหรือรอยแตกจะทำให้การเกาะยึดระหว่างวัสดุยาแนวรอยต่อกับคอนกรีตไม่แข็งแรงเท่าที่ควร รอยต่อหรือรอยแตกที่พร้อมจะยาแนวด้วยวัสดุยาแนวรอยต่อต้องสะอาดและแห้ง

3.2 ในกรณีที่แบบกำหนดให้มีแถบกาวหรือวัสดุชนิดอื่นใด อุดที่กันของรอยต่อหรือรอยแตก ให้ทาบกาวหรือวัสดุอื่นใดที่เหมาะสม ปิดทับแนวรอยต่อหรือรอยแตกที่กันของรอยต่อหรือรอยแตก แถบกาวนี้จะช่วยไม่ให้วัสดุยาแนวรอยต่อไหลซึมลงไปในรอยต่อหรือรอยแตก

3.3 ในกรณีที่ต้องใช้วัสดุทารอยต่อ ให้ใช้แปรงชุบวัสดุทารอยต่อทาทาบลงบนผิวหน้าของรอยต่อหรือรอยแตกที่แห้งและสะอาดแต่เพียงเบา ๆ ปริมาณของวัสดุทารอยต่อต้องไม่มากเกินไปจนเกิดการไหลเยิ้มในรอยต่อ แล้วทิ้งให้วัสดุทารอยต่อแห้ง

3.4 หยอดวัสดุยาแนวรอยต่อลงไปในรอยต่อหรือรอยแตก โดยให้ระดับของวัสดุยาแนวรอยต่อต่ำกว่าขอบของรอยต่อหรือรอยแตกประมาณ 3-6 มิลลิเมตร ทั้งนี้ความหนาของชั้นวัสดุยาแนวรอยต่อที่หยอดลงไปในรอยต่อหรือรอยแตก จะต้องไม่น้อยกว่า 19 มิลลิเมตร หรือตามที่กำหนดไว้ในแบบ

การหยอดวัสดุยาแนวรอยต่ออาจหยอดจากถังต้มวัสดุยาแนวรอยต่อโดยตรงหรือหยอดจากเครื่องหยอดก็ได้

3.5 ภายหลังจากหยอดวัสดุยาแนวรอยต่อเสร็จเรียบร้อย ให้ปิดกั้นการจราจรจนกว่าวัสดุยาแนวรอยต่อแข็งตัวไม่ติดล้อรถในขณะแล่นผ่าน แล้วจึงเปิดการจราจรตามปกติได้ ทั้งนี้ช่วงเวลาที่ปิดการจราจรให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ในคุณสมบัติของวัสดุยาแนวรอยต่อชนิดนั้น ๆ

กรณีต้องเปิดการจราจรทันที หากจำเป็นให้ใช้ทรายหรือขี้เลื่อยโรยกลบลงไปตามแนวรอยต่อหรือรอยแตกที่ได้หยอดวัสดุยาแนวรอยต่อ เพื่อป้องกันมิให้วัสดุยาแนวรอยต่อติดล้อรถในขณะที่รถผ่าน

ร่างมาตรฐานการเปลี่ยนซ่อมแผ่นพื้นคอนกรีตแบบ Full depth repair

งานนี้ประกอบด้วยการรื้อแผ่นพื้นคอนกรีตเก่าที่ชำรุดออก แล้วเทคอนกรีตใหม่ลงไปบนชั้นทางที่ได้เตรียมไว้ โดยให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานนี้

วัสดุ

1. ปูนซีเมนต์ ปูนซีเมนต์ที่ใช้อาจเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 1 ข้อกำหนดคุณภาพ มาตรฐานเลขที่ มอก. 15 ปูนซีเมนต์ที่ใช้ต้องเป็นประเภท 1 แต่จะใช้ประเภท 3 หรือปูนซีเมนต์ชนิดพิเศษอื่นใด จะต้องได้รับความเห็นชอบเป็นลายลักษณ์อักษรจากนายช่างผู้ควบคุมงานเท่านั้น

ปูนซีเมนต์ที่ใช้จะต้องเป็นประเภทและเครื่องหมายการค้าเดียวกัน ผลิตจากโรงงานและแหล่งวัสดุเดียวกัน เว้นแต่จะได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานเป็นอย่างอื่น

ปูนซีเมนต์ผงหรือปูนซีเมนต์ถุงซึ่งใช้ในแต่ละครั้ง จะต้องไม่เป็นเม็ดหรือเป็นก้อน ห้ามนำปูนซีเมนต์จากถุงเก่าที่เปิดใช้แล้วมาใช้

2. น้ำ น้ำที่ใช้ในการผสมหรือบ่มคอนกรีตต้องสะอาด ปราศจากน้ำมัน กรด ด่าง เกลือ น้ำตาล วัชพืช หรือสารอื่นใดซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อคอนกรีตหรือเหล็กเสริม

3. สารผสมเพิ่ม สารผสมเพิ่มเพื่อใช้ในงานคอนกรีต หากมิได้ระบุให้ใช้ไว้ในแบบจะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อน

4. มวลผสม มวลผสมคอนกรีตประกอบด้วยมวลผสมหยาบและมวลผสมละเอียด ให้ใช้มวลผสมที่มีลักษณะทั่วไปเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มวลผสมคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก. 566

5. เหล็กเสริม เหล็กเสริมในงานผิวทางคอนกรีต จะต้องเป็นตะแกรงลวดเหล็กกล้า หรือตะแกรงเหล็กเส้น และจะต้องมีเหล็กเดือย เหล็กยึด และส่วนประกอบอื่น ๆ ที่จำเป็นตามที่ได้กำหนดไว้ในแบบ ปลายแผงตะแกรงลวดเหล็กกล้าหรือตะแกรงเหล็กเส้นจะต้องอยู่ห่างจากขอบของแผงคอนกรีตทุกด้านไม่เกิน 50 มิลลิเมตร

5.1 ตะแกรงลวดเหล็กกล้า หากไม่ได้ระบุไว้เป็นอย่างอื่น ตะแกรงลวดเหล็กกล้าจะต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ตะแกรงลวดเหล็กกล้าเชื่อมติดเสริมคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก. 737

ลวดที่ใช้ต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ลวดเหล็กกล้าดึงเย็นเสริมคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก. 747 และขนาดของลวดที่เล็กที่สุดที่จะนำมาใช้ได้จะต้องมี

ขนาดไม่เล็กกว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ 3.15 มิลลิเมตร และพื้นที่หน้าตัดระบุ 7.74 ตารางกิโลเมตร

ในกรณีที่ลวดเหล็กของตะแกรงลวดเหล็กกล้ามีการทาบเหลื่อม (Lapped splices) ต้องจัดให้มีการทาบเหลื่อม โดยมีความยาวของการทาบเหลื่อมไม่น้อยกว่า 40 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นลวด และไม่น้อยกว่าระยะเรียงของเส้นลวดตามขวางในแนวตั้งฉาก (Cross wire) + 50 มิลลิเมตร

ปริมาณของลวดเหล็กที่คิดคำนวณจากพื้นที่หน้าตัดระบุ และการจัดระยะเรียงระหว่างลวดเหล็กในแต่ละทิศทางให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในแบบ

จุดเชื่อมของตะแกรงลวดเหล็กกล้าจะต้องมีความแข็งแรง และไม่หลุดจากกันในระหว่างการขนส่งและการจับวางในขณะทำงาน การหลุดจากจุดเชื่อมในขณะทำงานไม่ว่าจะมีสาเหตุมาจากอะไรก็ตาม ไม่ถือเป็นสาเหตุของการไม่ยอมรับของ (Reject) ถ้าปริมาณจุดเชื่อมที่หลุดต่อตะแกรงลวดเหล็กกล้า 1 แผง มีจำนวนไม่เกินร้อยละ 1 ของจำนวนจุดเชื่อมทั้งหมด หรือตะแกรงลวดเหล็กกล้าที่มีลักษณะที่เป็นม้วน จะยอมให้มีปริมาณของจุดเชื่อมที่หลุดจากกันได้ไม่เกินร้อยละ 1 ของจุดเชื่อมในพื้นที่ 14 ตารางเมตร นอกจากนี้ตลอดความยาวของเส้นลวดเส้นหนึ่งเส้นใดจะยอมให้มีจุดเชื่อมหลุดจากกันนี้ได้ไม่เกินครึ่งหนึ่งของจำนวนจุดเชื่อมทั้งหมดที่ยอมให้หลุดจากกันได้ในแผงนั้น

ในขณะที่ทำการกวางตะแกรงลวดเหล็กกล้าเพื่อก่อสร้างผิวทางคอนกรีต แผงตะแกรงลวดเหล็กกล้าจะต้องมีลักษณะเป็นแผงเรียบ ไม่ม้วนงอ หรือบิดเบี้ยวในทุกทิศทาง

ความหนาของคอนกรีตที่ปิดทับตะแกรงลวดเหล็กกล้า ให้ถือตามที่ได้แสดงไว้ในแบบเช่นเดียวกับกรณีของการใช้ตะแกรงเหล็กเส้นเป็นเหล็กเสริมทุกประการ

5.2 ตะแกรงเหล็กเส้น เหล็กเส้นที่ใช้ทำตะแกรงเหล็กเส้นจะต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเหล็กเส้นกลม มาตรฐานเลขที่ มอก. 20 หรือมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เหล็กข้ออ้อย มาตรฐานเลขที่ มอก. 24 มีขนาดและระยะเรียงตามที่แสดงไว้ในแบบ

5.3 เหล็กเดือย เหล็กเดือยต้องเป็นเหล็กเส้นกลมที่มีคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเหล็กเส้นกลม มาตรฐานเลขที่ มอก. 20 มีผิวเรียบ ปราศจากครีบ บั้ง หรือส่วนคดงอื่น ๆ ซึ่งจะทำให้เกิดการยึดติดในคอนกรีต ก่อนที่จะนำมาใช้งาน ครึ่งหนึ่งของความยาวของเหล็กเดือยแต่ละท่อนจะต้องทำด้วยแอสฟัลท์ หรือจะใช้สีน้ำมันทาก่อนแล้วทาทับด้วยจาระบีอีกชั้นหนึ่งก็ได้

5.4 เหล็กยึด เหล็กยึดต้องเป็นเหล็กข้ออ้อยที่มีคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเหล็กข้ออ้อย มาตรฐานเลขที่ มอก. 24

6. ปลอกเหล็กเดือย ปลอกเหล็กเดือยจะต้องเป็นโลหะ หรือวัสดุสังเคราะห์ที่ได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อนจะนำมาใช้งาน ปลอกเหล็กเดือยจะต้องออกแบบให้สวมเหล็กเดือยเข้าไปได้ลึกไม่น้อยกว่า 50 มิลลิเมตร ปลายข้างหนึ่งปิด และยึดปลอกให้มีช่องว่างภายในจากปลายเหล็กเดือยที่สวมไว้ถึงปลายปลอกเหล็กเดือยข้างที่ปิด เป็นระยะเท่ากับความกว้างของรอยต่อ หรืออย่างน้อย 25 มิลลิเมตร ปลอกเหล็กเดือยจะต้องเป็นแบบที่ไม่โก่ง หรือชำรุดเสียหายในระหว่างการก่อสร้าง การจัดวางจะต้องเป็นไปตามที่กำหนด หนาไม่น้อยกว่า 2.5 มิลลิเมตร

7. วัสดุสำหรับใส่รอยต่อ

7.1 วัสดุอุดรอยต่อ (Joint filler)

วัสดุที่ใช้อุดรอยต่อเผื่อขยายจะต้องมีคุณสมบัติตาม ทล. -ก.301 "ข้อกำหนดของวัสดุสำเร็จรูปอุดรอยต่อเผื่อขยายสำหรับงานคอนกรีต ชนิดไม่ปลิ้นและยืดหยุ่น มีแอสฟัลท์เป็นส่วนประกอบ" และจะต้องเจาะรูให้สอดเหล็กเดือยได้ วัสดุอุดรอยต่อแต่ละรอยจะต้องเป็นแผ่นเดียวตลอด มีความยาวและความลึกตามที่ระบุไว้ในแบบ เว้นแต่นายช่างผู้ควบคุมงานจะอนุญาตเป็นอย่างอื่น

ในกรณีที่ได้รับอนุญาตให้ใช้วัสดุอุดรอยต่อมากกว่า 1 แผ่น ในรอยต่อเดียวกันจะต้องเป็นปลายที่ต่อกันให้แน่นสนิท หรือทำให้ต่อกันแน่นโดยวิธีการอื่นใดที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

7.2 วัสดุทารอยต่อ (Joint primer)

วัสดุทารอยต่อ ต้องเป็นวัสดุที่มีความสามารถในการไหลแทรกซึมเข้าไปในรูพรุนของคอนกรีตได้สูง เมื่อทดลองทาทาบทับไปบนผิวคอนกรีตจะต้องแห้งภายใน 4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และเมื่อนำมอร์ตาร์บล๊อกที่ทาด้วยวัสดุทารอยต่อ ประกอบชิ้นทดสอบของวัสดุยาแนวรอยต่อชนิดเทร้อนที่ผ่านการทดสอบคุณภาพว่าใช้ได้แล้วมาดำเนินการทดสอบแรงยึดเหนี่ยว โดยวิธีการทดสอบการยึดเหนี่ยวโดยสมบูรณ์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วัสดุยารอยต่อคอนกรีตแบบยืดหยุ่นชนิดเทร้อน มาตรฐานเลขที่ มอก. 479 โดยอนุโลมแล้ว ต้องไม่เกิดรอยร้าว (Cracking) หรือการแยกตัว (Separation) หรือร่อง (Opening) อย่างหนึ่งอย่างใดลึกเกินกว่า 6.4 มิลลิเมตร ณ จุดหนึ่งจุดใดระหว่างชิ้นทดสอบกับมอร์ตาร์บล๊อกในระหว่างการทดสอบ

ห้ามใช้แอสฟัลท์อิมัลชันเป็นวัสดุทารอยต่อ วัสดุอื่นใดที่จะนำมาใช้เป็นวัสดุทารอยต่อได้จะต้องได้รับความเห็นชอบจากวิศวกรผู้ออกแบบก่อน

7.3 วัสดุยาแนวรอยต่อ (Concrete joint sealer)

วัสดุยาแนวรอยต่อต้องเป็นชนิดเทร้อน (Hot poured elastic type) มีคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวัสดุยาแนวรอยต่อคอนกรีตแบบยืดหยุ่นชนิดเทร้อน มาตรฐานเลขที่ มอก. 479 และได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อนนำมาใช้งาน

8. วัสดุที่ใช้คลุมในการบ่มคอนกรีต

หากไม่ได้ระบุหรือขออนุญาตไว้เป็นอย่างอื่น วัสดุที่ใช้คลุมในการบ่มคอนกรีตให้เป็นดังนี้

8.1 กระสอบ กระสอบที่ใช้ต้องทำมาจากป่านหรือปอ และในขณะที่นำมาใช้จะต้องอยู่สภาพดี ไม่เปรอะเปื้อนดินโคลนหรือวัสดุอื่นใด ซึ่งจะทำให้กระสอบนั้นดูดซึมน้ำไม่ดี ไม่ประกอบด้วยวัสดุที่เป็นอันตรายต่อคอนกรีต เมื่อจุ่มหรือราดน้ำสามารถดูดน้ำได้ดีมีคุณสมบัติตาม AASHTO M 182 หรือเทียบเท่า

8.2 สารเหลวบ่มคอนกรีต (Liquid membrane-forming compounds) จะต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สารเหลวบ่มคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก. 841

เครื่องจักรและเครื่องมือ

เครื่องจักรและเครื่องมือทุกชนิดที่จะนำมาใช้งานจะต้องมีสภาพใช้งานได้ดี โดยจะต้องผ่านการตรวจสอบและหรือตรวจปรับ และนายช่างผู้ควบคุมงานอนุญาตให้ใช้ได้ ในระหว่างการก่อสร้างผู้รับจ้างจะต้องบำรุงรักษาเครื่องจักรและเครื่องมือทุกชนิดให้อยู่ในสภาพดีอยู่เสมอ

1. เครื่องผสมคอนกรีต (Mixer) การผสมคอนกรีตทั้งหมดจะต้องใช้เครื่องผสม ซึ่งจะผสมในโรงผสมที่หน้างาน หรือใช้รถผสมก็ได้ เครื่องผสมแต่ละเครื่องจะต้องมีแผ่นป้ายของบริษัทผู้ผลิต แสดงถึงความจุของโม่ที่ใช้ผสมคอนกรีต และความเร็วของการหมุนโม่

1.1 เครื่องผสมที่หน้างาน (Mixer of construction site) ต้องเป็นเครื่องผสมซึ่งสามารถผสมวัสดุหิน กรวด ทราย ปูนซีเมนต์ และน้ำ ให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันโดยสม่ำเสมอในระยะเวลาที่กำหนด และสามารถเทคอนกรีตออกได้โดยไม่เกิดการแยกตัว จะต้องจัดให้ถังชั่งน้ำหนักต่าง ๆ ถังใส่น้ำ และที่วัดปริมาณของน้ำซึ่งมีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกินร้อยละ 1 อยู่ใกล้กับเครื่องผสม ในการผสมคอนกรีตจะต้องผสมวัสดุต่าง ๆ ให้เข้ากันดีก่อนแล้วจึงผสมน้ำลงไป ต้องมีคันบังคับอัตโนมัติบังคับไม่ให้คอนกรีตออกจากเครื่องผสมจนกว่าวัสดุทุกอย่างจะผสมกันครบตามกำหนดเวลาที่ต้องการ และจะต้องมีเครื่องมือที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการเทคอนกรีตลงบนชั้นทางที่เตรียมไว้แล้ว

ให้ทำความสะอาดเครื่องผสมเป็นครั้งคราว และให้ตรวจสอบสภาพภายในของเครื่องผสมทุกวัน ใบมีดในเครื่องผสมจะต้องเปลี่ยนใหม่ถ้าสึกหรอเกินร้อยละ 10

1.2 เครื่องผสมแบบโรงผสม (Central plant mixer) จะต้องเป็นแบบซึ่งได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว สามารถผสมวัสดุหิน กรวด ทราย ปูนซีเมนต์ และน้ำ ให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันโดยสม่ำเสมอ ภายในระยะเวลาที่กำหนด และสามารถเทคอนกรีตออกได้โดยไม่เกิดการแยกตัว เครื่องผสมจะต้องมีที่ตั้งเวลาซึ่งได้รับความเห็นชอบแล้ว โดยที่ตั้งเวลานี้จะบังคับให้การผสมวัสดุต่าง ๆ เข้ากันดีจนครบตามเวลาที่กำหนด ระบบการใส่น้ำจะใช้ถังตวงที่มีขีดบอกปริมาตรที่แน่นอน หรือจะใช้มาตรวัดก็ได้ ซึ่งไม่จำเป็นจะต้องเป็นส่วนประกอบของเครื่องผสม

ให้ทำความสะอาดเครื่องผสมเป็นครั้งคราว และให้ตรวจสอบสภาพภายในของเครื่องผสมทุกวัน ใบมีดในเครื่องผสมจะต้องเปลี่ยนใหม่ถ้าสึกหรอเกินร้อยละ 10

1.3 รถผสมคอนกรีต (Truck of transit mixers) จะต้องมีเครื่องนับจำนวนรอบสำหรับนับจำนวนรอบที่โม่ หรือใบมีดในโม่หมุนได้อย่างถูกต้อง เครื่องนับจำนวนรอบจะทำงานเมื่อเริ่มผสมคอนกรีตตามอัตราความเร็วของโม่ หรือใบมีดในโม่ที่ได้กำหนดขึ้นสำหรับการผสมคอนกรีตนั้น ๆ ปริมาณของคอนกรีตในโม่ที่ผสมแต่ละครั้งต้องไม่เกินร้อยละ 60 ของความจุของโม่ เครื่องผสมนี้ต้องสามารถคลุกเคล้าวัสดุต่าง ๆ ให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันได้อย่างสม่ำเสมอ และเนื้อคอนกรีตเมื่อเทออกจากโม่ก็ยังคงสม่ำเสมอดี โดยไม่เกิดการแยกตัว

ต้องมีเครื่องวัดปริมาณน้ำที่ใช้ผสมในแต่ละโม่ได้อย่างละเอียด ปริมาณของน้ำที่จะใช้จะคลาดเคลื่อนได้ไม่เกินร้อยละ 1 ของปริมาณน้ำที่กำหนด เว้นแต่รถนี้จะใช้เป็นการกวนคอนกรีตเท่านั้น

2. เครื่องปูและแต่งผิวคอนกรีต

2.1 เครื่องปูคอนกรีต อาจเป็นแบบที่เลื่อนไปมาได้ด้วยตัวเอง (Self-propelled) หรืออาจปูโดยใช้แรงคนก็ได้

2.2 เครื่องสั่นสะเทือน อาจเป็นแบบที่สามารถสั่นสะเทือนได้เต็มความกว้างของแผ่นพื้นคอนกรีต หรืออาจเป็นทุ่นสั่นสะเทือนก็ได้ ถ้าเป็นแบบทุ่นสั่นสะเทือน ผู้รับจ้างจะต้องจัดเตรียมทุ่นสั่นสะเทือนสำรองไว้อย่างน้อย 2 ทุ่น เพื่อช่วยในการอัดแต่งคอนกรีต

2.3 แผ่นสั่นสะเทือนชนิดยกเคลื่อนที่ได้ ต้องทำด้วยโลหะหรือวัสดุอื่นใดที่แข็งแรงและคงรูปอยู่ได้ในขณะสั่นสะเทือน ทั้งนี้ต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อนนำมาใช้

2.4 เครื่องปรับแต่งความเรียบที่ผิวหน้า อาจเป็นชนิดท่อเหล็กกลม หรือกล่องชักวัดความเรียบก็ได้ ต้องมีความยาวมากกว่าความกว้างของแผ่นพื้นคอนกรีตที่จะปรับแต่งไม่น้อยกว่า

600 มิลลิเมตร ก่อนนำมาใช้งานจะต้องตรวจสอบและตรวจปรับให้ได้ความเรียบถูกต้องตามแนวขวางของถนน และนายช่างผู้ควบคุมงานเห็นชอบให้ใช้ได้ก่อน

2.5 เครื่องมือตบแต่งชนิดอื่น ๆ จะต้องจัดเตรียมหาไว้ให้พร้อมเมื่อเริ่มงานเทคอนกรีต

3. เลื่อยตัดรอยต่อ จะต้องเป็นเครื่องมือที่มีกำลังสูงเพียงพอ สามารถตัดให้ได้ความลึกตามต้องการได้อย่างรวดเร็วโดยใช้ใบเลื่อยหัวเพชรหรือใบเลื่อยกลมชนิดแข็งอื่นใด ต้องจัดให้มีน้ำหล่อเลี้ยงขณะตัด และผู้รับจ้างจะต้องเตรียมเลื่อยอีกอย่างน้อยหนึ่งเครื่องสำรองไว้ที่หน้างานในขณะที่ทำงานตัดรอยต่อ

4. แบบหล่อคอนกรีต แบบหล่อที่ใช้ต้องมีผนังขอบตรง ทำด้วยโลหะที่มีความหนาไม่น้อยกว่า 5 มิลลิเมตร ยกเว้นแบบหล่อที่ใช้ในแนวโค้ง อาจทำด้วยวัสดุอย่างอื่นได้ โดยได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงาน แบบหล่อต้องมีความสูงมากพอที่จะทำให้ความหนาของผิวทางคอนกรีตได้ตามที่กำหนดไว้ในแบบ

แบบโลหะแต่ละท่อนต้องยาวไม่น้อยกว่า 3 เมตร ห้ามนำแบบมาตั้งซ้อนกันเพื่อให้ได้ความลึกของแบบตามที่กำหนดมาใช้งาน ในกรณีที่มีชั้นทรายรองใต้ผิวทางคอนกรีตความลึกของแบบต้องมากกว่าความหนาของคอนกรีตที่เทอย่างน้อย 25 มิลลิเมตร เพื่อเผื่อไว้สำหรับบางส่วนของแบบที่จมลงไปในชั้นทราย ส่วนในกรณีที่ใช้ชั้นหินคลุกรองใต้ผิวทางคอนกรีต ความลึกของแบบจะน้อยกว่าความหนาของคอนกรีตที่เทได้ไม่เกิน 10 มิลลิเมตร และจะต้องตั้งแบบให้มั่นคงแข็งแรง การหนุนแบบหล่อเพื่อปรับระดับ จะต้องใช้แผ่นวัสดุที่แข็งแรงหนุนรองรับแบบหล่อ ห้ามใช้ลิ่มในการปรับระดับ สำหรับร่องที่เกิดจากการหนุนแบบหากจะอุดเพื่อป้องกันคอนกรีตไหลออก ให้ใช้มอร์ตาร์หรือทรายผสมคอนกรีตอุด ห้ามใช้หินฝุ่นอุดร่อง

แบบต้องมีส่วนประกอบสำหรับยึดปลายแบบให้แน่นสนิทเมื่อต่อกัน และให้ความมั่นคงแข็งแรงเมื่อตั้งแบบ ในกรณีที่พบว่าแบบมีผิวด้านบนเย็น บิดงอหรือแตก ผู้รับจ้างต้องขนย้ายออกโดยทันที การซ่อมแซมจะทำได้ถ้าได้รับอนุญาตจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว

การติดตั้งแบบจะต้องทำให้รัดกุม แข็งแรง และจะต้องแน่ใจว่าไม่เกิดการรั่วไหลของคอนกรีตออกนอกแบบ ไม่ว่ากรณีใด ๆ ผิวบนของแบบต้องได้ระนาบ จะแตกต่างกันเกิน 3 มิลลิเมตร ใน 3 เมตร ไม่ได้ ที่จุดใด ๆ แบบจะผิดแนวเกิน 6 มิลลิเมตร ไม่ได้ แบบจะต้องตรึงให้แน่นจนแน่ใจว่าไม่มีการเคลื่อนไหวในขณะเทคอนกรีตได้โดยเด็ดขาด หลังจากที่เทคอนกรีตแล้วแบบจะต้องคงไว้ตามระยะเวลาที่เหมาะสมที่นายช่างผู้ควบคุมงานกำหนด ก่อนการดำเนินการถอดแบบ อย่างไรก็ตาม นายช่างผู้ควบคุมงานจะเป็นผู้ตรวจสอบและอนุมัติ แนวระดับ ความแข็งแรง

ของแบบก่อนดำเนินการเทคอนกรีตทุกครั้ง แต่การอนุมัติเทคอนกรีตมิได้หมายความว่าผู้รับจ้างจะพ้นความรับผิดชอบเมื่อเกิดความเสียหายต่อคอนกรีตอันเนื่องมาจากแบบชำรุดไม่แข็งแรงเพียงพอ

ในกรณีที่เทคอนกรีตเป็นระยะทางสั้น ๆ เช่น ความยาว 1 แผ่นพื้นคอนกรีต อาจใช้แบบไม้แทนแบบโลหะได้ ทั้งนี้ต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อน

ข้อกำหนดของคอนกรีต

หากไม่ได้ระบุไว้เป็นอย่างอื่น ส่วนผสมคอนกรีตจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดดังนี้

1. คอนกรีต จะต้องมีค่าความต้านแรงอัดของแท่งตัวอย่างคอนกรีตรูปลูกบาศก์ขนาด 150 x 150 x 150 มิลลิเมตร ที่อายุ 28 วัน ไม่น้อยกว่า 32 เมกะพาสคัล และต้องมีค่าความต้านทานแรงดันของแท่งตัวอย่างคอนกรีตรูปคานขนาด 150x150x600 มิลลิเมตร ที่อายุ 28 วัน ไม่น้อยกว่า 4.0 เมกะพาสคัล

2. ขนาดคละของมวลรวมหยาบและละเอียด ได้แก่ หิน หรือกรวด และทรายที่ใช้งานคอนกรีตต้องอยู่ในขอบเขตที่กำหนดไว้ เมื่อได้กำหนดขนาดคละของมวลรวมที่เหมาะสมตามเกณฑ์ที่กำหนดและได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว ให้ใช้ขนาดคละของมวลนั้นในการทำงาน โดยมิให้มีการเปลี่ยนแปลง และหากโมดูลัสความละเอียดของทรายเปลี่ยนแปลงเกินจากค่าที่กำหนด 0.20 แล้ว จะต้องทำการออกแบบส่วนผสมใหม่

3. องค์ประกอบของส่วนผสมคอนกรีต วัสดุต่าง ๆ ของส่วนผสมคอนกรีตให้วัดอัตราส่วนเป็นน้ำหนักทั้งหมดของปูนซีเมนต์ วัสดุหิน กรวด ทราย ต้องเป็นไปตามคุณสมบัติที่กำหนด ขนาดของหินหรือกรวดที่ใช้ให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ อัตราส่วนระหว่างวัสดุหิน กรวด ทราย กับปูนซีเมนต์ จะต้องไม่มากกว่า 7:1 โดยน้ำหนัก และปูนซีเมนต์ที่ใช้ผสมคอนกรีตจะต้องมีน้ำหนักไม่น้อยกว่า 350 กิโลกรัมต่อคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร

4. อัตราส่วนระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์ คอนกรีตที่ใช้ต้องมีอัตราส่วนระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์ไม่มากกว่า 0.55 โดยน้ำหนัก ปริมาณน้ำที่ใช้ในการคิดคำนวณอัตราส่วนระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์ ให้คิดเมื่อวัสดุ หิน กรวด ทราย อยู่ในสภาพอิ่มน้ำผิวแห้ง

5. พิกัดความสามารถเทได้ของคอนกรีต คอนกรีตที่ผสมเสร็จแล้วต้องมีความสามารถเทได้พอเหมาะที่จะอัดให้แน่นได้โดยใช้เครื่องมือเท่านั้น ค่าความยุบตัวของคอนกรีตเมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 304 "วิธีการทดลองหาความยุบตัวของคอนกรีต" ไม่น้อยกว่า 30 มิลลิเมตร และไม่มากกว่า 70 มิลลิเมตร

6. การหล่อแท่งตัวอย่างคอนกรีตรูปลูกบาศก์ขนาด 150x150x150 มิลลิเมตร ให้ดำเนินการตาม ทล.-ม.303 "มาตรฐานการหล่อแท่งคอนกรีตรูปลูกบาศก์" การทดสอบหาความต้านทาน

แรงอัดของแท่งคอนกรีตรูปลูกบาศก์ให้ดำเนินการตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีทดสอบความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก. 409 และการหล่อแท่งตัวอย่างคอนกรีตรูปตามขนาด 150x150x600 มิลลิเมตร ให้ดำเนินการตาม ทล.-ม. 305 "มาตรฐานการหล่อแท่งคอนกรีตรูปคาน" การทดสอบหาความต้านแรงดัดของแท่งคอนกรีตรูปคานให้ดำเนินการตาม AASHTO T 97 : Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)

วิธีการก่อสร้าง

1. การเตรียมการก่อนการก่อสร้าง

1.1 การเตรียมชั้นรองใต้ผิวทางคอนกรีต

ก่อนการตั้งแบบเพื่อเทคอนกรีตชั้นรองพื้นทางในช่วงเทคอนกรีต จะต้องเกลี่ยแต่งปรับระดับและทำการบดทับให้ได้แนว ความลาด ระดับ และความแน่นที่ถูกต้องตามแบบ โดยได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงาน งานโครงสร้างทุกชนิดจะต้องปรับปรุงระดับ และแนวให้ถูกต้อง

ในกรณีที่ต้องใส่ชั้นทรายรองใต้ผิวทางคอนกรีตตามที่ระบุไว้ในแบบ ทรายรองใต้ผิวทางคอนกรีตต้องสะอาดปราศจากก้อนดินเหนียว หรือสารเคมี ซึ่งเป็นอันตรายต่อคอนกรีต หรือวัตถุไม่พึงประสงค์อื่นใด เช่น รากไม้ วัชพืช เป็นต้น

ก่อนเทคอนกรีตต้องเกลี่ยทรายให้เรียบ พ่นน้ำให้ทรายอิ่มตัว พร้อมทั้งบดอัดให้แน่น ภายหลังการบดอัด ระดับของชั้นทรายต้องไม่มีจุดใดสูงกว่าระดับที่กำหนดไว้ในแบบและไม่มีจุดใดต่ำกว่าระดับที่แบบกำหนดเกิน 10 มิลลิเมตร

ในกรณีที่แบบกำหนดให้มีชั้นหินคลุกรองใต้ผิวทางคอนกรีต จะต้องปาดแต่งหินคลุกให้ได้รูปร่าง ระดับ ความแน่น ตามที่กำหนดไว้

1.2 การตั้งแบบ

- ฐานรองรับแบบ ในกรณีที่มีชั้นทรายรองใต้ผิวทางคอนกรีต ฐานรองรับแบบที่อยู่ใต้ชั้นทรายรองใต้ผิวทางคอนกรีตจะต้องมีความแข็งแรง ซึ่งเมื่อตอกหมุดยึดแบบ หรือเมื่อวางลิ่มรองรับแบบแล้ว จะต้องมีความมั่นคงแข็งแรงไม่เกิดการขยับตัว และเมื่อลงชั้นทรายรองคอนกรีตแล้ว ขอบแบบจะต้องจมลงไปในชั้นทรายอย่างน้อย 20 มิลลิเมตร เพื่อป้องกันไม่ให้คอนกรีตไหลออกไปนอกแบบ ชั้นรองพื้นทางหรือชั้นทรายรองใต้ผิวทางคอนกรีตในแนวที่ตั้งแบบตอนใดต่ำเกินไปก็ให้ลงวัสดุเสริมขึ้นเป็นชั้น ๆ จนได้ระดับต่ำกว่าแบบไม่เกิน 10 มิลลิเมตร

ในกรณีที่มีชั้นหินคลุกรองใต้ผิวทางคอนกรีต ฐานรองรับแบบจะต้องบดทับแน่นและได้ระดับ โดยที่เมื่อตั้งแบบแล้วจะต้องได้ระดับตามที่กำหนดไว้ในแบบ

- การตั้งแบบล่วงหน้า ก่อนเริ่มเทคอนกรีตแต่ละวันจะต้องตั้งแบบให้เสร็จเรียบร้อย ไม่น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของที่จะเทคอนกรีตได้ในวันนั้น ๆ ในแต่ละวัน เมื่อถึงเวลาที่จะเริ่มเทคอนกรีต จะต้องตั้งแบบให้เสร็จเป็นระยะทางไม่น้อยกว่า 100 เมตร เว้นแต่ในวันใดที่จะเทคอนกรีตระยะสั้น จะต้องได้รับความเห็นชอบล่วงหน้าจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อน

ในกรณีที่ผิวทางเกินกว่าข้างละหนึ่งช่องจราจร ให้เทคอนกรีตในช่องจราจรที่มีค่าระดับสูงไปหาค่าระดับต่ำสุดตามลำดับ ทั้งนี้นอกจากนายช่างผู้ควบคุมงานสั่งการเป็นอย่างอื่น

- การตอกยึดแบบ แบบจะต้องยึดแน่นให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง โดยใช้หมุดไม่น้อยกว่า 3 ตัว ต่อความยาว 3 เมตร ปลายทุกปลายของแบบแต่ละท่อนให้ตอกหมุดยึดให้แน่น ต้องยึดแบบให้แน่นไม่เคลื่อนที่ หรือเลื่อนหลุดแนวของแบบไม่ว่าที่จุดใดก็ตาม จะคลาดเคลื่อนไปจากแนวที่กำหนดได้ไม่เกิน 6 มิลลิเมตร ให้ทำความสะอาดแบบและทาน้ำมันที่แบบก่อนเทคอนกรีต

- ระดับและแนว ให้ตรวจสอบระดับและแนวของแบบที่ตั้งไว้ โดยทดลองให้เครื่องปูและเครื่องแต่งผิวคอนกรีตผ่านไปบนแบบ ถ้าปรากฏว่าแบบที่ตั้งไว้หรือฐานรองรับแบบไม่มั่นคงแข็งแรง ก็ให้ทำการแก้ไขและตรวจสอบใหม่ให้เรียบร้อย ภายหลังจากที่เครื่องปูและเครื่องแต่งผิวคอนกรีตผ่านไปบนแบบแล้ว ขอบบนของแบบเมื่อวัดสอบด้วยบรรทัดตรงยาว 3.00 เมตร คร่อมรอยต่อของแบบตอนใดก็ตาม ระดับจะคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 3 มิลลิเมตร และแนวจะคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 6 มิลลิเมตร จากที่ได้ระบุไว้

- สภาพชั้นทางรองใต้ผิวทางคอนกรีต หลังจากตั้งแบบแล้ว ก่อนเทคอนกรีตชั้นทางที่ตบแต่งไว้แล้วนั้น ในขณะเทคอนกรีตต้องอยู่ในสภาพที่เรียบ แน่น และมีความชื้นที่พอเหมาะ ห้ามเทคอนกรีตบนชั้นทางที่มีระดับที่ไม่เรียบและไม่แน่น ถ้าชั้นทางในขณะที่จะเทคอนกรีตแห้งก็ให้พรมน้ำให้ชุ่ม ห้ามปล่อยให้มีน้ำขังอยู่บนผิวของชั้นทาง หากมีความจำเป็นอันเนื่องมาจากสภาพดินฟ้าอากาศ นายช่างผู้ควบคุมงานอาจจะสั่งให้ความชื้นแก่ชั้นทางล่วงหน้าชั่วระยะเวลาหนึ่ง ก่อนเทคอนกรีต

2. การก่อสร้าง

2.1 เกณฑ์กำหนดในการผสมและเทคอนกรีต

ห้ามผสม เท และตบแต่งคอนกรีต หากไม่มีแสงสว่างตามธรรมชาติเพียงพอ ในกรณีดังกล่าวถ้าผู้รับจ้างมีความประสงค์จะผสม เท และตบแต่งคอนกรีต ผู้รับจ้างต้องจัดให้มีแสงสว่างมากพอในขณะปฏิบัติงาน และต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงาน การผสมคอนกรีตให้ผสมคอนกรีตให้มีปริมาณมากพอที่จะใช้ในการเทแต่ละครั้ง ผู้รับจ้างต้องเป็นผู้รับผิดชอบในการผสมคอนกรีตให้ได้ความข้นเหลวตามที่ต้องการ ถ้าปรากฏว่าคอนกรีตที่ผสมจาก

โรงผสมแล้วขนมาเพื่อที่จะเทลงและตบแต่งให้เรียบร้อยไม่ทันตามกำหนดเวลา เพราะเกิดแข็งตัวเสียก่อน นายช่างผู้ควบคุมงานอาจกำหนดให้ผู้รับจ้างทำการผสมคอนกรีตที่หน้างานก็ได้

2.2 การผสมคอนกรีต

- การผสมที่หน้างาน สำหรับคอนกรีตซึ่งผสมที่หน้างาน เครื่องผสมต้องอยู่นอกช่องทางที่กำลังจะทำการเทคอนกรีต เว้นแต่นายช่างผู้ควบคุมงานจะสั่งการเป็นอย่างอื่น ถ้ามีการใช้สารผสมเพิ่มรวมทั้งปริมาณที่จะใช้ จะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อน

เครื่องผสม และเทคอนกรีตที่หน้างาน จะต้องเดินเครื่องให้โม่ผสมหมุนด้วยความเร็วระหว่าง 14-20 รอบต่อนาที การปล่อยวัสดุผสมต่าง ๆ ลงในโม่ จะต้องเปิดให้น้ำบางส่วนลงไปในโม่ก่อนแล้วเทวัสดุหิน กรวด ทราย และปูนซีเมนต์จากถังหรือภาชนะบรรจุ และน้ำจะต้องไหลลงติดต่อกันไปหลังจากที่ปล่อยวัสดุหิน กรวด ทราย และปูนซีเมนต์ลงในโม่หมดแล้วอย่างน้อย 5 วินาที ระยะเวลาผสมให้เริ่มนับหลังจากใส่วัสดุส่วนผสมต่าง ๆ นอกจากน้ำลงไปโม่หมดแล้ว เครื่องผสมที่มีขนาดความจุผสมไม่มากกว่า 1 ลูกบาศก์เมตร ระยะเวลาผสมจะต้องไม่น้อยกว่า 50 วินาที และไม่มากกว่า 70 วินาที สำหรับเครื่องผสมที่มีขนาดความจุผสมมากกว่า 1 ลูกบาศก์เมตร ระยะเวลาผสมให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน ถ้าเครื่องผสมเป็นแบบโม่คู่ ระยะเวลาที่เหลื่อมกันระหว่างโม่ไม่นับรวมเป็นระยะเวลาผสม ให้เทคอนกรีตที่ผสมเสร็จแล้วออกจากโม่แต่ละโม่ให้หมดก่อนที่จะใส่วัสดุส่วนผสมสำหรับโม่ต่อไป คอนกรีตที่ผสมไม่ถึงระยะเวลาผสมอย่างต่ำที่กำหนด ห้ามนำมาใช้งาน

ปริมาณคอนกรีตที่ผสมในแต่ละโม่ จะต้องไม่มากกว่าขนาดความจุ ซึ่งเครื่องผสมนั้นผสมได้ตามที่ได้ระบุไว้บนแผ่นป้ายรับรองขนาดความจุของบริษัทผู้ผลิตซึ่งติดอยู่ที่เครื่องผสม แต่ก็อาจได้รับอนุญาตให้ผสมได้เกินถึงร้อยละ 10 ของขนาดความจุดังกล่าว ถ้าหากผสมเกินแล้วผลการทดสอบความต้านแรงของแท่งคอนกรีตและความข้นเหลวของคอนกรีตจะต้องสม่ำเสมอและเป็นไปตามข้อกำหนด อีกทั้งคอนกรีตจะต้องไม่แยกตัวและไม่ล้นออกจากโม่

คอนกรีตที่มีความข้นเหลวไม่ถูกต้องตามที่กำหนดขณะที่จะเทห้ามนำมาใช้งาน คอนกรีตที่ผสมเสร็จแล้วทำการผสมใหม่โดยการเติมน้ำ หรือวิธีอื่นใดก็ตาม

- การผสมในโรงผสม นอกจากจะถือปฏิบัติตามข้อ 2.2 (1) แล้ว ถ้าเครื่องผสมมีขนาดความจุในการผสมได้ระหว่าง 2-5 ลูกบาศก์เมตร ระยะเวลาผสมจะต้องไม่น้อยกว่า 90 วินาที ส่วนเครื่องผสมที่มีขนาดความจุในการผสมได้มากกว่า 5 ลูกบาศก์เมตร ระยะเวลาผสมจะต้องไม่น้อยกว่า 120 วินาที

- การผสมโดยรถผสมคอนกรีต อาจจะใช้รถผสมคอนกรีตทำการผสมให้แล้วเสร็จที่โรงผสม และใช้รถผสมนั้นขนคอนกรีตไปเทที่หน้างาน โดยในระหว่างการขนส่งให้กวนคอนกรีตไปด้วย หรืออาจจะใช้รถผสมคอนกรีตให้แล้วเสร็จที่หน้างานก็ได้ ถังผสมคอนกรีตอาจเป็นแบบโม่หมุนแบบใบมีด หรือแบบใบพายหมุนกวนคอนกรีตก็ได้

ระยะเวลาการผสมให้กำหนดจากจำนวนรอบหมุนของโม่ผสม ในกรณีที่ใช้รถผสมคอนกรีต เมื่อผสมคอนกรีตจนแล้วเสร็จให้ผสมคอนกรีตแต่ละโม่ โดยให้โม่หรือใบมีดหมุนไม่น้อยกว่า 70 รอบ และไม่มากกว่า 100 รอบ โดยหมุนด้วยอัตราความเร็วในการผสม ซึ่งผู้ผลิตโม่หมุนได้ระบุไว้บนแผ่นป้ายโลหะ ในการผสมคอนกรีตแต่ละครั้ง ถ้าปริมาณจากการผสมคอนกรีตในแต่ละโม่ลดลงมากกว่า 0.4 ลูกบาศก์เมตร จากปริมาณที่ผู้ผลิตได้ระบุไว้บนแผ่นป้ายโลหะ ก็อาจลดจำนวนรอบในการผสมลงได้ แต่จะต้องไม่น้อยกว่า 50 รอบ จำนวนรอบในการผสมที่เกิน 100 รอบ ให้ใช้อัตราความเร็วเท่ากับอัตราความเร็วในการกวนคอนกรีต การนับจำนวนรอบของโม่หรือใบมีดในโม่ให้ใช้เครื่องนับรอบ และให้เริ่มนับจำนวนรอบเมื่อใส่วัสดุทั้งหมดรวมทั้งน้ำลงในโม่ผสมเสร็จแล้ว

ในกรณีที่จะใช้น้ำล้างโม่เป็นส่วนหนึ่งของปริมาณน้ำที่จะใช้ผสมคอนกรีตในโม่ต่อไป ก็จะต้องวัดปริมาณของน้ำนั้นให้ถูกต้องแน่นอน เพื่อคิดคำนวณน้ำที่จะใส่เพิ่มให้ถูกต้องสำหรับผสมคอนกรีตในโม่ต่อไปตามที่ต้องการ โดยนายช่างผู้ควบคุมงานจะเป็นผู้กำหนดปริมาณน้ำส่วนนี้ แต่ถ้าไม่สามารถจะวัดหรือควบคุมปริมาณของน้ำส่วนนี้ได้ก็ต้องไม่ให้มีน้ำเหลืออยู่ในโม่ก่อนการผสมครั้งต่อไป

ในกรณีที่ใช้รถผสมทำการผสมคอนกรีตจนแล้วเสร็จที่โรงผสม จะต้องเริ่มทำการผสมภายในระยะเวลา 30 นาที นับจากเวลาที่ใส่ปูนซีเมนต์ลงผสมกับวัสดุหิน กรวด ทราย แล้วหลังจากผสมเสร็จแล้วให้ใช้รถผสมนั้นเป็นเครื่องกวนคอนกรีตในระหว่างการขนส่ง ความเร็วในการกวนคอนกรีตให้เป็นไปตามที่ผู้ผลิตรถผสมคอนกรีตได้กำหนดไว้ จะต้องเทคอนกรีตจากโม่ให้หมดภายในระยะเวลา 45 นาที นับจากเวลาที่เริ่มผสมปูนซีเมนต์ดังกล่าวข้างต้น คอนกรีตแต่ละโม่ที่ขนส่งไปที่หน้างาน ทางโรงผสมจะต้องออกใบแจ้งเวลาที่รถผสมเริ่มออกเดินทางกำกับไปด้วย

ถ้าใช้รถผสมทำการผสมคอนกรีตจนแล้วเสร็จที่หน้างาน จะต้องเริ่มผสมภายในระยะเวลา 30 นาที นับจากเวลาที่ใส่ปูนซีเมนต์ลงผสมกับวัสดุหิน กรวด ทราย แล้ว

ในขณะที่ทำการเทคอนกรีตออกจากโม่ผสมให้เปิดปากช่องที่เทออกให้เต็มที่ อัตราการเทให้ควบคุมด้วยความเร็วของโม่ตามที่ได้กำหนดไว้

2.3 การเทคอนกรีต

ในขณะที่ทำการเทคอนกรีต จะต้องมีผู้ควบคุมงานควบคุมการปฏิบัติงานของผู้รับจ้างอย่างใกล้ชนิดทุกขั้นตอน จนกว่าจะสิ้นสุดการเทคอนกรีตในแต่ละช่วง

ให้เทคอนกรีตลงบนชั้นทางที่ได้เตรียมไว้เรียบร้อยแล้วเท่านั้น ห้ามเทคอนกรีตในบริเวณรอบโครงสร้างสาธารณูปโภคอื่น ๆ เช่น บ่อพัก เป็นต้น จนกว่าจะปรับแนวและระดับของโครงสร้างนั้น ๆ ให้ถูกต้องตามที่กำหนด และใส่วัสดุอุดรอยต่อรอบโครงสร้างนั้น ๆ ให้เสร็จเรียบร้อยเสียก่อน

ในกรณีที่ไม่ได้เทคอนกรีตจากรถผสมคอนกรีต รถกวนคอนกรีต หรือเครื่องมืออื่นใดที่ใช้ขนและเทคอนกรีต ซึ่งได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้วว่าจะต้องมีอุปกรณ์ที่จะช่วยให้เทคอนกรีตออกได้โดยไม่เกิดการแยกตัวแล้ว ก็ให้เทคอนกรีตที่ขนมาลงในถังซึ่งยกหรือเลื่อนไปเทลงบนชั้นทางได้ โดยที่จะไม่ทำให้คอนกรีตนั้นแยกตัวหรืออัดตัวแน่นเสียก่อน

หากจำเป็นต้องเทคอนกรีตเสริมเหล็กเป็น 2 ชั้น ชั้นล่างจะต้องอัดแต่งให้ได้ระดับที่จะวางเหล็กหรือระดับที่ได้กำหนดไว้ในแบบ และคอนกรีตจะต้องมีผิวหน้าที่มีเม็ดหินโผล่ขรุขระพอที่ยึดติดกับคอนกรีตที่เททับชั้นบน ให้วางเหล็กเสริมลงบนพื้นคอนกรีตชั้นล่าง แล้วรีบเทคอนกรีตชั้นบนก่อนที่คอนกรีตชั้นล่างจะเริ่มแข็งตัว แต่ทั้งนี้ต้องไม่เกิน 30 นาที ในระหว่างเทคอนกรีตชั้นบนจะต้องป้องกันไม่ให้เหล็กเสริมเคลื่อนที่ ผู้รับจ้างจะต้องแสดงวิธีการปฏิบัติงานและต้องก่อสร้างแปลงทดลองให้นายช่างผู้ควบคุมงานตรวจสอบและอนุญาตก่อน หากพบว่าระหว่างก่อสร้างมีปัญหาคอนกรีตชั้นบนและชั้นล่างไม่ยึดติดเป็นเนื้อเดียวกัน หรือตำแหน่งของเหล็กเสริมไม่เป็นไปตามที่กำหนด นายช่างผู้ควบคุมงานอาจพิจารณาระงับการเทคอนกรีต 2 ชั้น

ในกรณีที่จะเทคอนกรีตชั้นเดียว ถ้าวางเหล็กเสริมไว้ในตำแหน่งและระดับเรียบร้อยแล้ว จะต้องจัดเตรียมแท่งคอนกรีตหรือเหล็กขาหยั่ง เพื่อหนุนเหล็กเสริมไม่ให้แอ่นตัวตลอดแผงของเหล็กเสริม และต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อน และแท่งคอนกรีตที่ใช้หนุนแผงเหล็กจะต้องมีความต้านแรงเป็นไปตามที่กำหนด

เมื่อเทคอนกรีตลงไปแล้ว ห้ามใช้เครื่องสั่นสะเทือนในการทะลายกองคอนกรีต ในการเกลี่ยแต่งคอนกรีตให้ใช้เครื่องเกลี่ยตามประเภทและแบบที่ได้รับความเห็นชอบแล้ว เว้นแต่นายช่างผู้ควบคุมงานจะกำหนดให้เป็นอย่างอื่น ให้เกลี่ยคอนกรีตที่เทแล้วให้แผ่กระจายอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งเมื่อทำให้ยุบตัวและแต่งเสร็จแล้ว จะได้ความหนาไม่น้อยกว่าที่กำหนด โดยที่ไม่มีผิวตอนใดต่ำกว่าระดับที่ต้องการ การนำคอนกรีตมาปรับแต่งเพิ่มเติมจะต้องให้มีน้อยที่สุดเท่าที่จะทำ

ได้ จะใช้คนเกลี่ยแต่งคอนกรีตที่รอยต่อโดยใช้พลั่วก็ได้ แต่ห้ามใช้คราด และห้ามเดินบนคอนกรีตที่เทเสร็จใหม่ ๆ

การเทคอนกรีตระหว่างรอยต่อตามขวาง 2 รอย จะต้องเทติดต่อกันโดยตลอด เว้นแต่ในกรณีที่มีเหตุฉุกเฉิน การเทคอนกรีตจะต้องเทให้ต่อเนื่องกันตลอดเวลา ในระหว่างการเทคอนกรีต ถ้าต้องหยุดรอคอนกรีตนานเกิน 30 นาที ให้นายช่างผู้ควบคุมงานสั่งหยุดงาน และสั่งทำรอยต่อก่อสร้างตามขวางโดยที่ผู้รับจ้างต้องเสียค่าใช้จ่ายเอง

จะต้องทำให้คอนกรีตยุบตัวมีเนื้อแน่นโดยทั่วไปถึงและเต็มตลอดผิวหน้าของแบบหล่อ โดยใช้เครื่องสั่นสะเทือนกดลงในคอนกรีต ห้ามกดเครื่องสั่นสะเทือนที่ส่วนต่าง ๆ ของรอยต่อที่ชั้นทางใต้คอนกรีต หรือที่แบบหล่อ และไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้นห้ามใช้เครื่องสั่นสะเทือนกด ณ ที่หนึ่งที่ใดนานเกิน 30 วินาที

ในกรณีที่จะต้องเทคอนกรีตต่อจากแผ่นคอนกรีตที่ได้ก่อสร้างไว้เดิม ผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการต่าง ๆ ที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นว่าจำเป็นเพื่อให้ได้รอยต่อที่ดี รวมทั้งการทำการเจาะสอดเหล็กเดือย และเหล็กยึดเข้าไปในแผ่นคอนกรีตที่ได้สร้างไว้เดิม รวมทั้งการอุดรูรอบเหล็กเหล่านั้น

ถ้าปรากฏว่ามีคอนกรีตตกหล่นอยู่บนผิวคอนกรีตที่เทเสร็จแล้ว หรือคอนกรีตที่กำลังเทใหม่ล้นเข้าไปในคอนกรีตเก่า ผู้รับจ้างจะต้องรีบเอาออกทันทีด้วยวิธี ซึ่งนายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

ให้เทคอนกรีตใกล้รอยต่อเผื่อขยายและรอยต่อเผื่อหดให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ แต่อย่าให้กระทบกระเทือนรอยต่อนั้น ๆ ห้ามเทคอนกรีตจากถังเทลงบนส่วนประกอบรอยต่อ

บริเวณรอยต่อเผื่อขยายและรอยต่อเผื่อหดทุกแห่ง ยกเว้นที่บริเวณรอยต่อกับคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว หรือแบบหล่อ ให้ตักคอนกรีตทั้งสองด้านเท่ากัน และจะต้องใส่คอนกรีตให้สูงกว่าความลึกของรอยต่อ ประมาณ 50 มิลลิเมตร แล้วทำให้คอนกรีตยุบตัวแน่น ไม่เป็นรูพรุนหรือมีฟองอากาศ โดยใช้เครื่องสั่นสะเทือน ให้กดเครื่องสั่นสะเทือนลงในคอนกรีต และทำติดต่อกันไปตลอดความยาวของรอยต่อทั้งสองข้าง

2.4 การอัดแต่งครั้งแรกและการวางเหล็กเสริม

- การอัดแต่งคอนกรีตสองชั้น จะต้องอัดแต่งคอนกรีตชั้นล่างตลอดความกว้างให้ได้รูปตัดหลังทาง และต่ำกว่าระดับผิวทางตามที่กำหนดเมื่อสร้างเสร็จเพื่อวางเหล็กเสริม และเพื่อเทคอนกรีตชั้นบนให้ได้ความหนาตามที่ต้องการ การอัดแต่งนี้ให้ใช้เครื่องอัดแต่งคอนกรีต หรือยินยอมให้อัดแต่งโดยใช้แรงคนเฉพาะบางแห่ง เช่น ตอนที่ความกว้างเปลี่ยนหรือในกรณีฉุกเฉิน

ให้วางตะแกรงลวดเหล็กกล้า หรือตะแกรงเหล็กเส้นลงบนผิวหน้าของคอนกรีตชั้นลาง โดยให้มีระยะห่างจากขอบแผ่นคอนกรีตเท่า ๆ กัน ตะแกรงลวดเหล็กกล้าหรือตะแกรงเหล็กเส้นที่วางต่อกันจะต้องให้เหลื่อมทับกันตามที่ได้กำหนดไว้ ปลายเหล็กเสริมจะต้องอยู่ห่างจากรอยต่อเผื่อขยายตามขวาง หรือรอยต่อเผื่อหดไม่เกิน 50 มิลลิเมตร และจะต้องไม่ยื่นล้ำรอยต่อนั้น ๆ ออกไปตรงรอยต่อของตะแกรงลวดเหล็กกล้าหรือตะแกรงเหล็กเส้นที่เหลื่อมทับกันให้ผูกด้วยลวดเพื่อให้ยึดติดแน่นเป็นระยะ ๆ ห่างไม่เกิน 1 เมตร เหล็กเสริมที่นำมาวางจะต้องไม่เปื้อนดินโคลน หรือวัสดุที่ไม่พึงประสงค์อย่างอื่น และไม่เป็นสนิมจนทำให้ความยึดเหนี่ยวระหว่างเหล็กกับคอนกรีตเสียไป การต่อตะแกรงเหล็กเส้นหรือต่อเหล็กแต่ละเส้นในตะแกรง จะต้องเหลื่อมทาบกันไม่น้อยกว่า 100 มิลลิเมตร

- การอัดแต่งคอนกรีตชั้นเดียว ในกรณีที่จะเทคอนกรีตชั้นเดียวจะต้องจัดเตรียมแท่งคอนกรีต หรือเหล็กขาหยั่งเพื่อใช้หมุนเหล็กเสริมไม่ให้แอ่นตามแผงเหล็กเสริมแท่งคอนกรีตที่ใช้หนุนแผงเหล็กเสริมจะต้องมีความต้านแรงเป็นไปตามที่กำหนด การเทคอนกรีตให้ดำเนินการตามข้อ 2.4 การอัดแต่งคอนกรีตให้ดำเนินการเช่นเดียวกับข้อ 2.5 (1)

2.5 การก่อสร้างรอยต่อ

รอยต่อต่าง ๆ จะต้องเป็นประเภทที่แสดงไว้ในแบบและจะต้องก่อสร้างให้เป็นไปตามแบบ หรือตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานกำหนด ก่อนที่จะนำวัสดุสำหรับรอยต่อเข้าติดตั้งในที่ชั้นทางตรงตำแหน่งนั้น ๆ จะต้องมีสภาพเรียบร้อยโดยได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว ให้ใส่วัสดุอุดรอยต่อสำหรับรอยต่อเผื่อขยายตลอดแนว โครงสร้างที่ติดกับแผ่นคอนกรีตให้เสร็จก่อนที่จะทำการเทคอนกรีตต่อไป

- รอยต่อเผื่อหดตามขวาง ให้ทำรอยต่อเผื่อหดตามขวางโดยใช้เลื่อยตัดให้เป็นร่องลงไปจากผิวของคอนกรีต เพื่อทำให้เกิดระนาบที่มีความแข็งแรงน้อยลง รอยต่อแบบนี้จะรวมไปถึงเหล็กเดือยสำหรับถ่ายน้ำหนักด้วย ถ้ามีระบุไว้ในแบบ

(1) ระนาบที่มีความแข็งแรงน้อยลง การทำร่องสำหรับระนาบดังกล่าว ให้ใช้เลื่อยตัดหลังจากเทคอนกรีตแล้ว 6 ชั่วโมง หรือในกรณีที่ใช้คอนกรีตชนิดพิเศษ การใช้เลื่อยตัดร่องซึ่งจำเป็นต้องตัดให้เร็วกว่าเวลาที่กำหนดสามารถทำได้แต่ต้องได้รับอนุญาตจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อน แนวร่องจะต้องตั้งให้ฉากกับแนวศูนย์กลางถนน และจะต้องได้แนวที่ถูกต้อง ซึ่งยอมให้คลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 5 มิลลิเมตร ต่อความกว้างของแผ่นพื้นคอนกรีตนั้น

โดยปกติให้เริ่มทำการตัดเพื่อทำรอยต่อเผื่อหดในระหว่าง 6-24 ชั่วโมง หลังจากเทคอนกรีตแล้ว โดยให้เริ่มทำการตัดรอยต่อที่มีระยะห่างกันประมาณ 30 เมตร ให้เสร็จก่อนที่คอนกรีตจะมีรอยแตกร้าวเพราะการหดตัว และแนวรอยต่อที่อยู่ระหว่างรอยต่อที่ได้ตัดไป

แล้วนั้น ให้จัดการทำให้เสร็จก่อนสิ้นสุดระยะเวลาการบ่มคอนกรีต หรือหลังจากนั้นเล็กน้อย ระยะระหว่างรอยต่อที่จะต้องทำการตัดก่อนขึ้นอยู่กับเหตุผลหลายประการ โดยระยะห่างนั้นจะต้องอยู่ในช่วงที่พอเหมาะ รอยต่อเผื่อหดทุกรอยในช่วงที่อยู่ติดกับพื้นคอนกรีตที่แล้วเสร็จ ให้รีบเลื่อยตัดตรงแนวรอยต่อที่มีรอยแตกอยู่แล้ว หรือรอยต่อก่อสร้างของพื้นคอนกรีตเดิมให้เสร็จก่อน

ในกรณีที่แบบมิได้ระบุความกว้างและความลึกของรอยต่อไว้เป็นอย่างอื่น รอยต่อที่ใช้เลื่อยตัดจะต้องลึกไม่น้อยกว่า 1 ใน 4 ของความหนาของแผ่นคอนกรีต ความกว้างของรอยต่อจะต้องไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร

วิธีการใด ๆ ก็ตามที่ใช้ในการเลื่อยตัดรอยต่อ ถ้าเป็นผลทำให้เกิดรอยแตกร้าวก่อนกำหนด จะต้องปรับปรุงแก้ไขทันที ซึ่งวิธีการแก้ไขอาจจะทำได้โดยการจัดลำดับรอยต่อที่จะทำการเลื่อยตัด หรือระยะเวลาที่เกี่ยวกับการเทคอนกรีต หรือการเอาวัสดุบ่มคอนกรีตออก รวมทั้งวิธีการเลื่อยตัดรอยต่อด้วย

รอยต่อที่ตัดแล้วแตกหักหรือหินหลุดเสียหาย ให้ทำการซ่อมแซมรอยต่อโดยใช้วัสดุอีพอกซีอุดและตกแต่งให้ตรงแนวและเรียบร้อย ตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

(2) ชุดอุปกรณ์ถ่ายน้ำหนัก สำหรับรอยต่อเผื่อหดตามขวาง ประกอบด้วยเหล็กเดือยไม่มีปลอก อุปกรณ์บังคับระยะ และที่รองรับเหล็กเดือย ซึ่งได้รับความเห็นชอบแล้ว ครึ่งหนึ่งของความยาวของเหล็กเดือยแต่ละท่อนให้ทาด้วยคัดแบกแอสฟัลท์ หรือทาด้วยสีน้ำมันแล้วเคลือบด้วยจาระบี หรือจะใช้วัสดุอื่นใดที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นว่าเหมาะสม เพื่อป้องกันมิให้คอนกรีตยึดเหนี่ยวปลายเหล็กเดือยนั้น ที่รองรับเหล็กเดือยต้องสามารถยึดเหล็กเดือยให้อยู่ในแนวที่ถูกต้องทั้งทางดิ่งและทางราบได้ โดยให้มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 1 มิลลิเมตร ต่อระยะ 100 เมตร

ให้ติดตั้งอุปกรณ์ถ่ายน้ำหนักแต่ละชุดในตำแหน่งที่ถูกต้อง โดยให้แนวของเหล็กเดือยขนานกับแนวศูนย์กลางถนน และตอกยึดให้มั่นคงแข็งแรงอยู่ในตำแหน่งนั้นตลอดช่วงเวลาของการก่อสร้าง การติดตั้งชุดอุปกรณ์นี้ต้องให้นายช่างผู้ควบคุมงานตรวจสอบเห็นชอบเสียก่อนที่จะทำการเทคอนกรีต

- รอยต่อตามยาว ต้องก่อสร้างรอยต่อตามยาวให้เป็นไปตามรายละเอียดที่แสดงไว้ในแบบ โดยใช้เลื่อยตัดให้เป็นร่องเพื่อทำให้เกิดระนาบที่มีความแข็งแรงน้อยลง

เหล็กยึดที่รอยต่อตามยาว ต้องวางให้ตั้งได้ฉากกับแนวรอยต่อ และอยู่ในตำแหน่งที่ระบุไว้ในแบบ ห้ามทาสีหรือทาด้วยยางแอสฟัลท์ หรือวัสดุอื่นใดที่เหล็กยึด ในกรณีที่แผ่นพื้นคอนกรีตในช่องที่ติดกันนั้นสร้างไม่พร้อมกัน ให้ใช้แบบเหล็กแบบลิ้นรางตลอดความยาว

ของรอยต่อก่อสร้าง เหล็กยึดอาจจะงอให้ตั้งฉากกับแบบได้ก็ต่อเมื่อได้หล่อคอนกรีตช่องแรกเสร็จแล้ว หลังจากนั้นให้คัดให้ตรงอย่างเดิม ก่อนที่จะทำการหล่อแผ่นพื้นคอนกรีตในช่องที่อยู่ถัดไป

2.6 การอัดแต่งครั้งสุดท้าย การทำให้ยุบตัวและการตบแต่งผิวคอนกรีต

- การอัดแต่งและการทำให้ยุบตัว หลังจากเทพื้นคอนกรีตชั้นบนเสร็จแล้ว ให้รีบอัดแต่งและปาดคอนกรีตให้แน่นและเรียบโดยเร็วที่สุด ผิวคอนกรีตที่ตบแต่งเรียบร้อยแล้วจะต้องไม่มีเนื้อที่มีรูพรุน

ถ้าจำเป็นก็ต้องจัดให้มีที่ปาดอันที่สองเพื่ออัดแต่งคอนกรีตชั้นล่างด้วย

การอัดแต่งคอนกรีตให้กระทำโดยยกที่ปาดคอนกรีตตบลงบนคอนกรีต จนกระทั่งคอนกรีตมีความหนาแน่นตามต้องการ เรียบ และเต็มผิวหน้า

- การแต่งผิวคอนกรีตและการแก้ไขผิวคอนกรีต หลังจากที่ได้อัดแต่งคอนกรีตให้ยุบตัวและอัดแน่นดีแล้วให้ใช้อุปกรณ์แต่งผิว เช่น ไม้สามเหลี่ยม แต่งต่อจนได้ผิวเรียบ และได้ระดับตามแบบ อุปกรณ์แต่งผิวต้องเป็นแบบที่ได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว ต้องระมัดระวังที่จะเริ่มแต่งผิวในช่วงเวลาที่พอเหมาะ ห้ามพรมน้ำช่วยในการแต่งผิวคอนกรีต เพราะจะทำให้ความคงทนของผิวคอนกรีตลดลง หรืออาจเกิดการแตกร้าวที่ผิวหน้าได้ในภายหลัง

การแต่งผิวคอนกรีตตรงบริเวณรอยต่อก่อสร้างตามขวางให้กวาดคอนกรีตส่วนเกินซึ่งล้ำเกินไปในคอนกรีตเก่าที่ได้เทไว้ก่อนแล้วออกให้หมด และปรับระดับให้เสมอกับคอนกรีตเก่าก่อนที่คอนกรีตใหม่จะเริ่มแข็งตัว

ในการแต่งผิวคอนกรีตตรงบริเวณรอยต่อตามยาวจะต้องกระทำด้วยความระมัดระวังเป็นพิเศษ เพื่อให้ได้รอยต่อที่เรียบทั้งสองข้างของรอยต่อ ในกรณีที่สงสัยว่าการตบแต่งบริเวณรอยต่อยังไม่เรียบร้อยพอ นายช่างผู้ควบคุมงานอาจสั่งการให้ตรวจสอบความเรียบของผิวคอนกรีตตรงบริเวณรอยต่อ โดยใช้บรรทัดตรงวัดตรวจสอบ

ในการแต่งผิวคอนกรีต ถ้าพบว่าตอนใดต่ำไปก็ให้เรียบเสริมด้วยคอนกรีต ห้ามใช้มอร์ตาร์เสริม และตอนใดสูงไปก็ให้รีบปาดออก แล้วจึงอัดแต่งและตบแต่งผิวอีกครั้งหนึ่ง การแต่งผิวและการแก้ไขผิวคอนกรีตให้กระทำต่อเนื่องกันไปจนกระทั่งผิวพื้นคอนกรีตทั้งหมดนั้นเรียบ มีความลาด และรูปร่างถูกต้องตามแบบ

- การกวาด ให้กวาดผิวคอนกรีตในช่วงเวลาที่พอเหมาะ ไม้กวาดที่ใช้จะต้องมีคุณภาพ ขนาด และจัดทำตามแบบหรือตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

ให้ทำการกวาดจากขอบพื้นข้างหนึ่งไปยังอีกข้างหนึ่ง โดยให้แนวที่กวาดแต่ละแนวทับกันเล็กน้อย และทำให้เกิดรอยกวาดบนผิวหน้าสม่ำเสมอลึกประมาณ 2-3 มิลลิเมตร การกวาดนี้จะต้องทำให้แล้วเสร็จก่อนที่คอนกรีตจะอยู่ในสภาพซึ่งเมื่อกวาดจะทำให้ผิวหลุดออก หรือ

หยาบเกินสมควร ผิวหน้าที่กวาดเสร็จแล้วจะต้องไม่หยาบมาก ไม่มีรูพรุน หรือไม่สม่ำเสมอ และจะต้องอยู่ในสภาพที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

- การทำขอบที่รอยต่อ หลังจากที่กวาดคอนกรีตเสร็จแล้วและก่อนที่คอนกรีตนั้นจะเริ่มแข็งตัว ให้ใช้เครื่องมือซึ่งได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้วแต่งขอบพื้นคอนกรีตทุกด้านของรอยต่อให้มนมีรัศมี 5 มิลลิเมตร หรือตามแบบ ยกเว้นรอยต่อที่ใช้เลื่อยตัดตอนที่มนนั้นจะต้องมีรัศมีถูกต้องต่อเนื่องกันไปโดยตลอดความยาวของผิวที่เรียบแน่นด้วยมอร์ตาร์ การเลื่อนเครื่องมือในขณะที่แต่งจะต้องไม่กระทบกระเทือนต่อผิวหน้าของแผ่นพื้นคอนกรีตนั้นเกินสมควร โดยรอยที่ทำขึ้นต้องเรียบ กว้างไม่เกิน 4 มิลลิเมตร และลึกไม่เกิน 10 มิลลิเมตร

รอยต่อทุกรอยให้วัดรอบด้วยบรรทัดตรงก่อนที่คอนกรีตนั้นจะแข็งตัว และให้ทำการแก้ไขถ้าขอบข้างหนึ่งของรอยต่อสูงกว่าอีกข้างหนึ่ง หรือถ้ารอยต่อสูงหรือต่ำกว่าแผ่นพื้นคอนกรีตที่อยู่ข้างเคียงรอยต่อนั้น

2.7 การบ่ม

หลังจากกวาดและแต่งคอนกรีตเสร็จแล้ว ให้รีบบ่มคอนกรีตด้วยวิธีการอย่างหนึ่งอย่างใดตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

ในการบ่มคอนกรีตให้คลุมผิวพื้นคอนกรีตให้เต็มผิวหน้าด้วยวัสดุที่ใช้คลุมในการบ่มคอนกรีต ถ้าปรากฏว่าส่วนใดหลุดออกหรือสูญหายไปในระหว่างระยะเวลาที่บ่มจะต้องรีบใส่ปิดให้ใหม่โดยทันที ระหว่างระยะเวลาที่บ่มห้ามปล่อยผิวหน้าของแผ่นพื้นคอนกรีตทิ้งไว้โดยไม่มีสิ่งใดปกคลุม

ในกรณีที่ยังมีน้ำไม่เพียงพอสำหรับการบ่ม หรือมีวัสดุที่ใช้คลุมในการบ่มคอนกรีตไว้ที่หน้างานไม่เพียงพอ ก็ให้หยุดงานคอนกรีตไว้ก่อน

ในกรณีที่ปิดคลุมผิวหน้าของแผ่นพื้นคอนกรีตด้วยกระสอบ 2 ชั้น จะใช้กระสอบปิดคลุมไว้ตลอดเวลาอย่างน้อย 72 ชั่วโมง ตลอดระยะเวลา 72 ชั่วโมง ดังกล่าวนี้ให้ใช้น้ำฉีดกระสอบให้เปียกชื้นติดต่อกันไป ห้ามใช้น้ำเค็มหรือน้ำกร่อยบ่มคอนกรีต อาจจะใช้วิธีขังน้ำไว้บนแผ่นพื้นคอนกรีตโดยตลอด 72 ชั่วโมง แทนก็ได้

ในกรณีที่สารเหลวบ่มคอนกรีตเคลือบผิวคอนกรีต หากสารเหลวบ่มคอนกรีตเคลือบเหล็กยึด ก่อนจะเทคอนกรีตประกบอีกข้างหนึ่งจะต้องทำความสะอาดเหล็กยึดให้สารเหลวบ่มคอนกรีตออกจากเหล็กยึดให้หมด มิฉะนั้นเหล็กยึดอาจจะเสียคุณสมบัติการยึดเหนี่ยวได้

2.8 การรื้อแบบ

ห้ามรื้อแบบออกหลังจากเทคอนกรีตเสร็จเรียบร้อยแล้วเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 12 ชั่วโมง การรื้อแบบจะต้องระมัดระวังมิให้เกิดการเสียหายต่อแผ่นพื้นคอนกรีตนั้น

เมื่อรื้อแบบออกแล้ว ถ้าพบว่าคอนกรีตตอนใดผิวหน้าเป็นรูพรุนเล็กน้อย ก็ให้แต่งให้เรียบ โดยใช้มอร์ตาร์ซึ่งมีส่วนผสมปูนซีเมนต์ 1 ส่วน และทราย 2 ส่วน โดยน้ำหนัก ถ้านายช่างผู้ควบคุมงานพิจารณาเห็นว่าคอนกรีตตอนใดมีรูพรุนมากเกินสมควร ให้ถือว่าแผ่นพื้นคอนกรีตตอนนั้นใช้ไม่ได้ ผู้รับจ้างจะต้องรื้อออกแล้วหล่อให้ใหม่ ส่วนที่รื้อออกนี้ต้องเติมความหนาและความกว้างของแผ่นพื้นคอนกรีตนั้น โดยให้มีรอยต่อก่อสร้างตามขวางตามแบบ ค่าใช้จ่ายในการนี้ผู้รับจ้างต้องเป็นผู้รับผิดชอบเองทั้งหมด

2.9 การป้องกันแผ่นพื้นคอนกรีต

ต้องติดตั้งและบำรุงรักษาแผงกั้น และจัดให้มีคนเฝ้า ให้สัญญาณมิให้ยวดยานต่าง ๆ ผ่านไปบนแผ่นพื้นคอนกรีตที่หล่อเสร็จใหม่ ๆ จนกว่าแผ่นพื้นคอนกรีตนั้นจะมีอายุครบและรับน้ำหนักการจราจรได้ การตั้งแผงกั้นเหล่านี้จะต้องให้เป็นไปตามแบบมาตรฐานการติดตั้งป้ายจราจรระหว่างการก่อสร้างของกรมทางหลวง ในกรณีที่จำเป็นต้องเปิดการจราจรให้แล่นทับแผ่นพื้นคอนกรีต จะต้องจัดสร้างที่ข้ามที่เหมาะสมและมั่นคงแข็งแรง สำหรับให้ยวดยานแล่นข้ามได้

ในกรณีที่ช่องทางซึ่งเปิดให้การจราจรผ่านได้อยู่ติดกับแผ่นพื้นคอนกรีตหรือช่องทางที่กำลังเทคอนกรีต จะต้องติดตั้งรั้วกั้นชั่วคราวที่มั่นคงแข็งแรงเป็นแนวแบ่งแยกช่องทางดังกล่าว และจะต้องดูแลรักษารั้วกั้นนั้นจนกว่าจะเปิดการจราจรได้แล้วจึงรื้อออก

2.10 การยาแนวรอยต่อ

- การเตรียมรอยต่อ ก่อนจะทำการลงวัสดุยาแนวรอยต่อ รอยต่อจะต้องแห้ง ปราศจากฝุ่น กรวด ทราย และจะต้องขัดซีเมนต์ส่วนเกินออกจากผนังรอยต่อให้หมด และเป่าด้วยลมแรงที่แห้งเพื่อให้วัสดุยาแนวรอยต่อติดกับผนังรอยต่ออย่างแน่นหนาโดยไม่มีช่องว่าง

- การทาแนวรอยต่อด้วยวัสดุทารอยต่อ ก่อนที่จะลงวัสดุยาแนวรอยต่อจะต้องทาผนังรอยต่อด้วยวัสดุทารอยต่อที่เหมาะสมกับวัสดุยาแนวรอยต่อที่จะใช้ การทาวัสดุทารอยต่อ สามารถกระทำได้โดยใช้แปรง หรือจะใช้เครื่องพ่นก็ได้ ก่อนที่จะหยอดวัสดุยาแนวรอยต่อ จะต้องรอให้วัสดุทารอยต่อแห้งสนิทเสียก่อน

- การให้ความร้อนวัสดุยาแนวรอยต่อ ถังที่จะใช้ต้มวัสดุยาแนวรอยต่อจะต้องเป็นถัง 2 ชั้น โดยมีน้ำมันหรือของเหลวอื่นใดเป็นตัวกลางระหว่างชั้น เพื่อให้อุณหภูมิของวัสดุยาแนวรอยต่อสม่ำเสมอโดยทั่วกัน ถังต้มวัสดุยาแนวรอยต่อจะต้องมีเทอร์โมมิเตอร์ติดไว้เพื่อตรวจสอบอุณหภูมิทั้งขณะต้มและขณะหยอด

การทำให้วัสดุยาแนวรอยต่อหลอมละลายจะต้องค่อย ๆ ทำ โดยในระยะแรกจะต้องตัดวัสดุยาแนวรอยต่อที่อยู่ในสภาพแข็งให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ด้วยใบมีดที่ร้อน หรือมีดที่คมและถูกด้วยพาราฟีน หลังจากนั้นเอาวัสดุยาแนวรอยต่อที่ตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ บางส่วนลงไปหลอม

ละลายในถังต้ม พร้อมทั้งกวนอยู่ตลอดเวลา และในขณะเดียวกันก็ค่อย ๆ ใส่วัสดุยาแนวรอยต่อที่ตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ ส่วนที่เหลือลงไปในถังต้มทีละน้อย พร้อมกับกวนไปด้วย เมื่อวัสดุยาแนวรอยต่อหลอมละลายและมีคุณหภูมิสูงถึงอุณหภูมิที่จะหยอดได้ก็ให้หยอดลงไปในรอยต่อทันที ควรระมัดระวังอย่าให้อุณหภูมิของวัสดุยาแนวรอยต่อสูงเกินไป เพราะจะทำให้วัสดุยาแนวรอยต่อเสื่อมคุณภาพ

- การหยอดวัสดุยาแนวรอยต่อ อุณหภูมิในขณะที่หยอดวัสดุยาแนวรอยต่อให้เป็นไปตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตวัสดุยาแนวรอยต่อนั้น ๆ การหยอดวัสดุยาแนวรอยต่อจากถังต้ม ให้กระทำให้เสร็จโดยเร็ว ก่อนเริ่มงานหยอดใหม่ในแต่ละครั้งจะต้องเผาหัวสำหรับหยอดให้ร้อน เพื่อละลายวัสดุเก่าที่เกาะติดอยู่ออกให้หมด

- การหลอมละลายซ้ำ วัสดุยาแนวรอยต่อซึ่งได้นำไปหลอมละลายแล้วปล่อยให้เย็นจนแข็งตัว จะเอามาหลอมละลายใหม่เพื่อใช้งานต่อไปอีกไม่ได้ วัสดุยาแนวรอยต่อ ถ้าหลอมละลายแล้วใช้ไม่หมดจะต้องเอาออกทิ้งไป

- ระดับของการหยอด ควรหยอดวัสดุยาแนวรอยต่อให้ต่ำกว่าขอบของรอยต่อเล็กน้อย เพื่อป้องกันไม่ให้วัสดุยาแนวรอยต่อทะลักล้นขึ้นมาบนผิวคอนกรีตภายหลังเปิดการจราจรแล้ว

2.11 การเปิดการจราจร

ห้ามเปิดการจราจรบนแผ่นพื้นคอนกรีตที่สร้างเสร็จจนกว่าจะมีอายุครบ 14 วัน แต่ในกรณีที่จำเป็น เช่น บริเวณทางแยก และทางเชื่อม เป็นต้น อาจยอมให้เปิดการจราจรได้ ถ้าผลการทดสอบความต้านแรงของแท่งคอนกรีตไม่ต่ำกว่าที่กำหนดไว้ในแบบ การเปิดการจราจรจะทำได้เมื่อได้หยอดวัสดุยาแนวรอยต่อเรียบร้อยและได้รับอนุญาตจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว

ในกรณีแบบก่อสร้างที่มีผิวไหล่ทาง ให้ก่อสร้างผิวไหล่ทางให้เสร็จเรียบร้อยก่อนเปิดการจราจร หากจำเป็นต้องเปิดการจราจรจะต้องทำการป้องกันขอบผิวทางคอนกรีตไม่ให้เกิดการแตกหัก บิ่น จากการจราจร และห้ามกองวัสดุที่ใช้ทำไหล่ทางไว้บนผิวคอนกรีตหรือผสมหรือเกลี่ยดีแต่วัสดุที่ใช้ทำไหล่ทางบนผิวคอนกรีต เพราะจะทำให้ผิวคอนกรีตเสียหายได้

ร่างมาตรฐานการซ่อมผิวคอนกรีตแบบการปะฉาบผิว (Thin bonded patching)

งานนี้ประกอบด้วยการฉาบผิวของถนนคอนกรีตที่เกิดการหลุดร่อนที่ผิวหน้าหรือเกิดความเสียหายที่ผิวหน้าในระดับความลึกไม่มากกว่า 50 มิลลิเมตรจากผิวหน้าด้วยคอนกรีตผสมเสร็จ งานซ่อมผิวแบบ Thin bonded patching นี้ จะใช้กับความเสียหายของถนนคอนกรีตที่เกิดในลักษณะของรอยปีนตื้นตามแนวรอยต่อ (Shallow spalling at joints) การหลุดร่อนของผิวคอนกรีต (Scaling) หรือการแตกหลุดของผิวหน้าคอนกรีต (Surface breaking)

วัสดุ

1. ปูนซีเมนต์ ปูนซีเมนต์ที่ใช้อาจเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 หรือปูนซีเมนต์ชนิดพิเศษอื่นใดที่ได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อนนำมาใช้งาน

2. วัสดุมวลรวมเม็ดละเอียด วัสดุมวลรวมเม็ดละเอียดที่ใช้กันทั่วไปในงานคอนกรีต คือ ทราย ซึ่งจะต้องมีคุณสมบัติดังนี้

2.1 เป็นทรายน้ำจืดที่หยาบ

2.2 สะอาด ปราศจากวัสดุอื่นเจือปน เช่น ดิน เถ้าถ่าน และวัชพืช เมื่อทดลองตามวิธีทดลองที่ ทล.-ท. 201/2515 "วิธีการทดลองหา Organic impurities ในทรายสำหรับคอนกรีต" แล้วจะต้องมีสีไม่แก่กว่าสีมาตรฐาน

2.3 มีขนาดคละดังแสดงในตารางที่ จ.1

2.4 ในกรณีที่ต้องใช้วัสดุมวลรวมเม็ดละเอียดที่แตกต่างไปจากที่กำหนดไว้ข้างต้น จะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อน

3. วัสดุมวลรวมเม็ดหยาบ วัสดุมวลรวมเม็ดหยาบที่ใช้ในงานซ่อมผิวแผ่นพื้นคอนกรีต คือ หิน หรือ กรวด ซึ่งจะต้องมีคุณสมบัติดังนี้

3.1 เป็นวัสดุที่มีเนื้อแห้ง เหนียว ไม่ผุ สะอาด และปราศจากวัสดุอื่นเจือปน เมื่อทดลองตามวิธีการทดลอง ที่ ทส.-ท. 202/2515 "วิธีการทดลองหาความสึกหรอของ Coarse aggregate โดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion" แล้ว จะต้องมีค่าการสึกหรอไม่เกินร้อยละ 40

3.2 ไม่เป็นหินชนิดเนื้อหยาบพรุน ที่แช่ไว้ในน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมงแล้วมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นจากเดิมเกินกว่าร้อยละ 10

3.3 มีขนาดคละดังแสดงในตารางที่ จ.2

3.4 ในกรณีที่หินหรือกรวดที่หาได้ตามท้องถิ่นมีขนาดไม่ถูกต้องตามตารางที่ จ.2 อาจจะทำการหาอัตราส่วนผสมระหว่างหิน หรือกรวด ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป เพื่อให้ได้ขนาดและตามตารางที่ จ.2 โดยวิธี Mix design

3.5 ในกรณีที่ต้องใช้วัสดุมวลรวมเม็ดหยาบอื่นใดที่มีคุณสมบัติต่างไปจากที่กำหนดไว้ข้างต้น ต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อน

4. น้ำ น้ำที่จะนำมาใช้ผสมหรือบ่มคอนกรีตได้จะต้องสะอาดปราศจากสารต่าง ๆ เช่น เกลือ น้ำมัน กรด ด่าง และอินทรีย์วัตถุ หรือสารอื่นใดในปริมาณที่เป็นอันตรายต่อคอนกรีต

5. สารผสมเพิ่ม ในกรณีที่ต้องการจะใช้สารผสมเพิ่มเพื่อปรับปรุงคุณภาพของคอนกรีตต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อน

6. ซีเมนต์เพสต์ (Cement paste) ซีเมนต์เพลต์เป็นวัสดุที่ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมยึดระหว่างคอนกรีตเก่ากับคอนกรีตที่จะฉาบลงไปใหม่ ซีเมนต์เพลต์เป็นส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 หรือประเภทอื่นใดที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นชอบ กับน้ำ โดยใช้อัตราส่วนระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.70

7. คอนกรีตละเอียด (Fine concrete) เป็นคอนกรีตที่ใช้ฉาบลงไปบนแผ่นพื้นคอนกรีตเก่าที่ได้สะกัดเอาส่วนที่ชำรุดออก และผ่านกระบวนการทำความสะอาดผิวหน้าเรียบร้อยแล้ว

ตารางที่ จ.1 ขนาดคละของทรายที่ใช้ผสมคอนกรีต

ขนาดตะแกรง (มม.)	ร้อยละที่ผ่านตะแกรงโดยน้ำหนัก
9.5	100
เบอร์ 4 (4.75)	95 – 100
เบอร์ 16 (1.18)	45 – 85
เบอร์ 50 (0.300)	5 – 30
เบอร์ 100 (0.150)	0 - 10

ตารางที่ จ. 2 ขนาดคละของหิน หรือกรวดที่ใช้ผสมคอนกรีต

ขนาดตะแกรง (มม.) / ขนาดที่ระบุ (มม.)	ร้อยละที่ผ่านตะแกรงโดยน้ำหนัก				
	(1/2) 12.7	(3/8")	เบอร์ 4 (4.15)	เบอร์ 8 (2.36)	เบอร์ 16 (1.18)
9.5 – เบอร์ 8 (2.36)	100	80 – 100	10 – 30	0 – 10	0 - 5

ส่วนผสมของคอนกรีตละเอียดประกอบด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 หรือประเภทอื่นใด : ทราย : หิน เท่ากับ 1 : 2 : 2 โดยน้ำหนัก

อัตราส่วนระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์ต้องไม่สูงกว่า 0.45

8. กรดเกลือ (Hydrochloric acid) เป็นกรดเกลือชนิด Commercial grade บรรจุอยู่ในถังที่มีความปลอดภัย ภาชนะที่บรรจุกรดเกลือต้องมิดชิด มีท่อและวาวล์สำหรับควบคุม การพ่นกรดเกลือไปบนผิวหน้าของคอนกรีตที่ผ่านการสะกัดแล้ว เพื่อกัดคอนกรีตส่วนที่ไม่มั่นคงแข็งแรงให้หลุดออกไป

9. วัสดุที่ใช้บ่มคอนกรีต วัสดุที่ใช้บ่มคอนกรีต ได้แก่ กระสอบป่านที่อุ้มน้ำ สารประกอบที่ใช้บ่มคอนกรีตหากจะนำมาใช้งานต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อน

เครื่องจักรและเครื่องมือ

1. เลื่อยตัดคอนกรีต (Sawing machine) เลื่อยตัดคอนกรีตที่มีกำลังสูง สามารถตัดคอนกรีตตามแนวที่กำหนดได้ความลึกตามที่ต้องการ โดยไม่ทำให้คอนกรีตกะเทาะหรือแตกบิ่น

2. เครื่องอัดอากาศ (Air compressor) ใช้ร่วมกับเครื่องกะเทาะคอนกรีตด้วยมือ (Jack hammer) ทำให้คอนกรีตส่วนที่ชำรุดหลุดออกไป นอกจากนี้ลมจากเครื่องอัดอากาศยังจะใช้สำหรับเป่าเศษคอนกรีตที่สะกัดออกมาจากแผ่นพื้นคอนกรีต และฝุ่นในบริเวณที่ทำการสะกัดให้หลุดออกไปจากผิวหน้า

3. เครื่องกะเทาะคอนกรีตด้วยมือ (Jack hammer) ใช้กะเทาะผิวหน้าคอนกรีตบริเวณที่เกิดความเสียหายให้แตกหลุดออกจากแผ่นพื้นคอนกรีต

4. เครื่องขูดผิวหน้าคอนกรีต (Concrete scarifier) ใช้สำหรับขูดผิวหน้าคอนกรีตบริเวณที่จะทำการปะซ่อมโดยใช้งานร่วมกับเครื่องกะเทาะคอนกรีตด้วยมือ เครื่องขูดผิวหน้า

คอนกรีตจะทำให้เกิดผิวหน้าที่หยาบสม่ำเสมอ อันจะช่วยให้เกิดแรงเกาะยึดที่มั่นคงแข็งแรงกับคอนกรีตใหม่

เครื่องขูดผิวคอนกรีตอาจเป็นแบบ Self-propelled scarifier หรือแบบ Cold-bitting machine ก็ได้

5. เครื่องฉีดน้ำแรงดันสูง (High pressure water tank) ใช้สำหรับล้างทำความสะอาดแผ่นพื้นคอนกรีตที่ผ่านการขูดด้วยเครื่องขูดผิวหน้าคอนกรีต

6. แปรงลวดไฟฟ้า (Power wire brush) ใช้สำหรับทำความสะอาดผิวหน้าของแผ่นพื้นคอนกรีตที่ผ่านการขูดด้วยเครื่องขูดผิวหน้าคอนกรีต

7. แบบหล่อคอนกรีต (Formwork) ใช้สำหรับกำหนดขอบเขตของการฉาบคอนกรีตใหม่ลงไปบนคอนกรีตเก่า

8. แปรงทาสี (Brush) ใช้สำหรับป้ายทาซีเมนต์เพลต์ลงไปบนผิวหน้าของคอนกรีตที่ได้ผ่านกระบวนการ การขูดผิวหน้าและการทำความสะอาดเรียบร้อยแล้ว

9. เกรียง (Spatula) ใช้สำหรับอัดแต่งคอนกรีตละเอียดที่ฉาบทับลงไปบนคอนกรีตเก่า

10. แปรงลวด (Wire brush) ใช้สำหรับคราดผิวหน้าของคอนกรีตที่ฉาบลงไปใหม่ให้มีเนื้อหยาบ

11. เครื่องรีดลั่นสะเทือน (Vibrating screed) ใช้สำหรับอัดแต่งคอนกรีตที่ฉาบลงไปบนคอนกรีตเก่าให้แน่นและเรียบ

วิธีการซ่อม

1. การเตรียมพื้นที่

1.1 กำหนดพื้นที่ที่จะทำการซ่อมผิวแบบ Thin bonded patching โดยใช้สีพ่นทำเครื่องหมายแสดงขอบเขตของบริเวณที่จะทำการซ่อมในแต่ละแห่งไว้บนผิวถนนคอนกรีต ขอบเขตการซ่อมต้องอยู่พ้นแนวที่เกิดความเสียหายอย่างน้อยที่สุด 50 มิลลิเมตร

1.2 ใช้เลื่อยตัดคอนกรีตตามแนวที่ทำเครื่องหมายไว้ในข้อ 1.1 เพื่อแสดงบริเวณที่จะต้องสะกัดผิวหน้าคอนกรีตออก ความลึกของการตัดให้อยู่ระหว่าง 25-50 มิลลิเมตร ตามสภาพและขอบเขตความเสียหายของผิวคอนกรีต

1.3 ใช้เครื่องกะเทาะคอนกรีตด้วยมือ และหรือเครื่องขูดผิวหน้าคอนกรีตสะกัดผิวคอนกรีตส่วนที่ชำรุด หรือหลุดหลวมให้หลุดออกไปให้หมด การสะกัดให้สะกัดจนถึงชั้นคอนกรีตที่มีความแข็งแรงมั่นคง โดยความลึกของการสะกัดให้อยู่ในช่วง 25-50 มิลลิเมตร ผิวหน้าของคอนกรีตที่ผ่านการขูดด้วยเครื่องมือต่าง ๆ ดังกล่าวควรจะมีเนื้อหยาบอย่างสม่ำเสมอ

1.4 ใช้แปรงลวดไฟฟ้าแปรงเอาเศษคอนกรีตและฝุ่นให้หลุดออกไปจากผิวหน้าของคอนกรีตที่สะกัดแล้ว ในการใส่ฝุ่นและเศษคอนกรีตส่วนละเอียดที่ยังหลงเหลืออยู่ให้ใช้เครื่องอัดอากาศช่วยเป่าจนสะเก็ดปูนและหินรวมทั้งฝุ่นหลุดออกจากผิวหน้าของคอนกรีตที่สะกัดเสร็จแล้ว ในกรณีจำเป็นอาจใช้เครื่องฉีดน้ำแรงดันสูงฉีดน้ำล้างช่วยก็ได้

1.5 ใช้กรดเกลือชนิด Commercial grade ฉีดทับลงไปบนผิวหน้าของคอนกรีตที่สะกัดและเป่าเอาฝุ่นออกจนหมดแล้วอย่างทั่วถึง ปล่อยให้กรดเกลือทำปฏิกริยาเคมีกับหินและปูนซีเมนต์จนหมดปฏิกริยา โดยจะสังเกตได้จากฟองอากาศที่ปรากฏในน้ำกรดบนผิวหน้าคอนกรีต ถ้าไม่มีฟองอากาศเกิดเพิ่มขึ้นในกรดเกลือที่ได้พ่นลงไปบนผิวหน้าของคอนกรีต แสดงว่าปฏิกริยาเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์แล้ว ให้ใช้เครื่องฉีดน้ำแรงดันสูงฉีดน้ำล้างเอากรดเกลือออกไปจากผิวหน้าของคอนกรีตให้สะอาด การล้างให้ล้างหลาย ๆ ครั้งจนแน่ใจว่ากรดเกลือถูกล้างออกไปจนหมด

1.6 ปล่อยให้น้ำส่วนเกินระเหยออกไปจากผิวหน้าของแผ่นคอนกรีตที่ผ่านการสะกัดและการทำความสะอาดตามกระบวนการต่าง ๆ ดังกล่าว ผิวหน้าของคอนกรีตสะกัดที่เหมาะสมที่จะทำการฉาบด้วยคอนกรีตใหม่ต้องไม่แห้งสนิท แต่มีชั้นบาง ๆ ของน้ำปรากฏอยู่บนผิวหน้า

2. การฉาบผิว

2.1 ทำการติดตั้งแบบหล่อคอนกรีตที่จำเป็นและเหมาะสมกับพื้นที่จะทำการซ่อม

2.2 ใช้แปรงทาสีชุบซีเมนต์เพสต์ (Cement paste) ทาทับลงไปบนผิวหน้าคอนกรีตสะกัดให้ทั่วทั้งผิว แล้วทาทับลงไปอีกให้ทั่วหลาย ๆ ครั้ง จนได้ความหนาของซีเมนต์เพสต์ประมาณ 3-6 มิลลิเมตร ตามสภาพความหยาบของผิวคอนกรีต

ปล่อยให้ซีเมนต์เพสต์อยู่ตัว (Set) บนผิวหน้าของคอนกรีตสะกัดนานไม่เกิน 90 นาที ซีเมนต์เพสต์จะทำหน้าที่ยึดคอนกรีตเก่ากับคอนกรีตใหม่ให้เชื่อมต่อเป็นเนื้อเดียวกันอย่างมั่นคงแข็งแรง

2.3 เมื่อซีเมนต์เพสต์เริ่มอยู่ตัวให้เทคอนกรีตละเอียดลงไปในพื้นที่ที่ได้เตรียมไว้ โดยใช้เกรียงและเครื่องมืออื่นใดปาดคอนกรีตให้แผ่กระจายไปบนผิวหน้าของพื้นที่ที่ทำการซ่อมอย่างทั่วถึง

การบดอัดคอนกรีตให้บดอัดโดยใช้เครื่องรีดสั่นสะเทือน (Vibrating screed) ผ่านไปมาบนคอนกรีตที่ฉาบลงไปใหม่จะกระทั่งคอนกรีตแน่นตัวดี

ในกรณีที่พื้นที่ที่ทำการฉาบผิวเล็กมากกว่าใช้เครื่องรีดสั่นสะเทือนไม่สามารถจะกระทำได้ ก็ให้ใช้เกรียงหรือไม้สามเหลี่ยมตบไปบนผิวหน้าของคอนกรีตให้เต็มหน้าหลายๆ ครั้ง

ภายหลังการบดอัดให้ปาดแต่งคอนกรีตให้เรียบเข้ากับถนนเดิมอย่างเรียบร้อย

2.4 เมื่อคอนกรีตที่ฉาบลงไปเริ่มจะแข็งตัว ให้ใช้แปรงลวดขูดผิวหน้าของคอนกรีตตามแนวขวางถนน เพื่อให้เกิดร่องเล็ก ๆ บนผิวหน้าของคอนกรีตที่ได้เทใหม่

2.5 บ่มคอนกรีตที่ได้เท และแต่งหน้าเสร็จเรียบร้อยแล้วด้วยวัสดุที่ใช้ในการบ่มที่เหมาะสม

ในการบ่มคอนกรีต ให้คลุมผิวหน้าคอนกรีตบริเวณที่เทใหม่ให้เต็มหน้าด้วยกระสอบป่านที่ทำให้ชุ่มน้ำตลอดเวลา ระหว่างการบ่มคอนกรีตห้ามปล่อยผิวหน้าของคอนกรีตใหม่ทิ้งไว้โดยไม่มีสิ่งใดปกคลุม

การบ่มให้บ่มนาน 72 ชั่วโมง นับตั้งแต่เริ่มฉาบผิวคอนกรีตสำหรับคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ประเภท 1

ในกรณีที่ใช้ปูนซีเมนต์ชนิดพิเศษ ระยะเวลาการบ่มสามารถจะเปลี่ยนแปลงได้ตามที่ผู้ผลิตปูนซีเมนต์ชนิดพิเศษนั้น ๆ กำหนด

วิธีการซ่อมรอยแตกของผิวทางคอนกรีตแบบการอัด Epoxy mortar

1. ให้สะกัดขยายรอยแตกให้กว้างประมาณ 4-5 เซนติเมตร ลึกประมาณ 4-5 เซนติเมตร โดยสะกัดเป็นรูปลิ่ม (V Groove) ตลอดแนวรอยแตก

2. ทำความสะอาดร่องที่สะกัดโดยใช้แปรงเหล็กขัดแรง ๆ หลาย ๆ ครั้ง

3. เป่าฝุ่นที่ยังค้างอยู่ในร่องที่สะกัดออกให้หมดโดยใช้เครื่องเป่าลม

4. ฉาบ Epoxy resin ลงไปบนผิวหน้าของร่องที่สะกัดให้ทั่ว โดยใช้แปรงทาสี Epoxy rasin ชั้นนี้จะทำหน้าที่ยึด Epoxy mortar ที่จะใช้อุดร่องที่ได้สะกัดไว้แล้วให้มั่นคงแข็งแรงยิ่งขึ้น Epoxy Resin ที่ทับทับลงไปบนผิวหน้าของร่องคอนกรีตนี้เรียกว่า Epoxy bonding layer

5. นำ Epoxy mortar ที่ได้จากการผสม Epoxy กับทรายละเอียดแห้งที่ล้างน้ำสะอาดอัดลงไปในช่อง V Groove ให้แน่น โดยให้ Epoxy mortar มีระดับสูงกว่าผิวของคอนกรีตเล็กน้อย แล้วนาบแผ่นเหล็กลงเหนือ Epoxy mortar แล้วใช้ค้อนยางทุบลงบนหลังแผ่นเหล็กเพื่ออัดให้ Epoxy mortar แน่นตัว

6. บ่ม Epoxy mortar ให้นานตามที่ข้อกำหนดของผู้ผลิต Epoxy กำหนด ก่อนเปิดการจราจร

7. การอัด Epoxy mortar จะต้องอัดให้เสร็จโดยเร็วก่อนที่ Epoxy mortar จะเริ่มแข็งตัว อันจะทำให้การอัดทำได้ไม่สมบูรณ์ และจะทำให้การอุดร่องรอยที่สะกัดออกไปไม่แข็งแรงเท่าที่ควร อันอาจจะทำให้เกิดการหลุดลอกของ Epoxy mortar ซ้ำอีกครั้งหนึ่งได้

ในระหว่างการบ่มให้ตัดรอยต่อตามขวาง หรือรอยต่อตามยาวให้อยู่แนวเดียวกับรอยต่อเดิม ภายหลังจากเทคอนกรีตนาน 4-24 ชั่วโมง พร้อมทั้งดำเนินการอุดรอยต่อด้วยวัสดุยาแนวรอยต่อตามวิธีการในมาตรฐานที่ ทล.-ม. 409/2530 "ข้อกำหนดการควบคุมงานก่อสร้างถนนปอร์ตแลนด์ซีเมนต์คอนกรีต"

8. เพื่อให้คอนกรีตที่เททับลงไปมีคุณภาพเหมาะสม Fine concrete จะต้องมีค่า Unconfined compressive strength ไม่น้อยกว่า 325 กม./ซม^2 ที่อายุ 28 วัน เมื่อทดสอบตามมาตรฐานของ มอก.409-2525 "วิธีการทดสอบความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีต"

9. ในการซ่อมรอยบิ่นตื้นนี้ อาจจะใช้ Epoxy mortar แทน Fine concrete ก็ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในถนนที่มีปริมาณการจราจรสูงมาก แต่จะต้องดำเนินการในลักษณะเดียวกับการซ่อมรอยแตก

รอยบิ่นลึกบริเวณรอยต่อ (Deep spalling)

1. ลักษณะ รอยบิ่นลึกจะเกิดลึกลงไปจนถึงกึ่งกลางความหนาของแผ่นพื้นคอนกรีต หรือลึกมากกว่านั้นจนถึงก้นของแผ่นพื้นคอนกรีต สาเหตุของรอยบิ่นลึกอาจจะเกิดจากความไม่สมบูรณ์ของ Dowel bar หรือเกิดจากการแทรกตัวของเม็ดหินลงไปในร่องรอยต่อก็ได้ รอยบิ่นลึกจะทำให้ขอบของแผ่นพื้นคอนกรีตแตกและเกิดการยุบตัวของบริเวณที่แตก การซ่อมชั่วคราวของรอยบิ่นลึกมักจะใช้ Premix ฉาบปะเพื่อป้องกันมิให้น้ำซึมลงไป และลดการกระแทกของล้อรถในขณะผ่านรอยบิ่น

2. การซ่อม จะต้องทำ Full depth repair ซึ่งจะต้องทำการรื้นคอนกรีตเก่าบางส่วนออก แล้วเทคอนกรีตใหม่ทับลงไปพร้อมทั้งติดตั้งเหล็ก Dowel bar, Tie bar ในแผ่นพื้นคอนกรีตที่เทใหม่ รวมทั้งการหยอดวัสดุยาแนวรอยต่อภายหลังเสร็จการซ่อม ซึ่งมีขั้นตอนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.1 วิธีการซ่อมผิวคอนกรีตโดยวิธีรื้อแผ่นเก่าทิ้งแล้วหล่อแผ่นใหม่แทน

จะต้องทุบคอนกรีตเก่าทิ้งทั้งแผ่น แล้วหล่อคอนกรีตใหม่แทนที่ในลักษณะของ Full depth repair ในการหล่อคอนกรีตใหม่ จะต้องทำการติดตั้งเหล็ก Dowel bar เหล็ก Tie bar และเหล็กเสริมในแผ่นพื้นคอนกรีตที่เทใหม่ ในกรณีที่จะต้องหล่อแผ่นพื้นคอนกรีตใหม่หลาย ๆ แผ่น ให้จัดทำรอยต่อเผื่อหดให้ตรงกับแนวรอยต่อเก่าให้มากที่สุด นอกจากนี้แผ่นพื้นคอนกรีตที่หล่อใหม่ หากยาวมากกว่า 15 เมตร ให้ดำเนินการตัดรอยต่อเผื่อหดเพิ่มอีก 1 รอย เพื่อลดความยาวของแผ่นพื้นคอนกรีตให้สั้นลง การตัดรอยต่อให้ตัดให้ตรงกับรอยต่อเดิม พร้อมทั้งฝัง Dowel bar ด้วย การดำเนินการซ่อมรอยแตกแบบ Full depth repair ให้ดำเนินการเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

- กำหนดขอบเขตของความเสียหาย โดยการตีกรอบล้อมรอบบริเวณที่จะต้องรื้อออก ซึ่งกรอบที่กำหนดขอบเขตที่จะต้องรื้อนี้ จะต้องอยู่เลยจากบริเวณที่เกิดความเสียหายอย่างน้อยที่สุด 5 เซนติเมตร และแนวที่กำหนดนี้ควรจะอยู่พ้นจากแนวปลายของ Dowel bar ที่มีอยู่ในแผ่นพื้นคอนกรีตเดิม อย่างไรก็ตาม ควรทุบแผ่นพื้นคอนกรีตที่แตกทั้งแผ่นพื้น เพื่อเตรียมการหล่อแผ่นใหม่

- เลื่อยตัดแผ่นพื้นคอนกรีตตามแนวที่ได้กำหนดตลอดความกว้างของแผ่นพื้นคอนกรีต แนวที่ทำการเลื่อยตัด ควรจะพ้นจากแนวปลายของ Dowel bar ในแผ่นพื้นคอนกรีตเดิม การเลื่อยตัด พยายามอย่าให้เกินเข้าไปในแผ่นพื้นคอนกรีตที่อยู่ข้างเคียง และไม่ได้กำหนดให้ทำการตัด

- ภายหลังจากที่เลื่อยตัดแผ่นพื้นคอนกรีตตามแนวที่ได้กำหนดเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ทำการทุบคอนกรีตให้แตก แล้วค่อย ๆ นำคอนกรีตที่ทุบแตกออกไปให้พ้นจากบริเวณที่จะทำการซ่อม การทุบคอนกรีตพยายามอย่าไปทำลายคอนกรีตนอกขอบเขตที่จะทำการซ่อม

- ทำความสะอาดชั้นทางใต้แผ่นพื้นคอนกรีตที่ทุบออก ปรับให้ได้ระดับ และบดอัดให้แน่นตามแบบก่อสร้างเดิม

- ตามแนวกึ่งกลางของแผ่นพื้นคอนกรีตเจาะรูเพื่อที่จะฝัง Dowel bar ตามแบบของกองสำรวจและออกแบบทั้งหมด ความลึกของการฝัง ตามแนวฝังที่ตั้งฉากกับแนวถนนของแผ่นพื้นคอนกรีตและทหให้ทำการเจาะรูเพื่อที่จะฝัง Tie bar ตามแนว Longitudinal joint ด้วย โดยเจาะให้ใกล้เคียงกับบริเวณที่เคยมี Tie bar เก่าอยู่ ซึ่งจะสังเกตได้จากรอบ Tie bar ที่ถูกตัดขาดออกไปในระหว่างการตัดในขั้นตอนที่ 2

รูที่เจาะเพื่อฝัง Dowel bar จะต้องมีขนาดพอดีที่จะสอด Dowel bar ได้ Dowel bar ทางด้านที่ฝังเข้าไปในคอนกรีตจะพิจารณาเป็น Free end ส่วนปลายที่ยื่นออกมาจะถือเป็น Fixed end ดังนั้นปลายของ Dowel bar ที่ฝังเข้าไปในคอนกรีตเก่า จะต้องอยู่ห่างจากกันรูเล็กน้อย

- ในสภาพอากาศที่แห้งให้ทำการฝัง Dowel bar เข้าไปในรูที่ได้เจาะไว้ Dowel bar ที่ฝังจะต้องนำมาทาผิวด้วยยางมะตอยเหลวประมาณครึ่งหนึ่งของความยาวก่อนนำไปติดตั้งในรูที่ได้เจาะไว้ และเพื่อเป็นการป้องกันการติดยึดอย่างแท้จริง ก่อนฝัง Dowel bar เข้าไปในรูให้ใช้พลาสติกบาง ๆ พันรอบ Dowel ทางด้านที่ชุบยางมะตอยเหลวก่อนนำ Dowel bar ไปติดตั้งในที่ทำการติดตั้ง Tie bar เข้าไปในรูที่ได้เจาะเตรียมไว้ตามแนว Longitudinal joint พร้อมทั้งใช้ Cement mortar อัดปิดรู Tie bar จนเต็มรู

- ตรวจสอบสภาพชั้นทราย หรือชั้นรองพื้นทางว่ามีความมั่นคงแข็งแรงดีพอ ถ้าชั้นทรายหรือชั้นรองพื้นทางแห้งเกินไป ให้ใช้น้ำพรมให้ผิวหน้าชื้นก่อนการเทคอนกรีต

ในกรณีที่ช่วงงานที่จะเทคอนกรีตมีความยาวเกินกว่าความยาวของแผ่นคอนกรีตเดิมมาก (ในกรณีนี้ช่วงงานเทคอนกรีตที่ยาวกว่า 15 เมตร) ให้จัดทำรอยต่อเผื่อหดตามขวางในระยะทางที่เหมาะสม ความยาวของแผ่นพื้นคอนกรีตช่วงระหว่างรอยต่อเผื่อหดของแผ่นพื้นคอนกรีตที่เทใหม่ ควรจะอยู่ในช่วงประมาณ 5-10 เมตร การเทคอนกรีตเป็นแผ่นเดียวกันยาวเกินไปจะทำให้แผ่นพื้นคอนกรีตมีโอกาสที่จะแตกมากกว่าการทำให้แผ่นพื้นคอนกรีตสั้นลงโดยการทำรอยต่อเผื่อหดมาคั่น

- เมื่อตรวจสอบชั้นทราย หรือชั้นรองพื้นทาง รวมทั้งการติดตั้ง Dowel bar tie bar บนผนังของแผ่นพื้นคอนกรีตเก่า และการติดตั้ง Dowel bar สำหรับรอยต่อเผื่อหดในตำแหน่งที่ได้กำหนดเรียบร้อยแล้ว ให้ทำการเทคอนกรีตได้

คอนกรีตที่ใช้จะต้องมีคุณสมบัติถูกต้องตามมาตรฐาน ที่ ทล.-ม. 409/2530 "ข้อกำหนดการควบคุมงานก่อสร้างถนนปอร์ตแลนด์ซีเมนต์คอนกรีต" โดยมีข้อกำหนดต่าง ๆ เกี่ยวกับส่วนผสมคอนกรีตที่สำคัญดังนี้

ปริมาณปูนซีเมนต์ = 350 กก./ม.^{3}

Water/Cement Ratio $\leq$ 0.55 โดยน้ำหนัก

Slump = 3-7 ซม.

และมีค่ากำลังรับแรงอัดไม่น้อยกว่า 325 กก./ซม^2 ที่อายุ 28 วัน เมื่อทดสอบตามมาตรฐานของ มอก. 409-2525 "วิธีการทดสอบความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีต"

2.2 วิธีการซ่อมรอยแตกแบบ Fill dense grade asphalt concrete

- ทุบเอาเนื้อคอนกรีตส่วนที่แตกออก
- ปรับระดับชั้น Subbase ถ้าจำเป็นให้ Prime ตามวิธีที่กล่าวไว้ใน Specification P- 1 Asphalt-Priming of Granular Type Base Course Asphalt Surface Treatments and Asphalt Penetration Macadam, Maseual Series No. 13 (MS-13) The Asphalt Institute
- Tack coat ที่ผนังของ Slab ที่ทุบเอาส่วนที่เสียออกไปแล้ว
- ใส่ Dense Grade Asphalt Concrete (Asphalt Institute Mix Type IV b) ลงไปเป็นชั้น ๆ ชั้นละไม่เกิน 4 นิ้ว
- บดทับด้วยแผ่นสั่นสะเทือน
- ผิวชั้นบนต้องปรับระดับให้ได้เท่ากับผิวเดิม

2.3 วิธีการซ่อมรอยแตกแบบ Seal with subber asphalt compound

เป็นวัสดุในการทำ Sealing โดยทั่ว ๆ ไป ถึงปัจจุบันนี้ยังนิยมใช้กันอยู่หลายแห่ง แต่ในระยะหลัง ๆ นี้ Rubber asphalt compound ได้รับนิยมมากกว่า เพราะนอกจากจะให้ผลดีในด้านอื่น ๆ แล้ว ในลักษณะอากาศเย็น Rubber asphalt compound ยังไม่เปราะง่าย ไม่อ่อนตัว และไม่เป็นรอยเมื่อรับภาวะจราจรในขณะที่อากาศร้อน ดังตารางที่ จ.3

ตารางที่ จ.3 รายการ Rubber asphalt compound สำหรับอุดรอยต่อและ Crack sealer ชนิดต่าง ๆ

Material	Type	Specification		
		Federal	ASTM	AASHO
Rubber-asphalt	Cold-applied	SS-S-156	D 1850	-
Rubber-asphalt	Cold-applied-mastic	SS-S-159b	D 1850	-
Rubber-asphalt	Ilot-applied	SS-S-164	D 1190	M 173

<u>วิธีซ่อม</u>

1. เป่าทรายออกจากรอยแตก ในความลึกไม่น้อยกว่า 1 นิ้ว และบนผิวถนนในระยะไม่น้อยกว่า 1 นิ้ว จากแนวรอยแตกออกให้หมด

2. ใช้เครื่องอัดลมเป่าในรอยแตก

3. อุดรอยแตกด้วย Rubber asphalt compound ซึ่งเลือกจาก ตารางที่ จ.1 ลงไปครึ่งของความลึกของรอยแตก

4. อุดโพรงใต้แผ่นพื้น (Underseal) ด้วยวิธีการอธิบายไว้ใน Specification for Undersealing Portland Concrete Pavement with Asphalt, Specification Series No.6 (SS-6) The Asphalt Institute

5. อุดรอยแตกด้วย Rubber asphalt compound ให้เต็มรอยแตกนั้น

ภาคผนวก ฉ

ความเสียหายของผิวทางคอนกรีตอันเนื่องมาจากปัญหาต่าง ๆ
(ธีระชาติ รื่นไกรฤกษ์ และคณะ, 2535)

ความเสียหายของผิวทางคอนกรีตอันเนื่องมาจากปัญหาต่าง ๆ

<u>ปัญหาความเสียหายอันเนื่องมาจากวัสดุผสมคอนกรีต</u>

ความเสียหายของแผ่นพื้นคอนกรีต อาจจะมีสาเหตุมาจากวัสดุที่ใช้ไม่เหมาะสมหรือการก่อสร้างไม่ถูกต้องตามขั้นตอนตามมาตรฐานของงาน ในที่นี้จะกล่าวถึงความเสียหายอันเนื่องมาจากวัสดุ

1. ทรายผสมคอนกรีต ทรายผสมคอนกรีตถ้ามีส่วนละเอียดมาก มีดินปนมาก จะเกิดรอยแตกผิวมาก และทำให้ผิวหลุดเกิดเป็นหน้าข้าวตังได้ภายหลังการเปิดการจราจร

2. หินหยาบ หินหยาบสกปรกและมีดินปนจะทำให้คอนกรีตหลุดจากหิน โดยเฉพาะในบริเวณผิวหน้า ทำให้เกิดหน้าที่หยาบและถนนไม่เรียบ ความเสียหายอาจเกิดมากจนทำให้ถนนกร่อนและแตกได้ในที่สุด

3. ปูนซีเมนต์ ปูนซีเมนต์ถ้าน้อยเกินไปจะทำให้คอนกรีตไม่แกร่ง เกิดการหลุดร่อน ทำให้หินใหญ่โผล่ เกิดหน้าที่หยาบทำให้ผิวถนนไม่เรียบ และถ้าเกิดมากจะทำให้ถนนแตกได้ในเวลาอันสั้น

4. น้ำ น้ำที่ไม่สะอาด จะทำให้คอนกรีตมีกำลังรับแรงต่ำ การพัฒนากำลังรับแรงช้าภายหลังการเปิดใช้งานผิวถนนจะหลุดทำให้เกิดผิวหน้าที่ไม่เรียบ และทำให้ถนนแตกได้โดยง่าย

<u>ปัญหาความเสียหายอันเนื่องมาจากการก่อสร้างหรือการซ่อม</u>

1. ชั้นทางรองคอนกรีต ในการทำ Full depth repair ภายหลังการรื้อแผ่นพื้นคอนกรีตเก่าที่เสียหายออกหมดแล้ว จะต้องตรวจสอบชั้นทางรองคอนกรีตดูว่ามีดิน หรือวัสดุที่ไม่เหมาะสมปะปนอยู่หรือเปล่า ทางที่ดีที่สุดควรขุดของเก่าออกบางส่วนหรือทั้งหมด แล้วใส่ของใหม่แทน บดอัดให้แน่น ถ้าสามารถทำได้ควรทดสอบความแน่นในสนามด้วย บริเวณที่บดอัดได้ไม่สะดวก เช่น ตามขอบ ตามมุม ควรใช้เสาไม้กระทุ้งให้แน่นแทนการใช้รถบด หรือเครื่องมือบดอัดชั้นทางรองคอนกรีตจะต้องแข็งแรง มีระดับสม่ำเสมอ มีความชื้นพอควรจึงค่อยเทคอนกรีต การเตรียมชั้นทางรอบคอนกรีตที่ไม่เหมาะสมจะทำให้คอนกรีตที่เทใหม่เสียหายได้โดยง่าย

2. ส่วนผสมคอนกรีต ในการซ่อมถนนคอนกรีต วัสดุที่จะนำมาใช้เป็นส่วนผสมคอนกรีตทุกอย่างต้องสะอาด การผสมคอนกรีตคาดว่าจะเป็นแบบ Batch type คุณสมบัติของวัสดุจะมีส่วนสำคัญคือ คุณภาพของคอนกรีตมาก ปูนซีเมนต์จะต้องไม่น้อยกว่า 350 กก. คือ คอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร ส่วนผสมคอนกรีตที่ใช้งานซ่อมควรใส่ซีเมนต์มากกว่าปกติ (แก่ปูน) ในทุกงาน

เพราะเป็นคอนกรีตที่ต้องรับแรงเสียดสีสูง และทำงานโดยใช้ Batch mixer ซึ่งการผสมอาจสู้เครื่องผสมแบบ Plant mixer ไม่ได้

<u>ปัญหาความเสียหายของคอนกรีตอันเนื่องมาจากปัญหาทางด้าน Geotechnical engineering</u>

1. ลักษณะของ Swamp area Swamp area เป็นแหล่งที่เคยมีพืชน้ำขึ้นมาก่อน แม้ว่าในปัจจุบันอาจจะถูกตะกอนดินทรายทับถม แต่บริเวณที่เคยเป็น Swamp area จะมีดินอ่อนหรือดินหลวมปกคลุมอยู่ ถนนที่สร้างผ่าน Swamp area จะมีการทรุดตัวมาก ถนนคอนกรีตอาจจะเกิดรอยแตกโค้งตามยาว หรืออาจเกิดการทรุดตัวของแผ่นพื้นคอนกรีตได้

ลักษณะของ Swamp area มักจะมีพืชน้ำขึ้นอยู่ เช่น บัว หรือพืชน้ำอื่น ๆ ถ้าพบว่าบริเวณใดมีพืชน้ำขึ้นอยู่โดยทั่วไป แสดงว่าบริเวณนั้น ๆ เคยเป็น Swamp area มาเก่า ถนนที่ก่อสร้างผ่านอาจจะมีปัญหาทางด้านการทรุดตัวได้

2. ถนนที่ก่อสร้างผ่านแนวการไหลของน้ำใต้ดิน แนวทางการไหลของน้ำใต้ดินจะพบมากตามแนวชายฝั่งทะเล น้ำฝนจะซึมผ่านชั้นดิน และไหลซึมลงสู่ทะเล ทำให้เกิดการพัดพา และการกัดเซาะภายใต้ เป็นผลทำให้ดินฐานรากมีช่องว่างเกิดขึ้นในดิน เมื่อสร้างถนนผ่านก็อาจจะเกิดการทรุดตัวบริเวณพื้นที่ตามแนวชายฝั่งทะเลจะมีปัญหาลักษณะนี้เกิดขึ้น การป้องกันควรมีการขุด Side ditch ให้ลึกมากพอที่จะตัดทางไหลของน้ำใต้ดินให้ลดน้อยลง

3. ถนนที่สร้างผ่าน Alluvial hill Alluvial hill เป็นเนินที่ปกคลุมไปด้วยดินทราย หรือวัสดุประเภท Unconsolidated materials ซึ่งเป็นวัสดุที่มีโพรงอากาศสูง และมีค่าความแน่นต่ำ ถนนที่สร้างผ่าน Alluvial hill มักจะเกิดการยุบตัวต่างระดับ (Differential settlement) ทำให้คอนกรีตแตกในรูปแบบที่ไม่แน่นอน โดยอาจเกิดรอยตามขวาง ตามยาว และรอยแตกต่อเนื่องแบบเป็นเสี่ยง ๆ ได้

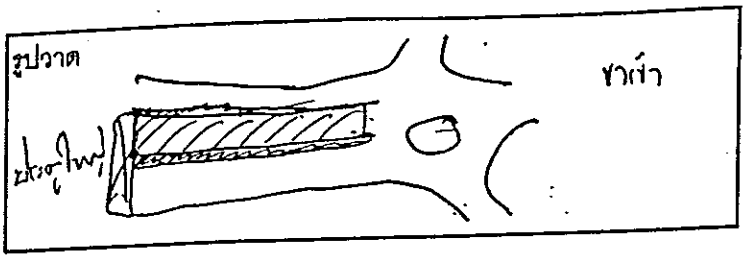
4. การใช้กรวดบก และทรายบกเป็นมวลรวมผสมคอนกรีต กรวดบก และทรายบก ไม่ควรนำมาเป็นมวลรวมคอนกรีต แม้ว่าจะผ่านการล้างและผ่านการทดสอบแล้วก็ตาม เพราะสารเคมีที่ล้างออกไม่หมด และฝังแน่นอยู่ในเนื้อของกรวดบก และทรายบกจะก่อปฏิกริยากับคอนกรีต ทำให้ความคงทนของคอนกรีตลดลง ทำให้คอนกรีตแตกได้ง่าย

ภาคผนวก ช

- ตัวอย่างข้อมูลการสำรวจสภาพความเสียหายของผิวทางคอนกรีต
- ภาพประกอบความเสียหายชนิดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในโครงข่ายถนนคอนกรีต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

แบบฟอร์มการสำรวจสภาพพื้นผิวถนน

รูปวาด



ผู้สำรวจที่ (1) _____ วันที่สำรวจ 27 / พฤษภาคม / 2543

(2) _____

ชื่อถนน ประชาราษฎร์ ซอย 1 หมายเลขช่วงถนน _____

ระบบถนน : [ ] 2ช่องจราจรไม่มีเกาะกลาง [ ] 2 ช่องจราจรมีเกาะกลาง

[ ] หลายช่องจราจรไม่มีเกาะกลาง [✓] หลายช่องจราจรมีเกาะกลาง

ลักษณะช่วงถนน : [✓] ทางตรง [ ] ทางโค้ง [ ] ทางแยก

ปริมาณการจราจร : [✓] มาก [ ] น้อย

ประเภทพื้นผิว : [✓] คอนกรีตเสริมเหล็กแบบมีรอยต่อ [ ] คอนกรีตเสริมเหล็กแบบต่อเนื่อง

[ ] ยืดหยุ่น [ ] ผสม

ไหล่ทาง : [ ] มี [✓] ไม่มี

จำนวนช่องจราจร : [ ] 1ช่องจราจร [✓] 2ช่องจราจร [ ] 3ช่องจราจร [ ] 4ช่องจราจร

ความกว้างช่องจราจร _____ เมตร

ความยาวช่วงถนน _____ เมตร

การระบายน้ำ : [✓] ดี [ ] ไม่ดี

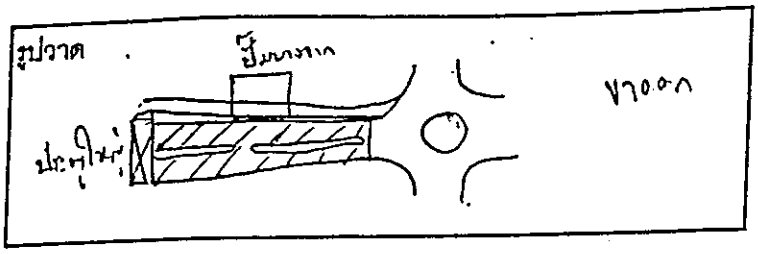
บริเวณที่ตั้ง _____

ลำดับ	ประเภทความเสียหาย	ความรุนแรง (Severity)			ขอบเขต (Extent)		
		ต่ำ	กลาง	สูง	ต่ำ	กลาง	สูง
1	รอยแตก (Cracking)		X		X		
2	รอยต่อตามขวาง (Transverse Joint Sealant Distress)		X				
3	ความต่างระดับของรอยต่อตามขวาง (Stepping at transverse joints)	X			X		
4	หลุดร่อนตรงรอยต่อและรอยแตก (Spalling at joint and crack)	X			X		
5	มุมหัก (Conner break)	-	-	-	-	-	-
6	แตกเป็นหลุมบ่อ (Popouts)	X					
7	ผิวหน้าหลุดร่อน (Scaling)	X					
8	รอยปะ (Patching)	X					
9	แตกเป็นเสี่ยง (Shatter slab)	-	-	-			
10	ทรุดตัว (Settlement)	-	-	-			

หมายเหตุ ศึกษาเงื่อนไขในการวัดสภาพความเสียหายจากเอกสารการวัดสภาพความเสียหายของพื้นผิวถนนคอนกรีต

แบบฟอร์มการสำรวจสภาพพื้นผิวถนน

รูปวาด



ผู้สำรวจที่ (1) นาย รุ่งนภา ศิลาชัย วันที่สำรวจ 27 / พฤษภาคม / 2543

(2) _____

ชื่อถนน ทางเข้าประตูน้ำ หมายเลขช่วงถนน _____

ระบบถนน : [ ] 2ช่องจราจรไม่มีเกาะกลาง [ ] 2 ช่องจราจรมีเกาะกลาง

[ ] หลายช่องจราจรไม่มีเกาะกลาง [/] หลายช่องจราจรมีเกาะกลาง

ลักษณะช่วงถนน : [/] ทางตรง [ ] ทางโค้ง [ ] ทางแยก

ปริมาณการจราจร : [/] มาก [ ] น้อย

ประเภทพื้นผิว : [/] คอนกรีตเสริมเหล็กแบบมีรอยต่อ [ ] คอนกรีตเสริมเหล็กแบบต่อเนื่อง

[ ] ยืดหยุ่น [ ] ผสม

ไหล่ทาง : [ ] มี [ ] ไม่มี

จำนวนช่องจราจร : [ ] 1ช่องจราจร [/] 2ช่องจราจร [ ] 3ช่องจราจร [ ] 4ช่องจราจร

ความกว้างช่องจราจร _____ เมตร

ความยาวช่วงถนน _____ เมตร

การระบายน้ำ : [/] ดี [ ] ไม่ดี

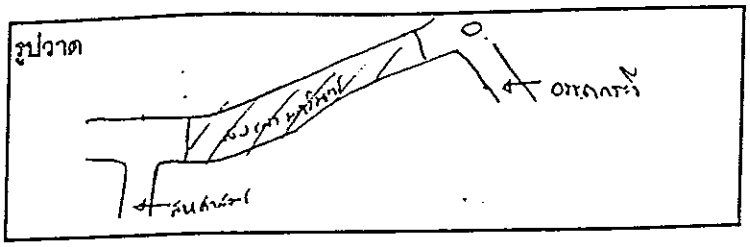
บริเวณที่ตั้ง _____

ลำดับ	ประเภทความเสียหาย	ความรุนแรง (Severity)			ขอบเขต (Extent)		
		ต่ำ	กลาง	สูง	ต่ำ	กลาง	สูง
1	รอยแตก (Cracking)	–	–	X	X	–	–
2	รอยต่อตามขวาง (Transverse Joint Sealant Distress)	X					
3	ความต่างระดับของรอยต่อตามขวาง (Stepping at transverse joints)	X			X		
4	หลุดร่อนตรงรอยต่อและรอยแตก (Spalling at joint and crack)	X	–	–	X	–	–
5	มุมหัก (Conner break)	–	–	–	+	–	–
6	เศษหินหลุมบ่อ (Popouts)	–	–	–			
7	ผิวหน้าหลุดร่อน (Scaling)	X	–	–			
8	รอยปะ (Patching)	X					
9	แตกเป็นเสี่ยง (Shatter slab)	–	–	–			
10	ทรุดตัว (Settlement)	–	–	–			

หมายเหตุ ศึกษาเงื่อนไขในการวัดสภาพความเสียหายจากเอกสารการวัดสภาพความเสียหายของพื้นผิวถนนคอนกรีต

แบบฟอร์มการสำรวจสภาพพื้นผิวถนน

รูปวาด



ผู้สำรวจที่ (1) นาย ชนินทร์ นิลโคม วันที่สำรวจ 25 / พฤษภาคม / 2543

(2) _____

ชื่อถนน สิงหนาทโนนที่ หมายเลขช่วงถนน _____

ระบบถนน : [/] 2ช่องจราจรไม่มีเกาะกลาง [ ] 2 ช่องจราจรมีเกาะกลาง

[ ] หลายช่องจราจรไม่มีเกาะกลาง [ ] หลายช่องจราจรมีเกาะกลาง

ลักษณะช่วงถนน : [/] ทางตรง [ ] ทางโค้ง [ ] ทางแยก

ปริมาณการจราจร : [/] มาก [ ] น้อย

ประเภทพื้นผิว : [/] คอนกรีตเสริมเหล็กแบบมีรอยต่อ [ ] คอนกรีตเสริมเหล็กแบบต่อเนื่อง

[ ] ยืดหยุ่น [ ] ผสม

ไหล่ทาง : [ ] มี [/] ไม่มี

จำนวนช่องจราจร : [ ] 1ช่องจราจร [/] 2ช่องจราจร [ ] 3ช่องจราจร [ ] 4ช่องจราจร

ความกว้างช่องจราจร _____ เมตร

ความยาวช่วงถนน _____ เมตร

การระบายน้ำ : [/] ดี [ ] ไม่ดี

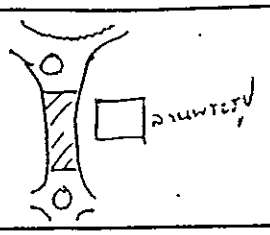
บริเวณที่ตั้ง _____

ลำดับ	ประเภทความเสียหาย	ความรุนแรง (Severity)			ขอบเขต (Extent)		
		ต่ำ	กลาง	สูง	ต่ำ	กลาง	สูง
1	รอยแตก (Cracking)		X		X		
2	รอยต่อตามขวาง (Transverse Joint Sealant Distress)			X			
3	ความต่างระดับของรอยต่อตามขวาง (Stepping at transverse joints)	X			X		
4	หลุดร่อนตรงรอยต่อและรอยแตก (Spalling at joint and crack)	X			X		
5	มุมหัก (Conner break)	X			X		
6	แตกเป็นหลุมบ่อ (Popouts)	–	–	–			
7	ผิวหน้าหลุดร่อน (Scaling)	X					
8	รอยปะ (Patching)	X					
9	แตกเป็นเสี่ยง (Shatter slab)	–	–	–			
10	ทรุดตัว (Settlement)	–	–	–			

หมายเหตุ ศึกษาเงื่อนไขในการวัดสภาพความเสียหายจากเอกสารการวัดสภาพความเสียหายของพื้นผิวถนนคอนกรีต

แบบฟอร์มการสำรวจสภาพพื้นผิวถนน

รูปวาด



ผู้สำรวจที่ (1) นาย ธ.ปพนพร์ นิลรัตน์ วันที่สำรวจ 23 / พฤษภาคม / 2543

(2) _____

ชื่อถนน หน้าลานพระรูป หมายเลขช่วงถนน _____

ระบบถนน : [✓] 2ช่องจราจรไม่มีเกาะกลาง [ ] 2 ช่องจราจรมีเกาะกลาง

[ ] หลายช่องจราจรไม่มีเกาะกลาง [ ] หลายช่องจราจรมีเกาะกลาง

ลักษณะช่วงถนน : [✓] ทางตรง [ ] ทางโค้ง [ ] ทางแยก

ปริมาณการจราจร : [✓] มาก [ ] น้อย

ประเภทพื้นผิว : [✓] คอนกรีตเสริมเหล็กแบบมีรอยต่อ [ ] คอนกรีตเสริมเหล็กแบบต่อเนื่อง

[ ] ยืดหยุ่น [ ] ผสม

ไหล่ทาง : [ ] มี [✓] ไม่มี

จำนวนช่องจราจร : [ ] 1ช่องจราจร [✓] 2ช่องจราจร [ ] 3ช่องจราจร [ ] 4ช่องจราจร

ความกว้างช่องจราจร _____ เมตร

ความยาวช่วงถนน _____ เมตร

การระบายน้ำ : [✓] ดี [ ] ไม่ดี

บริเวณที่ตั้ง ใจกลางเมืองสงขลา ถัดจากถนน ร.ย.ท.แหลมสน

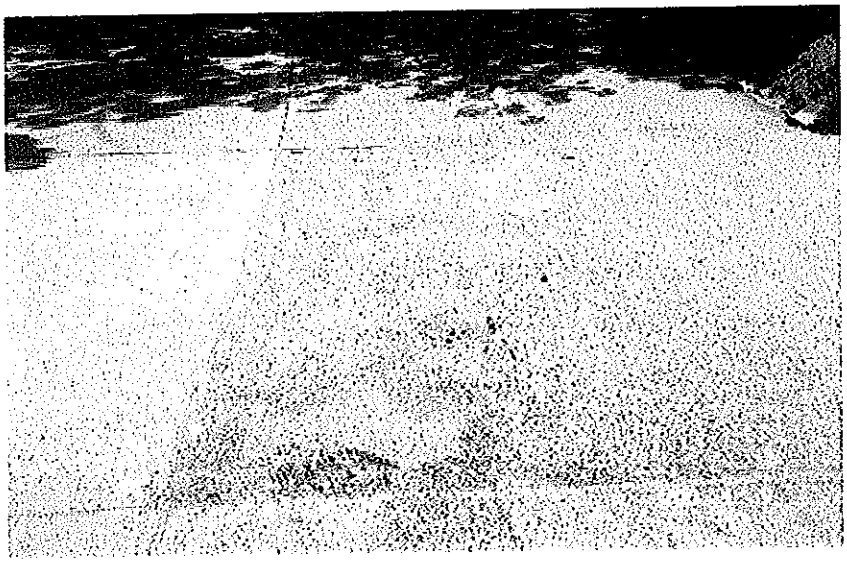
ลำดับ	ประเภทความเสียหาย	ความรุนแรง (Severity)			ขอบเขต (Extent)		
		ต่ำ	กลาง	สูง	ต่ำ	กลาง	สูง
1	รอยแตก (Cracking)	–	–	–	–	–	–
2	รอยต่อตามขวาง (Transverse Joint Sealant Distress)	X					
3	ความต่างระดับของรอยต่อตามขวาง (Stepping at transverse joints)	X			X		
4	หลุดร่อนตรงรอยต่อและรอยแตก (Spalling at joint and crack)	–	–	–	–	–	–
5	มุมหัก (Conner break)	–	–	–	–	–	–
6	แตกเป็นหลุมบ่อ (Popouts:)	–	–	–			
7	ผิวหน้าหลุดร่อน (Scaling)	–	–	–			
8	รอยปะ (Patching)	–	–	–			
9	แตกเป็นเสี้ยง (Shatter slab:	–	–				
10	ทรุดตัว (Settlement)	–	–	–			

หมายเหตุ ศึกษาเงื่อนไขในการวัดสภาพความเสียหายจากเอกสารการวัดสภาพความเสียหายของพื้นผิวถนนคอนกรีต

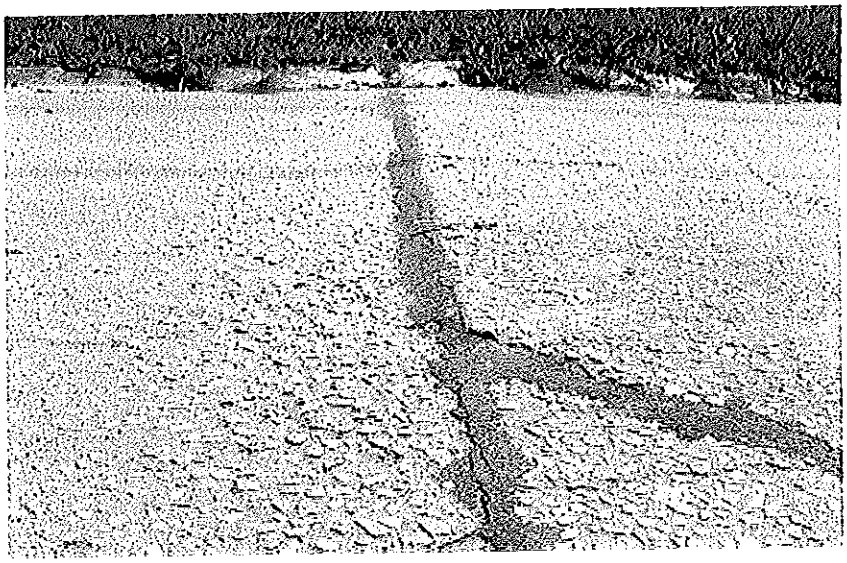
ภาพประกอบความเสียหายชนิดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในโครงข่ายถนนคอนกรีต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

ภาพประกอบ ช.1 ผิวหน้าหลุดร่อน (Scaling)

ภาพประกอบ ช.2 รอยปะ (Patching)



ภาพประกอบ ช.3 แตกเป็นหลุมบ่อ (Popouts)

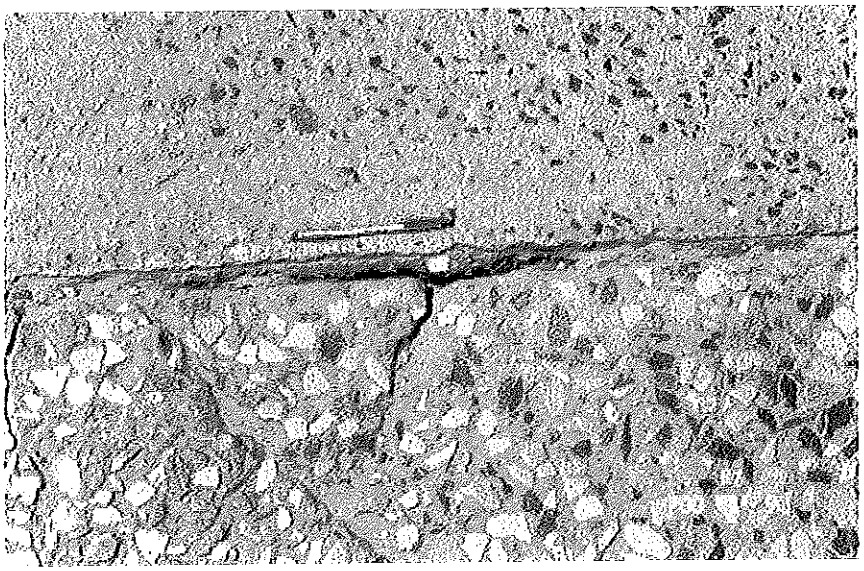


ภาพประกอบ ช.4 ความต่างระดับที่รอยต่อตามขวาง (Stepping at transverse joints)

ภาพประกอบ ช. 5 ทรุดตัว (Settlement)

ภาพประกอบ ช.6 แตกเป็นเสี่ยง (Shatter slab)

ภาพประกอบ ช.7 รอยบิ่นตรงรอยต่อและรอยแตก (Spalling at joints and crack)



ภาพประกอบ ช.8 ความเสียหายของยางประสานรอยต่อตามขวาง

(Transverse joint sealant distress)

ภาพประกอบ ช.9 รอยแตกแบบสุ่ม (Random Cracking)

ภาพประกอบ ช.10 มุมหัก (Corner break)

ภาคผนวก ซ

แผนที่โครงข่ายถนนคอนกรีตภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่
และการแบ่งช่วงถนนต่าง ๆ

การแบ่งช่วงถนนของโครงข่ายถนนภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

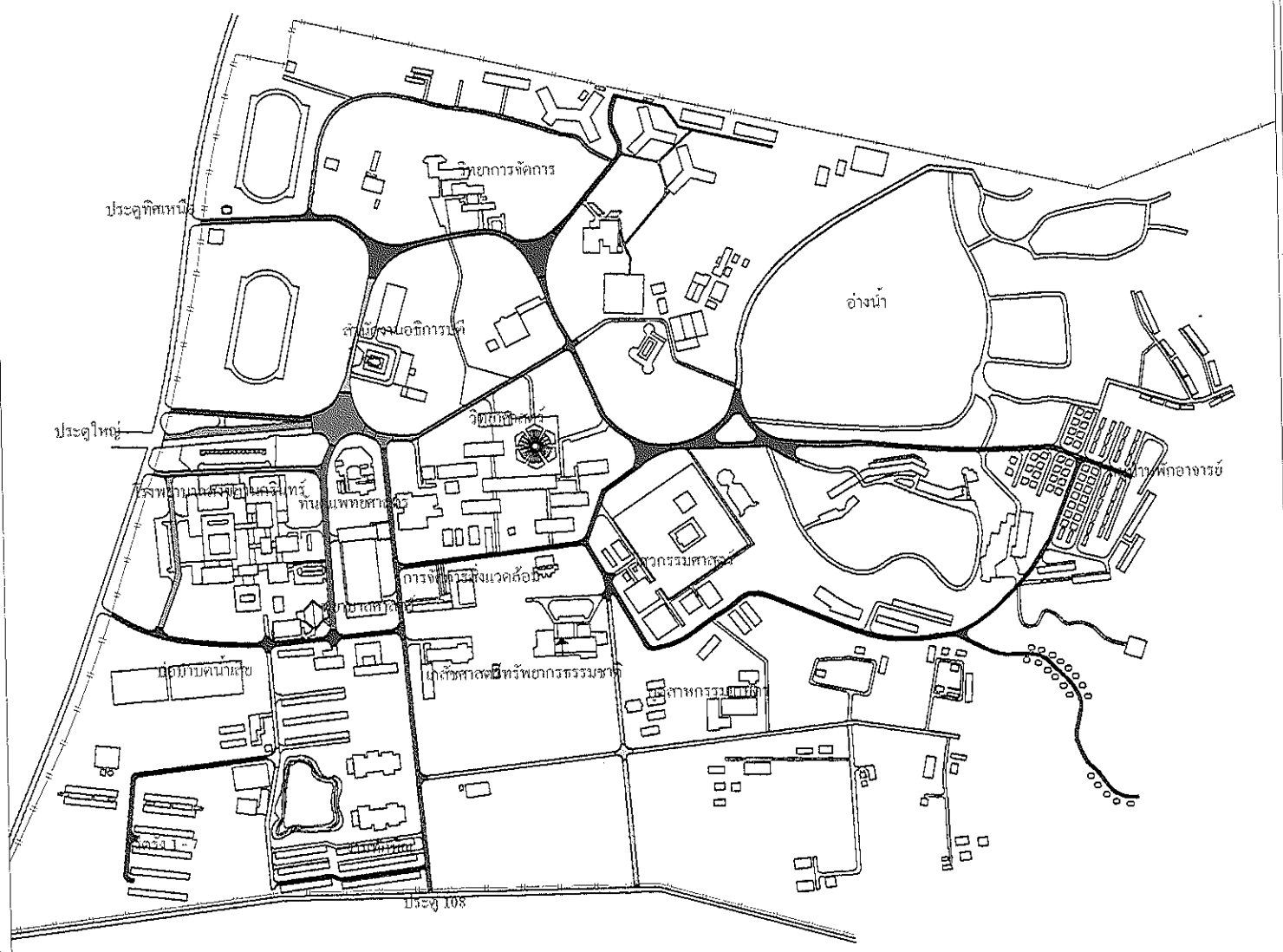
โครงข่ายถนนคอนกรีตภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ มีความยาวรวมกันทั้งสิ้นเป็นระยะทางประมาณเกือบ 20 กิโลเมตร แบ่งออกเป็น 21 สาย ดังนี้

1. ถนนศรีตรัง
2. ถนนอรรถกระวี
3. ถนนหน้าพระรูป
4. ถนนสงขลานครินทร์
5. ถนนเย็นศิระ
6. ถนนสหศาสตร์
7. ถนนวิทย์วิถี
8. ถนนริมอ่าง
9. ถนนมงคลสุข
10. ถนนเชิงเขา
11. ถนนประตูใหญ่*
12. ถนนบางจาก*
13. ถนนข้างคณะทรัพยากรธรรมชาติ*
14. ถนนหลังคณะทรัพยากรธรรมชาติ*
15. ถนนเวชวิถี
16. ถนนหอพักพยาบาล (ศรีตรัง)*
17. ถนนหน้าเนอสเซอรี่*
18. ถนนข้างโรงช้าง*
19. ถนนหอสมุดแพทยศาสตร์*
20. ถนนงามทักษิณ*
21. ถนนหน้าตึกอุบัติเหตุ*

หมายเหตุ * คือ ชื่อถนนที่ผู้ศึกษาตั้งขึ้นเอง เนื่องจากไม่มีชื่อถนนจากกองอาคารสถานที่

และถนนแต่ละสายถูกจัดแบ่งเป็นช่วงย่อย ๆ โดยแยกเป็นลักษณะทางตรง ทางโค้ง ทางแยก รวมทั้งหมด 62 ช่วงย่อย ดังนี้

ชื่อถนน	จำนวนช่วงย่อยทั้งหมด	จำนวนช่วงย่อยทางตรง	จำนวนช่วงย่อยทางโค้ง	จำนวนช่วงย่อยทางแยก
1. ศรีตรัง	2	2	-	-
2. อรรถกระวี	12	4	2	6
3. หน้าพระรูป	1	1	-	2
4. สงขลานครินทร์	5	3	-	1
5. เย็นศิระ	7	4	-	3
6. สหศาสตร์	7	4	-	3
7. วิทย์วิถี	1	1	-	-
8. ริมอ่าง	1	-	1	-
9. มงคลสุข	8	3	2	3
10. เชิงเขา	1	-	1	-
11. ประตูใหญ่	2	2	-	-
12. บางจาก	1	1	-	-
13. ข้างคณะทรัพยากรธรรมชาติ	3	2	-	1
14. หลังคณะทรัพยากรธรรมชาติ	2	2	-	-
15. เวชวิถี	3	2	-	1
16. หอพักพยาบาล (ศรีตรัง)	1	1	-	-
17. หน้าเนิรสเซอรี่	1	1	-	-
18. ข้างโรงช้าง	1	1	-	-
19. หอสมุดแพทยศาสตร์	1	1	-	-
20. งามทักษิณ	1	1	-	-
21. หน้าตึกอุบัติเหตุ	1	1	-	-
รวม		37	6	19



แนวถนนแยกตามชื่อถนน

( ) จำนวนช่วงย่อย

ข้างคณะทรัพย์ฯ	(3)
ข้างโรงช้าง	(1)
งามทักษิณ	(1)
บางจาก	(1)
ประตูใหญ่(ออก)	(1)
ประตูใหญ่(เข้า)	(1)
มงคลสุข	(8)
ริมอ่าง	(1)
วิทย์วิถี	(1)
ศรีตรัง	(2)
สงขลานครินทร์	(5)
สหศาสตร์	(7)
หน้าตึกอุบัติเหตุ	(1)
หน้าพระรูป	(1)
หน้าหอสมุดคณะแพทย์ฯ	(1)
หน้าเนิร์สเซอรี่	(1)
เวชวิถี	(3)
หลังคณะทรัพย์ฯ	(2)
หอพักพยาบาล(ศรีตรัง)	(1)
อรรถกระวี	(12)
เชิงเขา	(1)
เย็นศิระ	(7)

ที่มาข้อมูล : กองอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

ผลิต : ฐปนนนท์ นิอรัตน์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายฐปนนนท์ นิลรัตน์

วัน เดือน ปีเกิด 2 พฤศจิกายน พ.ศ. 2514

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีการศึกษาที่สำเร็จ
วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (วศ.บ.) โยธา	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2537
วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต (วศ.ม.) สาขาวิศวกรรมโยธา (การขนส่ง)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2543

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับในระหว่างการศึกษา)

1. ทุนยกเว้นค่าเล่าเรียน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปีการศึกษา 2541 - 2542
2. ทุนอุดหนุนการค้นคว้าวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย