สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 ความก้าวหน้าของงานแต่ละด้าน 1-1
1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน 1-1
1.2 ความก้าวหน้าการดำเนินงาน 1-4

บทที่ 2 ความก้าวหน้าของการจัดทำรายงานแผนงานบำรุงทาง
และการจัดทำสื่อวีดีทัศน์ประชาสัมพันธ์โครงการ 2-1
2.1 ประเภทของงานบำรุงทาง 2-1
2.2 ดัชนีความขรุขระสากล (International Roughness Index : IRI) ของโครงข่ายทางหลวง 2-4
2.3 เกณฑ์คุณภาพถนนสำหรับแต่ละประเภททางหลวง 2-6
2.4 กรอบงบประมาณงานบำรุงรักษา 2-8
2.5 แผนงานกิจกรรมบำรุงรักษาทางประจำปี 2-9
2.6 การจัดทำสื่อวีดีทัศน์ประชาสัมพันธ์โครงการ 2-15

บทที่ 3 ผลสรุปการปฏิบัติงานในช่วงที่ผ่านมา 3-1
3.1 พื้นที่สำรวจ 3-1
3.2 เครื่องมือเลเซอร์เพื่อใช้สำรวจข้อมูลสภาพทาง 3-4
3.3 การสำรวจสภาพทาง 3-31
3.4 การประมวลผลข้อมูลจากการสำรวจ 3-75
3.5 การจัดเก็บข้อมูลสู่ฐานข้อมูล Roadnet 3-100
3.6 การตรวจสอบข้อมูลการสำรวจผ่านระบบ Roadnet ข้อมูลการสำรวจที่ถูกจัดเก็บ
ในระบบฐานข้อมูล Roadnet ต้องมีความครบถ้วนถูกต้องโดยสามารถตรวจสอบ
ผ่านระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง (Roadnet) ได้อย่างน้อยดังนี้ 3-144
3.7 การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลทางหลวงเพื่อการประเมินประสิทธิภาพ
การใช้งานของผิวทางในระยะยาว (Long Term Pavement Performance)
ของผิวทางลาดยาง 3-169

บทที่ 4 ผลการสำรวจสภาพทางไม่น้อยกว่า 25,000 กิโลเมตร 4-1

บทที่ 5 ความล่าช้าและปัญหา 5-1
5.1 รายงานความล่าช้า 5-1
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน 5-6

ภาคผนวก ก รายงานปัญหา อุปสรรคในการสำรวจและสถานการณ์แพร่ระบาดโรคโควิด-19

ภาคผนวก ข รายงานปัญหา อุปสรรคในการสำรวจและสถานการณ์แพร่ระบาดโรคโควิด-19

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1-1 สรุปผลการดำเนินงานแต่ละด้าน 1-4
ตารางที่ 1-2 ตารางแสดงแผนและผลการดำเนินการในโครงการ 1-10
ตารางที่ 2-1 เกณฑ์ระดับการให้บริการ (ความเรียบของผิวทางหลวง) 2-5
ตารางที่ 2-2 เกณฑ์คุณภาพถนนสำหรับแต่ละประเภททางหลวง 2-6
ตารางที่ 2-3 ประเภททางหลวงจำแนกตามรูปแบบทางกายภาพและระดับปริมาณการจราจร 2-7
ตารางที่ 2-4 เกณฑ์คุณภาพถนนสำหรับแต่ละประเภททางหลวง ของกรมทางหลวง 2-7
ตารางที่ 2-5 เป้าหมายคุณภาพถนนสำหรับแต่ละประเภททางหลวง ของกรมทางหลวง 2-7
ตารางที่ 2-6 วิธีซ่อมและราคาต่อหน่วยงานบำรุงรักษา 2-8
ตารางที่ 2-7 สภาพโครงข่ายทางหลวงจากการวิเคราะห์โดย TPMS ในปี 2567 จำแนกตามสำนักงานทางหลวง 2-9
ตารางที่ 2-8 รายละเอียดการซ่อมบำรุงทั้งประเทศในปี พ.ศ. 2567 แบบไม่จำกัดงบประมาณ 1 ปี 2-10
ตารางที่ 2-9 ค่าซ่อมบำรุงผิวถนนประจำปี พ.ศ. 2567 จากการวิเคราะห์แบบไม่จำกัดงบประมาณ ของสำนักงานทางหลวงที่ 3 (สกลนคร) 2-12
ตารางที่ 2-10 ค่าซ่อมบำรุงผิวถนนประจำปี พ.ศ. 2567 จากการวิเคราะห์แบบไม่จำกัดงบประมาณ ของสำนักงานทางหลวงที่ 6 (เพชรบูรณ์) 2-12
ตารางที่ 2-11 ค่าซ่อมบำรุงผิวถนนประจำปี พ.ศ. 2567 จากการวิเคราะห์แบบไม่จำกัดงบประมาณ ของสำนักงานทางหลวงที่ 7 (ขอนแก่น) 2-13
ตารางที่ 2-12 ค่าซ่อมบำรุงผิวถนนประจำปี พ.ศ. 2567 จากการวิเคราะห์แบบไม่จำกัดงบประมาณ ของสำนักงานทางหลวงที่ 8 (มหาสารคาม) 2-13
ตารางที่ 2-13 ค่าซ่อมบำรุงผิวถนนประจำปี พ.ศ. 2567 จากการวิเคราะห์แบบไม่จำกัดงบประมาณ ของสำนักงานทางหลวงที่ 9 (อุบลราชธานี) 2-14
ตารางที่ 2-14 ค่าซ่อมบำรุงผิวถนนประจำปี พ.ศ. 2567 จากการวิเคราะห์แบบไม่จำกัดงบประมาณ ของสำนักงานทางหลวงที่ 14 (ชลบุรี) 2-14
ตารางที่ 2-15 ตารางเนื้อหาร่างสคริปต์การจัดทำวีดีทัศน์สื่อประชาสัมพันธ์โครงการ 2-16
ตารางที่ 3-1 แสดงระยะทางสำรวจรายสำนัก แบ่งตามอุปกรณ์การสำรวจ 3-2
ตารางที่ 3-2 รายละเอียดเครื่องวัดระดับแบบเลเซอร์ (ที่ปรึกษาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย) 3-16
ตารางที่ 3-3 รายละเอียดเครื่องวัดระดับแบบเลเซอร์ (ที่ปรึกษามหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์) 3-17
ตารางที่ 3-4 รายละเอียดเครื่องวัดระดับแบบเลเซอร์แบบ LCMS 3-18
ตารางที่ 3-5 รายละเอียดกล้องบันทึกภาพผิวทาง โดยการใช้อุปกรณ์ LCMS 3-20

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 3-6 รายละเอียดกล้องบันทึกภาพผิวทาง (ที่ปรึกษาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย) 3-22
ตารางที่ 3-7 รายละเอียดกล้องบันทึกภาพผิวทาง (ที่ปรึกษามหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์) 3-22
ตารางที่ 3-8 รายละเอียดกล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทาง (ที่ปรึกษาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย) 3-24
ตารางที่ 3-9 รายละเอียดกล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทาง อุปกรณ์ LCMS 3-24
ตารางที่ 3-10 รายละเอียดกล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทาง (ที่ปรึกษามหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์) 3-25
ตารางที่ 3-11 แสดงรายละเอียดเครื่องมือวัดระยะทาง 3-26
ตารางที่ 3-12 รายละเอียดของเครื่องระบุพิกัดด้วยดาวเทียม (GPS/GNSS) 3-30
ตารางที่ 3-13 เกณฑ์การคัดเลือกสายทางสำรวจเพื่อใช้ในการวางแผนสำรวจสายทางปี 2565 3-35
ตารางที่ 3-14 ระยะทางแผนการสำรวจ ปี 2565 ตามเกณฑ์การคัดเลือกสายทาง 3-36
ตารางที่ 3-15 ระยะทางแผนการสำรวจตามเกณฑ์การคัดเลือกสายทาง (แบ่งตามแขวงทางหลวง) 3-39
ตารางที่ 3-16 พื้นที่ทดสอบอุปกรณ์ก่อนการสำรวจ 3-44
ตารางที่ 3-17 ความเร็วเฉลี่ยในการวิ่งทดสอบ 3-49
ตารางที่ 3-18 ค่าเฉลี่ยของแต่ละอุปกรณ์สำรวจที่ได้จากการวิ่งทดสอบ 3-55
ตารางที่ 3-19 ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละ Section 3-56
ตารางที่ 3-20 ตารางเปรียบเทียบเทียบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอุปกรณ์สำรวจ ทั้ง 3 เครื่องมือ ในแต่ละ Section 3-57
ตารางที่ 3-21 ข้อมูลตัวอย่างค่าเฉลี่ยของแต่ละอุปกรณ์สำรวจที่ได้จากการวิ่งทดสอบ 3-58
ตารางที่ 3-22 ข้อมูลตัวอย่างส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเปรียบเทียบระหว่างอุปกรณ์ ของอุปกรณ์สำรวจ ทั้ง 3 คัน 3-59
ตารางที่ 3-23 เกณฑ์ระดับการให้บริการ (ความเรียบของผิวทางหลวง) 3-59
ตารางที่ 3-24 ผลการวิเคราะห์การทำ Paired T-Test รวม ของทั้ง 3 เครื่องมือ 3-60
ตารางที่ 3-25 ค่าเฉลี่ยของแต่ละอุปกรณ์สำรวจที่ได้จากการวิ่งทดสอบ 3-64
ตารางที่ 3-26 ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละอุปกรณ์ ในแต่ละ Section และตารางเปรียบเทียบเทียบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอุปกรณ์สำรวจทั้ง 3 เครื่องมือ ในแต่ละ Section 3-64
ตารางที่ 3-27 ผลการวิเคราะห์การทำ Paired T-Test รวม ของทั้ง 3 ที่ปรึกษา 3-69
ตารางที่ 3-28 การจำแนกประเภทความเสียหายของผิวทางลาดยาง 3-79
ตารางที่ 3-29 การจำแนกประเภทความเสียหายของผิวทางคอนกรีต 3-79

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 3-30 ข้อมูลความเสียหายของผิวทาง (Surface Distress) จากการอุปกรณ์สำรวจด้วย LCMS และโปรแกรมวิเคราะห์และประเมินความเสียหายเฉพาะทาง 3-88
ตารางที่ 3-31 แสดงรายชื่อแขวงทางหลวงที่มีการตรวจสอบ (Root Mean Square Error : RMSE) ที่ปรึกษาทีม CU 3-105
ตารางที่ 3-32 ผลการเปรียบเทียบการตรวจสอบความถูกต้องของตำแหน่ง 3-108
ตารางที่ 3-33 แสดงรายชื่อแขวงทางหลวงที่มีการตรวจสอบ (Root Mean Square Error : RMSE) ที่ปรึกษาอุปกรณ์ LCMS 3-112
ตารางที่ 3-34 ผลการเปรียบเทียบการตรวจสอบความถูกต้องของตำแหน่ง 3-118
ตารางที่ 3-35 แสดงรายชื่อแขวงทางหลวงที่มีการตรวจสอบ (Root Mean Square Error : RMSE) ที่ปรึกษาทีม TU (ต่อ) 3-126
ตารางที่ 3-36 ผลการเปรียบเทียบการตรวจสอบความถูกต้องของตำแหน่ง 3-131
ตารางที่ 3-37 แสดงข้อมูลสถานะความสามารถของระบบแม่ข่ายของระบบ Roadnet ในปัจจุบัน 3-140
ตารางที่ 3-38 แสดงรายละเอียดในการตรวจสอบรอบที่ 3 (Qc3) กระบวนการภายใน 3-146
ตารางที่ 3-39 แสดงข้อมูลการประเมินความเสียหายบนผิวแอสฟัลต์ 3-150
ตารางที่ 3-40 แสดงข้อมูลการประเมินความเสียหายบนผิวคอนกรีต 3-154
ตารางที่ 3-41 ตารางข้อมูลระยะทางของค่าดัชนีความขรุขระสากล (IRI) แจกแจงตามช่วงค่าของ IRI 3-166
ตารางที่ 3-42 ข้อมูลระยะทางของค่าข้อมูลค่าความลึกร่องล้อ (Rutting) แจกแจงตามช่วงค่าของ RUT 3-167
ตารางที่ 3-43 ข้อมูลระยะทางของข้อมูลค่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวทาง (Mean Profile Depth; MPD) แจกแจงตามช่วงค่าของ MPD 3-168
ตารางที่ 3-44 จำนวนสายทางที่ได้จากการคัดเลือก 3-170
ตารางที่ 3-45 ระดับความสัมพันธ์ของค่าสหสัมพันธ์ (Hinkle, 1988) 3-184
ตารางที่ 3-46 สรุปการแปลผลข้อมูลทางสถิติ 3-185
ตารางที่ 3-47 สรุปผลค่าทางสถิติของการเปรียบเทียบค่าระดับความสูง (Elevation) 3-186
ตารางที่ 3-48 สรุปผลค่าทางสถิติของการเปรียบเทียบค่าความลาดชัน (Percent grad slope) 3-186
ตารางที่ 3-49 สรุปผลค่าทางสถิติของการเปรียบเทียบค่าความลาดเอียง (Percent crown slope) 3-187
ตารางที่ 3-50 สรุปผลค่าทางสถิติของการเปรียบเทียบค่ารัศมีโค้ง (Radius) 3-188
ตารางที่ 3-51 สรุปผลค่าทางสถิติของการเปรียบเทียบค่าระดับความสูง (Elevation) 3-189

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 3-52 สรุปผลค่าทางสถิติของการเปรียบเทียบค่าความลาดชัน (Percent grad slope).....3-190
ตารางที่ 3-53 สรุปผลค่าทางสถิติของการเปรียบเทียบค่าความลาดเอียง (Percent crown slope) 3-191
ตารางที่ 3-54 สรุปผลค่าทางสถิติของการเปรียบเทียบค่ารัศมีโค้ง (Radius).....3-192
ตารางที่ 3-55 แสดงค่ากำหนดความเสียหายที่ตรวจสอบตามเกณฑ์ อ้างอิงจาก
ASTM International, 2008 และ Federal Highway Administration, 2014 3-206
ตารางที่ 3-56 การจำแนกประเภทพื้นผิวตามการศึกษา HDM 4 3-210
ตารางที่ 3-57 ระดับค่าของ SFC ที่ความเร็ว 50 กม./ชม สำหรับประเภทและลักษณะถนนต่าง ๆ
รวม 4 ประเภท.....3-228
ตารางที่ 3-58 องค์ประกอบที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis)
ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ส่งผลต่อสภาพความเสียหายของผิวถนน.....3-236
ตารางที่ 3-59 ผลการวิเคราะห์กลุ่มองค์ประกอบที่ส่งผลต่อค่า IRI (กรณีสมการที่ 1) 3-237
ตารางที่ 3-60 ผลการวิเคราะห์กลุ่มองค์ประกอบที่ส่งผลต่อค่า IRI (กรณีสมการที่ 2) 3-238
ตารางที่ 3-61 ประเภทชั้นผิวทางคอนกรีต.....3-242
ตารางที่ 3-62 ค่า Present Serviceability Rating (PSR) 3-246
ตารางที่ 3-63 ค่าสัมประสิทธิ์ผลกระทบจากสภาพแวดล้อม, m 3-248
ตารางที่ 3-64 รายละเอียดหน้าตัดโครงสร้างทางและค่า SNC สำหรับประเภทชั้นทาง.....3-249
ตารางที่ 3-65 รายละเอียดเบื้องต้นของสายทาง 3-252
ตารางที่ 3-66 หน่วยการวัดของแสง 3-271
ตารางที่ 3-67 ตำแหน่งของ Geophone เครื่องมือทดสอบ FWD 3-275
ตารางที่ 4-1 แสดงตารางสรุประยะทางส่งมอบจากในระบบ Roadnet
ในรายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 2.....4-1
ตารางที่ 5-1 สรุปผลการดำเนินงาน และผลการล่าช้าคิดเป็นร้อยละ อุปกรณ์ LCMS..... 5-2
ตารางที่ 5-2 สรุปผลการดำเนินงาน และผลการล่าช้าคิดเป็นร้อยละ อุปกรณ์ Laser Profiler..... 5-3
ตารางที่ 5-3 สรุปผลการดำเนินงานตามกำหนดแผนการนำส่ง QC4 และ QC5 อุปกรณ์ LCMS..... 5-4
ตารางที่ 5-4 สรุปผลการดำเนินงานตามกำหนดแผนการนำส่ง QC4 และ QC5
อุปกรณ์ Laser Profiler..... 5-5
ตารางที่ 5-5 สรุปปัญหาและอุปสรรคในการสำรวจ..... 5-6

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1-1 ภาพรวมการดำเนินงานโครงการ 1-3
รูปที่ 2-1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า IRI กับความเร็วยานพาหนะ 2-4
รูปที่ 2-2 เกณฑ์ค่า IRI ในการชี้วัดคุณภาพในการให้บริการของถนนของประเทศต่าง ๆ 2-5
รูปที่ 2-3 สัดส่วนประเภทการซ่อมบำรุงตามค่าซ่อมบำรุงแบบไม่จำกัดงบ 2-11
รูปที่ 2-4 ค่าซ่อมบำรุงของแต่ละสำนักงานทางหลวง ปี พ.ศ. 2567 2-15
รูปที่ 3-1 ตำแหน่งของสำนักงานทางหลวงทั้ง 18 แห่ง 3-3
รูปที่ 3-2 ชุดอุปกรณ์เลเซอร์เพื่อใช้สำรวจข้อมูลสภาพทางที่ติดตั้งบนยานพาหนะ 3-4
รูปที่ 3-3 ตัวอย่างการจำแนกระดับขั้น (Class) ของอุปกรณ์ตรวจวัดตามระดับความแม่นยำ และความถี่ของการบันทึกข้อมูลตามระยะทางสำรวจ เพื่อประมวลผลค่าโพรไฟล์ของผิวทาง (Pavement Profile) ตามมาตรฐาน ASTM E950 3-5
รูปที่ 3-4 ผังการทำงานของเครื่องวัดระดับแบบเลเซอร์ 3-6
รูปที่ 3-5 เครื่องวัดระดับแบบเลเซอร์ที่ติดตั้งบนยานพาหนะสำรวจ 3-7
รูปที่ 3-6 แสดงการทำงานเครื่องวัดระดับแบบเลเซอร์ 3-8
รูปที่ 3-7 อุปกรณ์ Laser Crack Measurement System (LCMS) 3-9
รูปที่ 3-8 หลักการทำงานของอุปกรณ์เลเซอร์ตรวจวัดความเรียบของผิวทาง 3-10
รูปที่ 3-9 หลักการทำงานของอุปกรณ์เลเซอร์ร่วมกับอุปกรณ์ Accelerometer ติดตั้งที่ ระยะ +-/ 750 มิลลิเมตร จากแนวกึ่งกลางของรถสำรวจ 3-10
รูปที่ 3-10 การตรวจวัดความลึกร่องล้อด้วยเลเซอร์ 7 หัว 3-11
รูปที่ 3-11 แสดงตัวอย่างการเก็บค่า MPD 3-11
รูปที่ 3-12 แสดงตัวอย่างการคำนวณหาค่า MPD 3-12
รูปที่ 3-13 กราฟแสดงค่าการ bounce test 3-13
รูปที่ 3-14 หน้าโปรแกรมแสดงการทำ block calibration 3-13
รูปที่ 3-15 การคำนวณผลลัพธ์ค่า MPD จากเครื่องมือ Laser 3-14
รูปที่ 3-16 ค่า MPD ที่ตรวจวัดได้เป็นค่าความฝืดของผิวทางในระดับ Macro-texture 3-14
รูปที่ 3-17 การประมวลผลค่า MTD ตามมาตรฐาน ASTM E965-15 3-15
รูปที่ 3-18 การประมวลผลค่า MTD ตามมาตรฐาน ASTM E1845-15 3-15
รูปที่ 3-19 อุปกรณ์ถ่ายภาพผิวทาง (LCMS) และตัวอย่างภาพจากอุปกรณ์ถ่ายภาพผิวทาง (LCMS) 3-19
รูปที่ 3-20 กล้องบันทึกภาพผิวทาง และตัวอย่างภาพจากกล้องบันทึกภาพผิวทาง 3-21

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3-21 ตัวอย่างภาพจากกล้องบันทึกภาพสภาพภายในเขตทาง 3-23
รูปที่ 3-22 เครื่องมือวัดความเร่ง 3-25
รูปที่ 3-23 รายละเอียดเครื่องวัดระยะทาง 3-26
รูปที่ 3-24 เครื่องวัดระยะทาง 3-27
รูปที่ 3-25 อุปกรณ์รับสัญญาณและชุดบันทึกข้อมูล 3-27
รูปที่ 3-26 แสดงการเชื่อมโยงระบบต่าง ๆ ภายในระบบคอมพิวเตอร์เพื่อบันทึกข้อมูล 3-28
รูปที่ 3-27 ลักษณะของรถสำรวจที่ใช้ในการสำรวจ 3-28
รูปที่ 3-28 ตัวอย่างเครื่องมือระบุพิกัดด้วยดาวเทียม 3-29
รูปที่ 3-29 หลักการทำงานของการรับพิกัดและค่าแก้ DGPS 3-29
รูปที่ 3-30 อุปกรณ์ Inertial Measurement Unit (IMU) 3-30
รูปที่ 3-31 แสดงโครงข่ายการเชื่อมโยงระบบต่าง ๆ ของกรมทางหลวง 3-31
รูปที่ 3-32 เพื่อนำมาใช้สำหรับวางแผนสำรวจเพื่อหลีกเลี่ยงงานซ่อมบำรุงถนนจาก ระบบ Plannet 3-32
รูปที่ 3-33 เพื่อนำมาใช้สำหรับวางแผนสำรวจ เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลค่าสภาพทางจาก ระบบ MIIS 3-32
รูปที่ 3-34 เพื่อใช้ในประเมินจัดทำแผนวิเคราะห์ใช้ในงานซ่อมบำรุง ระบบ HRIS 3-32
รูปที่ 3-35 เพื่อนำข้อมูลปริมาณจราจรจากระบบ TIMS มาใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกสายทาง 3-33
รูปที่ 3-36 แผนที่โครงข่ายการสำรวจปี 2565 3-43
รูปที่ 3-37 พื้นที่ทดสอบอุปกรณ์ ทางหลวงหมายเลข 3050, 3052, 33 และ 3049 3-45
รูปที่ 3-38 Section ที่ 1 และ Section ที่ 2 3-45
รูปที่ 3-39 Section ที่ 3 และ Section ที่ 4 3-46
รูปที่ 3-40 Section ที่ 5 3-46
รูปที่ 3-41 Sectionที่ 6 3-47
รูปที่ 3-42 พื้นที่ทดสอบอุปกรณ์ ทางหลวงหมายเลข 3050 ตอน 100 ผิวทางลาดยาง
มีพื้นที่ทางโค้งและทางลาดชัน 3-47
รูปที่ 3-43 พื้นที่ทดสอบอุปกรณ์ ทางหลวงหมายเลข 3052 ตอน 100 ผิวทางคอนกรีต 3-48
รูปที่ 3-44 พื้นที่ทดสอบอุปกรณ์ ทางหลวงหมายเลข 33 ตอน 501 ผิวทางลาดยาง
ที่มีความเสียหายของผิวทางค่อนข้างมาก 3-48
รูปที่ 3-45 พื้นที่ทดสอบอุปกรณ์ ทางหลวงหมายเลข 3049 ตอน 100 ผิวทางลาดยาง 3-49
รูปที่ 3-46 แสดงขั้นตอนการทำงานจากก่อนนำข้อมูลเข้าสู่ระบบ 3-50

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3-47 แสดงผลการนำเข้าข้อมูลผิวคอนกรีต สายทาง 3052 ตอนควบคุม 0100 รถสำรวจทั้ง 3 คัน 3-51
รูปที่ 3-48 ข้อมูลสำรวจพื้นที่ตัวอย่างผิวคอนกรีต สายทาง 3052 ตอนควบคุม 0100 รถสำรวจคันที่ 1 3-51
รูปที่ 3-49 ข้อมูลสำรวจพื้นที่ตัวอย่างผิวคอนกรีต สายทาง 3052 ตอนควบคุม 0100 รถสำรวจคันที่ 2 3-52
รูปที่ 3-50 ข้อมูลสำรวจพื้นที่ตัวอย่างผิวคอนกรีต สายทาง 3052 ตอนควบคุม 0100 รถสำรวจคันที่ 3 3-52
รูปที่ 3-51 แสดงผลการนำเข้าข้อมูลผิวลาดยาง สายทาง 33 ตอนควบคุม 501 รถสำรวจทั้ง 3 คัน 3-53
รูปที่ 3-52 ข้อมูลสำรวจพื้นที่ตัวอย่างผิวลาดยาง สายทาง 33 ตอนควบคุม 501 รถสำรวจคันที่ 1 3-53
รูปที่ 3-53 ข้อมูลสำรวจพื้นที่ตัวอย่างผิวลาดยาง สายทาง 33 ตอนควบคุม 501 รถสำรวจคันที่ 2 3-54
รูปที่ 3-54 ข้อมูลสำรวจพื้นที่ตัวอย่างผิวลาดยาง สายทาง 33 ตอนควบคุม 501 รถสำรวจคันที่ 3 3-54
รูปที่ 3-55 ภาพถนนคอนกรีต Section 3 และ Section 4 3-62
รูปที่ 3-56 การเข้าพื้นที่ทดสอบผิวทางคอนกรีตพื้นที่วิ่งทดสอบใหม่ 3-63
รูปที่ 3-57 ลักษณะผิวทางคอนกรีต ทางหลวงหมายเลข 3 ตอน 200 กม. 70+500 ถึง กม. 72+500 3-63
รูปที่ 3-58 กราฟแสดงค่า IRI เฉลี่ย 3-64
รูปที่ 3-59 กราฟแสดงค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า IRI 3-65
รูปที่ 3-60 กราฟเปรียบเทียบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอุปกรณ์สำรวจ 3-65
รูปที่ 3-61 กราพเปรียบเทียบการวิ่งเก็บค่ารวม ทิศทางสำรวจ ขา L 3-66
รูปที่ 3-62 กราพเปรียบเทียบการวิ่งเก็บค่ารวม ทิศทางสำรวจ ขา R 3-66
รูปที่ 3-63 กราฟแสดงการแจกแจงปกติ (Normal Distribution) ทิศทางสำรวจขา L (IRI) 3-69
รูปที่ 3-64 กราฟแสดงการแจกแจงปกติ (Normal Distribution) ทิศทางสำรวจขา R (IRI) 3-70
รูปที่ 3-65 แสดงการวิ่งช่องจราจรด้านซ้ายสุดของถนนทั้ง 2 ทิศทาง 3-71
รูปที่ 3-66 แสดงการวิ่งช่องจราจรด้านซ้ายสุด 3-71

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3-67 แสดงภาพมุมสูงการวิ่งจราจรช่องซ้ายสุดทั้งทางหลักและทางขนาน 3-72
รูปที่ 3-68 แสดงภาพเมื่อเข้าสำรวจด้านซ้ายสุดของถนนไม่ได้ เนื่องจากมีเหตุจำเป็น 3-72
รูปที่ 3-69 แสดงภาพการเข้าสำรวจทางขนาน 3-73
รูปที่ 3-70 ภาพมุมสูงแสดงการวิ่งเมื่อเข้าสู่ 2 ช่องจราจร 3-73
รูปที่ 3-71 แสดงภาพสายทางที่เปียกจนไม่สามารถสำรวจได้ 3-74
รูปที่ 3-72 แสดงภาพเมื่อไม่สามาถเข้าสำรวจได้เนื่องจากมีสิ่งก่อสร้างถาวรกีดขวาง ทำให้รถไม่สามารถเข้าสำรวจได้ 3-74
รูปที่ 3-73 ตัวอย่างการประมวลผลข้อมูลค่าดัชนีความขรุขระสากลของผิวทาง 3-75
รูปที่ 3-74 ตัวอย่างการประมวลผลข้อมูลค่าความลึกร่องล้อบนผิวทาง 3-75
รูปที่ 3-75 ตัวอย่างการประมวลผลข้อมูลค่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวทาง 3-76
รูปที่ 3-76 แสดงภาพถ่ายผิวทางที่สร้างขึ้นจากเลเซอร์ 3-77
รูปที่ 3-77 แสดงความละเอียดภาพถ่ายสภาพความเสียหายผิวทาง (Distress) จากอุปกรณ์ ROMDAS pavement camera 3-78
รูปที่ 3-78 กระบวนการทำงานการประเมินและวิเคราะห์ความเสียหายของผิวทาง 3-80
รูปที่ 3-79 ภาพรวมการประมวลผลของของระบบ Laser Crack Measurement System (LCMS) 3-81
รูปที่ 3-80 ภาพรวมการประมวลผลของซอฟต์แวร์วิเคราะห์และประเมินความเสียหายเฉพาะทาง 3-87
รูปที่ 3-81 ตัวอย่างการประเมินความเสียหายผิวทางด้วยวิธีการ Manual Process ผ่านโปรแกรมประเมินเฉพาะทางและอุปกรณ์ Lcms Process 3-89
รูปที่ 3-82 การประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายถนนและสองข้างทางจากอุปกรณ์ ROMDAS 3-90
รูปที่ 3-83 ตัวอย่างความละเอียดข้อมูลภาพถ่ายถนนและสองข้างทาง 3-91
รูปที่ 3-84 ตัวอย่างภาพจากกล้องบันทึกภาพถนนและพื้นที่ภายในบริเวณเขตทางทั้งสองข้าง บนระบบ Roadnet 3-91
รูปที่ 3-85 ผลลัพธ์การประมวลผลภาพถ่ายต่อเนื่องที่สามารถแสดงเป็นภาพเคลื่อนไหว บนระบบ Roadnet ได้ 3-92
รูปที่ 3-86 ตัวอย่างข้อมูลสำรวจที่ผ่านการประมวลผล และถูกจัดอยู่ในรูปแบบ Microsoft Access นามสกุล .mdb 3-94
รูปที่ 3-87 แผนผังแสดงการเพิ่มประสิทธิภาพการนำเข้าข้อมูล ด้วยการเขียนโปรแกรมภาษา Python และ SQL 3-95
รูปที่ 3-88 ตัวอย่างข้อมูล Rutting 3-96

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3-89 ตัวอย่างข้อมูล IRI 3-96
รูปที่ 3-90 ตัวอย่างข้อมูล MPD 3-97
รูปที่ 3-91 การประมวลผลข้อมูลการสำรวจในรูปแบบของแผนที่ (GIS) โดยพิจารณาถึงระบบพิกัดอ้างอิง ที่เป็นมาตรฐานและสามารถจัดเก็บในระบบฐานข้อมูล Roadnet ได้อย่างเหมาะสม 3-97
รูปที่ 3-92 แสดงภาพถ่ายต่อเนื่องที่สัมพันธ์กับสายทางที่สำรวจ 3-98
รูปที่ 3-93 แสดงตัวอย่างข้อมูลประเมินและวิเคราะห์ความเสียหายที่ได้จากโปรแกรมวิเคราะห์และประเมินความเสียหายเฉพาะทาง และระบบ LCMS 3-99
รูปที่ 3-94 แสดงการประมวลผลการสำรวจในรูปแบบแผนที่ (GIS) ข้อมูลที่เกิดความเสียหายสัมพันธ์กับค่าเฉลี่ย IRI ที่สูงตามข้อมูลประเมิน 3-99
รูปที่ 3-95 แสดงโครงสร้างข้อมูลปริภูมิตามมาตรฐาน OGC 3-101
รูปที่ 3-96 การเตรียมข้อมูลให้เหมาะสมก่อนแปลงให้อยู่ในรูปแบบของข้อมูลภูมิสารสนเทศ 3-101
รูปที่ 3-97 การ convert (*.csv file) to shapefile (point) 3-102
รูปที่ 3-98 การ convert points to Paths 3-102
รูปที่ 3-99 การปรับโครงสร้างข้อมูลจากโปรแกรม HKE ให้ตรงกับโครงสร้างข้อมูลสำรวจในฐานข้อมูลกลางงานบำรุงทาง (CRDB) 3-103
รูปที่ 3-100 การปรับโครงสร้างข้อมูลจากโปรแกรม ให้ตรงกับโครงสร้างข้อมูลสำรวจในฐานข้อมูล 3-103
รูปที่ 3-101 แสดงจุดบังคับภาพภาคพื้นดิน (Ground Control Point : GCP) ทั้ง 70 จุด 3-107
รูปที่ 3-102 แสดงจุดบังคับภาพภาคพื้นดิน (Ground Control Point : GCP) ทั้ง 170 จุด 3-117
รูปที่ 3-103 แสดงจุดบังคับภาพภาคพื้นดิน (Ground Control Point : GCP) ทั้ง 131 จุด 3-130
รูปที่ 3-104 แสดงอุปกรณ์สำรองข้อมูลชนิด NAS ที่ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ กรมทางหลวง 3-139
รูปที่ 3-105 แสดงภาพรวมการทำงานของระบบจัดเก็บข้อมูล (NAS) 3-140
รูปที่ 3-106 แสดงการเชื่อมโยงบนระบบ Roadnet บนฐานข้อมูล phpPgadmin 3-141
รูปที่ 3-107 แผนผังแสดงขั้นตอนการจัดเก็บข้อมูลเข้าสู่ระบบ Roadnet บนฐานข้อมูล phpPgadmin 3-142
รูปที่ 3-108 เปรียบเทียบค่าความเสียหายที่ STA 2+025 – 2+050 บนทางหลวงหมายเลข 1257 ตอนควบคุม 100 แขวงทางหลวงน่านที่ 1 3-143
รูปที่ 3-109 แสดงกระบวนการตรวจสอบผ่านระบบ Roadnet 3-145
รูปที่ 3-110 ตัวอย่างการตรวจสอบความสอดคล้องเชิงตำแหน่งบริเวณทางแยก 3-147

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3-111 ตัวอย่างการตรวจสอบพื้นที่สำรวจและอ้างอิงตำแหน่งภาพจาก Google Map.....3-147
รูปที่ 3-112 ตัวอย่างการตรวจสอบสายทางที่แสดงผิวแอสฟัลต์และรอยต่อผิวคอนกรีต.....3-148
รูปที่ 3-113 ตัวอย่างการตรวจสอบสายทางที่แสดงผิวคอนกรีตและรอยต่อผิวแอสฟัลต์.....3-148
รูปที่ 3-114 ตัวอย่างกราฟข้อมูลค่าดัชนีความขรุขระสากล (IRI)
ที่สภาพความเสียหายสอดคล้องในพื้นที่.....3-149
รูปที่ 3-115 ตัวอย่างการจำลองการแสดงข้อมูลตามสภาพความเสียหาย.....3-151
รูปที่ 3-116 ตัวอย่างการแสดงข้อมูลตามสภาพความเสียหายของอุปกรณ์ Laser Profiler คันที่ 1.....3-151
รูปที่ 3-117 ตัวอย่างการแสดงข้อมูลตามสภาพความเสียหายของอุปกรณ์ Laser Profiler คันที่ 2.....3-152
รูปที่ 3-118 ตัวอย่างการแสดงข้อมูลตามสภาพความเสียหายของอุปกรณ์สำรวจ LCMS.....3-152
รูปที่ 3-119 ตัวอย่างการแสดงผลสภาพความเสียหายแอสฟัลต์.....3-153
รูปที่ 3-120 ตัวอย่างการแสดงผลผ่านระบบ Roadnet สภาพความเสียหายแอสฟัลต์.....3-153
รูปที่ 3-121 ตัวอย่างการแสดงผลสภาพความเสียหายคอนกรีต.....3-154
รูปที่ 3-122 ตัวอย่างการแสดงผลผ่านระบบ Roadnet สภาพความเสียหายคอนกรีต.....3-154
รูปที่ 3-123 แสดงจุดพิกัดค่าความเสียหายผิวทาง ค่าเฉลี่ยความขรุขระสากล (IRI) และภาพถ่ายความ
เสียหายผิวทางในรูปแบบแผนที่ (GIS).....3-155
รูปที่ 3-124 ตัวอย่างการแสดงผลภาพถ่ายที่มีคราบมูลนก.....3-156
รูปที่ 3-125 ตัวอย่างการแสดงผลสภาพสัดส่วนที่มีความสอดคล้อง.....3-157
รูปที่ 3-126 ตัวอย่างการตรวจสอบภาพเคลื่อนไหวที่ไม่ซ้ำกัน.....3-157
รูปที่ 3-127 ตัวอย่างการแสดงการแสดงพิกัดสายทางหมายเลขทางหลวงที่ 1 ตอนควบคุมที่ 1102.....3-158
รูปที่ 3-128 ตารางตัวอย่างบัญชีตรวจสอบ QC4 รายแขวงทางหลวง.....3-160
รูปที่ 3-129 ตารางตัวอย่างบัญชีตรวจสอบ QC5.....3-161
รูปที่ 3-130 กระบวนการขั้นตอนการตรวจสอบของเจ้าหน้าที่ตรวจสอบคุณภาพ.....3-162
รูปที่ 3-131 QR code LINE Open Chat สำหรับแจ้งระบบ HRIS.....3-165
รูปที่ 3-132 การคัดเลือกช่วงอายุผิวทาง.....3-170
รูปที่ 3-133 รถสำรวจระบบ Laser Crack Measurement System.....3-173
รูปที่ 3-134 อุปกรณ์ Inertial Measurement Unit (IMU).....3-173
รูปที่ 3-135 อุปกรณ์รับค่าพิกัดตำแหน่งจากสัญญาณดาวเทียมแบบ GNSS.....3-173

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3-136 ผลการประมวลผลค่าลักษณะทางเรขาคณิตของสายทาง (Geometric) และค่าระดับความสูง (Elevation) โดยใช้ซอฟต์แวร์สำเร็จรูปจากบริษัทผู้ผลิต จากการสำรวจด้วยระบบ Laser Crack Measurement System (LCMS) 3-174
รูปที่ 3-137 The position of all three axes 3-175
รูปที่ 3-138 หลักการคำนวณค่าความลาดชันของสายทาง (Longitudinal Grade) 3-175
รูปที่ 3-139 การกระจัดเชิงมุม (Angular Displacement) 3-176
รูปที่ 3-140 รถสำรวจระบบ Spot Laser 3-177
รูปที่ 3-141 ผลการประมวลผลค่าลักษณะทางเรขาคณิตของสายทาง (Geometric) และค่าระดับความสูง (Elevation) โดยใช้ซอฟต์แวร์สำเร็จรูปจากบริษัทผู้ผลิต จากการสำรวจด้วยระบบ Laser 3-178
รูปที่ 3-142 ตัวอย่างค่าความสูงจากโปรแกรมสำรวจ 3-178
รูปที่ 3-143 ตัวอย่างค่าความลาดชันจากโปรแกรมสำรวจ 3-179
รูปที่ 3-144 ตัวอย่างค่าความลาดเอียงจากโปรแกรมสำรวจ 3-179
รูปที่ 3-145 การสร้าง Surface และ Alignment 3-180
รูปที่ 3-146 การสร้างรูปตัดตามยาว 3-180
รูปที่ 3-147 การสร้างรูปตัดตามขวาง 3-181
รูปที่ 3-148 อุปกรณ์ Lidar Drone 3-181
รูปที่ 3-149 ข้อมูล Point could จากอุปกรณ์ Lidar Drone 3-182
รูปที่ 3-150 การเก็บค่าพิกัดด้วยอุปกรณ์รับสัญญาณ GNSS แบบ RTK 3-182
รูปที่ 3-151 ข้อมูลจุดพิกัดที่ได้จาก อุปกรณ์รับสัญญาณ GNSS แบบ RTK 3-183
รูปที่ 3-152 Scatter plot แสดงตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปร ใน 3 ลักษณะ 3-184
รูปที่ 3-153 กราฟเปรียบเทียบค่าระดับความสูง (Elevation) 3-185
รูปที่ 3-154 กราฟเปรียบเทียบค่าความลาดชัน (Percent grad slope) 3-186
รูปที่ 3-155 กราฟเปรียบเทียบค่าความลาดเอียง (Percent crown slope) 3-187
รูปที่ 3-156 กราฟเปรียบเทียบค่ารัศมีโค้ง (Radius) 3-188
รูปที่ 3-157 กราฟเปรียบเทียบค่าระดับความสูง (Elevation) 3-189
รูปที่ 3-158 กราฟเปรียบเทียบค่าความลาดชัน (Percent grad slope) 3-190
รูปที่ 3-159 กราฟเปรียบเทียบค่าความลาดเอียง (Percent crown slope) 3-190
รูปที่ 3-160 กราฟเปรียบเทียบค่ารัศมีโค้ง (Radius) 3-191

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3-161 ตัวอย่างแนวคิดการออกแบบการแสดงผลลัพธ์เครื่องมือทางสถิติ (Geometric).....3-193
รูปที่ 3-162 ตัวอย่างแนวคิดการแสดงกราฟแผนภูมิจุดแบบกระจัดกระจาย หรือ Scatter plot และแผนที่แสดงค่าระดับของข้อมูลค่าระดับความสูง (Elevation).....3-194
รูปที่ 3-163 ตัวอย่างแนวคิดการแสดงกราฟเส้น (Line Chart) และกราฟพื้นที่ (Area Chart) และแผนที่แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความชันของสายทาง.....3-195
รูปที่ 3-164 ตัวอย่างแนวคิดการแสดงกราฟเส้น (Line Chart) และแผนที่แสดงค่ารัศมีทางโค้ง.....3-196
รูปที่ 3-165 ตัวอย่างแนวคิดการแสดงกราฟเส้น (Line Chart) และแผนที่แสดงค่าความลาดเอียง.....3-197
รูปที่ 3-166 ภาพแสดงตำแหน่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดเก็บภาพถ่ายผิวทางของรถสำรวจคันที่ 1 คันที่ 2 และคันที่ 3 ตามลำดับ.....3-199
รูปที่ 3-167 ภาพแสดงตัวอย่างความถี่การจัดเก็บภาพของรถสำรวจแต่ละคัน.....3-199
รูปที่ 3-168 โครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลภาพถ่ายผิวทางอยู่ใน Folder “pavement”.....3-200
รูปที่ 3-169 ช่องทางการเข้าดูข้อมูลภาพถ่ายผิวทางผ่านระบบ Roadnet.....3-201
รูปที่ 3-170 แสดงรายละเอียดการเพิ่มเติมหน้าแสดงผลภาพถ่ายผิวทางและค่าความเสียหายผิวทาง.....3-201
รูปที่ 3-171 การแสดงผลภาพความเสียหายของผิวทางจากรถสำรวจแบบที่ 1.....3-202
รูปที่ 3-172 การแสดงผลภาพความเสียหายของผิวทางจากรถสำรวจแบบที่ 2.....3-202
รูปที่ 3-173 การแสดงผลภาพความเสียหายของผิวทางจากรถสำรวจแบบที่ 3.....3-203
รูปที่ 3-174 ผลการออกแบบการแสดงผลภาพความเสียหายของผิวทาง ผนวกกับการแสดงค่าความเสียหายทุก ๆ 25 เมตร.....3-203
รูปที่ 3-175 ผลการออกแบบภาพรวมการสำรวจที่เพิ่มเติมภาพความเสียหายของผิวทาง.....3-204
รูปที่ 3-176 ผลการออกแบบภาพรวมการสำรวจที่เพิ่มเติมข้อมูลความเสียหายของผิวทาง.....3-204
รูปที่ 3-177 ผลการออกแบบแผนภูมิแสดงตำแหน่งและตารางข้อมูลความเสียหายผิวทาง.....3-205
รูปที่ 3-178 ผลการออกแบบการค่าความเสียหายภาพรวมด้วยกระบวนการวิเคราะห์ Heat Map.....3-207
รูปที่ 3-179 ผลการออกแบบค่าความเสียหายผิวทาง Icrack- รอยแตกต่อเนื่อง (ตรม.).....3-207
รูปที่ 3-180 ผลการออกแบบค่าความเสียหายผิวทาง Ucrack –รอยแตกตามยาว (เมตร).....3-208
รูปที่ 3-181 ผลการออกแบบค่าความเสียหายผิวทาง Rav –ผิวหลุดร่อน (ตรม.).....3-208
รูปที่ 3-182 ผลการออกแบบค่าความเสียหายผิวทาง Patch_ac – ปะซ่อม (ตรม.).....3-209
รูปที่ 3-183 ประเภทความเสียหายที่เกิดกับพื้นผิวบิทูมินัส.....3-212
รูปที่ 3-184 การเกิดร่องล้อ อันเป็นผลจากความหนาของชั้นผิวทาง.....3-222
รูปที่ 3-185 การเกิดร่องล้อ อันเป็นผลจากการเปลี่ยนรูปพลาสติกของพื้นผิว.....3-223

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3-186 สรุปองค์ประกอบที่ใช้ในการวิเคราะห์ความขรุขระตามการศึกษาของ HDM 4 3-233
รูปที่ 3-187 แนวทางการประยุกต์ใช้การพิจารณาองค์ประกอบความสัมพันธ์ของตัวแปร ที่ส่งผลต่อสภาพความเสียหายของผิวถนน 3-234
รูปที่ 3-188 ค่าสหสัมพันธ์ของตัวแปรที่นำมาพิจารณา 3-235
รูปที่ 3-189 กลุ่มขององค์ประกอบที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ส่งผลต่อสภาพความเสียหายของผิวถนน 3-236
รูปที่ 3-190 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์วิเคราะห์ค่าความเสียหายของผิวทางด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบ 3-239
รูปที่ 3-191 รูปแบบถนนคอนกรีตที่ไม่มีการเสริมเหล็กกันร้าว กรณี : ไม่มีลูกเดือย 3-241
รูปที่ 3-192 รูปแบบถนนคอนกรีตที่ไม่มีการเสริมเหล็กกันร้าว กรณี : มีลูกเดือย 3-241
รูปที่ 3-193 รูปแบบถนนคอนกรีตที่เสริมเหล็กกันร้าว 3-241
รูปที่ 3-194 รูปแบบถนนคอนกรีตที่ก่อสร้างโดยไม่มีรอยต่อตามขวาง 3-242
รูปที่ 3-195 ประเภทความเสียหายที่เกิดกับพื้นผิวคอนกรีต 3-243
รูปที่ 3-196 รูปแบบการเกิด Transverse Joint Faulting 3-243
รูปที่ 3-197 รูปแบบการเกิด Transverse Joint Spalling 3-244
รูปที่ 3-198 รูปแบบการเกิด Transverse Cracking 3-245
รูปที่ 3-199 Flow Chart แสดงขั้นตอนการปรับแก้ค่า Kgp 3-250
รูปที่ 3-200 การคัดเลือกช่วงอายุผิวทาง 3-251
รูปที่ 3-201 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า IRI จริง และ IRI จากแบบจำลอง 3-255
รูปที่ 3-202 เครื่องมือ Fixed Slip 3-259
รูปที่ 3-203 เครื่องมือ Dynamic Friction Tester (DFT) 3-260
รูปที่ 3-204 ตัวเครื่องทดสอบ DFT (หน่วย มิลลิเมตร) 3-261
รูปที่ 3-205 Water Supply (หน่วย มิลลิเมตร) 3-262
รูปที่ 3-206 แผ่นยางทดสอบ (Rubber slider) 3-263
รูปที่ 3-207 อุปกรณ์ Road Stripe Assessment at Highway Speeds 3-264
รูปที่ 3-208 ตัวอย่างการติดตั้งเครื่องมือ Pavement Marking Retro Reflectivity กับยานพาหนะ 3-264
รูปที่ 3-209 มาตรฐาน ASTM E1710 และ EN 1436 3-265
รูปที่ 3-210 รูปแบบการตรวจวัดตามแบบจำลองการมองเห็นที่ระยะ 30 เมตร 3-266
รูปที่ 3-211 ตัวอย่างการเก็บข้อมูลขณะรถเคลื่อนที่ 3-266

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3-212 ตัวอย่างการระบุค่าพิกัดในระบบ GPS ของข้อมูล....3-267
รูปที่ 3-213 ตัวอย่างการแสดง และบันทึกผลการสำรวจแบบ
Real-time Data Acquisition and Analysis....3-267
รูปที่ 3-214 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความส่องสว่าง (Illuminance, E)
และความสว่าง (Luminance, L)....3-269
รูปที่ 3-215 ตัวอย่างของแสงไฟที่ทำให้เกิด Disability and Discomfort Glare....3-270
รูปที่ 3-216 อุปกรณ์ Photometer Imaging Light Technique....3-272
รูปที่ 3-217 ตัวอย่างการใช้งานอุปกรณ์บนถนน....3-273
รูปที่ 3-218 ตัวอย่างการใช้งานอุปกรณ์ภายในพาหนะ....3-273
รูปที่ 3-219 ตัวอย่างภาพที่ได้ขณะใช้งานโหมดการถ่ายภาพต่อเนื่อง....3-274
รูปที่ 3-220 ตัวอย่างรถตู้ลากจูงและรถลากพ่วงทดสอบเครื่องมือ FWD....3-274
รูปที่ 3-221 ตัวอย่างชุดอุปกรณ์ทดสอบ FWD....3-275
รูปที่ 3-222 ตัวอย่างการติดตั้ง Geophone บริเวณรอยต่อของผิวทางคอนกรีต....3-276
รูปที่ 3-223 ตัวอย่างการตรวจสอบโพรงใต้ผิวจราจร “ไม่มีความเสียหาย”....3-277
รูปที่ 3-224 ตัวอย่างการตรวจสอบโพรงใต้ผิวจราจร
“พบโพรงใต้คันทางที่ความลึก 0.3 เมตร จากผิวทาง”....3-277