



		(%)	(%)	(Rad/km)		(m. MSL)						
Section	Enabled	Chainage	Sub Chainage	Grade (%)	Cross Slope (%)	Horizontal Curvature	1/km	Vertical Curve	Latitude (m)	Longitude	Altitude (m)	GPS position
LEADIN	Y	-0.73	0.025	0.75	-2.89	-0.59	-0.44	14.29663	101.2692	4.3	FALSE	
LEADIN	Y	-0.705	0.05	1.87	-2.89	0.18	-0.43	14.29648	101.2691	4.9	FALSE	
LEADIN	Y	-0.68	0.075	2.85	-2.96	0.04	-0.28	14.29666	101.2689	6	FALSE	
LEADIN	Y	-0.655	0.1	3.27	-2.92	-0.08	-0.03	14.29684	101.2688	6.8	FALSE	
LEADIN	Y	-0.63	0.125	3.01	-2.87	0.06	0.18	14.29702	101.2687	7.8	FALSE	
LEADIN	Y	-0.605	0.15	2.49	-2.72	0.01	0.21	14.29719	101.2685	8.6	FALSE	
LEADIN	Y	-0.58	0.175	1.9	-2.91	-0.06	0.25	14.29737	101.2684	9.2	FALSE	
LEADIN	Y	-0.555	0.2	1.26	-2.93	-0.1	0.29	14.29755	101.2683	9.5	FALSE	
LEADIN	Y	-0.53	0.225	0.44	-2.81	-0.03	0.33	14.29773	101.2681	9.8	FALSE	
LEADIN	Y	-0.505	0.25	-0.29	-2.79	-0.01	0.21	14.29791	101.268	9.7	FALSE	
LEADIN	Y	-0.48	0.275	-0.61	-2.43	0.02	0.06	14.29809	101.2678	10	FALSE	
LEADIN	Y	-0.455	0.3	-0.6	-1.64	-0.09	-0.05	14.29826	101.2677	9.7	FALSE	
LEADIN	Y	-0.43	0.325	-0.38	0.58	1.06	-0.07	14.29844	101.2676	9.7	FALSE	
LEADIN	Y	-0.405	0.35	-0.31	4.61	3.23	0.03	14.29863	101.2674	9.8	FALSE	
LEADIN	Y	-0.38	0.375	-0.52	7.17	4.34	0.08	14.29883	101.2673	9.8	FALSE	
LEADIN	Y	-0.355	0.4	-0.68	6.8	3.87	0.06	14.29904	101.2672	9.6	FALSE	
LEADIN	Y	-0.33	0.425	-0.88	3.64	3.07	0.1	14.29926	101.2672	9.5	FALSE	
LEADIN	Y	-0.305	0.45	-1.13	-0.02	1.6	0.02	14.29948	101.2671	9.3	FALSE	
LEADIN	Y	-0.28	0.475	-1.03	-1.93	-1.63	0	14.2997	101.2671	9.4	FALSE	
LEADIN	Y	-0.255	0.5	-1.18	-3.95	-5.33	0.04	14.29991	101.267	9.2	FALSE	
LEADIN	Y	-0.23	0.525	-1.05	-6.37	-9.42	-0.23	14.3001	101.2669	9	FALSE	
LEADIN	Y	-0.205	0.55	-0.12	5.38	-8.88	-0.25	14.30029	101.2667	8.9	FALSE	
LEADIN	Y	-0.18	0.575	0.09	-3.17	-3.88	-0.02	14.30038	101.2665	8.9	FALSE	
LEADIN	Y	-0.155	0.6	0.09	-2.56	-0.87	-0.03	14.3005	101.2664	9	FALSE	
LEADIN	Y	-0.13	0.625	0.2	-2.53	0.09	-0.05	14.30063	101.2662	9	FALSE	
LEADIN	Y	-0.105	0.65	0.31	-2.46	0.28	-0.02	14.30075	101.266	9.3	FALSE	
LEADIN	Y	-0.08	0.675	0.31	-2.36	-1.71	-0.04	14.30088	101.2658	9.7	FALSE	

รูปที่ 1-150 ผลการประมวลผลค่าลักษณะทางเรขาคณิตของสายทาง (Geometric) และค่าระดับความสูง (Elevation) โดยใช้ซอฟต์แวร์สำเร็จรูปจากบริษัทผู้ผลิต จากการสำรวจด้วยระบบ Laser

2.2 การแสดงผลของค่าต่าง ๆ

2.2.1 มุมมองความสูงเรขาคณิต (Geometry Height View)

Geometry Height View แสดงความสูงที่วัดได้ไปยังจุดสำรวจเริ่มต้น เมื่อประมวลผลหลังจากการสำรวจ ค่านี้จะถูกนำไปรวมกับข้อมูล GPS เพื่อคำนวณค่าความสูงสมบูรณ์ โดยที่ระดับความสูงที่ได้จะเป็นแบบ Ellipsoidal Height

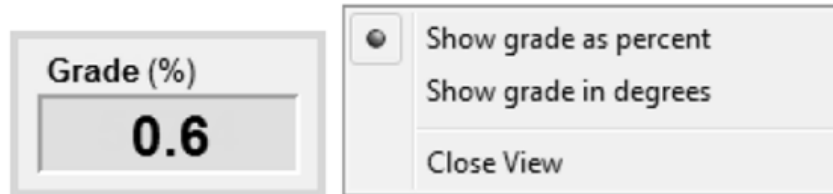


รูปที่ 1-151 ตัวอย่างค่าความสูงจากโปรแกรมสำรวจ



2.2.2 มุมมองความลาดชัน (Grade View)

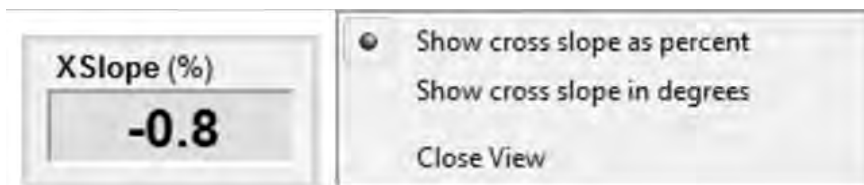
Grade View แสดงค่าความลาดชัน (Grade) ปัจจุบัน (ความชันของถนนในทิศทางที่มุ่งหน้าสำรวจ) โดยที่ Grade จะมีค่าเป็นบวกถ้าหากด้านหน้าของยานพาหนะสูงกว่าด้านหลัง



รูปที่ 1-152 ตัวอย่างค่าความลาดชันจากโปรแกรมสำรวจ

2.2.3 มุมมองความลาดเอียง (Cross Slope View)

Cross Slope View แสดงค่าความเอียง (Cross Slope) (ความชันวัดจากแนวตั้งฉากกับถนนในทิศทางที่มุ่งหน้าสำรวจ) โดยที่ Cross slope จะมีค่าเป็นบวกถ้าทางซ้ายของรถสูงกว่าทางขวา



รูปที่ 1-153 ตัวอย่างค่าความลาดเอียงจากโปรแกรมสำรวจ

2.2.4 มุมมองโค้งแนวราบ (Horizontal Curvature View)

Horizontal Curvature View แสดงรัศมีของโค้งแนวนอนหรือแนวราบของถนนโค้งแนวราบมีค่าเป็นบวกสำหรับโค้งด้านขวามือ ค่าโค้งแนวราบจะแสดงในหน่วย (radians/distance), (deg/km) ซึ่งการจะนำค่าไปใช้ต้องมีการแปลงหน่วยให้อยู่ในรูปแบบ ระยะทาง/เรเดียน



3. การสำรวจลักษณะทางเรขาคณิตของสายทาง (Geometric) ด้วยโดรน (Drone) หรือการรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์ (Real Time Kinematics, RTK)

3.1 ขั้นตอนการประมวลผลค่าลักษณะทางเรขาคณิตของสายทาง (Geometric) และค่าระดับความสูง (Elevation) ด้วยโปรแกรม Civil3D

3.1.1 สร้าง Surface จากข้อมูล DEM ที่ได้มาจากโดรน (Drone) หรือการรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์ (Real Time Kinematics, RTK)

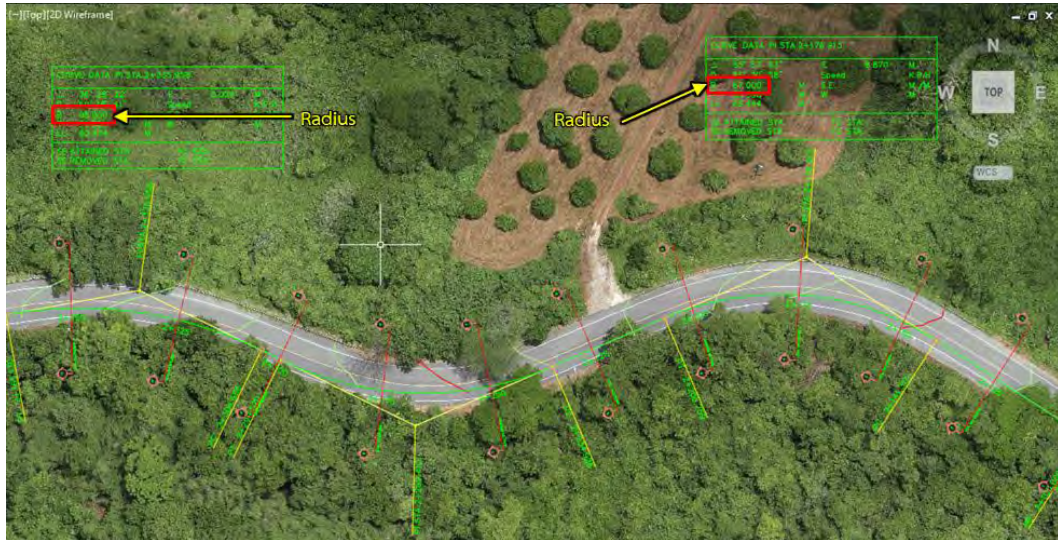
3.1.2 สร้าง Alignment แนวเส้นทางการสำรวจลงบน Surface โดยอ้างอิงพิกัดตำแหน่งจุดเริ่มต้นและแนวเส้นทางการสำรวจจากรถ LCMS เพื่อให้แน่ใจว่าจะประมวลผลข้อมูลตำแหน่งเดียวกันกับรถสำรวจ



รูปที่ 1-154 การสร้าง Surface และ Alignment

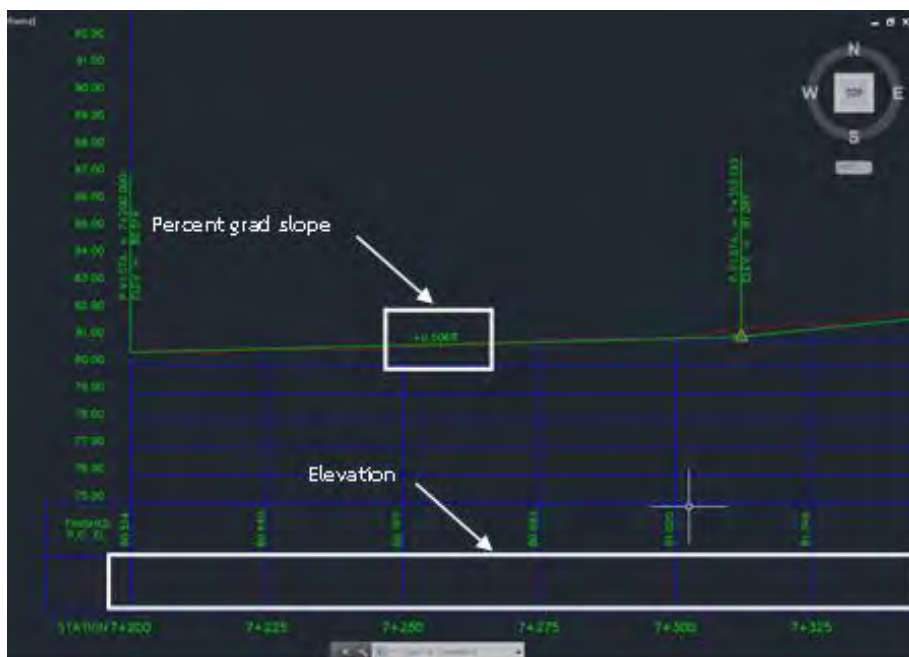


- 3.1.3 จาก Alignment แนวเส้นทางการสำรวจ ปรับแนวให้สอดคล้องกับลักษณะความโค้งของถนนโดยใช้ภาพถ่าย Orthophoto เป็นข้อมูลอ้างอิง โปรแกรม Civil3D จะแสดงค่ารัศมีโค้ง (Radius)



รูปที่ 1-155 แสดงค่ารัศมีโค้ง (Radius) จากโปรแกรม Civil3D

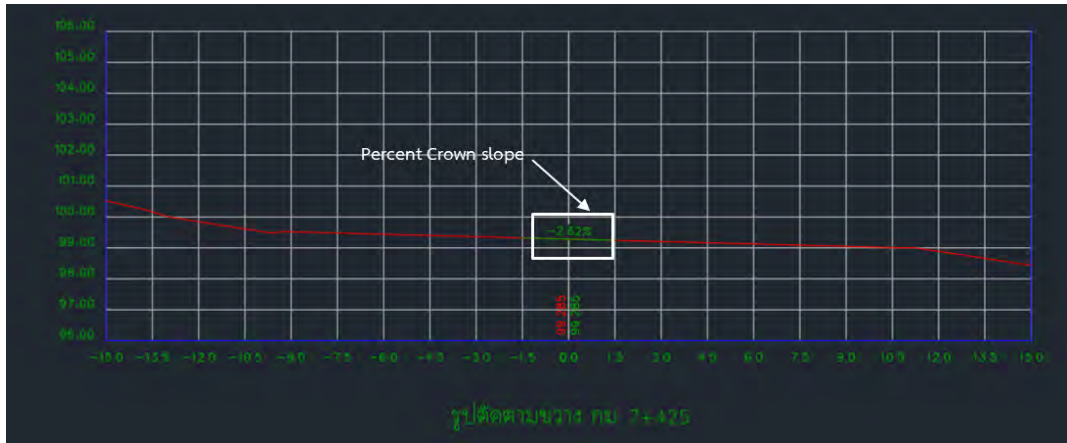
- 3.1.4 สั่งให้โปรแกรม Civil3D ตัดรูปตัดตามยาวตลอดแนวสำรวจ โปรแกรมจะโชว์ค่าระดับความสูง (Elevation) ทุก ๆ ระยะที่ต้องการ
- 3.1.5 จากรูปตัดตามยาว วาดเส้น Design grade ให้ลัดกับเส้นพื้นผิวถนนตามรูปตัดตามยาวให้มากที่สุด โปรแกรมจะโชว์ค่าความชันของสายทาง (Percent grad slope)



รูปที่ 1-156 การสร้างรูปตัดตามยาว



- 3.1.6 สั่งให้โปรแกรม Civil3D ตัดรูปตัดตามขวางทุก ๆ ระยะที่ต้องการตลอดแนวสำรวจ
- 3.1.7 จากรูปตัดตามขวางแต่ละ กม. คลิกที่จุด 2 จุดให้ครอบคลุมบริเวณที่สนใจบนเส้นพื้นผิวถนน โปรแกรมจะโชว์ค่าความลาดเอียง (Crown slope)



รูปที่ 1-157 การสร้างรูปตัดตามขวาง

3.2 รายละเอียดการสอบเทียบความแม่นยำของข้อมูลรังวัดด้วยอากาศยานไร้คนขับ LiDAR และการรังวัดแบบจลนนิ่งในทันที (Real-time kinematic : RTK)

ที่ปรึกษาได้ทำการเก็บข้อมูลลักษณะทางเรขาคณิตของสายทางในพื้นที่ทางหลวงหมายเลข 3050 ตอนควบคุม 100 ทางเข้าน้ำตกสาริกา ช่วง กม.2+079 - กม. 2+900 ประกอบด้วย

1. อุปกรณ์ โดรน (Lidar Drone) ทำการบินสำรวจ ลักษณะภูมิประเทศ และนำข้อมูล Point cloud จากอุปกรณ์ Lidar ที่ได้จากบินสำรวจมาประมวลผลเป็นข้อมูล DEM เพื่อนำไปสร้างเป็น Surface นำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับค่า Geometry ที่ได้จากรถสำรวจ โดยมีอุปกรณ์แสดงดังตารางที่ 1-50



ตารางที่ 1-50 อุปกรณ์อากาศยานไร้คนขับแบบปีกหมุน

ลำดับ	รายละเอียด	ภาพประกอบ	จำนวน
1	UAV DJI Matrice 300 RTK		1
2	Geosun GS-130X LIDAR Scanner		1
3	UAV DJI Matrice 300 RTK Controller		1
4	UAV DJI Matrice 300 RTK Intelligent Battery		2

ตารางที่ 1-51 รายละเอียดอุปกรณ์ Lidar

ข้อมูล	รายละเอียด
Laser class	905 mm class 1 (IEC 60825 - 1:2014)
ความแม่นยำ ทางตั้ง	น้อยกว่า หรือเท่ากับ 10 ซม. ที่ความสูงไม่เกิน 120 เมตร
ความแม่นยำ ทางราบ	1 เซนติเมตร
ข้อมูล Point cloud	1280000 จุด ต่อ วินาที



รูปที่ 1-158 อุปกรณ์ Lidar Drone







รูปที่ 1-159 ข้อมูล Point cloud จากอุปกรณ์ Lidar Drone



2. อุปกรณ์รับสัญญาณ GNSS แบบ RTK ทำการเก็บค่าพิกัด (X,Y,Z) ในสายทาง
พื้นที่ทดสอบ โดยทำการเก็บข้อมูลทุกระยะ 25 เมตร ตามแนวขวางของสายทาง

ตารางที่ 1-52 อุปกรณ์รังวัดตำแหน่งด้วยดาวเทียม GNSS

ลำดับ	รายละเอียด	ภาพประกอบ	จำนวน
1	Stonex S900A GNSS Receiver		2
2	Stonex UT12P Android tablet		1
3	SECO 2 meters pole		1
4	Trimble 2 meters Range Pole with Bipod		1

ตารางที่ 1-53 รายละเอียดอุปกรณ์ GNSS RTK

ข้อมูล	รายละเอียด
ชนิดดาวเทียม	GPS/GNSS
ความถี่ในการรับข้อมูล	10 เฮิรต
ความแม่นยำ ทางตั้ง	15 มิลลิเมตร (+1 ppm RMS)
ความแม่นยำ ทางราบ	8 มิลลิเมตร (+1 ppm RMS)



รูปที่ 1-160 การเก็บค่าพิกัดด้วยอุปกรณ์รับสัญญาณ GNSS แบบ RTK



รูปที่ 1-161 ข้อมูลจุดพิกัดที่ได้จาก อุปกรณ์รับสัญญาณ GNSS แบบ RTK



2.2.1 รังวัดตำแหน่งหมุดชั่วคราวเพื่อใช้เป็นที่ตั้งสถานีฐาน (Base Station) จำนวน 1 หมุด

รังวัดตำแหน่งหมุดชั่วคราวด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS Stonex S900A ด้วยวิธีการรังวัดแบบสถิต (Static) เป็นระยะเวลา 60 นาที บันทึกข้อมูลดาวเทียมประเภท Rinx Raw Data ด้วยความถี่ 1 Hz จากนั้นยึดโยงค่าพิกัดจากหมุดหลักฐานของกรมแผนที่ทหาร (RTSD) โดยการประมวลผลค่าพิกัด (Post-Processing) บนระบบโครงข่ายสถานีฐานแบบออนไลน์ 24 ชั่วโมง ได้ผลลัพธ์เป็นพิกัดอ้างอิงระบบพิกัดสากล ทางราบเป็นพื้นหลักฐาน WGS 84 พิกัดฉากเป็น UTM zone 47N พื้นหลักฐานทางดิ่งมีการแปลงค่าพิกัดทางดิ่งจาก Ellipsoidal height (ทรงรี) เป็นค่าระดับทะเลปานกลาง (Mean Sea Level : MSL) ในระบบพิกัดอ้างอิงทางดิ่ง Thailand Geoid Model 2017 (TGM2017) บนพื้นฐานสากล



รูปที่ 1-162 การรังวัดตำแหน่งหมุดสถานีฐานชั่วคราว



2.2.2 กำหนดตำแหน่งจุดควบคุมภาคพื้นดิน (GCP) จำนวน 5 จุด

กำหนดตำแหน่งควบคุมภาคพื้นดิน จำนวน 5 จุด โดยให้ครอบคลุมตลอดช่วงสายทาง ตำแหน่งไม้ใกล้หรือไกลจนเกินไป ใช้เป้าไวนิลขนาดกว้าง 1 เมตร x ยาว 1 เมตร รังวัดเก็บค่าพิกัดจุดควบคุมภาคพื้นดิน ด้วยวิธีการรังวัดแบบจลน์ในทันที (Real Time Kinematic : RTK) โดยระยะเวลาการรังวัด 300 วินาทีต่อ 1 จุดควบคุม กำหนดค่าความคลาดเคลื่อนในการรังวัด ทางราบไม่เกิน 2 เซนติเมตรและทางตั้งไม่เกิน 5 เซนติเมตร ใช้หมุดชั่วคราวในพื้นที่เป็นสถานีฐาน (Base Station) การกำหนดตำแหน่งจุดควบคุมภาคพื้นดิน มีระยะเส้นฐาน (Baseline) ไม่เกิน 1,000 เมตร โดยใช้ระบบพิกัดเดียวกับสถานีฐานชั่วคราว คือ ระบบพิกัดทางราบ WGS84 UTM Zone 47 N และระบบพิกัดทางตั้ง Thailand Geoid Model 2017



รูปที่ 1-163 การรังวัดจุดควบคุมภาคพื้นดินด้วยเครื่องวัดด้วยดาวเทียม



รังวัดตำแหน่งในสายทางทุกระยะ 25 เมตร

การรังวัดตำแหน่งในสายทางเป็นการรังวัดด้วยวิธีการรังวัดแบบจลนในทันที (Real Time Kinematic : RTK) เช่นเดียวกับการรังวัดตำแหน่งควบคุมภาคพื้นดิน โดยระยะเวลาการรังวัด 5 วินาทีต่อ 1 จุด กำหนดค่าความคลาดเคลื่อนในการรังวัด ทางราบไม่เกิน 2 เซนติเมตรและทางตั้งไม่เกิน 5 เซนติเมตร และใช้พิกัดเดียวกันกับสถานีฐานชั่วคราว คือ ระบบพิกัดทางราบ WGS84 UTM Zone 47 N และระบบพิกัดทางตั้ง Thailand Geoid Model 2017

การรังวัดตำแหน่งในสายทางได้ระยะทางรวม 800 เมตร โดยกำหนดช่วงตำแหน่งแต่ละตำแหน่งห่างกัน 25 เมตร รังวัดเป็น 3 แนว ได้แก่ ขอบทาง 2 ข้าง ทั้งขาไปและขากลับ (LR) และรังวัดในแนวเส้นกึ่งกลาง (Center line) หากมีกรณีในช่วงระหว่าง 2 ตำแหน่งมีความโค้งมาก จะทำการรังวัดเพิ่มเติม



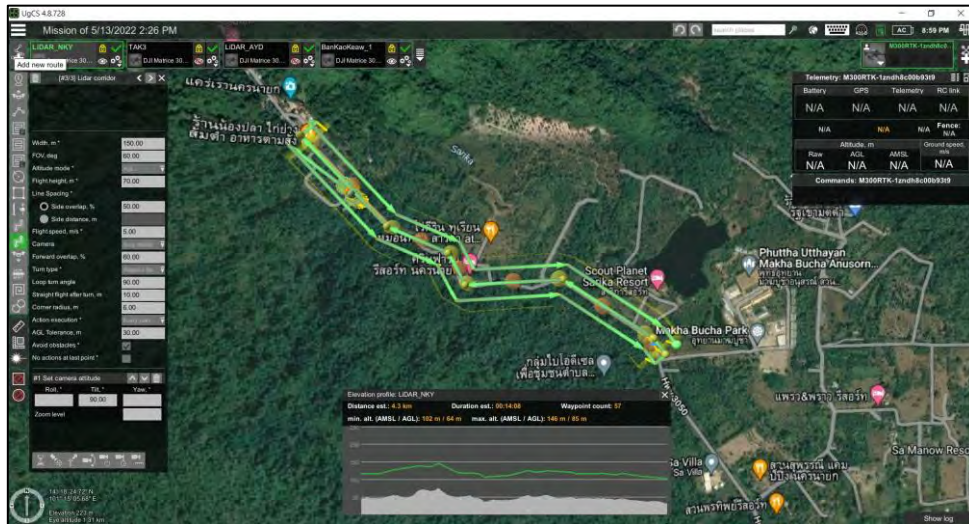
รูปที่ 1-164 การกำหนดตำแหน่งรังวัดค่าพิกัดโดยใช้ล้อวัดระยะ 25 เมตร



2.2.3 วางแผนบินถ่ายภาพด้วยอากาศยานไร้คนขับ โดยใช้โปรแกรม UgCS

การวางแผนการบินสำรวจ สามารถกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้

- รูปแบบการบิน เป็นรูปแบบบินตามสายทาง (Corridor Mapping)
- กำหนดเส้นแนวบิน 3 เส้น โดยให้เส้นกลางเป็นเส้นเหนือสายทาง และ 2 เส้นด้านข้าง เพื่อให้ข้อมูล Point cloud จาก LIDAR ครอบคลุมเขตทางทั้งหมด
- ระดับสูงบิน 70 เมตรเหนือพื้น (Above Ground Level) โดยปรับตามระดับบินตามระดับสูงของภูมิประเทศที่เปลี่ยนไป (Terrain Follow)
- ส่วนซ้อนระหว่างแนวบิน (Sidelap) 50 เปอร์เซ็นต์
- ความเร็วในการบิน 5 เมตรต่อวินาที
- รวมระยะเวลาบินสำรวจ 14 นาที ได้ระยะทางกึ่งกลางเส้น 1.3 กิโลเมตร เพิ่มในส่วนต้นและปลายสายทาง เพื่อให้ข้อมูลครอบคลุมทั้งหมด



รูปที่ 1-165 แผนการบินสำรวจรังวัดด้วยอากาศยานไร้คนขับ LIDAR



รูปที่ 1-166 อากาศยานไร้คนขับพร้อมติดตั้งเครื่อง LIDAR



2.2.4 ประมวลผลข้อมูล LIDAR ด้วยโปรแกรม gAirhawk

ข้อมูลจาก LIDAR จะประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่ 1) ข้อมูล LIDAR Raw Data 2) ข้อมูล Rinex Raw Data จากสถานีฐานชั่วคราว 3) ข้อมูล Rinex Raw Data จาก LIDAR และ 4) ข้อมูลภาพถ่ายจากกล้อง LIDAR การประมวลผลข้อมูล LIDAR เป็นการปรับแก้คุณภาพด้านพิกัดของตำแหน่งข้อมูลผลลัพธ์ คือ Point Cloud โดยผ่านขั้นตอนประมวลผลร่วมระหว่างข้อมูล Rinex Raw Data จากสถานีฐานซึ่งเป็นตำแหน่งที่ทราบค่ายึดโยงไปยังข้อมูล Rinex Raw Data จาก LIDAR ที่มีความคลาดเคลื่อนสูง เนื่องจากการรบกวนของดาวเทียมในขณะที่เคลื่อนที่ จากนั้นเมื่อถ่ายโอนตำแหน่งไปยัง Point cloud แล้ว จะเป็นการผลิตสีให้กับ Point cloud โดยการใช้ภาพถ่าย และส่งออกข้อมูลผลลัพธ์ในรูปแบบ .Las file โดยข้อมูลผลลัพธ์ Point Cloud จะได้ระบบพิกัดเดียวกับสถานีฐานชั่วคราว คือ ระบบพิกัดทางราบ WGS84 UTM Zone 47 N และระบบพิกัดทางตั้ง Thailand Geoid Model 2017

2.2.5 การสอบเทียบข้อมูลทางตั้ง

การสอบเทียบข้อมูลจะใช้ข้อมูลจากการรังวัดด้วยเครื่องรังวัดตำแหน่งด้วยดาวเทียม วิธีการรังวัดแบบจลน์ในทันที (Real Time Kinematic : RTK) และข้อมูลจากการรังวัดด้วยอากาศยานไร้คนขับ LIDAR โดยทั้ง 2 แหล่งข้อมูลจะมีการยึดโยงตำแหน่งโดยสถานีฐานชั่วคราว (Base Station) เดียวกัน และมีระบบพิกัดตำแหน่งเดียวกันคือ ระบบพิกัดทางราบ WGS84 UTM Zone 47 N และระบบพิกัดทางตั้ง Thailand Geoid Model 2017 การสอบเทียบจะปรับค่าตำแหน่งทางราบให้ตรงกันทั้ง 2 ข้อมูล จากนั้นทำการหาความคลื่อนของข้อมูลด้วยวิธี รากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error : RMSE) เพื่อให้ค่าความคลาดเคลื่อนมีหน่วยเดียวกับตัวแปรทั้ง 2 หรือในที่นี้ คือ หน่วย เมตร (meter) การสอบเทียบจะใช้ค่าระดับจากการรังวัดด้วยเครื่องรังวัดด้วยดาวเทียมเป็นข้อมูลรังวัดจริง (Actual) และให้ค่าระดับจากข้อมูลจาก LIDAR เป็นข้อมูลการทำนายค่า (predict) หากค่าผลลัพธ์ RMSE มีค่าน้อย สามารถกล่าวได้ว่า ข้อมูลการทำนายมีความใกล้เคียงหรือมีความคลาดเคลื่อนน้อยจากการรังวัดจริงผลการสอบเทียบ แสดงดังตารางที่ 1-54



รูปที่ 1-167 ข้อมูล RTK GNSS เมื่อเปิดซ้อนทับกับข้อมูล Drone Lidar

ตารางที่ 1-54 ผลการสอบเทียบข้อมูลทางดิ่ง อุปกรณ์ GNSS RTK และ อุปกรณ์ Lidar Drone

Name	Northing	Easting	Height_Actual	Height_Predict	Different	Dh^2
A01	1582410	743849	56.450	56.374	0.076	0.006
A02	1582405	743847.1	56.137	56.083	0.054	0.003
A03	1582402	743844.7	55.886	55.827	0.059	0.003
A04	1582389	743869.5	55.587	55.519	0.068	0.005
A05	1582386	743867.3	55.745	55.77	-0.025	0.001
A06	1582382	743865.4	55.864	55.884	-0.020	0.000
A07	1582375	743888.5	55.039	55.033	0.006	0.000
A08	1582371	743888.1	55.297	55.265	0.032	0.001
A09	1582367	743887.1	55.631	55.647	-0.016	0.000
A10	1582366	743937.6	54.626	54.574	0.052	0.003
A11	1582363	743936	54.536	54.54	-0.004	0.000
A12	1582359	743935	54.397	54.406	-0.009	0.000
A13	1582353	743958.8	54.436	54.417	0.019	0.000
A14	1582351	743956.2	54.102	54.068	0.034	0.001
A15	1582348	743953.4	53.854	53.829	0.025	0.001
A16	1582332	743970.6	53.961	53.95	0.011	0.000
A17	1582329	743967.1	53.749	53.73	0.019	0.000
A18	1582326	743963.7	53.658	53.65	0.008	0.000
A19	1582307	743972.7	53.227	53.197	0.030	0.001
A20	1582303	743969.1	53.344	53.268	0.076	0.006



ตารางที่ 1-54 ผลการสอบเทียบข้อมูลทางดิ่ง อุปกรณ์ GNSS RTK และ อุปกรณ์ Lidar Drone (ต่อ)

Name	Northing	Easting	Height_Actual	Height_Predict	Different	Dh^2
A21	1582299	743965.5	53.617	53.494	0.123	0.015
A22	1582286	743985.6	52.513	52.492	0.021	0.000
A23	1582282	743985	52.726	52.713	0.013	0.000
A24	1582278	743984.4	53.016	52.957	0.059	0.003
A28	1582286	744107.6	48.424	48.398	0.026	0.001
A29	1582283	744105.8	48.121	48.091	0.030	0.001
A30	1582279	744104.4	47.843	47.848	-0.005	0.000
A31	1582280	744132	47.282	47.248	0.034	0.001
A32	1582277	744129.7	47.182	47.143	0.039	0.002
A33	1582274	744127.8	46.977	46.896	0.081	0.007
A34	1582272	744154.6	46.001	45.928	0.073	0.005
A35	1582268	744152.8	46.097	46.097	0.000	0.000
A36	1582264	744150.9	46.261	46.228	0.033	0.001
A37	1582268	744178.9	44.716	44.637	0.079	0.006
A38	1582264	744179.1	45.003	45.01	-0.007	0.000
A39	1582260	744179.7	45.266	45.189	0.077	0.006
A40	1582290	744251	42.038	42.07	-0.032	0.001
A41	1582286	744249.6	41.815	41.841	-0.026	0.001
A42	1582282	744248.6	41.638	41.606	0.032	0.001
A43	1582288	744274.2	41.089	41.156	-0.067	0.004
A44	1582285	744271.8	40.862	40.958	-0.096	0.009
A45	1582281	744269.9	40.609	40.638	-0.029	0.001
L01	1582238	744346.5	37.816	37.857	-0.041	0.002
L02	1582251	744325.4	38.435	38.449	-0.014	0.000
L03	1582265	744304.5	39.243	39.238	0.005	0.000
L04	1582277	744283	40.101	40.105	-0.004	0.000
L05	1582282	744259.1	41.020	40.988	0.032	0.001
L06	1582278	744234.8	42.390	42.429	-0.039	0.002
L07	1582269	744211.6	43.664	43.582	0.082	0.007
L08	1582261	744188	44.877	44.905	-0.028	0.001
L09	1582261	744163.3	45.903	45.832	0.071	0.005
L10	1582269	744139.8	46.575	46.456	0.119	0.014
L11	1582277	744116.3	47.315	47.361	-0.046	0.002



ตารางที่ 1-54 ผลการสอบเทียบข้อมูลทางดิ่ง อุปกรณ์ GNSS RTK และ อุปกรณ์ Lidar Drone (ต่อ)

Name	Northing	Easting	Height_Actual	Height_Predict	Different	Dh^2
L12	1582279	744091.8	48.486	48.454	0.032	0.001
L13	1582275	744067.3	49.814	49.741	0.073	0.005
L14	1582271	744042.8	50.936	50.882	0.054	0.003
L15	1582270	744018.1	51.927	51.879	0.048	0.002
L16	1582275	743993.5	52.710	52.572	0.138	0.019
L17	1582286	743971.9	53.451	53.328	0.123	0.015
L18	1582309	743964.3	53.683	53.688	-0.005	0.000
L19	1582334	743961.5	53.700	53.658	0.042	0.002
L20	1582353	743947	54.033	53.997	0.036	0.001
L21	1582361	743923.7	54.690	54.648	0.042	0.002
L22	1582364	743899.1	55.301	55.216	0.085	0.007
L23	1582372	743876.1	55.815	55.808	0.007	0.000
L24	1582390	743858.2	55.872	55.79	0.082	0.007
L25	1582405	743839	55.973	55.935	0.038	0.001
L26	1582413	743815.6	56.281	56.239	0.042	0.002
L27	1582422	743792	55.903	55.87	0.033	0.001
L28	1582435	743770.9	54.774	54.784	-0.010	0.000
L29	1582453	743753.2	53.049	53.003	0.046	0.002
L30	1582471	743735.6	51.365	51.419	-0.054	0.003
L31	1582488	743717.8	50.084	50.056	0.028	0.001
L32	1582505	743700	49.054	49.068	-0.014	0.000
R03	1582515	743702.5	48.816	48.92817	-0.112	0.013
R04	1582510	743701.5	49.055	49.09971	-0.045	0.002
R05	1582497	743720	49.763	49.9654	-0.202	0.041
R06	1582493	743718.9	50.011	50.0829	-0.072	0.005
R07	1582479	743737.5	51.103	51.11494	-0.012	0.000
R08	1582475	743736.5	51.309	51.25163	0.057	0.003
R09	1582462	743755.4	52.656	52.66441	-0.008	0.000
R10	1582458	743754.1	52.860	52.89589	-0.036	0.001
R11	1582444	743773.4	54.124	54.19443	-0.070	0.005
R12	1582440	743772.1	54.407	54.409	-0.002	0.000
R13	1582430	743794.2	55.276	55.25964	0.016	0.000
R14	1582426	743792.9	55.564	55.54916	0.015	0.000





ตารางที่ 1-54 ผลการสอบเทียบข้อมูลทางดิ่ง อุปกรณ์ GNSS RTK และ อุปกรณ์ Lidar Drone (ต่อ)

Name	Northing	Easting	Height_Actual	Height_Predict	Different	Dh^2
R15	1582422	743817.6	56.213	56.15083	0.062	0.004
R16	1582418	743816.4	56.269	56.21012	0.059	0.003
R17	1582414	743841.1	56.525	56.48634	0.039	0.001
R18	1582409	743839.9	56.225	56.18013	0.045	0.002
R19	1582399	743860.7	56.027	55.98465	0.042	0.002
R20	1582394	743859.4	55.917	55.88269	0.034	0.001
R21	1582381	743878.8	55.253	55.25732	-0.004	0.000
R22	1582377	743877.2	55.518	55.4901	0.028	0.001
R23	1582372	743901.3	54.815	54.79593	0.019	0.000
R24	1582368	743899.9	55.127	55.0872	0.040	0.002
R25	1582369	743925.9	54.675	54.67679	-0.002	0.000
R26	1582365	743924.7	54.754	54.70134	0.053	0.003
R27	1582361	743949.3	54.566	54.56032	0.006	0.000
R28	1582357	743948	54.285	54.27407	0.011	0.000
R29	1582343	743966.4	54.238	54.22221	0.016	0.000
R30	1582339	743964.1	53.896	53.86416	0.032	0.001
R31	1582319	743972.3	53.625	53.62193	0.003	0.000
R32	1582314	743968.2	53.546	53.57932	-0.033	0.001
R33	1582295	743976.5	52.808	52.84405	-0.036	0.001
R34	1582290	743974.1	53.101	53.11386	-0.013	0.000
R35	1582282	743997.2	52.283	52.29041	-0.007	0.000
R36	1582278	743995.2	52.496	52.46387	0.032	0.001
R37	1582279	744021.6	51.481	51.44603	0.035	0.001
R38	1582274	744020.4	51.688	51.68213	0.006	0.000
R39	1582280	744046.5	50.603	50.62474	-0.022	0.000
R40	1582275	744044.3	50.771	50.75227	0.019	0.000
R41	1582284	744071.1	49.713	49.6334	0.080	0.006
R42	1582280	744068.8	49.757	49.6887	0.068	0.005
R43	1582287	744095.9	48.888	48.88788	0.000	0.000
R44	1582283	744093.6	48.625	48.64196	-0.017	0.000
R45	1582284	744120.5	47.872	47.89219	-0.020	0.000
R46	1582281	744118.2	47.597	47.53603	0.061	0.004
R47	1582276	744143.9	46.660	46.60603	0.054	0.003



ตารางที่ 1-54 ผลการสอบเทียบข้อมูลทางดิ่ง อุปกรณ์ GNSS RTK และ อุปกรณ์ Lidar Drone (ต่อ)

Name	Northing	Easting	Height_Actual	Height_Predict	Different	Dh^2
R48	1582272	744141.8	46.610	46.56469	0.045	0.002
R49	1582268	744167.4	45.293	45.29953	-0.007	0.000
R50	1582265	744165.2	45.565	45.57639	-0.011	0.000
R51	1582270	744192	44.127	44.22144	-0.094	0.009
R52	1582265	744189.2	44.502	44.4577	0.044	0.002
R53	1582279	744215.1	43.278	43.26958	0.008	0.000
R54	1582274	744213.3	43.473	43.50737	-0.034	0.001
R55	1582288	744238.7	42.398	42.44378	-0.046	0.002
R56	1582283	744236.8	42.373	42.43028	-0.057	0.003
R57	1582290	744263.3	41.630	41.65678	-0.027	0.001
R58	1582286	744261	41.318	41.33228	-0.014	0.000
R59	1582284	744287.1	40.422	40.46342	-0.041	0.002
R60	1582280	744285	40.291	40.28554	0.005	0.000
R61	1582271	744308.6	39.262	39.24584	0.016	0.000
R62	1582268	744306.6	39.321	39.3443	-0.023	0.001
R63	1582258	744329.5	38.456	38.43981	0.016	0.000
R64	1582255	744327.5	38.538	38.55204	-0.014	0.000
R65	1582244	744350.5	37.837	37.86221	-0.025	0.001
R66	1582241	744348.6	37.916	37.93571	-0.020	0.000
Sum						0.346
Root Mean Square Error(meters)						0.050



4. การศึกษาความแม่นยำของเครื่องมือด้วยค่าทางสถิติ

การศึกษาความแม่นยำในการตรวจวัดข้อมูลลักษณะทางเรขาคณิตของสายทาง (Geometric) คือ ข้อมูลค่าความลาดชัน (Percent grad slope) ค่าความลาดเอียง (Percent crown slope) ค่ารัศมีโค้ง (Radius) และค่าระดับความสูง (Elevation) จะนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้มาจากโดรน (Drone) หรือการรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์ (Real Time Kinematics, RTK) โดยใช้การวิเคราะห์ผลทางสถิติ ดังนี้

4.1 RMSE

RMSE ย่อมาจาก “Root Mean Square Error” เป็นการวัดทางสถิติของปริมาณที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา การคำนวณนั้นสามารถคำนวณหาอนุกรมของค่าใด ๆ หรือฟังก์ชันใด ๆ ที่แปรผันต่อเนื่อง ทั้งนี้คำว่า root mean square ก็คือ “รากที่สองของค่าเฉลี่ย” ของค่านั้น ๆ ยกกำลังสอง ด้วยเหตุนี้เราจึงถือว่าเป็นค่าเฉลี่ยยกกำลัง

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} * \sum (prediction - actual)^2}$$

ค่า RMSE ถูกใช้เพื่อหาค่า loss ระหว่าง prediction และ actual หรือนำมาใช้หาค่า error ระหว่างข้อมูลสองชนิด โดยค่า RMSE ยิ่งต่ำยิ่งดี ถ้ามีค่าเท่ากับ 0 แปลว่าข้อมูลสองชนิดที่นำมาเปรียบเทียบกันมีค่าเท่ากัน 100% แต่ถ้ายังมีค่ามากแปลว่าข้อมูลสองชนิดที่นำมาเปรียบเทียบกันมีค่าต่างกันมาก ในทางปฏิบัติโอกาสที่ค่า RMSE = 0 เป็นไปได้ยากมาก

ตารางที่ 1-55 สรุปการแปลผลข้อมูลทางสถิติ

สถิติ	การแปลผลข้อมูล
RMSE	ค่าใกล้ 0 แสดงว่าข้อมูลสองชนิดที่นำมาเปรียบเทียบกันมีค่าต่างกันอย่างน้อยมาก

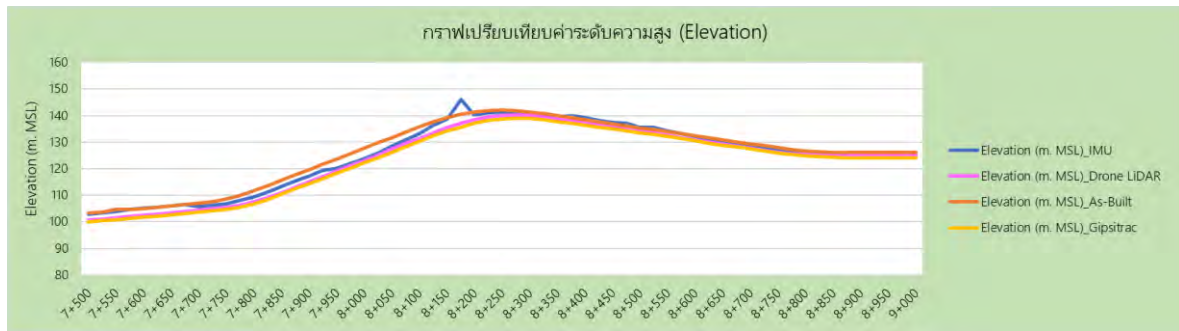


5. ผลการเปรียบเทียบการตรวจวัดข้อมูลลักษณะทางเรขาคณิตของสายทาง (Geometric) ด้วยค่าทางสถิติ

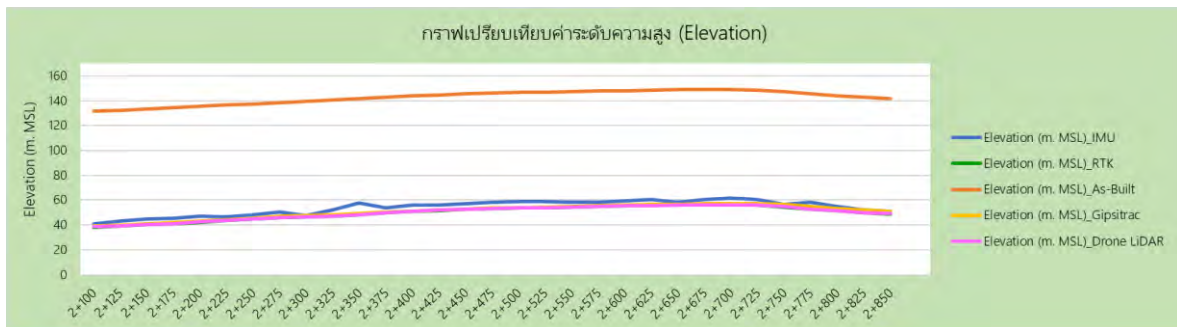
ที่ปรึกษา นำค่าความลาดชัน (Percent grad slope) ค่าความลาดเอียง (Percent crown slope) ค่ารัศมีโค้ง (Radius) และค่าระดับความสูง (Elevation) ที่ประมวลผลจากรถสำรวจ LCMS และรถสำรวจ Spot Laser มาเปรียบเทียบกับ ข้อมูลสำรวจจากโดรน (Drone) หรือการรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์ (Real Time Kinematics, RTK) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลก่อนที่จะทดลองนำข้อมูลขึ้นแสดงผลบนระบบ Roadnet ผลการเปรียบเทียบ แสดงดังรูปที่ 1-168 ถึง รูปที่ 1-169

5.1 ผลการเปรียบเทียบข้อมูลลักษณะทางเรขาคณิตของสายทาง (Geometric)

5.1.1 ค่าระดับความสูง (Elevation)



รูปที่ 1-168 กราฟเปรียบเทียบค่าระดับความสูง (Elevation) ทางหลวงหมายเลข 21 ตอนควบคุม 200



รูปที่ 1-169 กราฟเปรียบเทียบค่าระดับความสูง (Elevation) ทางหลวงหมายเลข 3050 ตอนควบคุม 100

ตารางที่ 1-56 สรุปผลค่า RMSE ของการเปรียบเทียบค่าระดับความสูง (Elevation)

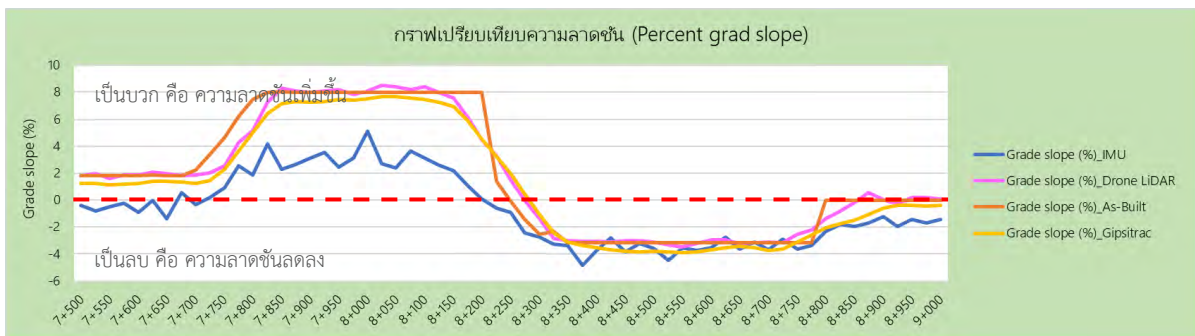
หมายเลขทางหลวง	RMSE (m. MSL)			
	IMU vs Drone LiDAR	Gipsitrac vs Drone LiDAR	As-Built vs Drone LiDAR	ไม่มีเก็บค่า RTK
21 ตอนควบคุม 200	1.99	0.87	2.78	
หมายเลขทางหลวง	IMU vs RTK	Gipsitrac vs RTK	As-Built vs RTK	Drone LiDAR vs RTK
3050 ตอนควบคุม 100	4.39	1.06	92.95	0.04



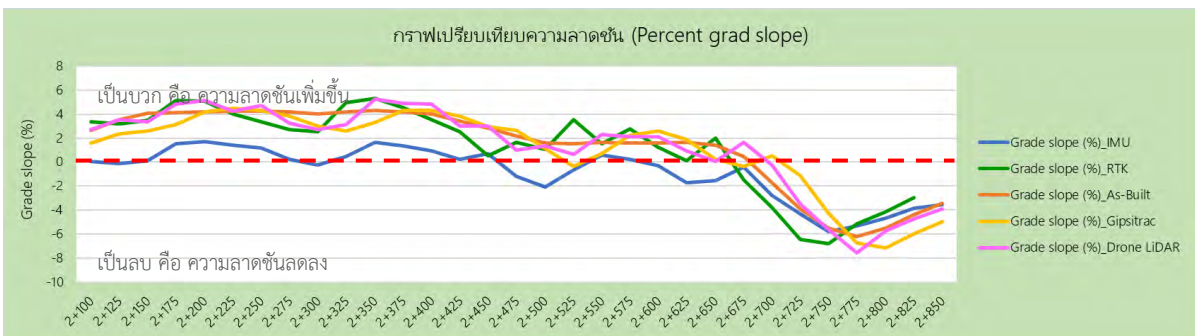
บทสรุปการเปรียบเทียบค่าระดับความสูง (Elevation) ส่วนการตรวจสอบผ่านการใช้ RMSE

การคิดเชิงวิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบเส้น 3050 ที่มีรูปแบบของถนนเป็นทางโค้ง จากอุปกรณ์ RTKvsDrone พบว่าค่า RMSE มีค่าสะสม Error เชิงตำแหน่งน้อยกว่าประเภทสำรวจ และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเส้น 21 ที่มีรูปแบบถนนเป็นทางตรง พบว่าค่าสะสม Error เชิงตำแหน่งของรถสำรวจเมื่อมาเปรียบเทียบกับข้อมูล Drone มีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าทางโค้ง จึงสามารถสรุปได้เบื้องต้นว่าถนนที่มีลักษณะประกอบด้วยทางโค้งเป็นส่วนใหญ่อาจจะทำให้เกิดโอกาสที่ทำให้ค่าสะสม Error เชิงตำแหน่งสูงขึ้น เมื่อใช้รถสำรวจ

5.1.2 ค่าความลาดชัน (Percent grad slope)



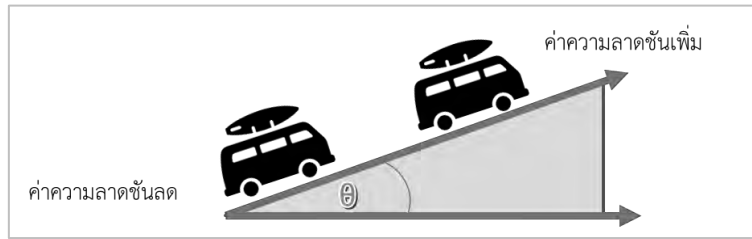
รูปที่ 1-170 กราฟเปรียบเทียบค่าความลาดชัน (Percent grad slope) ทางหลวงหมายเลข 21 ตอนควบคุม 200



รูปที่ 1-171 กราฟเปรียบเทียบค่าความลาดชัน (Percent grad slope) ทางหลวงหมายเลข 3050 ตอนควบคุม 100

ตารางที่ 1-57 สรุปผลค่า RMSE ของการเปรียบเทียบค่าความลาดชัน (Percent grad slope)

หมายเลขทางหลวง	RMSE (%)			ไม่มีเก็บค่า RTK
	IMU vs Drone LiDAR	Gipsitrac vs Drone LiDAR	As-Built vs Drone LiDAR	
21 ตอนควบคุม 200	2.97	0.64	0.88	
หมายเลขทางหลวง	IMU vs RTK	Gipsitrac vs RTK	As-Built vs RTK	Drone LiDAR vs RTK
3050 ตอนควบคุม 100	2.58	1.37	0.88	0.63

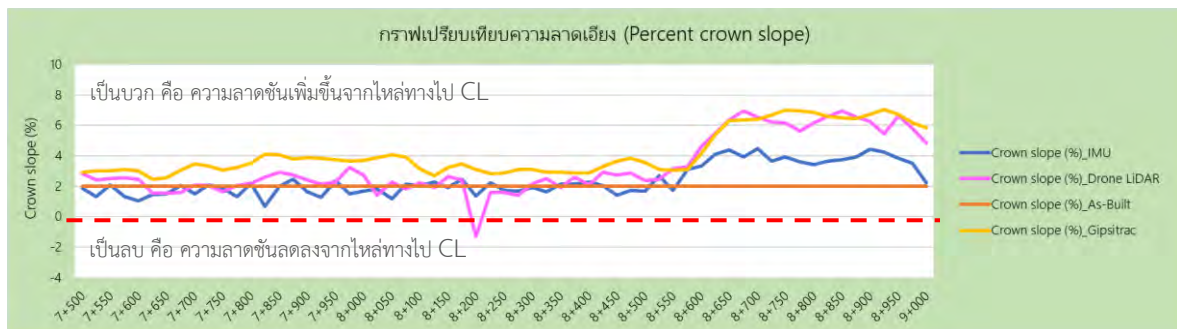


รูปที่ 1-172 รูปแบบข้อมูลความลาดชัน

บทสรุปของการเปรียบเทียบค่าความลาดชัน (Percent grad slope) ส่วนการตรวจสอบผ่านการใช้ RMSE

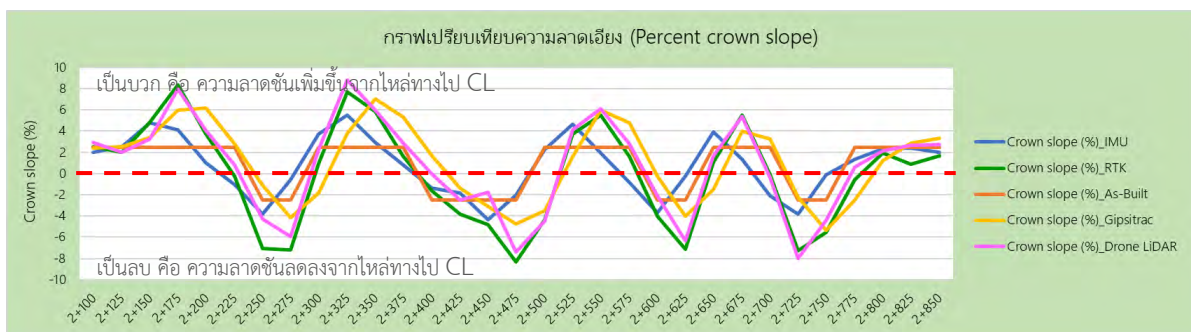
เมื่อคิดเชิงวิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นต์ความลาดชัน จะคล้ายกับตัวค่าระดับ คือ ค่าสะสม Error เชิงตำแหน่ง ของ Drone vs RTK จะน้อยกว่าทั้ง 2 ประเภท แต่ประเภททางอาจจะไม่ส่งผลเด่นชัดเท่าค่าระดับความสูง แต่อาจจะมีผลถ้าเป็นทางขึ้นเขา หรือทางราบ ยกตัวอย่างเส้น 21 ซึ่งช่วงแรกเป็นทางขึ้นเขา ค่าสะสม Error ในกราฟของตัว IMU จะมีความแตกต่างจากอุปกรณ์อื่น ๆ แต่เมื่อเป็นทางลงเขาในช่วง กม. 8+200 เป็นต้นไปค่าที่ได้กลับเกาะกลุ่มกัน ดังนั้นผลที่ได้จากการเปรียบเทียบค่าสะสม Error ของรถสำรวจอยู่ระหว่าง 0.64 - 2.97 %

5.1.3 ค่าความลาดเอียง (Percent crown slope)



รูปที่ 1-173 กราฟเปรียบเทียบค่าความลาดเอียง (Percent crown slope)

ทางหลวงหมายเลข 21 ตอนควบคุม 200



หมายเหตุ : แบบ As-Built ไม่ระบุค่า SE (ลาดฉิวจากรกรณี SUPERELEVATION) จึงสมมติให้เท่ากับ 2% ตามแบบรูปตัดทั่วไป

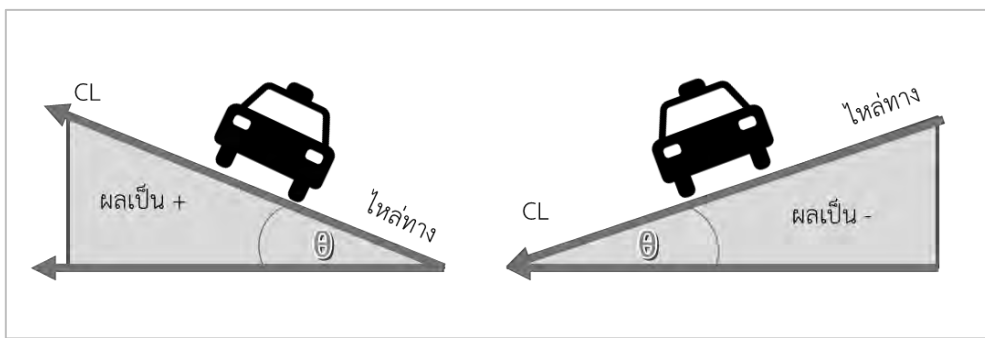
รูปที่ 1-174 กราฟเปรียบเทียบค่าความลาดเอียง (Percent crown slope)

ทางหลวงหมายเลข 3050 ตอนควบคุม 100



ตารางที่ 1-58 สรุปผลค่า RMSE ของการเปรียบเทียบค่าความลาดเอียง (Percent crown slope)

หมายเลขทางหลวง	RMSE (%)			
	IMU vs Drone LiDAR	Gipsitrac vs Drone LiDAR	As-Built vs Drone LiDAR	ไม่มีการเก็บค่า RTK
21 ตอนควบคุม 200	1.46	1.17	2.28	
หมายเลขทางหลวง	IMU vs RTK	Gipsitrac vs RTK	As-Built vs RTK	Drone LiDAR vs RTK
3050 ตอนควบคุม 100	3.28	2.76	3.21	1.23



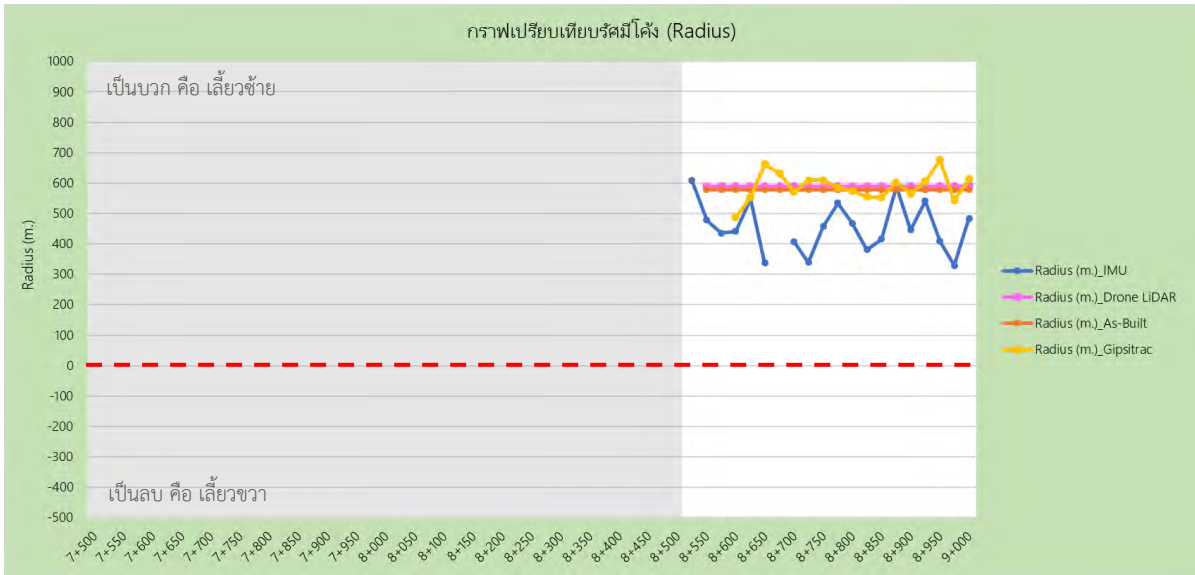
รูปที่ 1-175 รูปแบบข้อมูลความลาดชัน

บทสรุปของการเปรียบเทียบค่าความลาดเอียง (Percent crown slope) ส่วนการตรวจสอบผ่านการใช้ RMSE

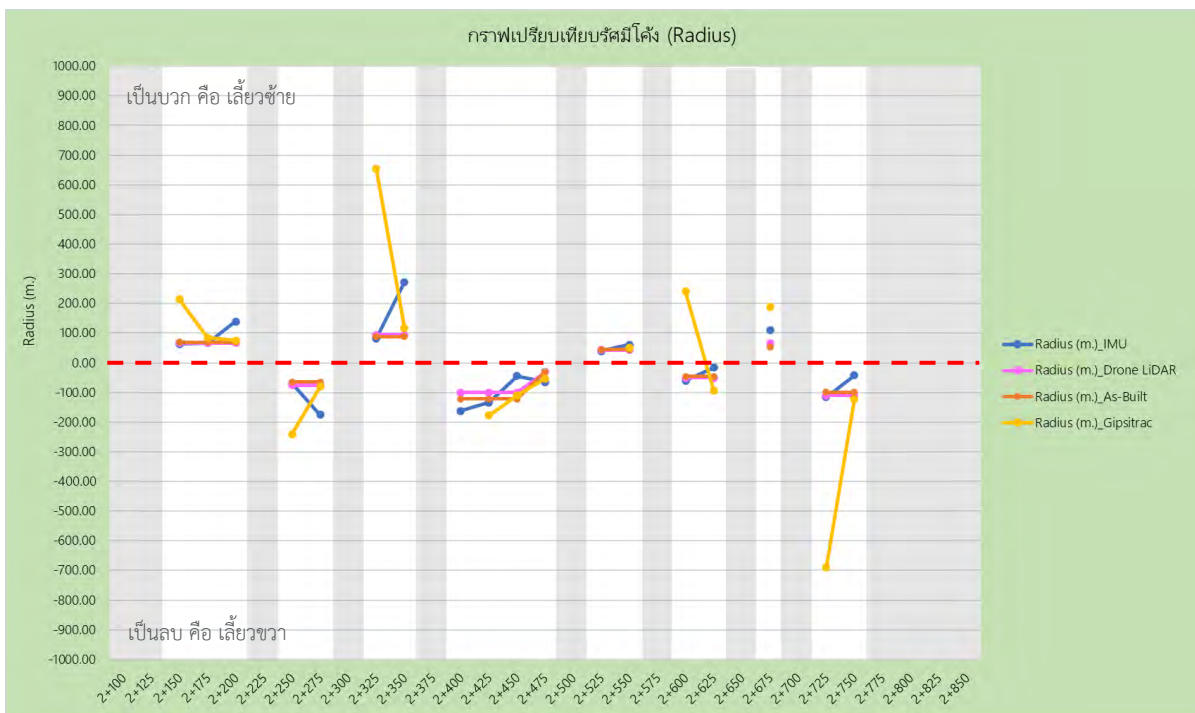
เมื่อคิดเชิงวิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นต์ความลาดเอียง ยังคงเป็นในทางทิศทางเดียวกันกับค่าระดับกับค่าความลาดเอียงคือประเภททางตรงยังส่งผลให้ค่าสะสม Error น้อยกว่าทางโค้ง แต่ทิศทางกราฟของเส้น 3050 ไปทิศทางเดียวกัน คือ เมื่อถึงจุดสูงสุดหรือจุดต่ำสุด แทบทุกอุปกรณ์ขึ้นและลงตามกันไป



5.1.4 ค่ารังศมีโค้ง (Radius)



รูปที่ 1-176 กราฟเปรียบเทียบค่ารัศมีโค้ง (Radius) ทางหลวงหมายเลข 21 ตอนควบคุม 200



หมายเหตุ

- โค้งราบ (Horizontal Curve) หรือ ทางที่มีรัศมีโค้งน้อยกว่า 900 เมตร (เกษศิริรินทร์ บุญตัน, 2563) ดังนั้นค่าสำรวจรัศมีโค้ง มากกว่า 900 ม. สมมติว่าเป็นทางตรง
- บริเวณทางตรง ไม่มีค่ารัศมีโค้ง
พื้นที่สีเทา คือ บริเวณที่ข้อมูลสำรวจจาก Drone ระบุเป็นทางตรง

รูปที่ 1-177 กราฟเปรียบเทียบค่ารัศมีโค้ง (Radius) ทางหลวงหมายเลข 3050 ตอนควบคุม 100



5.2 สรุปผลการเปรียบเทียบข้อมูลลักษณะทางเรขาคณิตของสายทาง (Geometric)

ตารางที่ 1-59 สรุปผลค่า RMSE

ค่าทางสถิติ	RMSE			
	IMU vs Drone LiDAR	Gipsitrac vs Drone LiDAR	As-Built vs Drone LiDAR	ไม่มีการเก็บค่า RTK
Road Geometric				
ทางหลวงหมายเลข 21 ตอนควบคุม 200				
Elevation (m. MSL)	1.99	0.87	2.78	ไม่มีการเก็บค่า RTK
Grade slope (%)	2.97	0.64	0.88	
Crown slope (%)	1.46	1.17	2.28	
Road Geometric	IMU vs RTK	Gipsitrac vs RTK	As-Built vs RTK	Drone LiDAR vs RTK
ทางหลวงหมายเลข 3050 ตอนควบคุม 100				
Elevation (m. MSL)	4.39	1.06	92.95	1.04
Grade slope (%)	2.58	1.37	0.88	0.63
Crown slope (%)	3.28	2.76	3.21	1.23

ค่า RMSE ทำให้เห็นค่า error ระหว่างข้อมูลสองชนิด ซึ่งในงานศึกษานี้ก็คือค่าระดับความสูง (Elevation) ข้อมูลความลาดชัน (Percent grad slope) และค่าความลาดเอียง (Percent crown slope) จากแหล่งสำรวจต่าง ๆ หรือแบบ As-Built เปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงคือ ข้อมูลสำรวจด้วย Drone LiDAR หรือหรือการรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์ (Real Time Kinematics, RTK) ว่ามีค่าเท่าใด สามารถนำมาใช้ประกอบการตัดสินใจเลือกใช้แหล่งข้อมูลสำรวจให้เหมาะสมกับข้อมูลลักษณะทางเรขาคณิตของสายทาง (Geometric) ต่อไปทสรุปรวม

จากผลสรุปของค่าสะสม Error ที่ได้จากการเปรียบเทียบข้อมูลทั้งในส่วนของ ค่าระดับความสูง (Elevation) ค่าเปอร์เซ็นต์ความลาดชัน (Percent Grade Slope) และค่าเปอร์เซ็นต์ความลาดเอียง (Percent Crown Slope) พบว่าประเภททางที่เป็นทางโค้ง (สาย 3050) อาจส่งผลต่อค่า Error ที่ได้จากรถสำรวจ แต่การใช้รถสำรวจทั้งแบบ IMU หรือ Gipsitrac ใช้ระยะเวลาในการสำรวจและประมวลผลน้อยกว่าอุปกรณ์อื่น ๆ รวมทั้งปริมาณการสำรวจต่อวันสามารถสำรวจได้มากกว่าอุปกรณ์อื่นด้วยเช่นกัน ดังนั้นในการสำรวจถ้า มองมุมมองความครบถ้วนให้ได้ทั้งโครงข่ายทางหลวงทั้งประเทศ รถสำรวจน่าจะเป็นตัวเลือกที่เหมาะสมที่สุดในเวลานี้ ในการเปรียบเทียบควรจะมีผลจากการวิจัยเพิ่มเติม เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบประเทศทางได้ครอบคลุม รวมทั้งมีผลอ้างอิงที่ชัดเจน



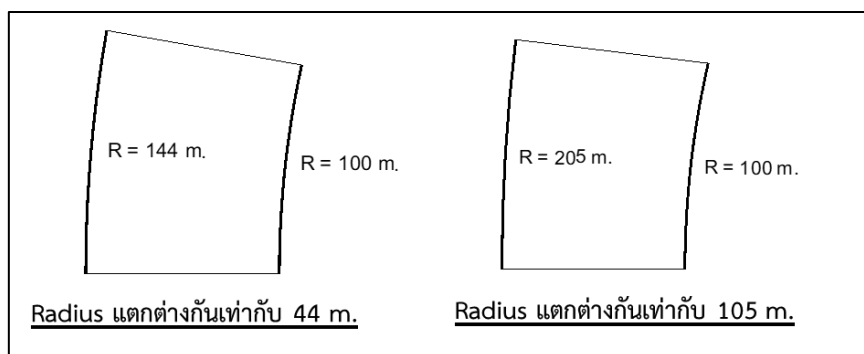
ตารางที่ 1-60 สรุปผลค่าความแตกต่างสำหรับค่ารัศมีโค้ง (Radius)

STA.	Drone LiDAR	IMU		Gipsitrac		As-Built	
	Radius (m.)	Radius (m.)	$ \Delta $ (m.)	Radius (m.)	$ \Delta $ (m.)	Radius (m.)	$ \Delta $ (m.)
ทางหลวงหมายเลข 21 ตอนควนคูม 200							
8+550 - 9+000	590.00	446.87	143.13	588.24	1.76	577.773	12.23
ทางหลวงหมายเลข 3050 ตอนควนคูม 100							
2+150 - 2+200	67.00	90.03	23.03	125.10	58.1	69.873	2.87
2+250 - 2+275	-75.00	-121.93	46.93	-160.29	85.29	-64.377	10.62
2+325 - 2+350	95.00	177.35	82.35	385.55	290.55	88.147	6.85
2+400 - 2+450	-100.00	-113.38	13.38	-143.76	43.76	-121.906	21.91
2+475	-30.00	-64.41	34.41	-52.69	22.69	-29.307	0.69
2+525 - 2+550	43.00	50.68	7.68	425.85	382.85	44.762	1.76
2+600 - 2+625	-50.00	-37.85	12.15	-166.62	116.62	-45.473	4.53
2+675	65.00	111.43	46.43	188.68	123.68	53.052	11.95
2+725 - 2+750	-110.00	-78.70	31.3	-405.95	295.95	-98.786	11.21
Average			44.08		142.13		8.46

บทสรุปส่วนการตรวจสอบผ่านการใช้ RMSE

การหาค่าความแตกต่างสำหรับค่ารัศมีโค้ง (Radius) ใช้การเปรียบเทียบกับข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศที่ได้มาจากการสำรวจด้วย Drone LiDAR เพราะจากข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศสามารถหาค่ารัศมีโค้ง (Radius) ได้โดยการวาดเส้น Alignment ด้วยโปรแกรม Civil3D ตามแนวเส้นทางการสำรวจหรือแนวถนน และสามารถปรับแนวให้สอดคล้องกับลักษณะความโค้งของถนนตามสภาพจริง จึงทำให้ค่ารัศมีโค้ง (Radius) ที่ประมวลผลได้จากโปรแกรม Civil3D มีความแม่นยำสูง ด้วยเหตุนี้ค่ารัศมีโค้ง (Radius) จากการสำรวจด้วย Drone LiDAR จึงเหมาะสมที่จะใช้เป็นค่าอ้างอิงเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลสำรวจจากแหล่งอื่น ๆ

ค่าความแตกต่างสำหรับค่ารัศมีโค้ง (Radius) ทำให้เห็นว่าค่าที่ได้มาจากแหล่งสำรวจต่าง ๆ หรือแบบ As-Built เมื่อเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงคือ ข้อมูลสำรวจด้วย Drone LiDAR มีขนาดแตกต่างกันอย่างไรสามารถนำมาใช้ประกอบการตัดสินใจเลือกใช้แหล่งข้อมูลสำรวจให้เหมาะสมกับข้อมูลลักษณะทางเรขาคณิตของสายทาง (Geometric) ต่อไป



รูปที่ 1-178 แสดงตัวอย่างความแตกต่างสำหรับค่ารัศมีโค้ง (Radius)



1.7.3 การศึกษาและวิเคราะห์แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพระบบ Roadnet ให้สามารถรองรับการเพิ่มขึ้นของข้อมูลสภาพทาง เช่น ข้อมูลค่าความลาดชัน (Percent grade slope) ค่าความลาดเอียง (Percent crown slope) ค่าระดับความสูง (Elevation) และค่ารัศมีทางโค้ง (Radius) เป็นต้น โดยจะต้องนำเสนอแนวทางการพัฒนาระบบ Roadnet ในการจัดเก็บข้อมูลในระบบ Roadnet เพื่อให้ระบบ Roadnet สามารถแสดงผลข้อมูลดังกล่าวได้ในอนาคต

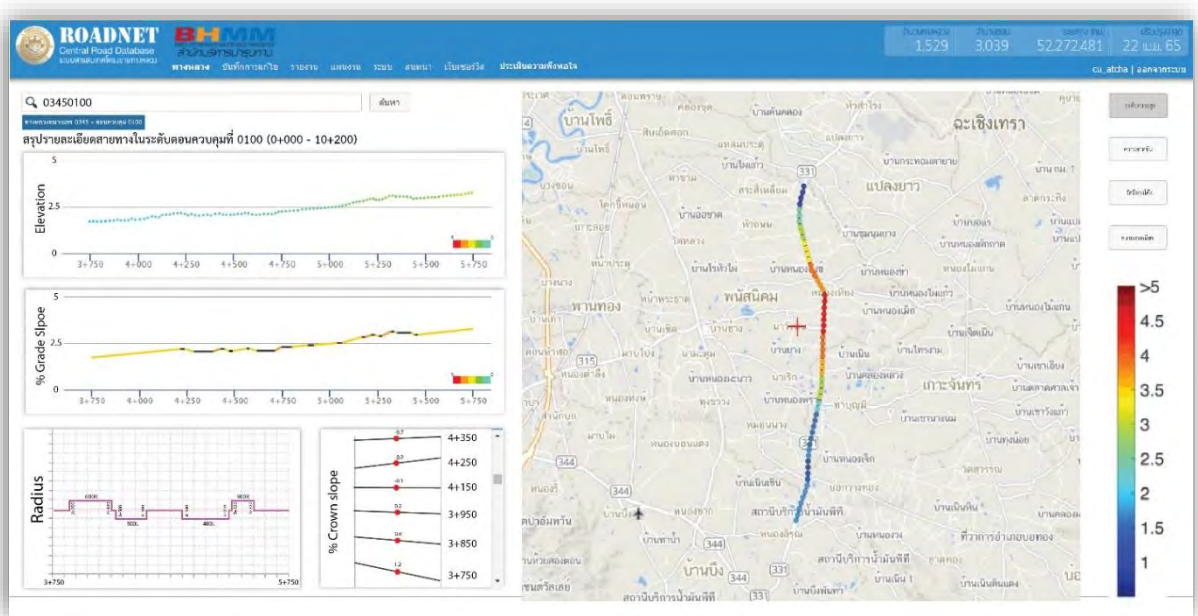
ระบบ Roadnet ได้พัฒนาขึ้นผ่านการแสดงผลข้อมูลรายละเอียดของสายทาง พร้อมทั้งการแสดงผลสภาพทางที่มีการจัดเก็บข้อมูลผ่านการวิ่งสำรวจด้วยอุปกรณ์ Laser Scan ที่สามารถจัดเก็บค่าสภาพทางทั้งค่าดัชนีความขรุขระสากล (International Roughness Index, IRI) ข้อมูลค่าความสึกกร่อนล้อ (Rutting) และข้อมูลค่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวทาง (Mean Profile Depth, MPD) ซึ่งนอกจากได้ค่าสภาพทางทั้ง 3 ค่าแล้ว ด้วยตัวอุปกรณ์ที่ติดบนรถสำรวจได้มีการจัดเก็บค่าตำแหน่ง Latitude (ละติจูด) และ Longitude (ลองจิจูด) เพื่อนำมาประมวลผลให้สามารถแสดงผลข้อมูลค่าสภาพทางบนระบบ Roadnet ได้อย่างในปัจจุบัน

แต่ด้วยงานวางแผนการซ่อมบำรุงสายทางที่ต้องการการวิเคราะห์ข้อมูลให้มีความหลากหลายเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ต่อการแก้ไขปัญหาทางให้ครอบคลุมทุกมิติของงานวางแผน ดังนั้น จึงมีการเพิ่มงานศึกษาข้อมูลค่าความลาดชัน (Percent grade slope) ค่าความลาดเอียง (Percent crown slope) ค่าระดับความสูง (Elevation) และค่ารัศมีทางโค้ง (Radius) ดังกล่าว และนำมาแสดงผลร่วมกับข้อมูลค่าสภาพทางอื่น ๆ ที่ได้ทำการเก็บจากการสำรวจ พร้อมทั้งการแสดงผลข้อมูลบนระบบ Roadnet เพื่อให้ทราบถึงตำแหน่งและเพิ่มมุมมองการวิเคราะห์ข้อมูลได้มากขึ้น โดยภายในการศึกษาทางที่ปรึกษาดำเนินการศึกษาตั้งแต่ขั้นตอน และวิธีการคำนวณค่าที่ได้จากอุปกรณ์สำรวจ พร้อมทั้งข้อเสนอแนะจากตัวอุปกรณ์ และดำเนินการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการแสดงผลร่วมกับค่าสภาพทางที่ได้แสดงบนระบบ Roadnet ดังปัจจุบัน



แนวคิดการออกแบบการแสดงผลลัพธ์เครื่องมือทางสถิติ (Geometric) ข้อมูลค่าความลาดชัน ค่าความลาดเอียง ค่าระดับความสูง และค่ารัศมีทางโค้ง ให้อยู่ในรูปแบบกราฟสรุปข้อมูลทางสถิติ

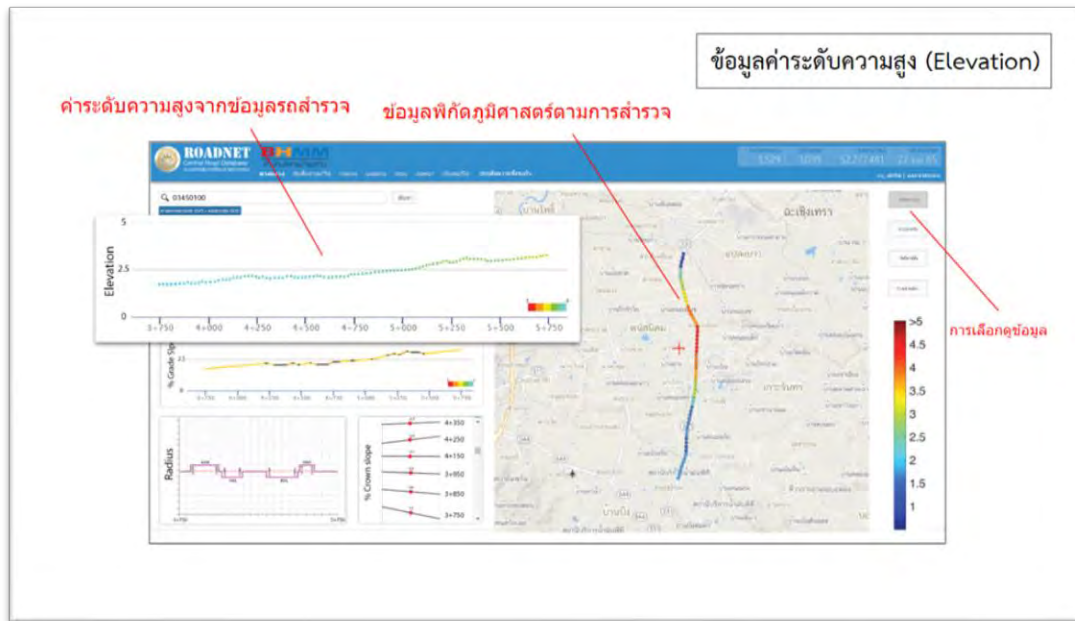
จากการประมวลผลข้อมูลที่ได้จากการศึกษาความแม่นยำของเครื่องมือด้วยค่าทางสถิติ (Geometric) ข้อมูลค่าความลาดชัน ค่าความลาดเอียง ค่าระดับความสูง และค่ารัศมีทางโค้ง ทางคณะที่ปรึกษาได้ทำการออกแบบแนวคิดการแสดงผลข้อมูลดังกล่าว เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบรายละเอียดของมูลค่าความลาดชัน ค่าความลาดเอียง ค่าระดับความสูง และค่ารัศมีทางโค้ง เป็นต้น โดยจะแบ่งองค์ประกอบการแสดงข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ คือ ข้อมูลแสดงกราฟสรุปผลการวิเคราะห์ความแม่นยำของเครื่องมือด้วยค่าทางสถิติ และแผนที่แสดงตำแหน่งผลการวิเคราะห์ในรูปแบบของการแบ่งค่าระดับสีตามผลลัพธ์ทางสถิติของเครื่องมือสำรวจ โดยรูปแบบการแสดงผลมีลักษณะ ดังนี้



รูปที่ 1-179 ตัวอย่างแนวคิดการออกแบบการแสดงผลลัพธ์เครื่องมือทางสถิติ (Geometric)

1. ค่าระดับความสูง (Elevation)

การแสดงผลสรุปกราฟการประมวลผลลักษณะทางเรขาคณิตของสายทาง (Geometric) และค่าระดับความสูง (Elevation) โดยทางคณะที่ปรึกษาได้นำข้อมูลสำรวจมาสรุปเป็นกราฟแผนภูมิจุดแบบกระจัดกระจาย หรือ Scatter plot โดยระบุแนวแกน X ให้แสดงตำแหน่งของ กม. ในสายทางที่สามารถแสดงผลได้ทุก ๆ ช่วงระยะห่างที่ 5 เมตร หรือตามข้อสรุปตามความต้องการของผู้ใช้งานระบบ และระบุแนวแกน Y ให้แสดงค่าระดับความสูงที่ได้จากอุปกรณ์สำรวจ เพื่อแสดงลักษณะของสายทางเบื้องต้น และสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้วิเคราะห์ผลค่าความลาดชันของสายทาง (Longitudinal Grade) นอกจากนี้ในส่วนของแผนที่ ข้อมูลค่าระดับความสูง (Elevation) จะแสดงผลในรูปแบบของจุด (Point) ที่แสดงค่าระดับสีตามปริมาณของค่าระดับความสูงในรูปแบบสีโทนร้อนที่ค่าระดับมาก และสีโทนเย็นที่ค่าระดับน้อย ดังนี้

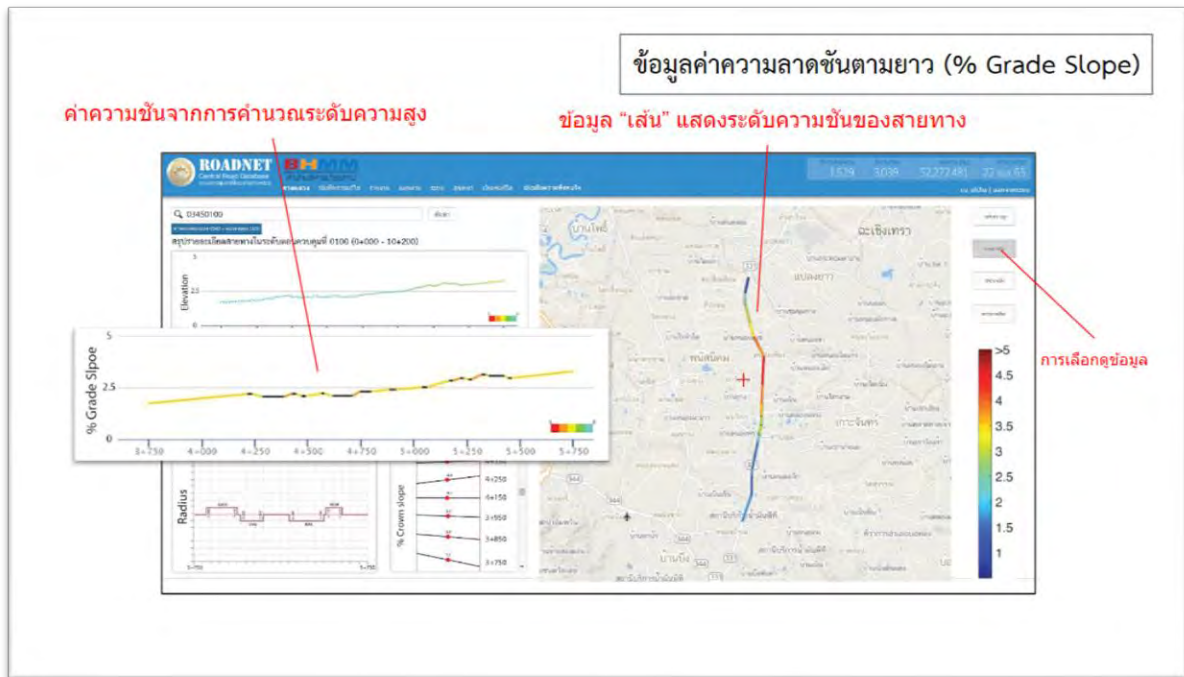


รูปที่ 1-180 ตัวอย่างแนวคิดการแสดงกราฟแผนภูมิจุดแบบกระจาย หรือ Scatter plot และแผนที่แสดงค่าระดับของข้อมูลค่าระดับความสูง (Elevation)

สำหรับการแสดงผลกราฟข้อมูลค่าระดับความสูง (Elevation) มีข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลลัพธ์ไปประยุกต์ใช้กับการวิเคราะห์คาดการณ์ในกรณีศึกษาความเสี่ยงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น และอาจจะส่งผลต่อสภาพทางและความปลอดภัยในการใช้ถนน ซึ่งข้อมูลค่าระดับความสูง (Elevation) ช่วยให้สามารถวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างทางเบื้องต้น และอธิบายค่าระดับความสูงเทียบกับข้อมูลกายภาพอื่น ๆ เช่น พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม พื้นที่ดินถล่ม เป็นต้น อีกทั้งสามารถนำค่าระดับความสูงมาต่อยอดการคำนวณเพื่อแสดงผลลัพธ์เปอร์เซ็นต์ความลาดชัน (Percent grad slope)

2. ค่าความลาดชัน (Percent grad slope)

การแสดงผลสรุปกราฟการประมวลผลค่าความลาดชันของสายทาง (Longitudinal Grade) โดยทางคณะที่ปรึกษาได้นำข้อมูลค่าระดับความสูง (Elevation) มาคำนวณเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความชันของสายทาง ตามสูตรการคำนวณค่าความลาดชัน (Percent grade slope) ในรูปแบบของกราฟเส้น (Line Chart) เพื่อให้เห็นถึงลักษณะโครงสร้างสายทางตามแนวยาว และสามารถนำเปอร์เซ็นต์ความชันไปใช้สำหรับการวิเคราะห์ในงานต่าง ๆ ได้ โดยรูปแบบของกราฟนั้นได้ระบุแนวแกน X ให้แสดงตำแหน่งของ กม. ในสายทางที่สามารถแสดงผลได้ทุก ๆ ช่วงระยะห่างที่ 5 เมตร หรือตามข้อสรุปตามความต้องการของผู้ใช้งานระบบ และระบุแนวแกน Y ให้แสดงค่าช่วงค่าระดับเปอร์เซ็นต์ความชันของสายทาง โดยสามารถปรับแต่งสีของกราฟตามความต้องการของผู้ใช้งานได้ นอกจากนี้ยังสามารถแสดงแผนที่การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความชันของสายทางในรูปแบบของข้อมูลเส้น (Line) โดยแบ่งระดับสีตามระดับเปอร์เซ็นต์ความชันของสายทาง ในรูปแบบสีโทนร้อนที่ค่าเปอร์เซ็นต์ความชันของสายทางมาก และสีโทนเย็นที่ค่าเปอร์เซ็นต์ความชันของสายทางน้อย ดังนี้

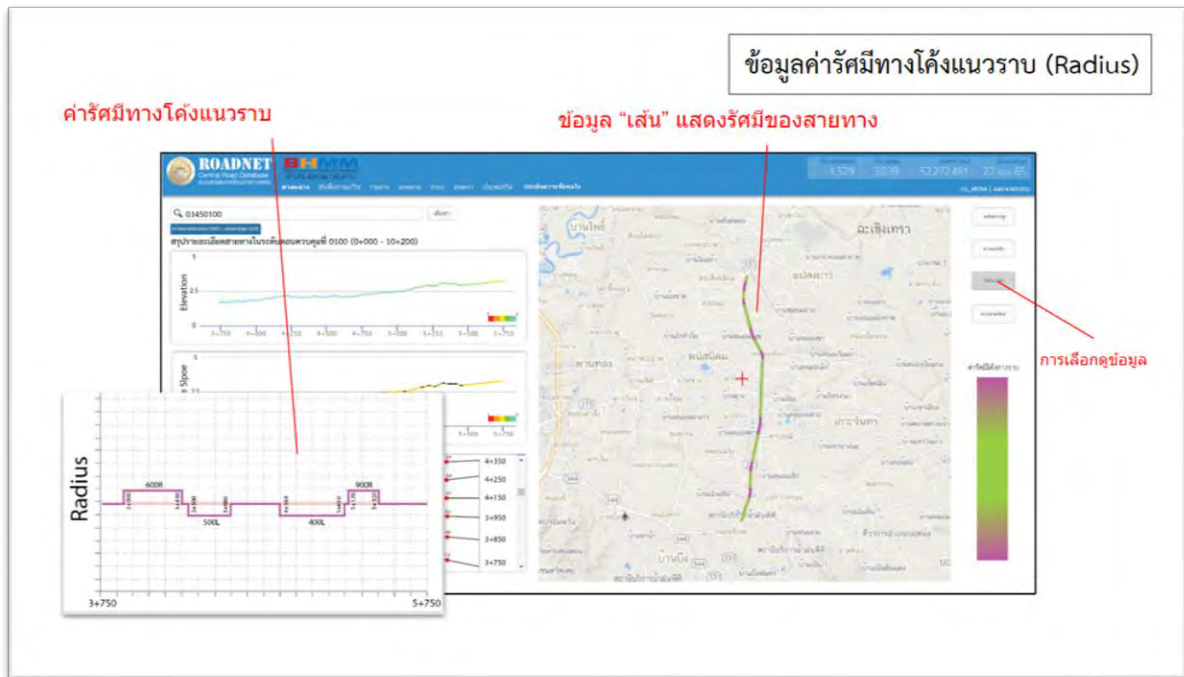


รูปที่ 1-181 ตัวอย่างแนวคิดการแสดงกราฟเส้น (Line Chart) และแผนที่แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความชันของสายทาง (Percent grade slope)

สำหรับการแสดงผลกราฟข้อมูลค่าความลาดชัน (Percent grade slope) มีข้อเสนอแนะในการนำผลลัพธ์ระดับเปอร์เซ็นต์ความชันของสายทาง มาวิเคราะห์และอธิบายโครงสร้างสายทางได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น โดยต่อยอดการสรุปผลเพื่อประเมินมาตรฐานโครงสร้างที่ตอบสนองต่อความปลอดภัยของผู้ใช้ถนน และสามารถผนวกการวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกับข้อมูลด้านอื่น ๆ เช่น พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม พื้นที่ดินถล่ม เป็นต้น เพื่อประเมินความเสี่ยงและรับมือกับเหตุการณ์ในอนาคต

3. คาร์ศมีโค้ง (Radius)

การแสดงผลสรุปกราฟการประมวลผลคาร์ศมีโค้ง (Radius) ที่เกิดจากการคำนวณโดยใช้ทฤษฎีการกระจัดเชิงมุม (Angular Displacement) การกระจัดสำหรับการเคลื่อนที่แบบหมุนจะอิงต่อการหมุนของอนุภาคที่หมุนในทิศทางใด กวาดเป็นมุมเท่าใด โดยแสดงกราฟในรูปแบบแผนภูมิแท่งไม่มีพื้นที่ด้านใน (Non-Fill Bar Chart) โดยมีการออกแบบลักษณะของกราฟเพื่อให้สอดคล้องกับผลลัพธ์คาร์ศมีโค้งขณะที่ปรึกษากำหนดแกน X ให้แสดงตำแหน่งของ กม. ในสายทางที่สามารถตำแหน่งกิโลเมตรเริ่มต้นโค้งและตำแหน่งกิโลเมตรสิ้นสุดโค้งโดยจะทำการคำนวณรัศมีโค้งจากจุดเริ่มต้นโค้งและจุดสิ้นสุดโค้งของสายทาง โดยแสดงคาร์ศมีโค้งและทิศทางของโค้งบนกราฟข้อมูล อีกทั้งสามารถแสดงตำแหน่งข้อมูลทางโค้งบนแผนที่การประมวลผลคาร์ศมีโค้งของสายทาง ในรูปแบบของข้อมูลเส้น (Line) โดยกำหนดระดับสีตามคาร์ศมีโค้งตามเกณฑ์ ซึ่งกำหนดรูปแบบสีของสายทางตามเกณฑ์ที่ระบุลักษณะโครงสร้างทางที่เป็นเส้นตรงให้เป็นสีเขียว และรูปแบบสีของสายทางตามเกณฑ์ที่ระบุลักษณะโครงสร้างทางที่เป็นเส้นทางโค้งให้เป็นสีม่วง ดังนี้

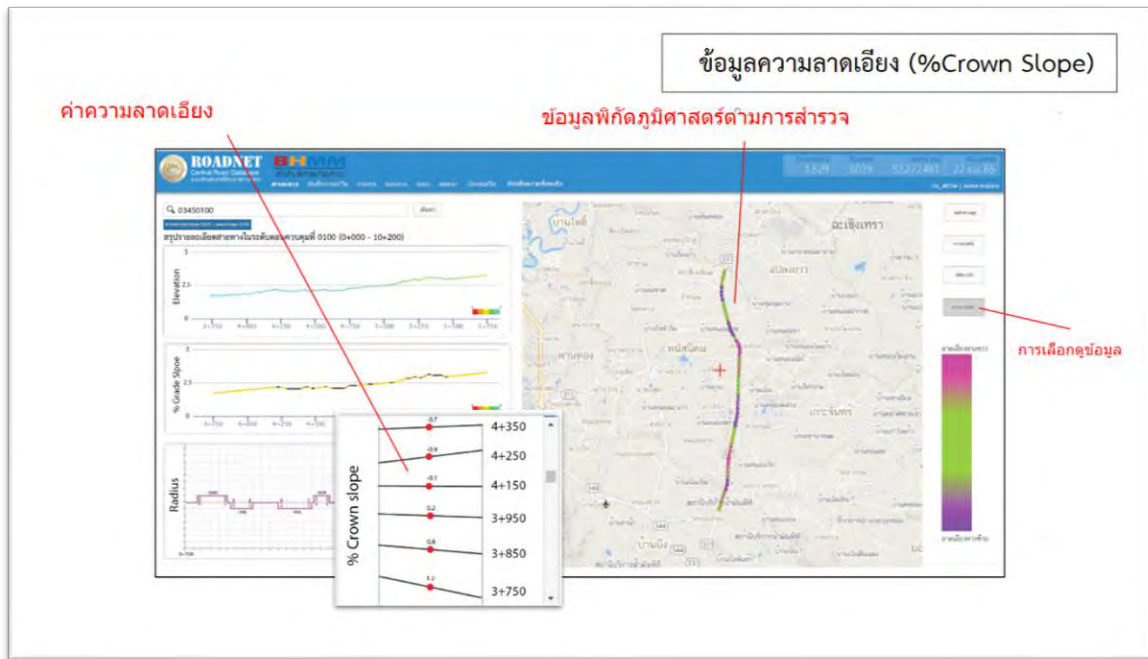


รูปที่ 1-182 ตัวอย่างแนวคิดการแสดงกราฟเส้น (Line Chart) และแผนที่แสดงค่ารัศมีทางโค้ง (Radius)

สำหรับการแสดงผลกราฟข้อมูลค่ารัศมีทางโค้ง (Radius) มีข้อเสนอแนะสำหรับการประยุกต์ใช้ผลลัพธ์เพื่อตอบสนองต่อการอธิบายลักษณะโครงสร้างทาง เจ้าหน้าที่สามารถตรวจสอบตำแหน่งกิโลเมตรต้นโค้งปลายโค้ง และรัศมีโค้งที่ครอบคลุมระยะความยาวโค้ง เพื่อต่อยอดการวิเคราะห์งานศึกษาดำเนินงานบำรุงทาง การประเมินมาตรฐานโครงสร้างทาง รวมทั้งสามารถประเมินความเสี่ยงด้านความปลอดภัยในพื้นที่บริเวณทางโค้งสายทาง โดยผนวกการวิเคราะห์ควบคู่กับข้อมูลจุดเกิดอุบัติเหตุได้ เป็นต้น

4. ค่าความลาดเอียง (Percent crown slope)

การแสดงผลกราฟการประมวลผลค่าความลาดเอียง (Percent crown slope) ซึ่งข้อมูลดังกล่าวเป็นการแสดง คือ ความลาดชันหลังทางตามแนวรูปตัดขวางของถนน สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการเดียวกันกับค่าความลาดชัน (Percent grade slope) โดยแสดงผลกราฟแผนภูมิแบบเส้น (Line Chart) โดยมีการกำหนดเงื่อนไขของกราฟที่แสดงผลให้คล้ายกับแนวสายทางตามรูปตัดขวางถนน โดยแกน Y ระบุให้แสดงตำแหน่งของ กม. ในสายทางที่สามารถแสดงผลได้ทุก ๆ ช่วงระยะห่างที่ 100 เมตร หรือตามข้อสรุปตามความต้องการของผู้ใช้งานระบบ และแกน X ระบุเส้นความชันของค่าความลาดเอียงตามแนวรูปตัดขวางของถนน หากข้อมูลมีค่ามากกว่า 0 ให้แสดงเส้นความชันที่เป็นกราฟขาขึ้น หากข้อมูลมีค่าน้อยกว่า 0 ให้แสดงเส้นความชันที่เป็นกราฟขาลง นอกจากนี้ยังสามารถแสดงผลการแสดงผลค่าความลาดเอียงในรูปแบบข้อมูลจุด (point) โดยกำหนดคู่สีตามข้อมูลสำรวจโดยแบ่งเป็นค่าที่มากกว่า 0 จะระบุคู่สีที่แสดงลักษณะทางที่เอียงซ้าย หากค่าน้อยกว่า 0 จะระบุคู่สีที่แสดงค่าที่เอียงขวาตามข้อสรุปตามความต้องการของผู้ใช้งานระบบ ดังนี้



รูปที่ 1-183 ตัวอย่างแนวคิดการแสดงผลกราฟเส้น (Line Chart)
และ แผนที่แสดงค่าความลาดเอียง (Percent crown slope)

สำหรับการแสดงผลกราฟข้อมูลค่าความลาดเอียง (Percent crown slope) มีข้อเสนอแนะสำหรับการประยุกต์ใช้ผลลัพธ์เพื่อตอบสนองต่อการอธิบายลักษณะโครงสร้างทาง โดยสามารถวิเคราะห์ห้องค์ประกอบของโครงสร้างทางในตำแหน่งภาพตัดขวาง เพื่อแสดงลักษณะการใช้งานสายทาง และประเมินมาตรฐานโครงสร้างทางเพื่อตอบสนองต่อการบำรุงงานทางได้ โดยผู้ใช้งานสามารถเลือกดูกราฟข้อมูลค่าความลาดเอียง (Percent crown slope) เปรียบเทียบกับข้อมูลเชิงตำแหน่งเพื่อวิเคราะห์ตำแหน่งสายทางที่มีความลาดเอียงสูง โดยผนวกการวิเคราะห์ควบคู่กับข้อมูลพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม พื้นที่ดินถล่ม เป็นต้น เพื่อประเมินความเสี่ยงและรับมือกับเหตุการณ์ในอนาคต

อย่างไรก็ตามส่วนสำคัญสำหรับแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพระบบ Roadnet ให้สามารถรองรับการเพิ่มขึ้นของข้อมูลสภาพทาง เช่น ข้อมูลค่าความลาดชัน (Percent grade slope) ค่าความลาดเอียง (Percent crown slope) ค่าระดับความสูง (Elevation) และค่ารัศมีทางโค้ง (Radius) เป็นต้น นอกจากการแสดงผลในทางตรงให้กับผู้ใช้งานระบบ ต้องสามารถรองรับการประยุกต์ใช้ข้อมูลได้ เช่น เครื่องมือสำหรับการคัดกรองข้อมูล หรือการสืบค้นข้อมูล รวมทั้งความสามารถในการส่งออกข้อมูลในรูปแบบไฟล์เอกสาร (.CSV) หรือไฟล์ข้อมูลเชิงตำแหน่งระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (.SHP) เพื่อให้เจ้าหน้าที่ที่ต้องการนำข้อมูลดังกล่าวต่อยอดการวิเคราะห์ในงานต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การนำข้อมูลสภาพทางมาวิเคราะห์และอธิบายลักษณะโครงสร้างทาง ผนวกกับข้อมูลด้านความปลอดภัยและความเสี่ยงต่าง ๆ เช่น ข้อมูลพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม ข้อมูลพื้นที่เสี่ยงดินถล่ม รวมทั้งข้อมูลจุดเกิดอุบัติเหตุบ่อยครั้ง เป็นต้น เพื่อนำมาวิเคราะห์และประเมินมาตรฐานโครงสร้างทาง และสามารถสรุปรายงานการบำรุงรักษาทางให้กับกรมทางหลวงต่อไปในอนาคต



1.7.4 การศึกษาและวิเคราะห์แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพระบบ Roadnet ให้สามารถแสดงภาพความเสียหายของผิวทาง และข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลค่าความเสียหายของผิวทางแบบอัตโนมัติ (Automatic Detection) ให้สามารถแสดงผลข้อมูลผ่านหน้าระบบได้ทุก ๆ 25 เมตร หรือตามระยะการแสดงผลค่าความขรุขระสากล (IRI) หรือการแสดงผลในภาพรวมแบบชั้นข้อมูลประเภทความเสียหาย (Layers) เป็นต้น โดยจะต้องนำเสนอแนวทางการพัฒนาระบบ Roadnet ในการจัดเก็บข้อมูลในระบบ Roadnet เพื่อให้ระบบ Roadnet สามารถแสดงผลข้อมูลดังกล่าวได้ในอนาคต

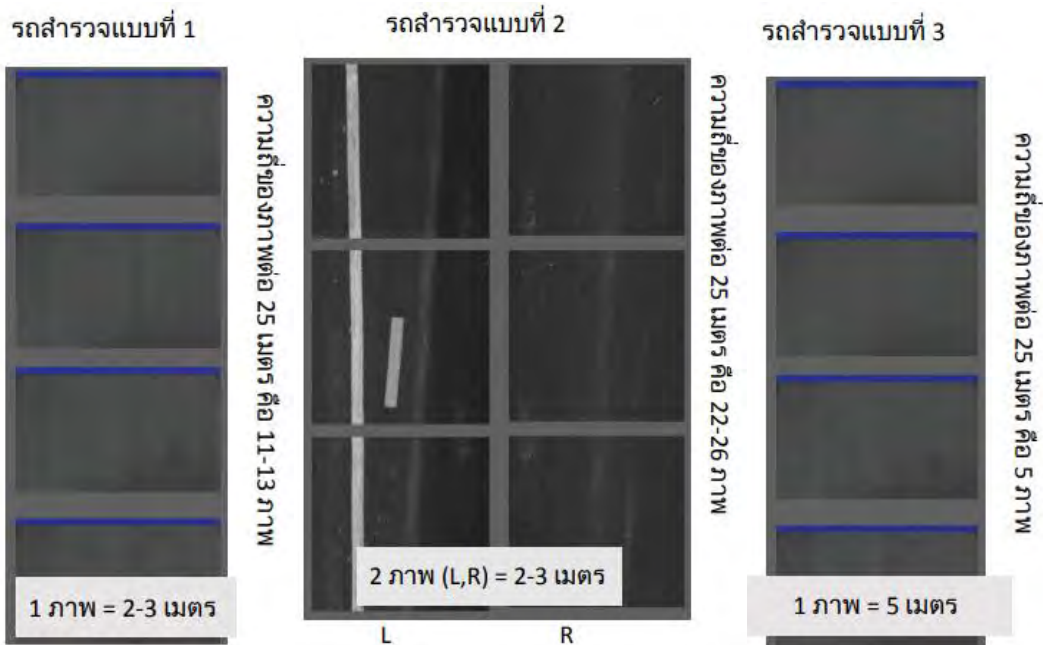
ข้อมูลสภาพทางจากการสำรวจด้วยอุปกรณ์ Laser Profile พร้อมทั้งการติดตั้งชุดอุปกรณ์กล้องถ่ายภาพบริเวณ 2 ข้างทาง เพื่อให้ได้เห็นทัศนียภาพระหว่างการสำรวจ และนำมาประมวลผลตลอดจนสามารถแสดงผลบนระบบ Roadnet ซึ่งในการแสดงผลข้อมูลสภาพทางจะสามารถแสดงผลข้อมูลทั้งค่าความขรุขระสากล (IRI) ข้อมูลค่าความลึกร่องล้อ (Rutting) และข้อมูลค่าความหยابเฉลี่ยของพื้นผิวทาง (Mean Profile Depth, MPD) ได้ทุก ๆ 25 เมตร ส่วนข้อมูลภาพความเสียหายของผิวทาง และข้อมูลค่าความเสียหายที่ได้จากการประมวลผลค่าความเสียหายของผิวทางแบบอัตโนมัติ (Automatic Detection) และการประเมินจากภาพถ่ายผิวทางนั้น ได้จัดเก็บในรูปแบบภาพรวมของเส้นการสำรวจ ซึ่งจากการศึกษาและวิเคราะห์นั้นควรแสดงผลร่วมกับค่าข้อมูลสภาพทางต่าง ๆ ทั้งค่าความขรุขระสากล (IRI) ข้อมูลค่าความลึกร่องล้อ (Rutting) และข้อมูลค่าความหยابเฉลี่ยของพื้นผิวทาง (Mean Profile Depth, MPD) ที่มีการแสดงผลทุก 25 เมตร และสามารถคำนวณค่าความเสียหายผิวทางทั้งผิวลาดยางและผิวคอนกรีตแต่ละประเภทให้อยู่ทุก ๆ 25 เมตร เช่นกัน เพื่อให้การแสดงผลสามารถแสดงรายละเอียดครบถ้วน และทราบถึงสาเหตุค่าสภาพทางที่สูงภายในพื้นที่บริเวณนั้นได้อย่างเหมาะสม

เริ่มต้นจากการศึกษาการจัดเก็บข้อมูลภาพถ่ายผิวทาง ของรถสำรวจแต่ละประเภทโดยมีทั้งหมด 3 คัน ได้แก่ รถสำรวจด้วยอุปกรณ์ Laser Profile คันที่ 1 ที่มีการจัดเก็บข้อมูลภาพถ่ายผิวทางทุก ๆ 2-3 เมตร และเก็บจำนวน 1 ภาพครอบคลุมพื้นที่ช่องจราจรของการสำรวจ รถสำรวจด้วยอุปกรณ์ Laser Profile คันที่ 2 ที่มีการจัดเก็บข้อมูลภาพถ่ายผิวทางทุก ๆ 2-3 เมตร เช่นเดียวกับคันแรก แต่การเก็บภาพถ่ายผิวทางจะเป็น 2 ภาพ ซึ่งแบ่งออกฝั่งซ้ายและฝั่งขวาเพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ช่องจราจรของการสำรวจ และรถคันสุดท้ายจะใช้อุปกรณ์ในการสำรวจด้วยระบบ Laser Crack Measurement System (LCMS) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีในรูปแบบใหม่ที่ใช้ตัวอุปกรณ์ Laser ในการเก็บภาพถ่ายผิวทางผ่านการ Scan แต่ตัวระบบก็สามารถส่งออกข้อมูลได้ทุก ๆ 5 เมตร ก็สามารถครอบคลุมพื้นที่ช่องจราจร ในการเก็บข้อมูลภาพผิวทางของรถสำรวจทั้ง 3 คัน จะดำเนินการเก็บภาพต่อเนื่องตลอดการสำรวจ



รูปที่ 1-184 ภาพแสดงตำแหน่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดเก็บภาพถ่ายผิวทางของรถสำรวจ
คันที่ 1, คันที่ 2 และคันที่ 3 ตามลำดับ

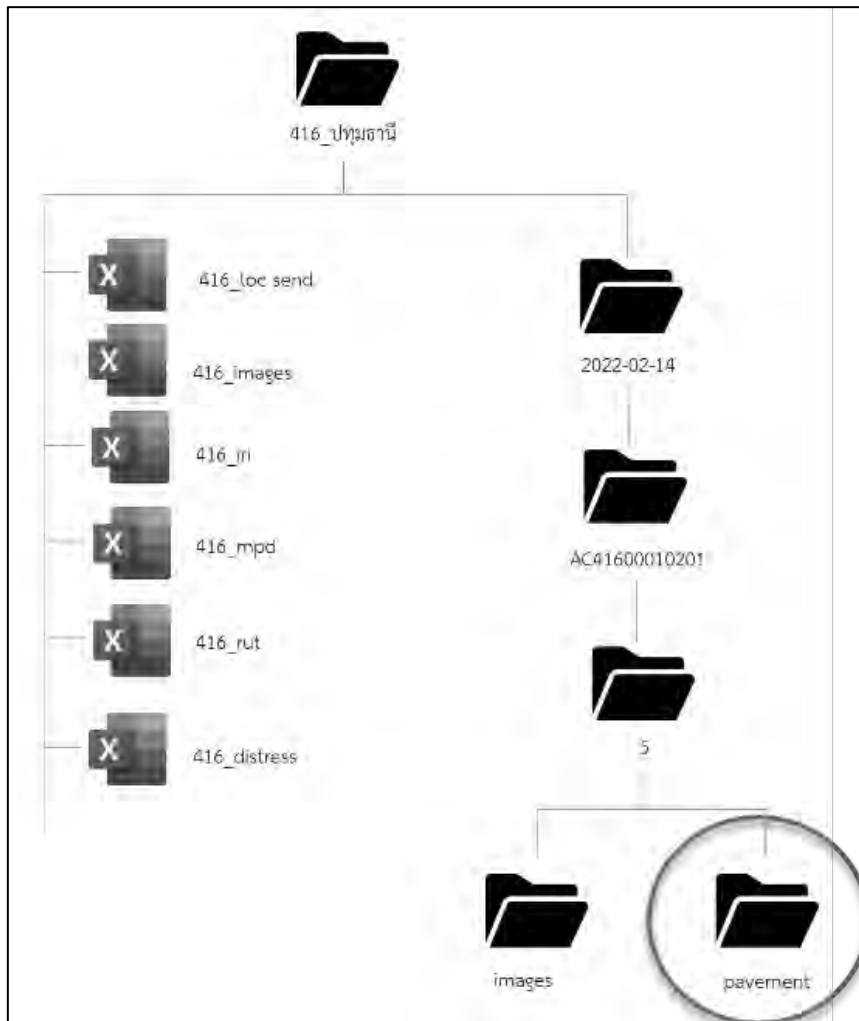
เมื่อทราบความถี่ของการจัดเก็บข้อมูลภาพถ่ายผิวทางของรถแต่ละคันแล้ว ก็สามารถทราบปริมาณรูปที่จะต้องทำการจัดเก็บให้ได้ทุก ๆ 25 เมตร ดังนั้นรถสำรวจด้วยอุปกรณ์ Laser Profile คันที่ 1 จะสามารถจัดเก็บข้อมูลภาพถ่ายผิวทางได้ประมาณ 11 - 13 ภาพ ส่วนรถสำรวจด้วยอุปกรณ์ Laser Profile คันที่ 2 จะสามารถจัดเก็บข้อมูลภาพถ่ายผิวทางได้ประมาณ 22-26 ภาพ เนื่องจากประกอบด้วยกล้องจำนวน 2 ตัวที่ติดทางด้านหลังตัวรถ คันสุดท้ายคันที่ 3 จะสามารถจัดเก็บข้อมูลภาพถ่ายผิวทางได้ประมาณ 5 ภาพ ตัวอย่างข้อมูลภาพถ่ายผิวทางแสดงดังรูปที่ 1-185



รูปที่ 1-185 ภาพแสดงตัวอย่างความถี่การจัดเก็บภาพของรถสำรวจแต่ละคัน



กระบวนการออกแบบการจัดเก็บข้อมูลภาพถ่ายผิวทางบนระบบ Roadnet ภายในการออกแบบทางที่ปรึกษาได้วางโครงสร้างการจัดเก็บเช่นเดียวกับการเก็บข้อมูลภาพถ่าย 2 ข้างทางไว้ในการจัดเก็บเครื่องแม่ข่ายที่ตั้งอยู่ภายในกรมทางหลวง เพื่อให้แยกเป็นสัดส่วนของการสำรวจได้อย่างเหมาะสม และสามารถค้นหาข้อมูลผ่านระบบฐานข้อมูลได้โดยง่าย รวมทั้งการเรียกขึ้นมาแสดงผลก็ไม่ซับซ้อนเช่นกัน ยังส่งผลต่อการจัดการและการดูแลได้เป็นอย่างดี แสดงดังรูปที่ 1-186



รูปที่ 1-186 โครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลภาพถ่ายผิวทางอยู่ใน Folder “pavement”

จากกระบวนการศึกษาทบทวนและการวิเคราะห์ตั้งแต่วิธีการจัดเก็บ ความถี่ของตัวข้อมูล ตลอดจนวางโครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูลภาพถ่ายผิวทาง เพื่อหาแนวทางในการแสดงผลภาพความเสียหายของผิวทางผ่านระบบ Roadnet ที่ปรึกษาจึงได้แสดงแนวทางการออกแบบหน้าต่างการแสดงผลบนระบบ Roadnet โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงลักษณะผิวทางที่มีความเสียหายผนวกกับการแสดงค่าความเสียหายทุก ๆ 25 เมตร และสามารถดูภาพรวมของความเสียหายในสายทางนั้น ๆ ได้ ส่วนที่เหมาะสมต่อการเพิ่มเติมของการดูภาพถ่ายผิวทาง ควรอยู่ในฟังก์ชันการเข้าดูความเสียหายข้อมูลสำรวจ ดังนี้



รูปที่ 1-187 ช่องทางการเข้าสู่ข้อมูลภาพถ่ายผิวทางผ่านระบบ Roadnet

ส่วนที่ 1 จะแสดงข้อมูลค่าความเสียหายผิวทางจากการประมวลผลค่าความเสียหายของผิวทางแบบอัตโนมัติ (Automatic Detection) และการประเมินจากภาพถ่ายผิวทางสามารถแบ่งแสดงผลได้ทั้งภาพรวมของการสำรวจจะอยู่บริเวณด้านบนและค่าความเสียหายทุก ๆ 25 เมตรจะแสดงผลบริเวณด้านล่าง ซึ่งจะแยกความเสียหายทั้ง 6 ประเภท ของผิวทางคอนกรีตและลาดยาง โดยการเลือกช่วงที่ต้องการดูค่าความเสียหายนั้นจะเชื่อมโยงกับการเลือกช่วง กม. ของ ส่วนที่ 2 และภาพถ่ายผิวทางจะปรับเปลี่ยนตามทีเลือกช่วง กม. แสดงดังรูปที่ 1-188

ภาพรวม

สภาพความเสียหายคอนกรีต	
จำนวนแผ่นแตกตามขวาง	6.00 แผ่น
จำนวนแผ่นแตกตามยาว และแนวทแยง	3.00 แผ่น
รอยเลือนต่างระดับ > 12 มม.	0.00 จุด
รอยบิ่นกะเทาะ	0.00 จุด
มุมแตก	0.00 จุด
วัสดุยานวรอยต่อเสียหาย	0.00 ม.
รอยปะซ่อม	0.00 ตร.ม.
MPD	0.76 0.77 [0.79] 0.85 มม.
โหลทางเสียหาย	0.00 ม.
โพรงใต้แผ่นคอนกรีต	0.00 แผ่น

ทุก 25 เมตร

สภาพความเสียหายคอนกรีต	
จำนวนแผ่นแตกตามขวาง	6.00 แผ่น
จำนวนแผ่นแตกตามยาว และแนวทแยง	3.00 แผ่น
รอยบิ่นกะเทาะ	0.00 จุด
มุมแตก	0.00 จุด
วัสดุยานวรอยต่อเสียหาย	0.00 ม.
รอยปะซ่อม	0.00 ตร.ม.

1

15+950

กม.
15+881 - 15+900
15+900 - 15+925
15+925 - 15+950
15+950 - 15+975

เลือกช่วง กม.

15+925 - 15+950
15+950 - 15+975
15+975 - 16+000
15+881 - 15+900
15+900 - 15+925
15+925 - 15+950
15+950 - 15+975
15+975 - 16+000
15+881 - 15+900
15+900 - 15+925
15+925 - 15+950
15+950 - 15+975
15+975 - 16+000

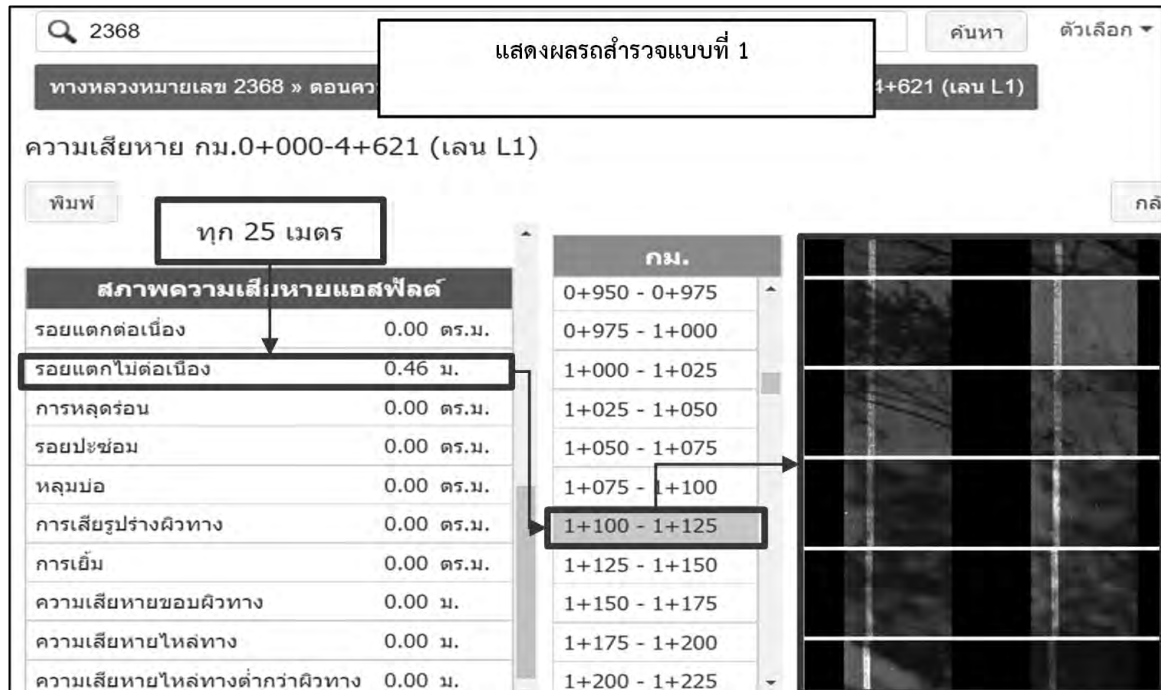
2

15+975

รูปที่ 1-188 แสดงรายละเอียดการเพิ่มเติมหน้าแสดงผลภาพถ่ายผิวทางและค่าความเสียหายผิวทาง



ผลการออกแบบการแสดงผลภาพความเสียหายของผิวทาง ผนวกกับการแสดงค่าความเสียหาย
ทุก ๆ 25 เมตร ซึ่งระบบจะคำนวณค่าความเสียหายของผิวทางแบบอัตโนมัติของทั้ง 3 ข้อมูลที่มี
ความเชื่อมโยงกัน ประกอบด้วย ข้อมูลค่าความเสียหายผิวทางคอนกรีตและลาดยาง (surface distress)
ข้อมูลช่วง กม. ทุก ๆ 25 เมตร และข้อมูลภาพถ่ายต่อเนื่องกึ่งหลัง (survey pave) ของรถสำรวจ
ด้วยอุปกรณ์ Laser Profile ทั้ง 3 คัน แสดงดังรูปที่ 1-189 ถึง รูปที่ 1-191



รูปที่ 1-189 การแสดงผลภาพความเสียหายของผิวทางจากรถสำรวจแบบที่ 1



0003 แสดงผลสำรวจแบบที่ 2 ค้นหา ตัวเลือก ▾

ทางหลวงหมายเลข 0003 » ตอนควบคุม 0200 » ข้อมูลสำรวจ » ความเสียหาย กม.62+000-70+700 (เลน L3)

ความเสียหาย กม.62+000-70+700 (เลน L3)

พิมพ์ กลับ

ความเสียหายไหล่ทาง	0.00 ม.
ความเสียหายไหล่ทางต่ำกว่าผิวทาง	0.00 ม.
ทุก 25 เมตร	
สภาพความเสียหายแอสฟัลต์	
รอยแตกต่อเนื่อง	3.36 ตร.ม.
รอยแตกไม่ต่อเนื่อง	0.00 ม.
การหลุดร่อน	0.00 ตร.ม.
รอยปะซ่อม	0.00 ตร.ม.
หลุมบ่อ	0.00 ตร.ม.
การเสียรูปร่างผิวทาง	0.00 ตร.ม.
การเย็บ	0.00 ตร.ม.
ความเสียหายขอบผิวทาง	0.00 ม.
ความเสียหายไหล่ทาง	0.00 ม.

กม.
63+750 - 63+775
63+775 - 63+800
63+800 - 63+825
63+825 - 63+850
63+850 - 63+875
63+875 - 63+900
63+900 - 63+925
63+925 - 63+950
63+950 - 63+975
63+975 - 64+000
64+000 - 64+025
64+025 - 64+050

รูปที่ 1-190 การแสดงผลภาพความเสียหายของผิวทางจากรถสำรวจแบบที่ 2

11750100 แสดงผลสำรวจแบบที่ 3 ค้นหา ตัวเลือก ▾

ทางหลวงหมายเลข 1175 » ตอนควบคุม 0100 » ข้อมูลสำรวจ » ความเสียหาย กม.0+073-0+179 (เลน L2)

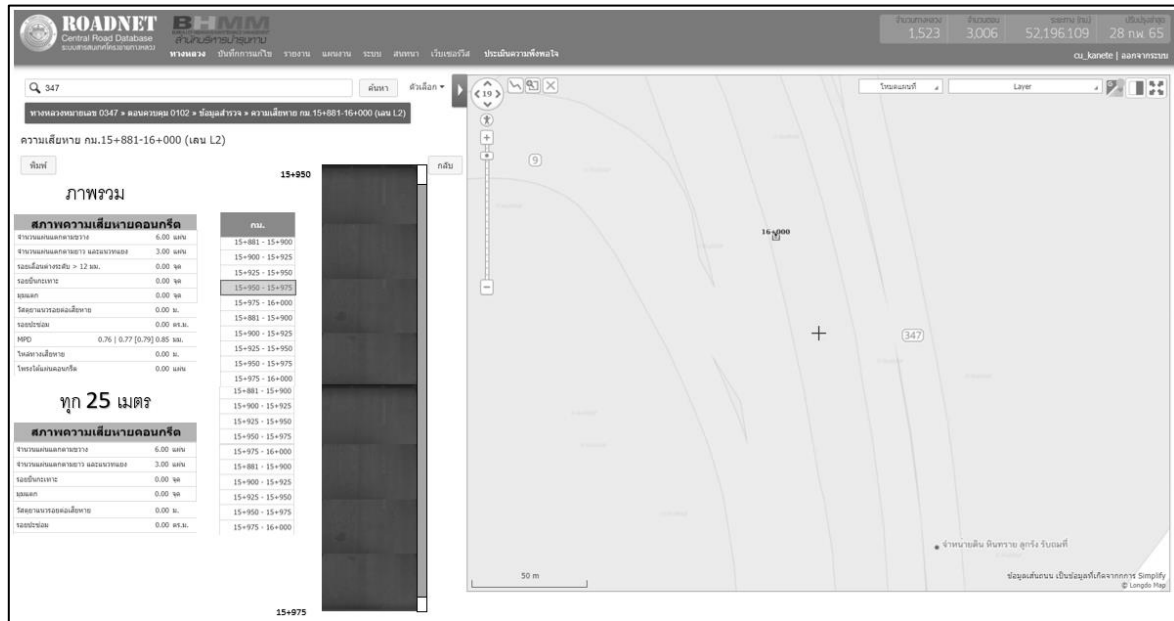
ความเสียหาย กม.0+073-0+179 (เลน L2)

พิมพ์ กลับ

ความเสียหายไหล่ทาง	0.00 ม.
ความเสียหายไหล่ทางต่ำกว่าผิวทาง	0.00 ม.
ทุก 25 เมตร	
สภาพความเสียหายแอสฟัลต์	
รอยแตกต่อเนื่อง	0.00 ตร.ม.
รอยแตกไม่ต่อเนื่อง	52.94 ม.
การหลุดร่อน	0.60 ตร.ม.
รอยปะซ่อม	0.00 ตร.ม.
หลุมบ่อ	0.00 ตร.ม.
การเสียรูปร่างผิวทาง	0.00 ตร.ม.
การเย็บ	0.00 ตร.ม.
ความเสียหายขอบผิวทาง	0.00 ม.
ความเสียหายไหล่ทาง	0.00 ม.
ความเสียหายไหล่ทางต่ำกว่าผิวทาง	0.00 ม.

กม.
0+073 - 0+075
0+075 - 0+100
0+100 - 0+125
0+125 - 0+150
0+150 - 0+175

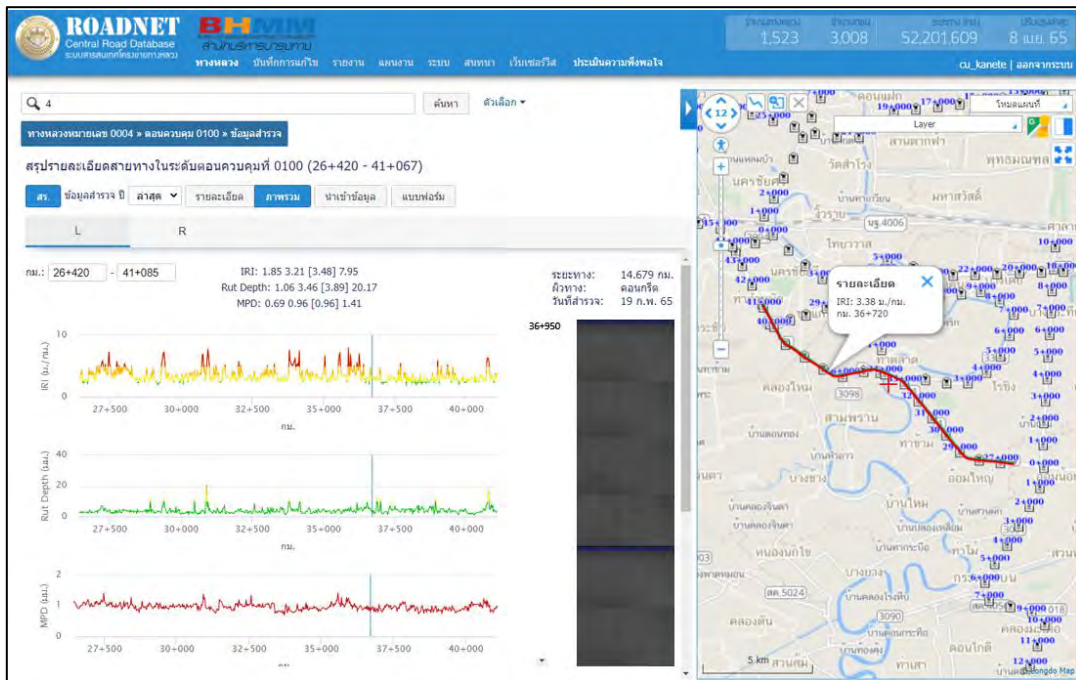
รูปที่ 1-191 การแสดงผลภาพความเสียหายของผิวทางจากรถสำรวจแบบที่ 3



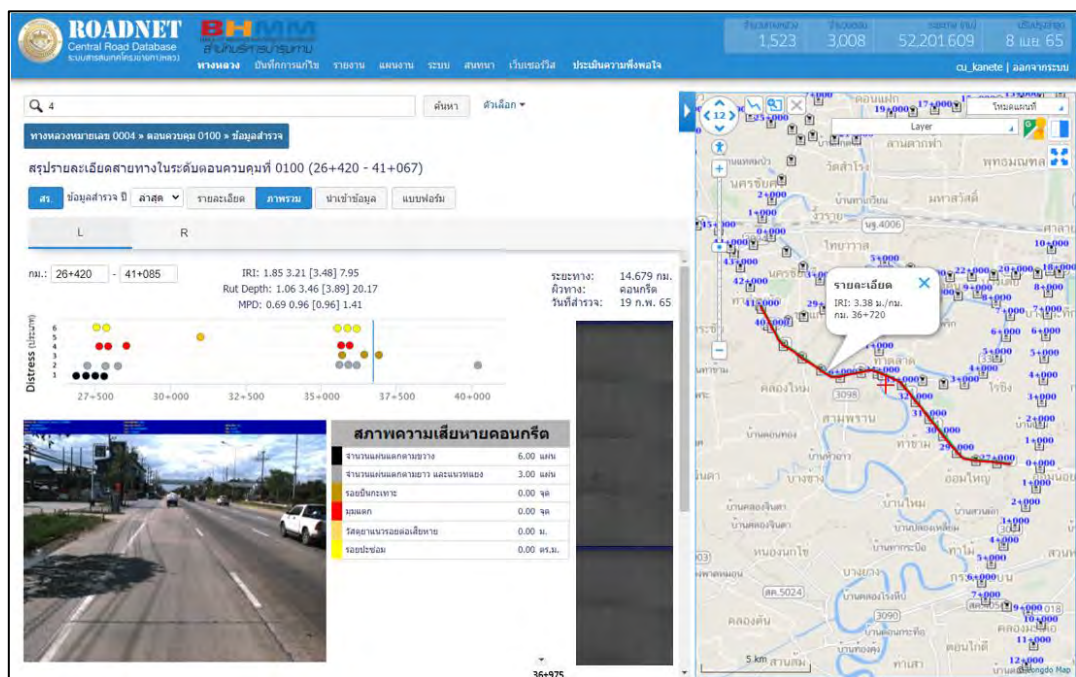
รูปที่ 1-192 ผลการออกแบบการแสดงผลภาพความเสียหายของผิวทาง
ผนวกกับการแสดงค่าความเสียหายทุก ๆ 25 เมตร



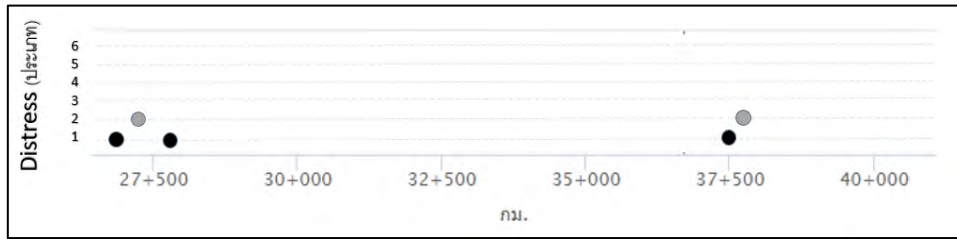
นอกจากนั้นแนวทางการพัฒนาของระบบ Roadnet ที่ต้องการแสดงผลข้อมูลภาพถ่าย
ผิวทาง ในการพัฒนาอาจจะต้องมองถึงภาพรวมที่จะต้องแสดงผลพร้อมกับค่าสภาพทางและข้อมูล
ภาพถ่าย 2 ข้างทาง ซึ่งในระบบ Roadnet ในปัจจุบันมีฟังก์ชันแสดงผลภาพรวมการสำรวจแต่ยังขาด
ข้อมูลความเสียหายผิวทาง ดังนั้นในการศึกษาจึงเสนอแนวทางการแสดงผลควบคู่กับข้อมูลสภาพทาง
ดังนี้



รูปที่ 1-193 ผลการออกแบบภาพรวมการสำรวจที่เพิ่มเติมภาพความเสียหายของผิวทาง



รูปที่ 1-194 ผลการออกแบบภาพรวมการสำรวจที่เพิ่มเติมข้อมูลความเสียหายของผิวทาง



สภาพความเสียหายคอนกรีต	
จำนวนแผ่นแตกตามขวาง	6.00 แผ่น
จำนวนแผ่นแตกตามยาว และแนวทแยง	3.00 แผ่น
รอยบิ่นกะเทาะ	0.00 จุด
นมแตก	0.00 จุด
รอยคุดหรือรอยต่อเสียหาย	0.00 ม.
รอยปะซ่อม	0.00 ตร.ม.

รูปที่ 1-195 ผลการออกแบบแผนภูมิแสดงตำแหน่งและตารางข้อมูลความเสียหายผิวทาง

ภายในแผนภูมิที่แสดงเป็นแผนภูมิรูปภาพที่ใช้สีในการแบ่งประเภทความเสียหายผิวทาง โดยตัวข้อมูลประเภทความเสียหายผิวทางนั้นจะอยู่ในแกน Y และมีตารางจำแนกประเภทความเสียหาย พร้อมทั้งบ่งบอกค่าข้อมูลความเสียหายตามหน่วยวัด ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะมีความถี่ทุก 25 เมตร และในการเลือกดูข้อมูลจะเลือกผ่านแผนภูมิ ส่วนข้อมูลแกน X เป็นข้อมูลระยะทางของการสำรวจ มีหน่วยเป็นกิโลเมตร ซึ่งคล้ายคลึงกับแผนภูมิเส้นของค่าสภาพทาง การแสดงข้อมูลในแผนภูมิรูปภาพนั้นจะเป็นการแสดงตำแหน่งคร่าว ๆ บนแกน X สามารถบ่งบอกว่าข้อมูลความเสียหายทั้ง 6 ประเภท อยู่บริเวณ กม. อะไรของเส้นทางสำรวจ ดังนั้นในการอ่านแผนภูมิจะสามารถวิเคราะห์ข้อมูลสำรวจสภาพทางควบคู่ไปกับข้อมูลสภาพทางได้โดยง่าย ลดเวลาในการเปิดดูข้อมูลหลายหน้าต่าง และเพิ่มประสิทธิภาพในการวางแผนงานบำรุงทางต่อไป

แนวทางการพัฒนาระบบ Roadnet ในการจัดเก็บข้อมูลในระบบ Roadnet เพื่อให้ระบบ Roadnet สามารถแสดงผลข้อมูลดังกล่าวได้ในอนาคต

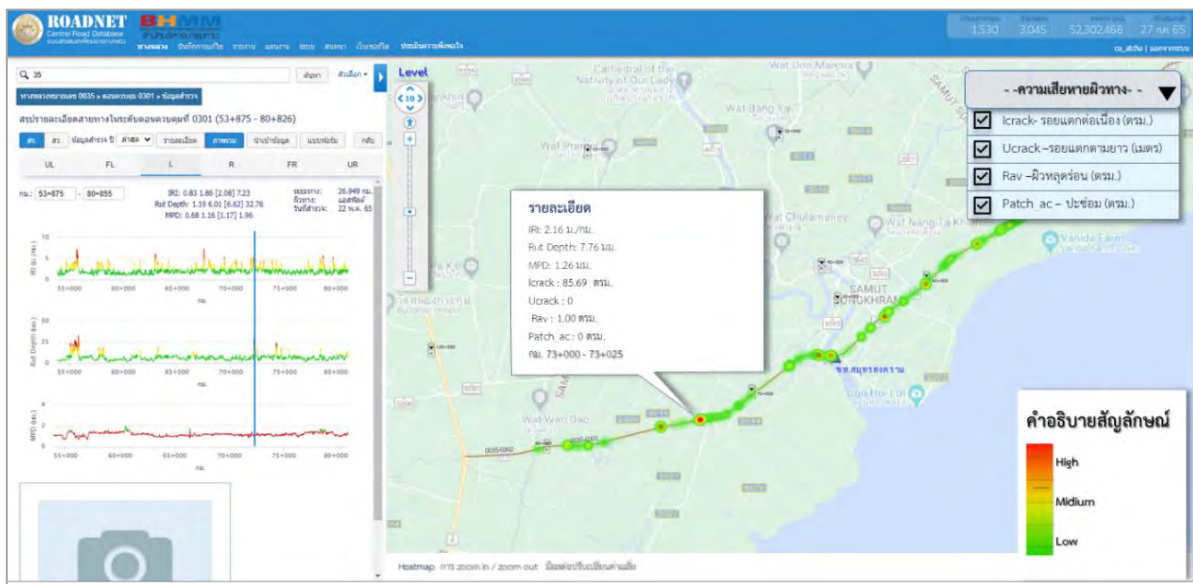
ในการพัฒนาประสิทธิภาพของการแสดงค่าสภาพทางสามารถแสดงผลข้อมูลดังกล่าวได้ในอนาคต ที่ปรึกษาได้ศึกษาแนวทางในรูปแบบภาพรวม อ่างอิงการศึกษาการประเมินความเสียหายจากระบบ Auto Crack Detection ทำโดยการใช้ข้อมูล Laser Crack Measurement (LCMS) ประมวลผลผ่านโปรแกรม ROMDAS processing โดยมีการกำหนดค่าความเสียหายที่ตรวจสอบตามเกณฑ์ที่มีการศึกษาไว้ก่อนหน้า ทั้งในด้านประเภทความเสียหาย ค่าระดับความรุนแรง รวมไปถึงพื้นที่ของประเภทความเสียหายนั้น ๆ ดังนี้ (1) Standard Practice For Roads And Parking Lots Pavement Condition Index Surveys, ASTM D6433-07 และ (2) DISTRESS IDENTIFICATION MANUAL for the Long-Term Pavement Performance Program, Federal Highway Administration, 2014 และความเสียหายบางส่วนที่ประเมินจากสายตาด้วยโปรแกรม ROMDAS dataview แสดงดังตารางที่ 1-61



ตารางที่ 1-61 แสดงค่ากำหนดความเสียหายที่ตรวจสอบตามเกณฑ์ อ้างอิงจาก ASTM International, 2008 และ Federal Highway Administration, 2014

Distress Identification	Severity			unit	remark
	LOW	MEDIUM	HIGH		
Cracks_depth	0	0-100	100	mm	
Cracks_lenght (width)	<10	10-75	>75	mm	
Bleeding	BI = 0	BI = 1	BI = 2	m ²	BI = Bleeding Index วัดพื้นที่เมื่อ BI เท่ากับ 1 และ 2
Raveling (diameter <10 mm, depth<13 mm)	Raveling Index, RI >100			m ²	วัดพื้นที่เมื่อ RI มากกว่า 100
Patching				m ²	ประเมินจากสายตาดูด้วย โปรแกรม ROMDAS dataview

โดยทำการออกแบบการแสดงผลและรวบรวมข้อมูลจากการตรวจสอบค่าความเสียหายสภาพทาง
บางส่วนออกมาด้วยกระบวนการวิเคราะห์ Heat Map ตัวเลขหรือเงื่อนไขที่กำหนดค่าการชুমของแผนที่
มีผลต่อค่าเฉลี่ย โดยจะแสดงหน้าต่างรายละเอียดของข้อมูลความเสียหาย แสดงดังรูปที่ 1-196

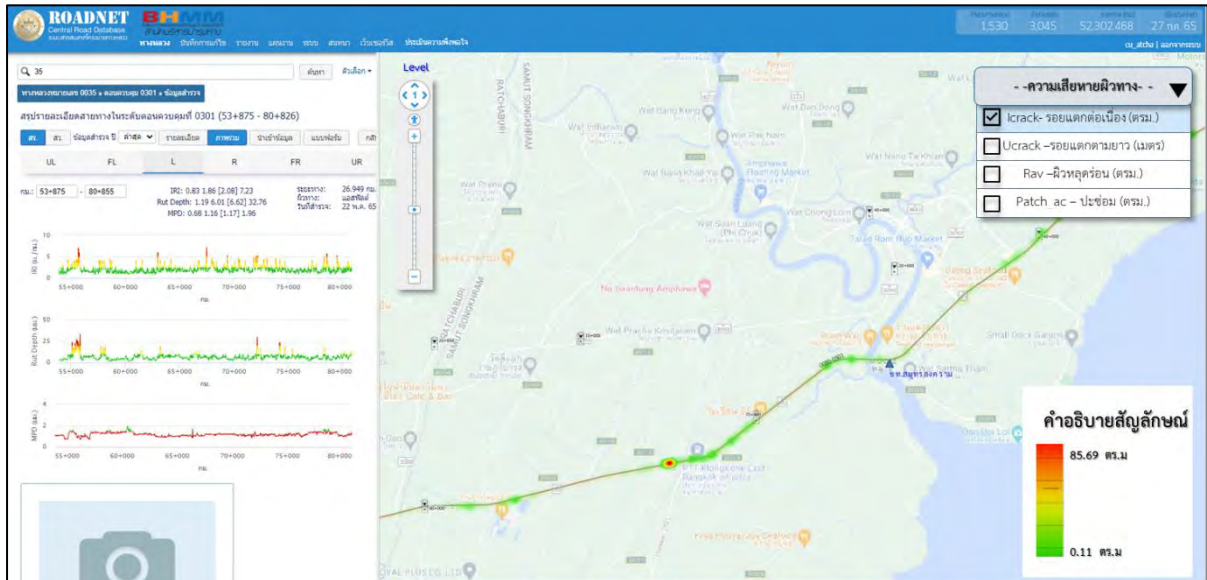


หมายเหตุ : Heatmap การ zoom in / zoom out มีผลต่อปรับเปลี่ยนค่าเฉลี่ย

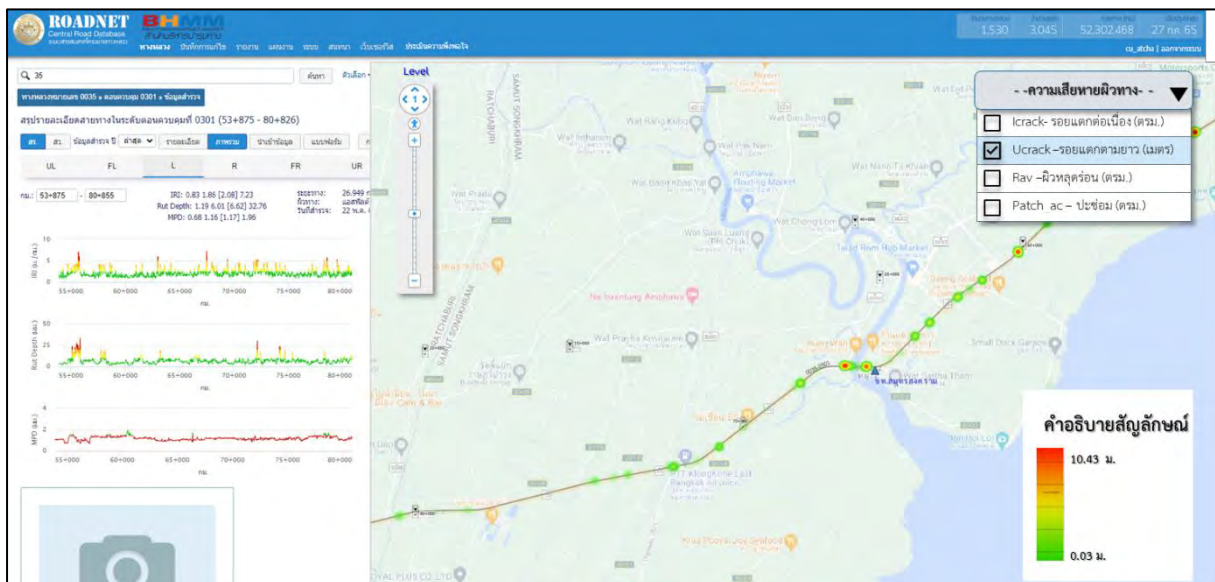
รูปที่ 1-196 ผลการออกแบบค่าความเสียหายภาพรวมด้วยกระบวนการวิเคราะห์ Heat Map



โดยสามารถเลือกเฉพาะค่าความเสียหายผิวทาง เช่น Icrack- รอยแตกต่อเนื่อง (ตรม.) ด้วย check box เพื่อการแสดงผลกำหนดค่าการชুমของแผนที่ระดับสายทาง พร้อมคำอธิบายสัญลักษณ์แสดงรายละเอียดค่า Max และ Min ของความเสียหายแต่ละชนิด



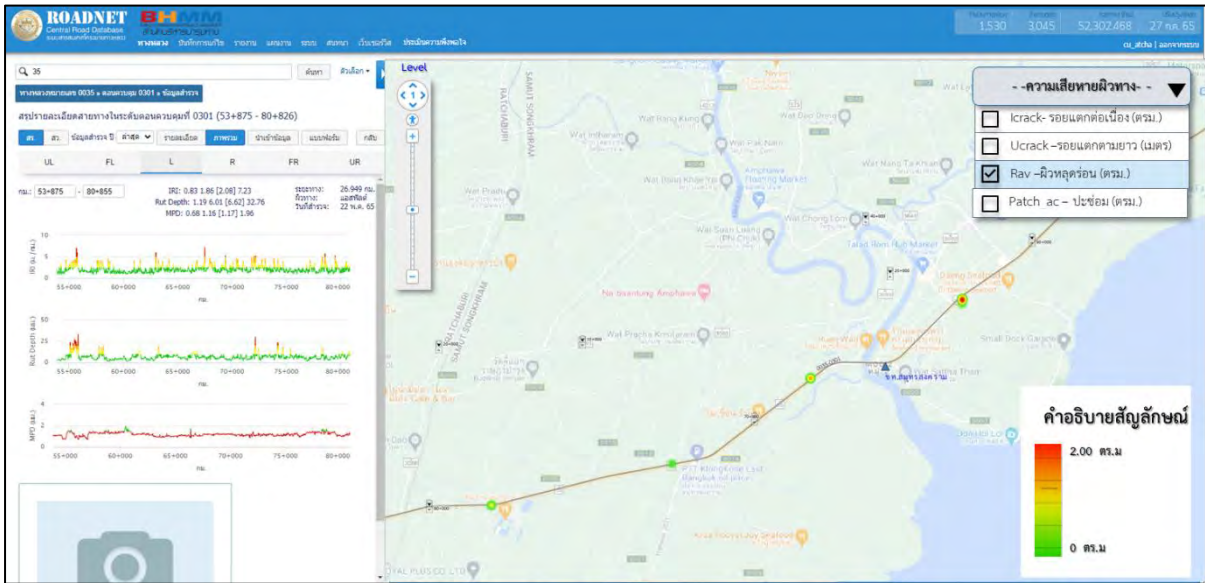
รูปที่ 1-197 ผลการออกแบบค่าความเสียหายผิวทาง Icrack- รอยแตกต่อเนื่อง (ตรม.)



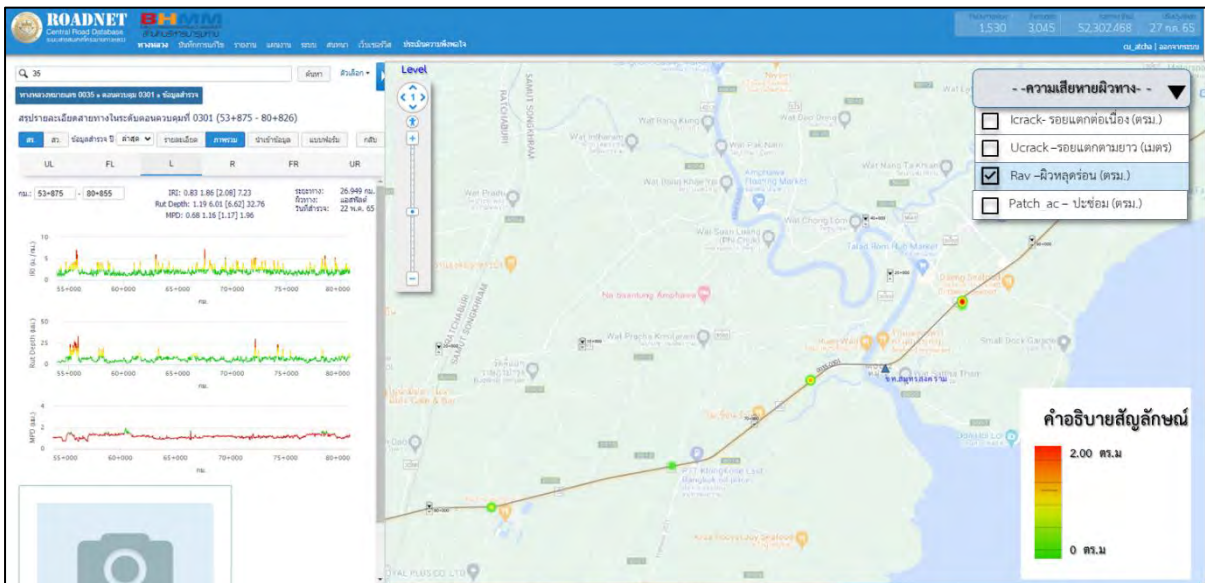
รูปที่ 1-198 ผลการออกแบบค่าความเสียหายผิวทาง U-crack- รอยแตกตามยาว (เมตร)



รายงานขั้นสุดท้าย (Final Report)
โครงการค่าสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ
การใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี 2565



รูปที่ 1-199 ผลการออกแบบค่าความเสียหายผิวทาง Rav- ผิวหลุดร่อน (ตรม.)



หมายเหตุ : จากการกำหนดความเสียหายที่ตรวจสอบตามเกณฑ์ที่ปรึกษาการออกแบบโดยแบ่งเกรดดังนี้ LOW สีเขียว, MEDIUM สีเหลือง, HIGH สีแดง

รูปที่ 1-200 ผลการออกแบบค่าความเสียหายผิวทาง Patch_ac- ปะซ่อม (ตรม.)



1.7.5 การศึกษาทบทวนค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของแบบจำลองการเสื่อมสภาพทาง (Deterioration Model) ของระบบ TPMS โดยอ้างอิงกับระบบการบริหารจัดการและพัฒนาด้านงานทาง (Highway Development and Management : HDM) ในปัจจุบัน

การพิจารณาการเสื่อมสภาพผิวทางในการศึกษาของ Highway Development Management Version 4 (HDM-4) จะพิจารณาพื้นผิว 4 ชนิด ประกอบด้วย Bituminous (asphalt), Concrete, Block และ Unsealed และแบ่งตามลักษณะหมวดหมู่ของพื้นผิวเป็น 2 กลุ่ม คือ Paved (มีผิวเคลือบชั้นดิน) และ Unpaved (ถนนผิวดิน) ซึ่ง 2 ส่วนนี้จะนำไปแยกพิจารณา ประเภทพื้นผิว (Surface type) และประเภทพื้นชั้นฐาน (Base Type) ที่ประกอบด้วย Granular Base (GB), Stabilized Base (SB), Asphalt base (AB) and Asphalt pavement (AP) ซึ่งจะทำให้ได้ประเภทของพื้นผิวถนนทั้งสิ้น 26 ประเภท แสดงดังตารางที่ 1-62

ตารางที่ 1-62 การจำแนกประเภทพื้นผิวตามการศึกษา HDM-4

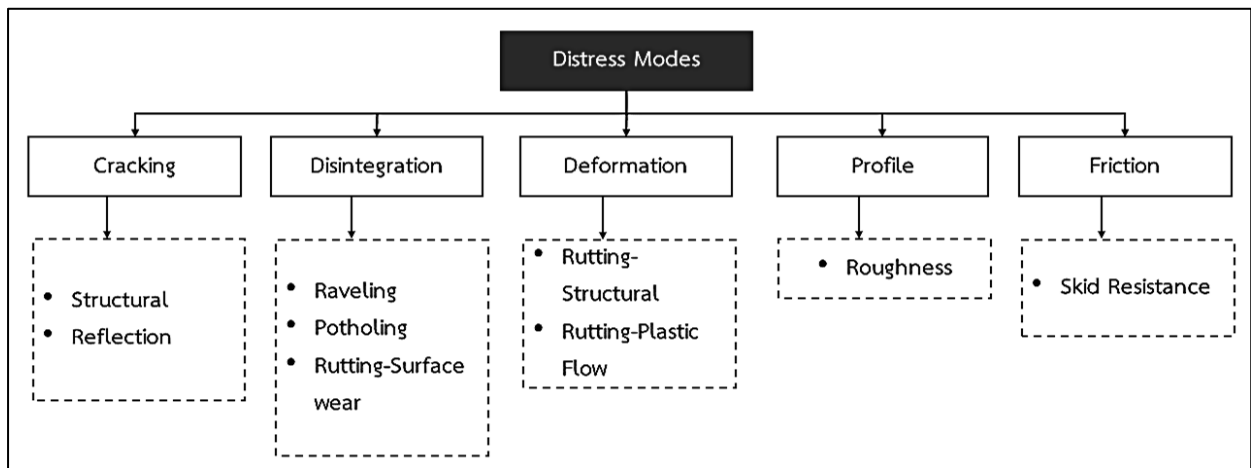
หมวดหมู่ของพื้นผิว (Surface category)	ระดับพื้นผิว (Surface class)	ประเภทผิวทาง (Pavement type)	ประเภทพื้นผิว (Surface type)	ประเภทพื้นชั้นฐาน (Base type)
Paved	Bituminous	AMGB	AM	GB
		AMAB		AB
		AMSB		SB
		AMAP		AP
		STGB	ST	GB
		STAB		AB
		STSB		SB
		STAP		AP
	Concrete	JPGB	JP	GB
		JPAB		AB
		JRSB	JR	SB
		CRGB	CR	GB
	Concrete	CRAB		AB
		CRSB		SB
	Block	CBGB	CB	GB
		CBSB		SB
		BRGB	BR	GB
		BRSB		SB
		SSGB	SS	GB
		SSSB		SB
Unsealed	Unsealed	GRUP	GR	UP
		EAUP	EA	UP
		SAUP	SA	UP



สำหรับการศึกษาในโครงการนี้จะลงรายละเอียดการทบทวนปัจจัย ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา
กรณีระดับพื้นผิวที่เป็นบิทูมินัส (Bituminous) และคอนกรีต (Concrete) โดยจะทำการศึกษา
ในส่วนองประเภทความเสียหาย (Deterioration) ที่เกิดขึ้นกับผิวทาง สำหรับสูตรที่ใช้ในการคำนวณ
และแนวทางการปรับค่าสัมประสิทธิ์ การทดสอบความแม่นยำของแบบจำลองตามการศึกษา
ของ HDM-4 มีดังต่อไปนี้

1.7.5.1 พื้นผิวบิทูมินัส (Bituminous Pavement)

สำหรับการพิจารณาความเสียหายที่เกิดกับพื้นผิวบิทูมินัส จะถูกแบ่งออกเป็น
4 รูปแบบ คือ การเกิดรอยแตก (Cracking), การหลุดร่อน (Disintegration), การเปลี่ยน
รูปร่าง (Deformation), Profile โดยพิจารณาในลักษณะของความหยาบ และการเสียดทาน
(Friction) แสดงดังรูปที่ 1-201 โดยความเสียหายแต่ละประเภทมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 1-201 ประเภทความเสียหายที่เกิดกับพื้นผิวบิทูมินัส

Structural Number

การพิจารณาการชำรุด (Distress) ของผิวทางบิทูมินัส ตามการศึกษาของ HDM-4
จะต้องมีการพิจารณาความเสียหายของลำดับชั้นผิวทางด้วยการพิจารณาค่า Structural Number
ซึ่งการพิจารณานี้เป็นการหาค่าสัมประสิทธิ์ของวัสดุ และความหนาของวัสดุที่ใช้ในการทำผิวทาง

ต่อมา AASHO ได้ทำการพัฒนาการคำนวณ/ทดสอบ Structural Number โดยพิจารณา
การวิเคราะห์ Single Subgrade ปรากฏว่า Structural Number ไม่สามารถอธิบายความแตก
ของ Subgrade ได้ เป็นผลให้การศึกษาของ Hodges ได้วิเคราะห์อัตราส่วนเพื่อวิเคราะห์ Subgrade
โดยใช้ California Bearing Ratio (CBR)



ในปี 2000 Rolt and Parkman ได้ทำการวิเคราะห์ Adjust Structural Number (SNP) โดยแบ่งการวิเคราะห์ในลักษณะของฤดูกาล (Seasonal) เพื่อประเมิน Subgrade ส่วนนี้คือส่วนที่ถูกเพิ่มเติมใน HDM-4 นอกจากนี้ในการศึกษาของ HDM-4 ได้ทำการพิจารณา SNP ที่ได้รับผลกระทบตามสภาพแวดล้อม โดยแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงที่ผิวทางแห้ง (ฤดูหนาวและฤดูร้อนของประเทศไทย) และช่วงที่ผิวทางมีความชื้นหรือเปียก (ฤดูฝนของประเทศไทย) การพิจารณาความสามารถในการดูดซึมน้ำ (Drainage) ของพื้นผิว

ทั้งนี้การศึกษาของ HDM-4 ได้ทำการวิเคราะห์ค่า SNP Ratio ซึ่งสามารถนำมาประกอบการพิจารณาความเสียหายที่เกี่ยวข้องกับการดูดซึมน้ำ (Drainage) การเกิดหลุมบ่อ (Potholing) และการเกิดรอยแตก (Cracking) ของผิวทางในแต่ละช่วงเวลาได้

HDM-4 การเกิดรอยแตก (Cracking) บนพื้นผิวบิตูมินัส

สำหรับการพิจารณาการแตกของพื้นผิวบิตูมินัส จะพิจารณาการเกิดรอยแตกใน 2 ส่วน คือ การเกิดรอยแตกของตามโครงสร้าง (Structural Cracking) และรอยแตกแบบสะท้อน (Reflection)

การเกิดรอยแตกของตามโครงสร้าง (Structural Cracking)

รอยแตกกว้างในลักษณะนี้มีสาเหตุมาจากการออกแบบไม่ถูกต้อง ในการศึกษาของ HDM-4 จะพิจารณาลักษณะการแตกร้าวตามโครงสร้างออกเป็น 2 กรณี คือ กรณีการแตกร้าวตามแนวกว้างของโครงสร้าง (Wide Structural Cracking) และตามแนวแตกทั้งหมดที่เกิดขึ้นบนโครงสร้าง (All Structural Cracking)

ทั้งนี้การพิจารณาทั้ง 2 กรณีจะพิจารณาในส่วนของค่าเริ่มต้นของการแตก (Initiation) และการขยายตัวของรอยแตกร้าว (Progression)

สำหรับการพิจารณารอยแตกตามแนวโครงสร้าง จะเป็นการพิจารณาการเกิดรอยแตกร้าวในลักษณะแนวกว้าง (Wide Cracking) และรอยแตกทั้งโครงสร้าง (All Structural Cracking) สำหรับการพิจารณาค่าเริ่มต้นในการแตกร้าว และคำนวณออกเป็นเวลาเริ่มต้นของรอยแตกตามแนวกว้าง (ICW) และทั้งโครงสร้าง (ICA) โดยปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณาจะประกอบด้วย ตัวบ่งชี้ข้อบกพร่องในการก่อสร้างสำหรับพื้นผิวบิตูมินัส จำนวนโครงสร้างผิวทางที่ได้รับการปรับปรุงเฉลี่ยประจำปี เป็นต้น โดยสมการที่ใช้ในการศึกษาแสดงดังนี้

Stabilised base

ถ้า HSOLD = 0

$$ICA = K_{cia} \{ CDS^2 a_0 \exp [a_1 HSE + a_2 \log_e(CMOD) + a_3 \log_e(DEF) + a_4 (YE4)(DEF)] + CRT \} \quad (1.3)$$



ถ้า HSOLD > 0

$$ICA = K_{cia} \{ CDS^2 [(0.8KA + 0.2KW)(1 + 0.1HSE) + (1 - KA)(1 - KW)a_0 \exp [a_1 HSE] \} \quad (1.4)$$

All other bases

ถ้า HSOLD = 0

$$ICA = K_{cia} \{ CDS^2 a_0 \exp [a_1 SNP + a_2 \left(\frac{YE4}{SNP^2} \right)] + CRT \} \quad (1.5)$$

ถ้า HSOLD > 0

i) สำหรับผิววัสดุทั้งหมด ยกเว้น CM, SL และ CAPE

$$ICA = K_{cia} \{ CDS^2 [\max(a_0 \exp [a_1 SNP + a_2 \left(\frac{YE4}{SNP^2} \right)] \max \left(1 - \frac{PCRW}{a_3}, 0 \right) a_4 HSNEW] + CRT \} \quad (1.6)$$

ii) สำหรับผิววัสดุ CM, SL และ CAPE

$$ICA = K_{cia} \{ CDS^2 [\max(a_0 \exp [a_1 SNP + a_2 \left(\frac{YE4}{SNP^2} \right)] \max(1 - PCRA/a_3, 0), a_4)] + CRT \} \quad (1.7)$$

โดยที่

- ICA = เวลาเริ่มต้นของรอยแตกทั้งโครงสร้าง (ปี)
- CDS = ตัวบ่งชี้ข้อบกพร่องในการก่อสร้างสำหรับพื้นผิวบิพูนินัส
- YE4 = จำนวนเพลลาที่เทียบเท่ามาตรฐานต่อปี (ล้าน/เลน)
- SNP = การปรับ Structural Number
- DEF = ค่าเฉลี่ยการแอ่นตัวจาก Benkelman beam (BB) บนร่องล้อ (มม.)
- CMOD = โมดูลัสความยืดหยุ่นของดินซีเมนต์ (Gpa) มีค่าอยู่ระหว่าง 0-30 Gpa
- HSNEW = ความหนาของพื้นผิวชั้นบนสุด (มม.)
- HSOLD = ความหนารวมของพื้นผิวชั้นล่าง (Subgrade) ทั้งหมด (มม.)
- PCRA = พื้นที่แตกร้าวทั้งหมดก่อนทำการปิด (%)
- PCRW = พื้นที่แตกร้าวด้านกว้างก่อนทำการปิด (%)
- KW = ค่าต่ำสุด [0.05 ค่าสูงสุด (PCRW - 10, 0), 1]
- KA = ค่าต่ำสุด [0.05 ค่าสูงสุด (PCRA - 10, 0), 1]
- HSE = ค่าต่ำสุด [100, HSNEW + (1 - KW) HSOLD]
- K_{cia} = สัมประสิทธิ์ในการปรับแบบจำลอง สำหรับการเริ่มต้นการแตกร้าวของโครงสร้างทั้งหมด
- CRT = เวลาชะลอกการแตกเนื่องจากการบำรุงรักษา (ปี)



สำหรับการพิจารณาของการเกิดรอยแตกร้าวทั้งโครงสร้างและรอยแตกร้าวตามแนวกว้างจะเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นในพื้นที่ของการแตกร้าวทั้ง 2 ประเภท ในระหว่างปีที่วิเคราะห์ โดยจะต้องอาศัยปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอายุของผิวทาง (AGE2) เข้ามาพิจารณา โดยมีสมการดังนี้

$$dACA = K_{cpa} \left(\frac{CRP}{CDS} \right) Z_A [(Z_A a_0 a_1 \delta t_A + SCA^{a1})^{\frac{1}{a1}} - SCA] \quad (1.8)$$

ความก้าวหน้าของรอยแตกร้าวทั้งหมดเริ่มต้นเมื่อ $\delta t_A > 0$ หรือ $ACA_a > 0$

เมื่อ

$$\delta t_A = 1 \text{ ถ้า } ACA_a > 0, \text{ และนั่น } \delta t_A = \max\{0, \min[AGE2 - ICA, 1]\}$$

$$\text{ถ้า } ACA_a \geq 50 \text{ แล้ว } Z_A = -1, \text{ และนั่น } Z_A = 1$$

$$ACA_a = \max(ACA_a, 0.5)$$

$$SCA = \min[ACA_a, (100 - ACA_a)]$$

$$Y = [a_0 a_1 Z_A \delta t_A + SCA^{a1}] \quad (1.9)$$

i) ถ้า $Y < 0$ แล้ว $dACA = K_{cpa} (CRP/CDS)(100 - ACA_a)$ (1.10)

ii) ถ้า $Y > 0$ แล้ว $dACA = K_{cpa} (CRP/CDS) Z_A (Y^{1/a1} - SCA)$ (1.11)

iii) ถ้า $ACA_a \leq 50$ และ $ACA_a + dACA > 50$ แล้ว $dACA = K_{cpa} (CRP/CDS)(100 - C_1^{1/a1} - ACA_a)$ (1.12)

เมื่อ

$$C_1 = \max\{[2(50^{a1}) - SCA^{a1} - a_0 a_1 \delta t_A], 0\} \quad (1.13)$$

โดยที่

$dACA$ = การเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นในพื้นที่ของการแตกร้าวของโครงสร้างทั้งหมดในระหว่างปีที่วิเคราะห์ (% ของพื้นที่ทางวิ่งทั้งหมด)

ACA_a = พื้นที่ของการแตกร้าวของโครงสร้างทั้งหมดเมื่อเริ่มปีที่วิเคราะห์ (%)

δt_A = เศษส่วนของปีที่วิเคราะห์ซึ่งมีการขยายตัวของรอยแตกร้าวเชิงโครงสร้างทั้งหมด

AGE2 = อายุผิวทาง (ปี)

K_{cpa} = การสอบเทียบตัวแปรสำหรับการขยายตัวของรอยแตกร้าวของโครงสร้างทั้งหมด

CRP = การชะลอการขยายตัวของรอยแตกเนื่องจากการรักษาเชิงป้องกัน

(กำหนดให้ $CRP = 1 - 0.12 CRT$)



การพิจารณาการขยายตัวของรอยแตกกว้างตามแนวกว้าง (Progression of Wide Structural Cracking) มีสมการดังนี้

$$dACW = K_{cpw}(CDR/CDS)Z_w [(Z_w a_2 a_3 \delta t_w + SCW^{a_3})^{\frac{1}{a_3}} - SCW] \quad (1.14)$$

เมื่อ

$$dACW = \min[ACA_a + dACA - ACA_a, dACW] \quad (1.15)$$

การขยายตัวของรอยแตกกว้างตามแนวกว้างเริ่มต้นเมื่อ $\delta t_w > 0$ หรือ $ACA_w > 0$

$$\delta t_w = 1 \text{ ถ้า } ACA_a > 0, \text{ และนั่น } \delta t_w = \max\{0, \min[AGE2 - ICA], 1\}$$

เมื่อ

การเริ่มต้นของแตกกว้างตามแนวกว้างถูกจำกัดไม่ให้เกิดขึ้นก่อนการเริ่มต้นของพื้นที่การแตกกว้างของโครงสร้างทั้งหมดเกินร้อยละ 5 มีสมการดังนี้

$$\delta t_w = 0 \text{ ถ้า } ACA_a \leq 5 \text{ และ } ACW_a \leq 0.5 \text{ และ } \delta t_w > 0$$

สำหรับสถานการณ์ชั่วคราวค่าของการแตกกว้างตามแนวกว้าง ACW_{temp} ถูกกำหนดให้น้อยกว่าร้อยละ 5 ของ ACW_a

$$ACW_{temp} = ACA_a - 5 \text{ ถ้า } ACW_a \leq 1 \text{ และ } ACA_a > 11$$

$dACW$ ถูกคำนวณในแต่ละปีการวิเคราะห์ซึ่งมีสมการดังนี้

$$\text{ถ้า } ACW_a \geq 50 \text{ แล้ว } Z_w = -1, \text{ และนั่น } Z_w = 1$$

$$ACW_a = \max(ACW_a, 0.5)$$

$$SCW = \min[ACW_a, (100 - ACW_a)]$$

$$Y = [a_2 a_3 Z_w \delta t_w + SCW^{a_3}] \quad (1.16)$$

$$dACW = K_{cpw} (CRP/CDS) \min[(ACA_a + dACA - ACW_a), (100 - ACW_a)]$$

i) ถ้า $Y < 0$ แล้ว (1.17)

ii) ถ้า $Y > 0$ แล้ว $dACW = K_{cpw} (CRP/CDS) \min[(ACA_a + dACA - ACW_a), Z_w (Y^{1/a_3} - SCW)]$ (1.18)

iii) ถ้า $ACW_a \leq 50$ และ $ACW_a + dACA > 50$ แล้ว

$$dACW = K_{cpw} (CRP/CDS) \min[(ACA_a + dACA - ACW_a), (100 - c_1^{1/a_3} - ACW_a)] \quad (1.19)$$

เมื่อ

$$c_1 = \max\{[2(50^{a_3}) - SCW^{a_3} - a_2 a_3 \delta t_w], 0\} \quad (1.20)$$



โดยที่

dACW = การเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นในบริเวณรอยแตกด้านกว้างของโครงสร้างระหว่างปีที่วิเคราะห์ (%ของพื้นที่ถนนทั้งหมด)

ACWa = พื้นที่แตกร้าวของโครงสร้างด้านกว้างเมื่อเริ่มปีที่วิเคราะห์ (%)

δt_w = เศษส่วนของปีที่วิเคราะห์ซึ่งมีการแตกร้าวของโครงสร้างตามแนวกว้าง

Kcpw = การสอบเทียบตัวแปรสำหรับความก้าวหน้าของการแตกร้าวโครงสร้างด้านกว้างและตัวแปรอื่น ๆ ตามที่กำหนดไว้ก่อนหน้านี้

รอยแตกสะท้อน (Reflection Cracking) บนผิวทางบิทูมินัส

สาเหตุเกิดจากรอยแตกในชั้นโครงสร้างที่อยู่ถัดลงไป ทำให้เกิดการสะดุดของล้อยานพาหนะในการพิจารณาของการศึกษาของ HDM-4 จะมีขั้นตอนการพิจารณา 2 ส่วนคือ ค่าเริ่มต้นของรอยแตกสะท้อน (Initiation) และการขยายตัวของรอยแตกสะท้อน (Progression)

ในกรณีการคำนวณตามการศึกษาของ HDM-4 ในส่วนของการพิจารณาค่าเริ่มต้นของรอยแตกสะท้อน จำเป็นต้องมีการพิจารณาค่าเฉลี่ยรายวันของรถบรรทุกต่อสองช่องจราจร การแอนตัวของคาน Benkelman ความหนาของพื้นผิวบนสุด (มม.) เพื่อนำมาคำนวณค่าเวลาเริ่มต้นของการเกิดรอยแตกสะท้อน (Time to initiation of reflection cracking: ICF) โดยสมการที่ใช้ในการศึกษาแสดงดังนี้

$$ICF = K_{cif} \left(\frac{a_0}{ADH} \right) (DEF)^{a_1} \left(1 - \frac{\min[HSNEW, (a_2 - 1)]}{a_2} \right)^{a_3} \quad (1.21)$$

โดยที่

ICF = เวลาเริ่มต้นของการแตกร้าวที่สะท้อนกลับ (ปี)

ADH = ค่าเฉลี่ยรายวันของรถบรรทุกต่อสองช่องจราจร

DEF = การแอนตัวของคาน Benkelman

HSNEW = ความหนาของพื้นผิวบนสุด (มม.)

K_{cif} = ปัจจัยการสอบเทียบของการแตกร้าวที่สะท้อนกลับเริ่มต้น

สำหรับการพิจารณาการขยายตัวของรอยแตกสะท้อน จะพิจารณาในลักษณะของค่าการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นในพื้นที่ที่เกิดรอยแตกร้าวสะท้อน (Incremental change in area of reflection cracking during analysis year) โดยพิจารณาจากพื้นที่ที่เกิดรอยแตกร้าวสะท้อนเดิมกับพื้นที่รอยแตกร้าวที่เกิดขึ้นล่าสุดก่อนทำการซ่อมบำรุง โดยมีสมการดังนี้

$$dACF = K_{cpf} a_0 (ADH) (DEF)^{a_1} \max \left[0, \left(1 - \frac{HSNEW}{a_2} \right) \right]^{a_3} \delta t_f \quad (1.22)$$

และ

$$ACF_{cpf} = \min [(ACF_a + dACF), PCRA]$$



โดยที่

dACF = ค่าการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นในพื้นที่ของการแตกร้าวสะท้อนกลับระหว่างปี
การวิเคราะห์ (% ของพื้นที่ร้าวทั้งหมด)

ACFa = พื้นที่การแตกร้าวสะท้อนกลับเมื่อเริ่มต้นปีการวิเคราะห์ (ร้อยละของพื้นที่ร้าวทั้งหมด)

ACFb = พื้นที่การแตกร้าวสะท้อนกลับเมื่อสิ้นสุดปีการวิเคราะห์ (ร้อยละของพื้นที่ร้าวทั้งหมด)

PCRA = พื้นที่การแตกร้าวล่าสุดก่อนการทำการปิด (ร้อยละของพื้นที่ร้าวทั้งหมด)

δt_f = เศษส่วนของปีที่วิเคราะห์ซึ่งมีการขยายตัวหน้าเชิงการแตกร้าวสะท้อนกลับ

K_{cpf} = ปัจจัยการสอบเทียบสำหรับการขยายตัวของการแตกร้าวสะท้อนกลับ

การเกิดรอยแตกร้าวทั้งหมด (Cracking) บนผิวทางบิทูมินัส

จากประเภทการเกิดรอยแตกร้าวตามแนวโครงสร้างและรอยแตกสะท้อน ตามการศึกษา
ของ HDM-4 ในส่วนนี้จะเป็นการพิจารณาสัดส่วนพื้นที่ทั้งหมดที่เกิดรอยแตกร้าว อันเนื่องมาจาก
สาเหตุการแตกร้าวในลักษณะของโครงสร้างและการแตกร้าวแบบสะท้อน โดยการพิจารณา
จะถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

- ส่วนที่ 1 การพิจารณาค่าสัดส่วนพื้นที่ทั้งหมดที่เกิดรอยแตกร้าวในลักษณะของโครงสร้าง
และการเกิดการแตกร้าวสะท้อน (Total area of all structural and reflection
cracking: ACAT)

$$ACAT = ACA + ACF \quad (1.23)$$

โดยที่

dACF = พื้นที่ทั้งหมดของโครงสร้างเมื่อเกิดการแตกร้าวสะท้อนกลับ (%)

ACA = พื้นที่ทั้งหมดของโครงสร้างที่เกิดการแตกร้าว (%)

ACF = พื้นที่ทั้งหมดของการแตกร้าวสะท้อนกลับ (%)

- ส่วนที่ 2 การพิจารณาค่าสัดส่วนพื้นที่ทั้งหมดที่เกิดรอยแตกร้าวในลักษณะ
ของการแตกร้าวตามแนวกว้าง (Wide Cracking) และการเกิดการแตกร้าวสะท้อน
(Total area of wide structural and reflection cracking: ACWT)

$$ACWT = ACW + ACF \quad (1.24)$$

โดยที่

ACWT = พื้นที่ความกว้างทั้งหมดของโครงสร้างเมื่อเกิดการแตกร้าวสะท้อนกลับ (%)

ACW = พื้นที่ความกว้างของโครงสร้าง (%)



- ส่วนที่ 3 การพิจารณาค่าสัดส่วนพื้นที่ทั้งหมดที่เกิดรอยแตกกร้าว (Total area of carriageway cracked: ACRA)

$$ACRA = ACA + ACF + ACT \quad (1.25)$$

โดยที่

ACRA = พื้นที่ทั้งหมดที่รถวิ่งและเกิดการแตกกร้าว (%)

ACT = พื้นที่การแตกกร้าวตามขวาง (%)

การสึกกร่อน (Ravelling) บนผิวทางบิทูมินัส

การสึกกร่อนเป็นหนึ่งในสาเหตุที่ทำให้พื้นผิวเกิดการหลุดร่อน (Disintegration) โดยสาเหตุมาจากการบดอัดชั้นผิวทางขณะก่อสร้างไม่เพียงพอ บิวผิวขณะความชื้นสูง การใช้แอสฟัลต์คอนกรีตที่มีส่วนผสมไม่เหมาะสมหรืออุณหภูมิไม่เหมาะสม และการเสื่อมสภาพของผิวทางแอสฟัลต์

สำหรับการศึกษาของ HDM-4 จะมีขั้นตอนการพิจารณาการสึกกร่อน 2 ส่วนคือ ค่าเริ่มต้นของการสึกกร่อน (Initiation) และการขยายตัวของการสึกกร่อน (Progression)

การพิจารณาค่าเริ่มต้นของการสึกกร่อนจะถูกสะท้อนออกมาในลักษณะของเวลาเริ่มต้นของการหลุดร่อน (Time to ravelling initiation : IRV) โดยมีปัจจัยที่ส่งผล เช่น จำนวนเพลลา/การลงน้ำหนักบดอัดผิวทางของเพลลายานพาหนะที่สัญจรบริเวณผิวทางที่ทำการวิเคราะห์ โดยสมการที่ใช้ในการศึกษามีดังนี้

$$IRV = K_{vi}(CDS)^2 a_0 (RRF) \exp[a_1 (YAX)] \quad (1.26)$$

โดยที่

IRV = เวลาเริ่มต้นของการแตกหลุดเป็นชิ้น (ปี)

CDS = ตัวบ่งชี้ข้อบกพร่องในการก่อสร้างสำหรับพื้นผิวบิทูมินัส

YAX = จำนวนเพลลาต่อปีของรถทุกประเภทในปีที่วิเคราะห์ (ล้าน/เลน)

K_{vi} = การสอบเทียบตัวแปรสำหรับการเริ่มต้นการแตกหลุดเป็นชิ้น

RRF = ปัจจัยการชะลอตัวของการแตกหลุดเป็นชิ้น เนื่องจากการบำรุงรักษา

ในส่วนของการพิจารณาการขยายตัวของการสึกกร่อน จะสะท้อนออกมาเป็นค่าของการเปลี่ยนแปลงพื้นที่การแตกหลุดเป็นชิ้นระหว่างปีวิเคราะห์ (Change in area of ravelling during analysis year: ACX) โดยพิจารณาจากปัจจัยดังต่อไปนี้ พื้นที่การแตกหลุดเป็นชิ้น เมื่อเริ่มปีที่วิเคราะห์ อายุของผิวทาง เป็นต้น โดยสมการที่ใช้แสดงดังนี้



$$dARV = \left(\frac{K_{vp}}{RRF}\right) \left(1/CDS^2\right) z \left[(a_0 + a_1 YAX) a_2 \delta t_v + SRV^{a2} \right]^{1/a2} - SRV \quad (1.27)$$

การขยายตัวของ การสึกกร่อนเริ่มต้น เมื่อ $\delta t_v > 0$ หรือ $ARV_a > 0$

เมื่อ $\delta t_v = 1$ ถ้า $ARV_a > 0$ ฉะนั้น $\delta t_v = \max\{0, \min[AGE2 -$

ถ้า $ACW_a \geq 50$ แล้ว $Z = -1$, ฉะนั้น $Z = 1$

$$ARV_a = \max(ARV_a, 0.5)$$

$$SRV = \min[ARV_a, (100 - ARV_a)]$$

$$YAX = \max[\min(YAX, 1), 0.1]$$

$$Y = [(a_0 + a_1 YAX) a_2 Z \delta t_v + SRV^{a2}] \quad (1.28)$$

i) ถ้า $Y < 0$ แล้ว $dARV = \left(\frac{K_{vp}}{RRF}\right) (1/CDS^2) (100 - ARV_a)$ (1.29)

ii) ถ้า $Y > 0$ แล้ว $dACV = \left(\frac{K_{vp}}{RRF}\right) (1/CDS^2) Z (Y^{1/a2} - SRV)$ (1.30)

iii) ถ้า $ACW_a \leq 50$ และ $ACW_a + dACA > 50$ แล้ว

$$dARV = \left(\frac{K_{vp}}{RRF}\right) (1/CDS^2) (100 - c_1^{1/a2} - ARV_a)$$
 (1.31)

เมื่อ

$$c_1 = \max\{[2(50^{a2}) - SRV^{a2} - (a_0 + a_1 YAX) a_2 \delta t_v], 0\} \quad (1.32)$$

โดยที่

$dARV$ = การเปลี่ยนแปลงพื้นที่การแตกหลุดเป็นชิ้นระหว่างปีวิเคราะห์ (% พื้นที่ทางพิเศษทั้งหมด)

ARV_a = พื้นที่การแตกหลุดเป็นชิ้น เมื่อเริ่มปีที่วิเคราะห์ (%)

δt_f = เศษส่วนของปีที่วิเคราะห์ซึ่งมีการขยายตัวของ การแตกหลุดเป็นชิ้น

$AGE2$ = อายุผิวทาง (ปี)

K_{vp} = การสอบเทียบตัวแปรสำหรับการขยายตัวของ การแตกร้าของการแตกหลุดเป็นชิ้น



การเกิดหลุมบ่อเกิดจากการแตกร้าวหรือการหลุดร่อนและขยายเป็นวงกว้าง โดยพิจารณาได้ดังนี้

1. กรณีพิจารณาปีแรกของการวิเคราะห์ กำหนดให้ $ACWa = 0$ หรือ $ARVa = 0$ แล้วการเกิดหลุมบ่อที่เกิดจากการขยายตัวของการแตกร้าวตามแนวกว้าง เมื่อ $AGE2 > ICW + IPT$ และ $ACWa > ACWpi$ หรือ $AGE2 > IRV + IPT$ และ $ARVa > ARVpi$
2. กรณีพิจารณาปีแรกของการวิเคราะห์ โดยกำหนดให้ $0 < ACWa \leq ACWpi$ หรือ $0 < ARVa \leq ARVpi$ แล้วการเกิดหลุมบ่อที่เกิดจากการขยายตัวของการแตกร้าวตามแนวกว้างเมื่อ $ACWa > ACWpi$ หรือ $ARVa > ARVpi$
3. กรณีพิจารณาปีแรกของการวิเคราะห์ โดยกำหนดให้ $ACWa > ACWpi$ หรือ $ARVa > ARVpi$ แล้วการเกิดหลุมบ่อที่เกิดจากการขยายตัวของการแตกร้าวตามแนวกว้างโดยทันทีหรือการขยายตัวจากการหลุดร่อนโดยทันที
4. กรณีพิจารณาระหว่างปีที่วิเคราะห์ $ARVa$ กลายเป็น $< ARVpi$ เพราะพื้นที่ที่เกิดการหลุดร่อนกลับเป็นพื้นที่แตกร้าว ดังนั้นการเกิดหลุมบ่อเกิดจากการขยายตัวของการหลุดร่อน

จำนวนทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นของการเกิดหลุมบ่อ หน่วยเป็น หลุมต่อกิโลเมตร ของความยาวถนน มีสมการดังนี้

$$dNPT = \sum_{i=1}^3 dNPT_i \quad (1.35)$$

โดยที่

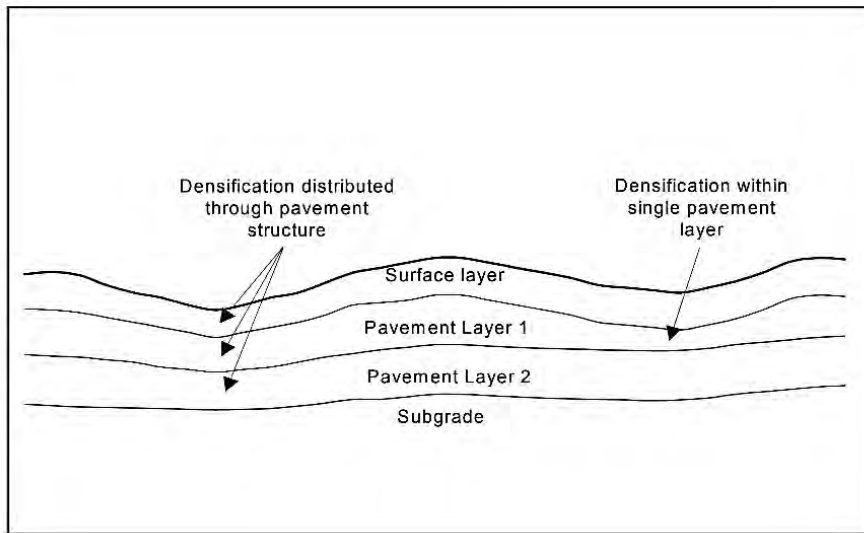
- $dNPT$ = จำนวนหลุมบ่อที่เกิดเพิ่มขึ้นในช่วงปีที่ทำการศึกษา
- $dNPT_i$ = จำนวนหลุมบ่อที่เกิดตามรูปแบบความเสียหายเช่น รอยแตกตามแนวกว้าง รอยแตกสะท้อน ที่เพิ่มขึ้นในช่วงปีที่ทำการศึกษา
- $ADIS_i$ = เปอร์เซนต์พื้นที่ที่เกิดรอยแตกตามแนวกว้าง หรือเปอร์เซนต์พื้นที่ที่เกิดรอยแตกสะท้อนในช่วงปีแรกที่ทำการศึกษา
- ACW_i = ช่วงบริเวณพื้นที่ที่น้อยที่สุดที่เกิดรอยแตกร้าวก่อนจะเป็นหลุมบ่อ จากการระบุของผู้ใช้ทาง (ใช้ค่าตั้งต้นที่ 20%)
- ARV_{pi} = ช่วงบริเวณพื้นที่ที่น้อยที่สุดที่เกิดรอยแตกสะท้อนก่อนจะเป็นหลุมบ่อ จากการระบุของผู้ใช้ทาง (ใช้ค่าตั้งต้นที่ 30%)
- ELANES = จำนวนช่องจราจร
- PEFF = Patching policy factor ($0 < PEFF \leq 1$)
- K_{pp} = สัมประสิทธิ์ในการปรับแบบจำลอง สำหรับการเกิดหลุมบ่อ



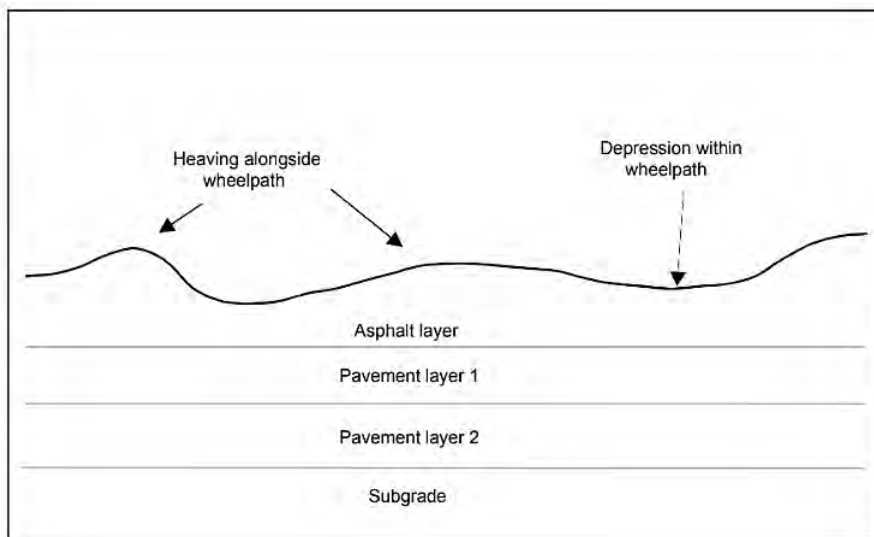
การเกิดร่องล้อ (Rutting) บนผิวทางบิทูมินัส

การเกิดร่องบนผิวทางมีสาเหตุเนื่องมาจากการบดอัดชั้นดินคันทางไม่ได้มาตรฐาน เมื่อมีน้ำหนักรถบรรทุกวิ่งผ่าน ทำให้วัสดุใต้ผิวทางเคลื่อนตัวออกด้านข้าง ซึ่งเป็นการเสียรูปอย่างถาวร หรือเกิดจากวัสดุแอสฟัลต์ผิวทางมีส่วนผสมที่ไม่คงตัว ก็ทำให้ผิวทางทรุดตัวได้ หรือเกิดจากการแบกรับน้ำหนักบรรทุกเกินกำหนดกว่าชั้นโครงสร้างทางจะรับได้

การศึกษาของ HDM-4 จึงแบ่งวิธีการพิจารณาการเกิดร่องล้อออกเป็น 4 ส่วน คือ การคำนวณค่าเริ่มต้นขนาดความหนาของร่อง (Initial Densification) การเสียรูปของชั้นโครงสร้างทาง (Structural Deformation) การเปลี่ยนรูปแบบพลาสติก (Plastic Deformation) และการสึกหรอของพื้นผิว (Surface Wear) โดยมีรายละเอียดการพิจารณาดังนี้



รูปที่ 1-202 การเกิดร่องล้อ อันเป็นผลจากความหนาของชั้นผิวทาง



รูปที่ 1-203 การเกิดร่องล้อ อันเป็นผลจากการเปลี่ยนรูปแบบพลาสติกของพื้นผิว



การคำนวณค่าเริ่มต้นขนาดความหนาของร่อง (Initial Densification)

เป็นการคำนวณค่าเริ่มต้นขนาดความหนาของร่อง (Rutting due to initial densification: RDO) โดยจะอาศัยจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยการแอ่นตัวจาก Benkelman beam บนร่องล้อ ค่าเฉลี่ยของการปรับ Structural Number ของพื้นผิว และความสัมพันธ์ระหว่างการบดอัดสัมพัทธ์ โดยสมการที่ใช้ในการศึกษามีดังนี้

$$RDO = K_{rid}[a_0(YE4 \ 10^6)^{(a1+a2DEF)}SNP^{a3}COMP^{a4}] \quad (1.36)$$

โดยที่

- RDO = ค่าเริ่มต้นขนาดความหนาของร่อง (มม.)
- YE4 = จำนวนเพลลาที่เทียบเท่ามาตรฐานต่อปี (ล้าน/เลน)
- DEF = ค่าเฉลี่ยการแอ่นตัวจาก Benkelman beam (BB) บนร่องล้อ (มม.)
- SNP = ค่าเฉลี่ยของการปรับ Structural Number ของพื้นผิว
- COMP = ความสัมพันธ์ระหว่างการบดอัดสัมพัทธ์
- K_{rid} = สัมประสิทธิ์ในการปรับแบบจำลอง สำหรับการพิจารณาค่าเริ่มต้นของการแน่นตัว

การเสียรูปของชั้นโครงสร้างทาง (Structural Deformation)

ในส่วนนี้ ตามการศึกษาของ HDM-4 จะเป็นการวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นทั้งหมดของการเสียรูปของชั้นโครงสร้างทางในปีที่วิเคราะห์ (Total incremental increase in structural deformation in analysis: $\Delta RDST$) โดยจะอาศัยจากการพิจารณาพื้นที่ที่เกิดรอยแตกร้าวเริ่มต้น ของปีที่ทำการวิเคราะห์ (Area of indexed cracking at the beginning of analysis year : ACXa) รวมถึงการเพิ่มขึ้นของการเสียรูปเชิงโครงสร้างที่เกิดจากการเกิดร่องหลังจากมีการเกิดหลุมบ่อก่อนหน้า ในปีที่วิเคราะห์ (Incremental rutting due to structural deformation after cracking in analysis year : $\Delta RDST_{crk}$) โดยสมการที่ใช้ในการศึกษามีดังนี้

โครงสร้างมีการเปลี่ยนรูปโดยไม่มีการแตกร้าว

$$\Delta RDST_{UC} = K_{rst}(a_0 \ SNP^{a1}YE4^{a2}COMP^{a3}) \quad (1.37)$$

โครงสร้างมีการเปลี่ยนรูปหลังการแตกร้าว

$$\Delta RDST_{crk} = K_{rst}(a_0 \ SNP^{a1}YE4^{a2}MMP^{a3}ACX_a^{a4}) \quad (1.38)$$

การเพิ่มขึ้นทั้งหมดของโครงสร้างที่มีการเปลี่ยนรูปพิจารณาได้ดังนี้

i) ถ้า ACRA = 0 $\Delta RDST = \Delta RDST_{uc}$ (1.39)

ii) ถ้า ACRA > 0 $\Delta RDST = \Delta RDST_{UC} + \Delta RDST_{crk}$ (1.40)



โดยที่

$\Delta RDST$ = การเพิ่มขึ้นทั้งหมดของการเสียรูปของชั้นโครงสร้างทางในปีที่วิเคราะห์ (มม.)

$\Delta RDST_{UC}$ = การเพิ่มขึ้นของการเสียรูปเชิงโครงสร้างที่เกิดจากการเกิดร่องในปีที่วิเคราะห์ (มม.)

$\Delta RDST$ = การเพิ่มขึ้นของการเสียรูปเชิงโครงสร้างที่เกิดจากการเกิดร่องหลังจากมีการเกิดหลุมบ่อก่อนหน้าในปีที่วิเคราะห์ (มม.)

MMP = ตะกอนน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน

ACXa = พื้นที่ที่เกิดรอยแตกร้าวเริ่มต้น ของปีที่ทำการศึกษา (%)

Krst = สัมประสิทธิ์ในการปรับแบบจำลอง สำหรับการพิจารณาความเสียหายของโครงสร้าง

การเปลี่ยนรูปแบบพลาสติก (Plastic Deformation)

การเปลี่ยนรูปแบบพลาสติกเป็นสิ่งที่สะท้อนถึงการเปลี่ยนรูปของวัสดุที่ใช้ในการประสาน โดยในการศึกษาของ HDM-4 จะแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วนคือ การวิเคราะห์ความหนืดของตัวประสานหรือตัวยึดเกาะ (Binder viscosity) โดยเป็นการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อความเสถียรของส่วนผสมยางมะตอยที่อุณหภูมิถนนสูง และช่องว่างของมวลรวม (Air Voids) เป็นการพิจารณาผลต่างระหว่างปริมาตรรวมของส่วนผสมกับผลรวมของปริมาตรของมวลรวม โดยมีรายละเอียดการวิเคราะห์ ดังนี้

- การวิเคราะห์ความหนืดของตัวประสานหรือตัวยึดเกาะ (Binder viscosity) ในส่วนนี้จะถูกอธิบายจากการวิเคราะห์ค่าจุดอ่อนตัว (Softening Point) ของสารยึดเกาะในส่วนผสมเมื่อสิ้นสุดช่วงการวิเคราะห์ โดยสมการที่ใช้มีดังนี้

$$SP = SP_i + SP_m + \Delta SP \quad (1.41)$$

$$\Delta SP = a_0 VIMA PT^{a_1} \quad (1.42)$$

โดยที่

SP = จุดอ่อนตัวของสารยึดเกาะในส่วนผสมเมื่อสิ้นสุดช่วงการวิเคราะห์ (องศาเซลเซียส)

SP_i = จุดอ่อนตัวเริ่มต้นของสารยึดเกาะจากการทดสอบ Ring and Ball

SP_m = การเพิ่มขึ้นของจุดอ่อนตัวของสารยึดเกาะเนื่องจากการผสม (องศาเซลเซียส)

ΔSP = จุดอ่อนตัวที่เพิ่มขึ้นระหว่างปีที่ทำการศึกษา (องศาเซลเซียส)

VIMA = เปอร์เซ็นต์ช่องว่างของส่วนผสม เมื่อเริ่มต้นปีการวิเคราะห์ (%)

PT = อุณหภูมิพื้นผิวที่ความลึก 20 มิลลิเมตร ระหว่างปีที่ทำการวิเคราะห์ (องศาเซลเซียส)



- ช่องว่างของมวลรวม (Air Voids) จะออกมาในรูปของสัดส่วนช่องว่างของส่วนผสม (Voids in mix : VIM) โดยจะพิจารณาจากสัดส่วนปริมาณมวลรวม (Volume of aggregate : Va) และสัดส่วนปริมาณสารยึดเกาะในส่วนผสม (volume of effective binder in mix : Vb)

$$VIM = 100 - (Va - Vb) \quad (1.43)$$

โดยที่

VIM = % ช่องว่างของส่วนผสม (%)

Va = สัดส่วนปริมาณมวลรวม (%)

Vb = สัดส่วนปริมาณสารยึดเกาะในส่วนผสม (%)

ทั้งนี้ค่าของสัดส่วนช่องว่างของส่วนผสมจะลดลงเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลง สาเหตุมาจากการบดอัด น้ำหนักเพลาและความเร็วเฉลี่ยของรถบรรทุก และอัตราส่วนระหว่างอุณหภูมิของผิวทางและจุดอ่อนตัวของตัวประสาน การศึกษาของ HDM-4 จึงได้พัฒนาแบบจำลองที่ใช้อธิบายการเปลี่ยนแปลงช่องว่างส่วนผสมในมวลรวมที่ลดลงในช่วงปีที่ทำการวิเคราะห์ (Decrease in voids during an analysis year: ΔVIM) โดยมีสมการดังนี้

การลดลงของค่า VIM ในช่วงปีแรก ถูกกำหนดโดย

$$\Delta VIM = a_0 YE4 Sh^{a1} \left(\frac{PT}{SP}\right)^{a2} \quad (1.44)$$

การลดลงที่ละน้อยของค่า VIM ถูกกำหนดโดย

$$\Delta VIM = a_2 YE4 Sh^{a4} \left(\frac{PT}{SP}\right)^{a5} \quad (1.45)$$

โดยที่

ΔVIM = สัดส่วนช่องว่างที่ลดลงในช่วงปีที่ทำการวิเคราะห์ (%)

YE4 = จำนวนเพลาที่เทียบเท่ามาตรฐานต่อปี (ล้าน/เลน)

Sh = ความเร็วของยานพาหนะหนัก (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

PT = อุณหภูมิพื้นผิวที่ความลึก 20 มิลลิเมตร ระหว่างปีที่ทำการวิเคราะห์ (องศาเซลเซียส)

SP = จุดอ่อนตัวของสารยึดเกาะในส่วนผสมเมื่อสิ้นสุดช่วงการวิเคราะห์ (องศาเซลเซียส)

นอกจากนี้การศึกษาของ HDM-4 ได้ทำการศึกษาแบบจำลองที่สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงแบบพลาสติก ในช่วงปีที่วิเคราะห์ (Incremental increase in plastic deformation in analysis: $\Delta RDPD$) โดยเป็นการนำ ความหนาของชั้นผิว การบดอัดน้ำหนักเพลาและความเร็วเฉลี่ยของรถบรรทุก มีสมการดังนี้

$$\Delta RDPD = K_{rpd} a_0 CDS^{a1} YE4 Sh^{a1} HS^{a3} \quad (1.46)$$





โดยที่

- $\Delta RDPD$ = การเปลี่ยนรูปแบบพลาสติก ในช่วงปีที่วิเคราะห์ (มิลลิเมตร)
 CDS = ดัชนีบ่งชี้ความเสียหายในช่วงขั้นตอนการก่อสร้าง สำหรับพื้นผิวบิตูมินัส
 $YE4$ = จำนวนเพลลาที่เทียบเท่ามาตรฐานต่อปี (ล้าน/เลน)
 Sh = ความเร็วของยานพาหนะหนัก (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)
 HS = ความหนาของชั้นผิวบิตูมินัส (มิลลิเมตร)
 K_{rpd} = สัมประสิทธิ์ในการปรับแบบจำลอง สำหรับการเปลี่ยนรูปแบบพลาสติก

การสึกหรอของพื้นผิว (Surface Wear)

การศึกษาของ HDM-4 เป็นการพิจารณาความลึกของร่องล้อที่เพิ่มขึ้นเพิ่มขึ้น ในช่วงปีที่ทำการวิเคราะห์ (Incremental increase in rut depth due to studded tyres in analysis: ΔRDW) โดยอาศัยผลกระทบที่เกิดกับสภาพผิวทาง เช่น ถนนเกลือ (Salted Road) ซึ่งมีสาเหตุมาจากการละลายตัวของน้ำที่ควบแน่นจนเป็นหิมะหรือแม่คะนิง โดยสมการที่ใช้มีดังนี้

$$\Delta RDW = K_{rpd} [a_0 PASS^{a1} W^{a2} S^{a3} SALT^{a4}] \quad (1.47)$$

โดยที่

- ΔRDW = ความลึกของร่องที่เพิ่มขึ้นเพิ่มขึ้น ในช่วงปีที่ทำการวิเคราะห์ (มม.)
 $PASS$ = จำนวนรถที่ผ่านต่อปี โดยพิจารณาในทิศทางเดียว (1000 คัน)
 S = ความเร็วจราจรเฉลี่ย (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)
 $SALT$ = ตัวแปรหุ่นที่บ่งชี้ ถนนเกลือ (Salted Road) เกิดจากการละลายตัวของน้ำที่ควบแน่นจนเป็นหิมะ หรือแม่คะนิง
 W = ความกว้างของถนนโดยรวมความกว้างของไหล่ทาง (มิลลิเมตร)
 K_{rpd} = สัมประสิทธิ์ในการปรับแบบจำลอง สำหรับการวิเคราะห์การสึกหรอของพื้นผิว

การพิจารณาการเกิดความลึกร่องล้อทั้งหมด (Total Rut Depth)

เพื่อสะท้อนภาพรวมของการเกิดความลึกของร่องล้อทั้ง 4 ประเภท การศึกษาของ HDM-4 จะอธิบายในลักษณะของความลึกของร่องเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นทั้งหมด ในช่วงปีที่ทำการวิเคราะห์ (Incremental increase in total mean rut depth in both wheel paths in analysis year) โดยเป็นการนำค่าความหนาของพื้นผิวเริ่มต้น การเพิ่มขึ้นทั้งหมดของการเสีรูปเชิงโครงสร้างในปีที่วิเคราะห์ การเปลี่ยนรูปแบบพลาสติก ในช่วงปีที่วิเคราะห์ ทั้งนี้ระยะเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ผิวทางที่เกิดร่องล้อ จะพิจารณาในช่วงเวลาสุดท้ายที่มีการซ่อมบำรุงหรือมีการก่อสร้างชั้นฐานใหม่ของผิวทาง (AGE4) โดยมีสมการดังนี้



$$\text{ถ้า AGE4} \leq 1 \quad \Delta\text{RDM} = \text{RDO} + \Delta\text{RDPD} + \Delta\text{RDW} \quad (1.48)$$

$$\text{ฉะนั้น} \quad \Delta\text{RDM} = \Delta\text{RDST} + \Delta\text{RDPD} + \Delta\text{RDW} \quad (1.49)$$

ความลึกของร่องทั้งหมด, RDM_b ที่ทุกเวลาที่มีสมการดังนี้

$$\text{RDM}_b = \min[(\text{RDM}_a + \Delta\text{RDM}), 100] \quad (1.50)$$

โดยที่

ΔRDM = ความลึกของร่องเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นทั้งหมด ในช่วงที่ทำการวิเคราะห์ (มม.)

RDO = ความหนาของพื้นผิวเริ่มต้น (มิลลิเมตร)

ΔRDST = การเพิ่มขึ้นทั้งหมดของการเสียรูปเชิงโครงสร้างในปีที่วิเคราะห์ (มม.)

ΔRDPD = การเปลี่ยนรูปแบบพลาสติก ในช่วงปีที่วิเคราะห์ (มิลลิเมตร)

ΔRDW = ความลึกของร่องที่เพิ่มขึ้นเพิ่มขึ้น ในช่วงปีที่ทำการวิเคราะห์ (มิลลิเมตร)

RDM_b = ความลึกของร่องเฉลี่ยทั้งหมด ในช่วงสิ้นสุดปีที่ทำการวิเคราะห์ (มิลลิเมตร)

RDM_a = ความลึกของร่องเฉลี่ยทั้งหมด ในช่วงเริ่มต้นปีที่ทำการวิเคราะห์ (มิลลิเมตร)

ความต้านทานการลื่นไถล (Skid Resistance) ของพื้นผิวบิตูมินัส

การพิจารณาส่วนนี้จะเป็นรูปแบบความเสียหายในส่วนของการเสียดทาน (Friction) โดยในการศึกษาของ HDM-4 แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ 1.การพิจารณาความต้านทานการลื่นไถลเพิ่มขึ้น (Incremental change skid resistance) 2.การพิจารณาความต้านทานการลื่นไถลวัดได้ 50 กม./ชม. ณ สิ้นปีที่วิเคราะห์ (The skid resistance measured 50 km/h at the end of the analysis year) 3.การพิจารณาค่าเฉลี่ยความต้านทานการลื่นไถลภายใต้เงื่อนไขการกำหนดความเร็วจราจรเฉลี่ย (The average skid resistance value at a given annual average traffic speed)

การพิจารณาความต้านทานการลื่นไถล จะพิจารณาระดับค่าสัมประสิทธิ์แรงต้าน (Sideway force coefficient: SFC) ที่ความเร็ว 50 กม./ชม. สำหรับประเภทและลักษณะถนนต่าง ๆ รวม 4 ประเภท ในสภาพพื้นผิวทางเปียกแสดงดังตารางที่ 1-63 ค่าดังกล่าวที่ใช้ในการพิจารณานี้ ใกล้เคียงกับที่ใช้งานของหน่วยซ่อมบำรุงทางของประเทศอังกฤษ (Giles, 1957)



ตารางที่ 1-63 ระดับค่าของ SFC ที่ความเร็ว 50 กม./ชม สำหรับประเภทและลักษณะถนนต่าง ๆ รวม 4 ประเภท

ประเภท	ลักษณะของถนน	ในสภาพผิวทางเปียก	
		ค่า SFC ₅₀	ค่า BPTV
A	ถนนตามจุดอันตราย (Most Difficult Sites) เช่น <ul style="list-style-type: none"> • วงเวียน • ถนนโค้งที่มีรัศมีความโค้งน้อยกว่า 500 ฟุต • ทางลาดชันมากกว่า 1:2 และระยะความลาดชันมากกว่า 300 ฟุต • บริเวณแยกไหล่ไฟสัญญาณ 	มากกว่า 0.6	มากกว่า 65
B	ถนนสาธารณะโดยทั่วไปที่ไม่ได้จัดอยู่ในประเภท A และ C (General Requirements)	มากกว่า 0.50	มากกว่า 55
C	ถนนสาธารณะในทางตรงที่มีความลาดชันน้อยรัศมีความโค้งไม่มากนัก และมีบริเวณแยกน้อย (Easy Sites)	มากกว่า 0.40	มากกว่า 55
	ถนนสาธารณะโดยทั่วไปที่มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานต่ำกว่า 0.40 (Proved Site)		ถ้าต่ำกว่า 45 จะเกิดการลื่นไถล

ที่มา: Giles (1957)

- การพิจารณาความต้านทานการลื่นไถลเพิ่มขึ้น

ตามการศึกษาของ HDM-4 ในส่วนนี้จะทำการประมาณค่าการเปลี่ยนแปลงความต้านทานการลื่นไถลที่เพิ่มขึ้นในช่วงปีที่วิเคราะห์ (Incremental change in sideway force coefficient during analysis year: ΔSFC_{50}) โดยสมการที่ใช้ในการศึกษามีดังนี้

$$\Delta SFC_{50} = K_{sfc} \max(0, \Delta QCV) - (-0.63 \times 10^{-4}) \quad (1.51)$$

โดยที่

ΔSFC_{50} = ค่าความต้านทานการลื่นไถลที่เพิ่มขึ้นในช่วงปีที่วิเคราะห์ พิจารณาที่ความเร็ว 50 กม./ชม.

ΔQCV = ปริมาณรถบรรทุกที่เพิ่มขึ้นบนเส้นทางที่ทำการสำรวจ (คัน/เลน/วัน)

K_{sfc} = สัมประสิทธิ์ในการปรับแบบจำลอง สำหรับการพิจารณาค่าความต้านทานการลื่นไถล

- การพิจารณาความต้านทานการลื่นไถลวัดได้ 50 กม./ชม. ณ สิ้นปีที่วิเคราะห์

ในส่วนนี้จะนำค่าที่ได้จากการพิจารณาความต้านทานการลื่นไถลเพิ่มขึ้น (ΔSFC_{50}) มาพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านในช่วงสิ้นสุดปีที่ทำการวิเคราะห์ โดยสมการที่ใช้ในการศึกษามีดังนี้

$$SFC_{50b} = \max[(SFC_{50a} + \Delta SFC_{50}), 0.35] \quad (1.52)$$



โดยที่

- SFC_{50b} = ค่าความต้านทานการลื่นไถลวัดได้ 50 กม./ชม. ณ สิ้นปีที่วิเคราะห์
- SFC_{50a} = ค่าความต้านทานการลื่นไถลวัดได้ 50 กม./ชม. ณ ปีเริ่มต้นที่วิเคราะห์
- ΔSFC_{50} = ค่าความต้านทานการลื่นไถลที่เพิ่มขึ้นในช่วงปีที่วิเคราะห์ พิจารณาที่ความเร็ว 50 กม./ชม.

- การพิจารณาค่าเฉลี่ยความต้านทานการลื่นไถลภายใต้เงื่อนไขการกำหนดความเร็วจราจรเฉลี่ย

เป็นการพิจารณาความต้านทานการลื่นไถลเพิ่มขึ้น ภายใต้เงื่อนไขความเร็วจราจรในพื้นที่ทำการสำรวจ (Traffic speed : S) โดยสมการที่ใช้ในการศึกษามีดังนี้

$$SFC_S = K_{sfcs} \left(\frac{SFC_{50av} [400 - (2 - \min(TD_{av}, 2)) (\max(50, s) - 50)]}{400} \right) \quad (1.53)$$

โดยที่

- SFC_S = ค่าเฉลี่ยความต้านทานการลื่นไถลภายใต้เงื่อนไขการกำหนดความเร็วจราจรเฉลี่ย
- S = เงื่อนไขความเร็วจราจรในพื้นที่ทำการสำรวจ
- K_{sfcs} = สัมประสิทธิ์ในการปรับแบบจำลอง สำหรับการพิจารณาค่าเฉลี่ยความต้านทานการลื่นไถลภายใต้เงื่อนไขการกำหนดความเร็วจราจรเฉลี่ย

การพิจารณาการเกิดความขรุขระ (Roughness) ของผิวทาง

การพิจารณาความขรุขระของถนน (Road Roughness) ในกรณี HDM-3 จะพิจารณา Structural Deformation, Surface Distress และ Environmental Factors โดย Paterson (1987)

ในการศึกษาของ HDM-4 ได้พัฒนาแบบจำลองเพื่อพยากรณ์ค่าดัชนีความเรียบขรุขระสากล (International Roughness Index : IRI) ที่ได้รับผลกระทบจาก 5 องค์ประกอบ ได้แก่ องค์ประกอบด้านโครงสร้าง (Structural Component) องค์ประกอบจากการเกิดรอยแตกร้าว (Cracking Component) องค์ประกอบจากการเกิดร่องล้อความลึก (Rutting Component) องค์ประกอบจากการเกิดหลุมบ่อ (Potholing Component) และองค์ประกอบจากสภาพแวดล้อม (Environment Component) โดยจะนำค่าที่ได้จากการคำนวณทั้ง 5 องค์ประกอบมาพิจารณาการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นทั้งหมดของความขรุขระในช่วงปีที่วิเคราะห์ (Total incremental change in roughness during analysis year : ΔRI) โดยสมการของการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดของค่าความขรุขระและสมการของอีก 5 องค์ประกอบความเสียหายมีดังนี้

$$\Delta RI = \Delta RI_s + \Delta RI_c + \Delta RI_r + \Delta RI_p + \Delta RI_e \quad (1.54)$$



โดยที่

- ΔRI = การเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนีที่เพิ่มขึ้นโดยรวมระหว่างปีที่วิเคราะห์ (ม./กม. IRI)
- ΔRI_s = ค่าความขรุขระที่เพิ่มขึ้นจากการเสื่อมสภาพของโครงสร้างระหว่างปีที่วิเคราะห์ (ม./กม. IRI)
- ΔRI_c = ค่าความขรุขระที่เพิ่มขึ้นจากการแตกร้าวระหว่างปีที่วิเคราะห์ (ม./กม. IRI)
- ΔRI_r = ค่าความขรุขระที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากร่องในระหว่างปีที่วิเคราะห์ (ม./กม. IRI)
- ΔRI_p = ค่าความหยาบผิวที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการเกิดหลุมบ่อ (ม./กม. IRI)
- ΔRI_e = ค่าความขรุขระที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากสภาพแวดล้อมในระหว่างปีที่วิเคราะห์ (ม./กม. IRI)

- องค์ประกอบด้านโครงสร้าง (Structural Component) ใช้ค่า Adjust Structural Number (SNP) พิจารณา pavement strength indicator แทน Structural Number (SNC) ซึ่งมีสมการดังนี้

$$\Delta RI_s = K_{gs} a_0 \exp[K_{gm}(m)(AGE3)](1 + SNP K_b)^{-5} YE4 \quad (1.55)$$

เมื่อ $SNP K_b = \max[(SNP_a - dSNPK), 1.5]$ (1.56)

$$dSNPK = K_{snpk} a_0 [\min(a_1, AXC_a) HSNEW + \max(\min(AXC_a - PACX, a_2), 0) HSOLD] \quad (1.57)$$

โดยที่

- ΔRI_s = ค่าความขรุขระที่เพิ่มขึ้นจากการเสื่อมสภาพของโครงสร้างระหว่างปีที่วิเคราะห์ (ม./กม. IRI)
- $dSNPK$ = การลดจำนวนโครงสร้างที่ปรับแก้ที่เกิดจากการแตกร้าว
- $SNP K_b$ = การปรับจำนวนโครงสร้างเนื่องจากการแตกร้าว ณ สิ้นปีที่วิเคราะห์
- SNP_a = การปรับจำนวนโครงสร้างเมื่อเริ่มปีการวิเคราะห์
- AXC_a = พื้นที่ของดัชนีการแตกร้าวเมื่อเริ่มต้นปีการวิเคราะห์ (%)
- $PACX$ = พื้นที่ของดัชนีการแตกร้าวก่อนหน้าในพื้นที่ผิวเก่า (%) เท่ากับ $0.62(PCRA) + 0.39(PCRW)$
- $HSNEW$ = ความหนาของพื้นผิวล่าสุด (mm)
- $HSOLD$ = ความหนารวมของชั้นใต้พื้นผิว (มม.)
- $AGE3$ = อายุหลังการก่อสร้างล่าสุดหรือการบำรุง (ปี)
- m = ค่าสัมประสิทธิ์สิ่งแวดล้อม (จากตาราง HDM-4 B10-3)
- K_{gm} = สัมประสิทธิ์ในการปรับแบบจำลองสำหรับค่าสัมประสิทธิ์สิ่งแวดล้อม (ค่าตั้งต้น = 1)
- K_{snpk} = สัมประสิทธิ์ในการปรับแบบจำลองสำหรับค่า SNP
- K_{gs} = สัมประสิทธิ์ในการปรับแบบจำลองสำหรับส่วนประกอบโครงสร้างของค่าความหยาบ



- องค์ประกอบจากการเกิดรอยแตกร้าว (Cracking Component) การพิจารณาส่วนนี้จะคล้ายกับ HDM-3 แต่จะมีการเพิ่มในส่วนของ Calibration Factor (K_{gc}) เปรียบเสมือนการปรับค่าของผลกระทบจากการเกิดรอยแตกร้าวที่มีผลต่อค่า IRI ซึ่งมีสมการดังนี้

$$\Delta RI_c = K_{gc} a_0 \Delta ACRA \quad (1.58)$$

โดยที่

ΔRI_c = ค่าความขรุขระที่เพิ่มขึ้นจากการแตกร้าวระหว่างปีที่วิเคราะห์ (ม./กม. IRI)

$\Delta ACRA$ = การเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นในพื้นที่ของการแตกร้าวทั้งหมดระหว่างปีที่วิเคราะห์ (%)

K_{gc} = สัมประสิทธิ์ในการปรับแบบจำลองสำหรับส่วนประกอบการเกิดร่องของค่าความขรุขระ

- องค์ประกอบจากการเกิดร่องล้อความลึก (Rutting Component) เพิ่มเติมในส่วนของการปรับค่า เพิ่ม Calibration Factor ภายใต้งู๋เอียง straight-edge 2.0 เมตร แต่ในกรณีการศึกษาของ HDM-3 อยู่ภายใต้งู๋เอียงของ straight-edge 1.2 เมตร ซึ่งมีสมการดังนี้

$$\Delta RI_r = K_{gr} a_0 \Delta RDS \quad (1.59)$$

โดยที่

ΔRI_r = ค่าความขรุขระที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากร่องในระหว่างปีที่วิเคราะห์ (ม./กม. IRI)

ΔRDC = การเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นในส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการเกิดร่องระหว่างปีที่วิเคราะห์ (มม.)

K_{gr} = สัมประสิทธิ์ในการปรับแบบจำลองสำหรับส่วนประกอบการเกิดร่องของค่าความขรุขระ

- องค์ประกอบจากการเกิดหลุมบ่อ (Potholing Component) ในส่วนนี้อ้างอิงตามการศึกษาของ Paterson (1987) ที่ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของหลุมบ่อตามความแตกต่างของขนาดหลุมที่มีผลต่อค่าดัชนีความขรุขระสากล ซึ่งมีสมการดังนี้

$$\Delta RI_p = 6.0(V_{pot}) \quad (1.60)$$

โดยที่

ΔRI_p = ค่าความหยาบผิวที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการเกิดหลุมบ่อ (ม./กม. IRI)

V_{pot} = ปริมาตรของหลุมบ่อ (ม.³/กม)

ทั้งนี้การวิเคราะห์ Potholing Component ในการศึกษาของ HDM-4 จะทำการพิจารณาความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงระหว่างขนาดของหลุมบ่อและค่าดัชนีความขรุขระสากล เพื่อหาระยะเวลาซ่อมบำรุงที่เหมาะสม โดยสมการจะอ้างอิงตามการศึกษาของ Riley (1998) ซึ่งเป็นการต่อยอดจากแบบจำลอง HTR แต่มีการพิจารณาในส่วนของ TLF (Time lapses Factor) เพิ่มเข้ามา ซึ่งมีสมการดังนี้



$$\Delta RI_p = a_0 (a_1 - FM\{[(NPT_a)(TLF) + (\Delta NPT)_{(TLF/2)}]^{a2} - (NPT_a)^{a2}\}) \quad (1.61)$$

เมื่อ $FM = (\max\{\min[0.25(CW - 3), 1], 0\})(\max\left[\left(1 - \frac{AADT}{5000}\right), 0\right]) \quad (1.62)$

โดยที่

FM = เสรีภาพของการจัดทำดัชนี

NPT_a = จำนวนหลุมบ่อ/กิโลเมตรเมื่อเริ่มปีการวิเคราะห์

TLF = ปัจจัยของเวลาที่ล่วงเลย (0 < TLF <= 1)

ΔNPT = การเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นของจำนวนหลุมบ่อระหว่างปีที่วิเคราะห์ (จำนวน/กม.)

CW = ความกว้างของถนน (ม.)

AADT = ปริมาณการไหลของจราจรแบบสองทาง (คัน/วัน)

- องค์ประกอบจากสภาพแวดล้อม (Environment Component) รูปแบบการพิจารณาจะคล้ายกับการศึกษาของ HDM-3 แต่ค่าที่ใช้ในการปรับแบบจำลอง จะอ้างอิงตามค่าสัมประสิทธิ์ของสภาพแวดล้อม (Environment Coefficient) ซึ่งมีสมการดังนี้

$$\Delta RI_e = K_{gm} m RI_a \quad (1.63)$$

โดยที่

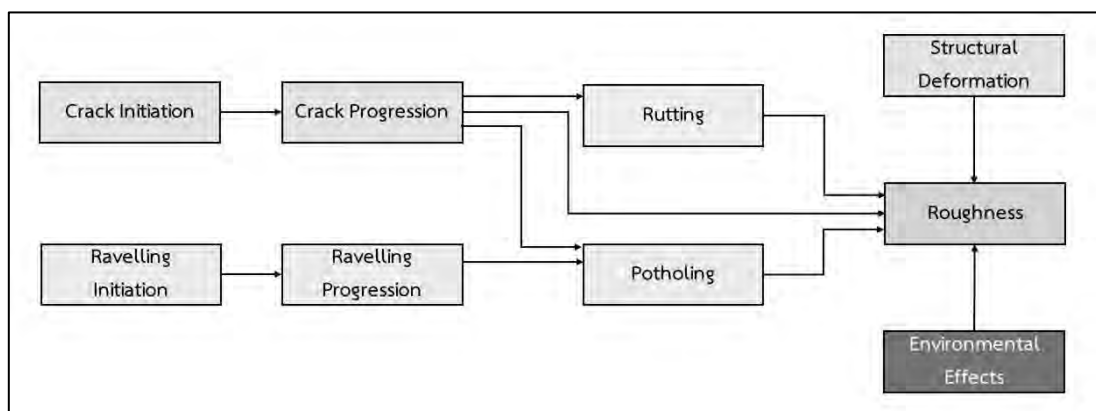
ΔRI_e = ค่าความขรุขระที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากสภาพแวดล้อมในระหว่างปีที่วิเคราะห์ (ม./กม. IRI)

K_{gm} = สัมประสิทธิ์ในการปรับแบบจำลองสำหรับค่าสัมประสิทธิ์สิ่งแวดล้อม (ค่าตั้งต้น = 1)

m = ค่าสัมประสิทธิ์สิ่งแวดล้อม (จากตาราง HDM-4 B10-3)

RI_a = ค่าความขรุขระเมื่อเริ่มต้นปีที่วิเคราะห์ (ม./กม. IRI)

ทั้งนี้สิ่งที่แตกต่างอย่างชัดเจนจาก HDM-3 คือ การปรับมาใช้ค่า Adjust Structural Number (SNP) พิจารณาในส่วนของ pavement strength indicator แทน Structural Number (SNC) และการปรับค่าสัมประสิทธิ์ของสภาพแวดล้อมโดยปรับค่าในช่วง 5% - 20



รูปที่ 1-204 สรุปลงองค์ประกอบที่ใช้ในการวิเคราะห์ความขรุขระตามการศึกษาของ HDM-4



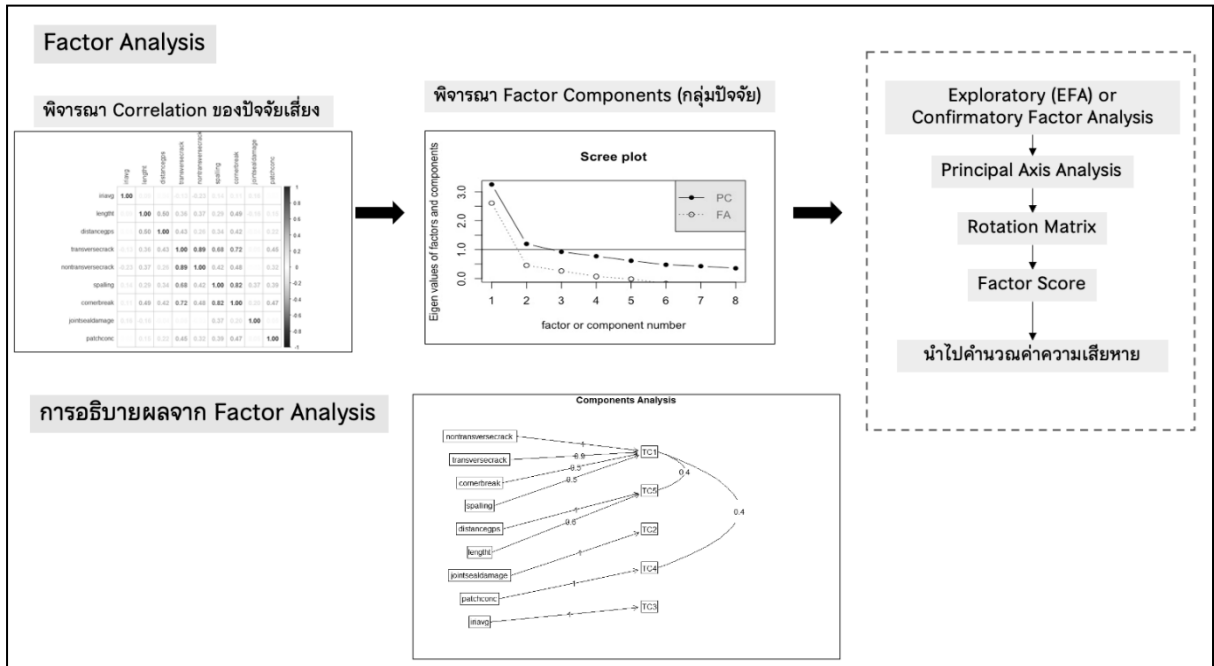
การพิจารณาองค์ประกอบความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ส่งผลต่อสภาพความเสียหายของผิวถนน

จากการพิจารณาการเก็บรวบรวมข้อมูลตัวแปรที่มีเทียบกับการศึกษาของ HDM-4 พบว่ายังขาดการรวบรวมข้อมูลในหลายตัวแปร ทำให้ไม่สามารถนำสมการที่ใช้ในการวิเคราะห์ความเสียหายของผิวทางตามการศึกษาของ HDM-4 ได้

แต่หากพิจารณาเงื่อนไขความสัมพันธ์ของประเภทความเสียหายตามการศึกษา HDM-4 สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ (Correlation) ของประเภทความเสียหาย โดยวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ที่ปรึกษาจะเลือกใช้วิธีการพิจารณาองค์ประกอบ (Factor Analysis) ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ส่งผลต่อสภาพความเสียหายของผิวถนน

การวิเคราะห์องค์ประกอบมีด้วยกัน 2 วิธีคือ (1) การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis) เป็นการศึกษาที่ผู้วิจัยไม่ทราบความสัมพันธ์ของปัจจัย และ (2) การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmative Factor Analysis) เป็นการศึกษาที่ผู้วิจัยทราบความสัมพันธ์ของปัจจัยว่าควรจะอยู่ในรูปแบบใด รวมทั้งทราบว่าตัวแปรใดที่บ้างมีความสัมพันธ์กันมากและควรอยู่ในองค์ประกอบเดียวกัน

สำหรับการศึกษานี้เลือกใช้วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis) เนื่องจากผู้วิจัยไม่ทราบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านคุณภาพการให้บริการประเภทต่าง ๆ ซึ่งการพิจารณาด้วย Exploratory Factor Analysis จะประกอบด้วย 2 วิธี คือ Principal Component Analysis (Measurement Model) และ Principal Axis Factoring (Common Factor) ซึ่งข้อแตกต่างของการวิเคราะห์ 2 วิธีนี้คือ การพิจารณาความสัมพันธ์ของตัวแปร โดยวิธี Principal Axis Factoring จะพิจารณาจาก 2 ส่วนคือ ส่วนที่ตัวแปรมีความผันผวนร่วมกัน และส่วนที่เป็นอิสระต่อกันของตัวแปรเดิม และทำให้ทราบความหมายของตัวแปรแฝงที่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่วัดได้ ส่วนวิธี Principal Component Analysis คือการพิจารณาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ โดยจะสร้างตัวแปรใหม่ขึ้นมา ซึ่งจะถูกพิจารณาจากความแปรผันหรือความแปรปรวนของตัวแปรเดิม และมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการลดจำนวนตัวแปร (Tinsley and Brown (2000) และ Kim and Mueller (1978)) ทั้งนี้สมการที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยวิธี Principal Component Analysis และ Principal Axis Factoring

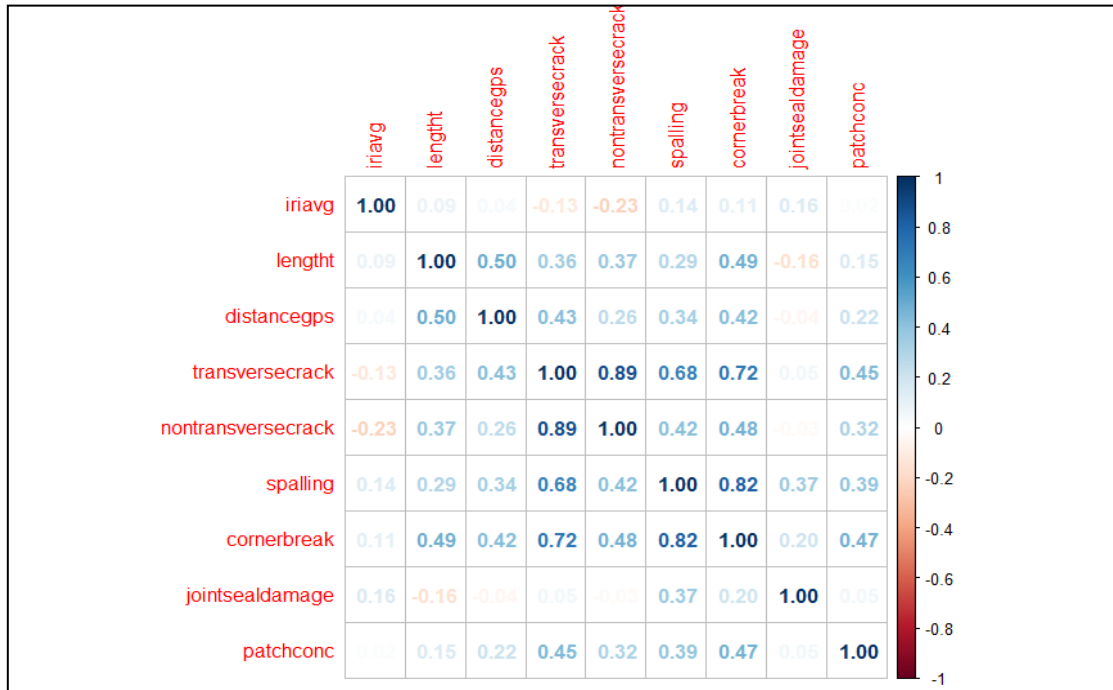


รูปที่ 1-205 แนวทางการประยุกต์ใช้การพิจารณาองค์ประกอบความสัมพันธ์ของตัวแปร
ที่ส่งผลต่อสภาพความเสียหายของผิวถนน

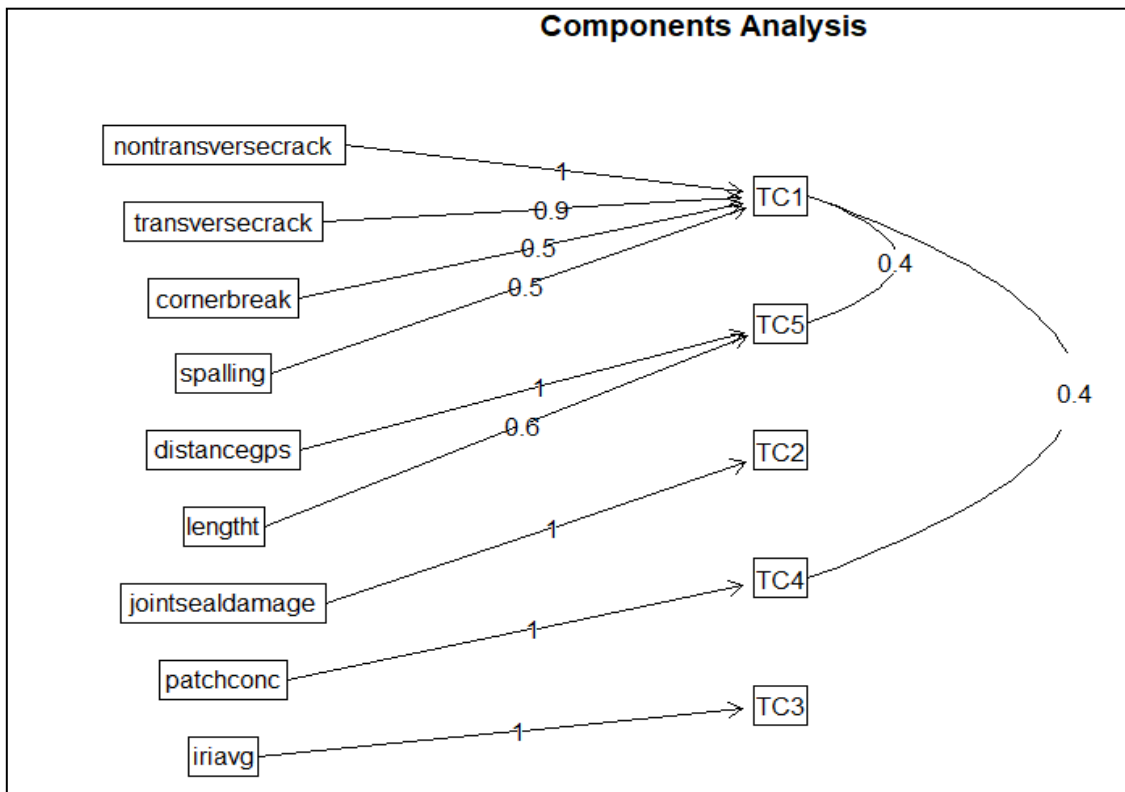
แนวทางการวิเคราะห์ค่าความเสียหายของผิวทางด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบ

ที่ปรึกษาได้เลือกใช้ข้อมูลการสำรวจค่าความเสียหายของพื้นผิวคอนกรีตของแขวงชลบุรี ในช่วงตอน
บางปะกง - หนองไม้แดง, หัวไผ่ - ชลบุรี, หนองปรือ - เนินโมก, เนินโมก - แผลงยาว, บ้านสวน - หนองรี,
หนองรี - หนองปรือ, หนองปรือ - คลองเขต, มาบโป่ง - หัวไผ่, หนองเสือช้าง - หนองเสือช่อ, หนองเสือช่อ -
หนองไม้แก่น และหนองเสม็ด - บ่อทอง โดยเป็นการเก็บสำรวจค่า IRI เฉลี่ยทุก ๆ 1 กิโลเมตร

สำหรับข้อมูลที่ได้จากการสำรวจครั้งนี้ นอกจากค่า IRI แล้วยังมีการพิจารณารอยปะซ่อมรอยบิ่นกะเทาะ
จำนวนแผ่นแตกตามขวาง จำนวนแผ่นแตกตามยาวและแนวทแยง วัสดุยาแนวรอยต่อเสียหาย และมุมแตก
ค่าที่สำรวจได้ดังกล่าวนี้ เบื้องต้นที่ปรึกษาได้นำมาพิจารณาค่าความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างตัวแปร
(แสดงดังรูปที่ 1-206) โดยพบว่า แต่ละค่าความเสียหายมีความสัมพันธ์ต่อกัน และมีแนวโน้มการมีสหสัมพันธ์
กันเองระหว่างตัวแปรต้น (Multicollinearity) ทำให้ต้องมีการพิจารณาการจัดกลุ่มของปัจจัยที่สำรวจได้
โดยการวิเคราะห์กลุ่มปัจจัยพบว่า จะเกิดกลุ่มองค์ประกอบ 5 กลุ่ม แสดงดังรูปที่ 1-207



รูปที่ 1-206 ค่าสหสัมพันธ์ของตัวแปรที่นำมาพิจารณา



รูปที่ 1-207 กลุ่มขององค์ประกอบที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis)

ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ส่งผลต่อสภาพความเสียหายของผิวถนน



ตารางที่ 1-64 องค์ประกอบที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ส่งผลต่อสภาพความเสียหายของผิวถนน

กลุ่มองค์ประกอบ	องค์ประกอบ
กลุ่มองค์ประกอบความเสียหายที่เกี่ยวกับรอยแตก (TC1)	<ul style="list-style-type: none">จำนวนแผ่นแตกตามยาวและแนวทแยง (non_transverse_crack Transverse crack)มุมแตก (corner_break)รอยบิ่นกะเทาะ spalling
กลุ่มองค์ประกอบความเสียหายบริเวณรอยต่อ (TC2)	<ul style="list-style-type: none">วัสดุยาแนวรอยต่อเสียหาย (joint_seal_damage)
TC3	<ul style="list-style-type: none">ค่าเฉลี่ย IRI ทุก ๆ 1 กม. (IRI avg)
กลุ่มองค์ประกอบความเสียหายจากการซ่อมบำรุง (TC4)	<ul style="list-style-type: none">รอยปะซ่อม patch_conc
กลุ่มองค์ประกอบทางกายภาพ (TC5)	<ul style="list-style-type: none">ระยะทาง (Distance)ความยาว (length)

ผลการวิเคราะห์วิเคราะห์ค่าความเสียหายของผิวทางด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบ

จากรูปที่ 1-207 พบว่า มีการเกิดความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ คือความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่อยู่ในกลุ่มองค์ประกอบ TC1 กับ TC5 และความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มองค์ประกอบ TC1 กับ TC4 ด้วยสาเหตุนี้จำเป็นต้องเลือกองค์ประกอบใดประกอบหนึ่งจากกลุ่มดังกล่าวมาพิจารณา เพื่อให้สมการที่ได้ไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรต้น (Multicollinearity) และความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนไม่คงที่ (Heteroskedasticity) ด้วยเหตุนี้สมการที่ใช้ในการพิจารณาจึงแบ่งออกเป็น 2 สมการคือ

- สมการที่ 1

$$IRI_{Avg} = \beta_0 + \beta_1 TC_1 + \beta_2 TC_3 + \varepsilon \quad (1.64)$$

โดยที่ IRI_{Avg} คือ ค่าเฉลี่ย IRI ทุก ๆ 1 กิโลเมตร

TC_1 คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบ (Factor Score) ของกลุ่มองค์ประกอบความเสียหายที่เกี่ยวกับรอยแตก (TC1) ประกอบด้วย จำนวนแผ่นแตกตามยาวและแนวทแยง มุมแตก และรอยบิ่นกะเทาะ

TC_3 คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบ (Factor Score) ของค่า IRI

ε คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของสมการ (Error Term)



โดยผลการวิเคราะห์ของสมการที่ (1) แสดงดังตารางที่ 1-47

ตารางที่ 1-65 ผลการวิเคราะห์กลุ่มองค์ประกอบที่ส่งผลต่อค่า IRI (กรณีสมการที่ 1)

Model~iri_avg=TC3+TC1	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	4.18286	0.06881	60.79	<2e-16***
TC3	0.10822	0.06975	1.552	0.125
TC1	0.9923	0.06975	14.227	<2e-16***
SSE	80.514			
RMSE	0.10682			

Residual standard error: 0.6306 on 81 degrees of freedom Multiple R-squared: 0.7142,

- สมการที่ 2

$$IRI_{Avg} = \beta_0 + \beta_1TC_1 + \beta_2TC_2 + \beta_3TC_5 + \varepsilon \quad (1.65)$$

โดยที่ IRI_{Avg} คือ ค่าเฉลี่ย IRI ทุก ๆ 1 กิโลเมตร

TC_1 คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบ (Factor Score) ของกลุ่มองค์ประกอบความเสียหายที่เกี่ยวข้องบรอยแตก (TC1) ประกอบด้วย จำนวนแผ่นแตกตามยาวและแนวทแยงมุมแตก และรอยบิ่นกะเทาะ

TC_2 คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบ (Factor Score) ของกลุ่มองค์ประกอบความเสียหายบริเวณรอยต่อ (TC2) ประกอบด้วย วัสดุยาแนวรอยต่อเสียหาย

TC_5 คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบ (Factor Score) ของกลุ่มองค์ประกอบทางกายภาพ (TC5) ประกอบด้วย ระยะทาง และความยาวของผิวทางที่สำรวจ

ε คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของสมการ (Error Term)

โดยผลการวิเคราะห์ของสมการที่ (2) แสดงดังตารางที่ 1-66

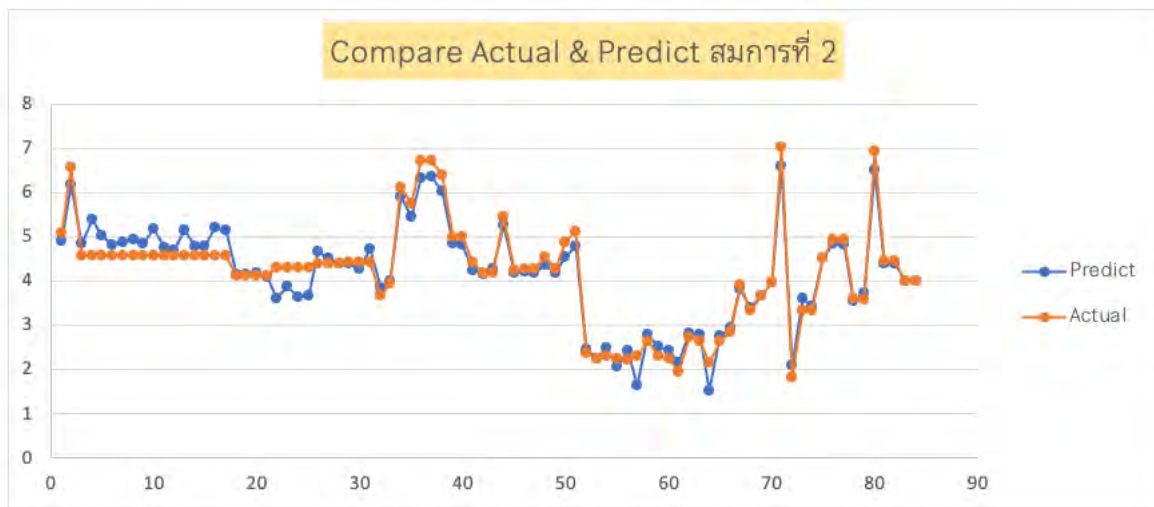
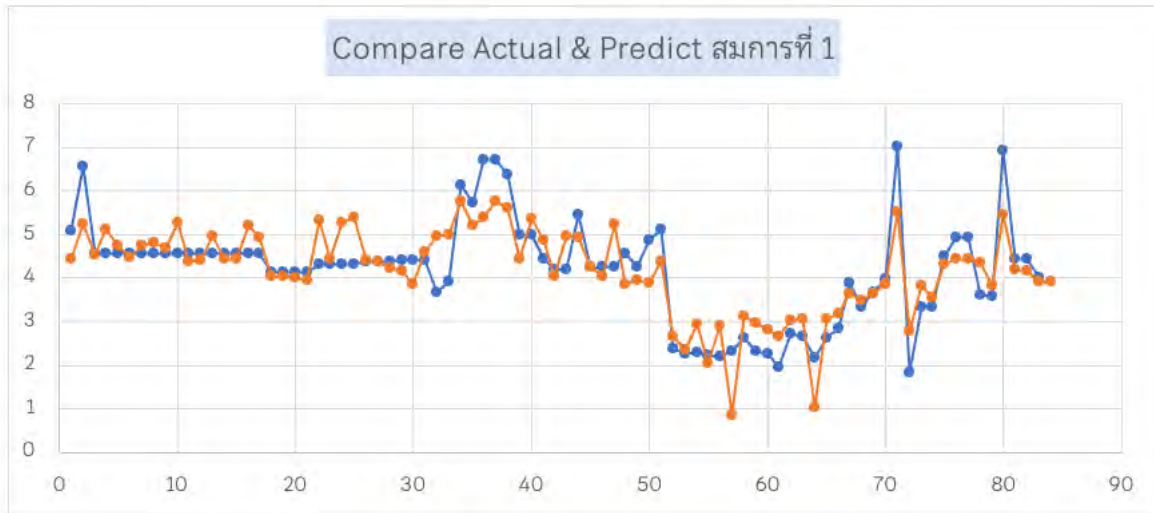
ตารางที่ 1-66 ผลการวิเคราะห์กลุ่มองค์ประกอบที่ส่งผลต่อค่า IRI (กรณีสมการที่ 2)

Model~iri_avg=TC3+TC1	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	4.18286	0.0337	124.107	< 2e-16 ***
TC1	-0.1396	0.03712	-3.761	0.000321 ***
TC2	-0.08447	0.03766	-2.243	0.027659 *
TC5	1.12236	0.03452	32.516	< 2e-16 ***
SSE	7.633424			
RMSE	0.032891			

Residual standard error: 0.3089 on 80 degrees of freedom Multiple R-squared: 0.9323,



จากผลการวิเคราะห์สมการที่ (1) และ (2) จะพบว่า สมการที่ 2 มีค่าความคลาดเคลื่อนที่น้อยกว่าสมการที่ (1) ดังแสดงให้เห็นในค่าของ SSE และ RMSE เพื่อให้เกิดความชัดเจนมากขึ้นที่ปรึกษาจึงได้ทำการพยากรณ์ค่าที่ได้จากสมการเทียบกับค่าของทั้ง 2 สมการ แสดงดังรูปที่ 1-208



รูปที่ 1-208 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์หาค่าความเสียหายของผิวทางด้วยวิธีการวิเคราะห์หองค์ประกอบ



ผลที่ได้จากการประยุกต์ใช้ความสัมพันธ์ของความเสียหายที่เกิดขึ้นกับผิวทางจากการศึกษา HDM-4 พบว่า สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการวิเคราะห์หองค์ประกอบของปัจจัยได้ ซึ่งในส่วนนี้มีความจำเป็นต้องพัฒนาแบบจำลองให้เหมาะสมมากยิ่งขึ้น เนื่องจากแบบจำลองที่ได้จากการวิเคราะห์ในส่วนนี้เป็นเพียงการใช้ค่าที่ได้จากการสำรวจมาพิจารณาเท่านั้น จำเป็นต้องเพิ่มในส่วนของตัวเองที่เป็นในลักษณะเฉพาะของผิวทางที่วิเคราะห์ เช่น ปริมาณจราจร น้ำหนักรถบรรทุก ประเภทผิวทาง ประเภทการซ่อมบำรุง เป็นต้น เพื่อพัฒนาแบบจำลองให้สามารถอธิบายพฤติกรรมความเสียหายที่เกิดขึ้น รวมถึงการพยากรณ์ความเสียหาย (Projection) เพื่อนำมาประกอบการพิจารณาการจัดสรรงบประมาณซ่อมบำรุงต่อไป

1.7.5.2 พื้นผิวคอนกรีต (Concrete Pavement)

การศึกษาของ HDM ในขั้นแรกได้พัฒนาแบบจำลองเพื่อคำนวณการเสื่อมสภาพ (deterioration) และ ผลกระทบจากการใช้งาน (Work effect) ของพื้นผิวคอนกรีต โดยแบบจำลองดังกล่าวอ้างอิงจากการศึกษาของ Latin American study Team (LAST, 1996) และรายงานของ FHWA ที่จัดทำโดย ERES Consultants (ERES, 1995) ซึ่งแบบจำลองจะใช้ในการพิจารณาการเกิดการแตกร้าวตามแนวขวาง (Transverse Cracking) ของถนนคอนกรีตที่ไม่มีเหล็กเสริมกันร้าว (Joint Plain Concrete Pavement: JPCP)

เพื่อให้แบบจำลองในสามารถอธิบายการเกิดการเสื่อมสภาพได้ชัดเจนขึ้น ในรายงาน HDM-4 จึงอ้างอิงแบบจำลองที่ได้รับการพัฒนาแล้วของ ERES (1999) โดยในส่วนนี้ได้มีการพิจารณาความคลาดเคลื่อนที่อาจจะเกิดขึ้นในแบบจำลอง เพื่อให้แบบจำลองสามารถอธิบายการเสื่อมสภาพได้แม่นยำขึ้น

สำหรับการแบ่งประเภทพื้นผิวคอนกรีตที่ใช้ในการพิจารณาการเสื่อมสภาพ ในรายงาน HDM-4 จะแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

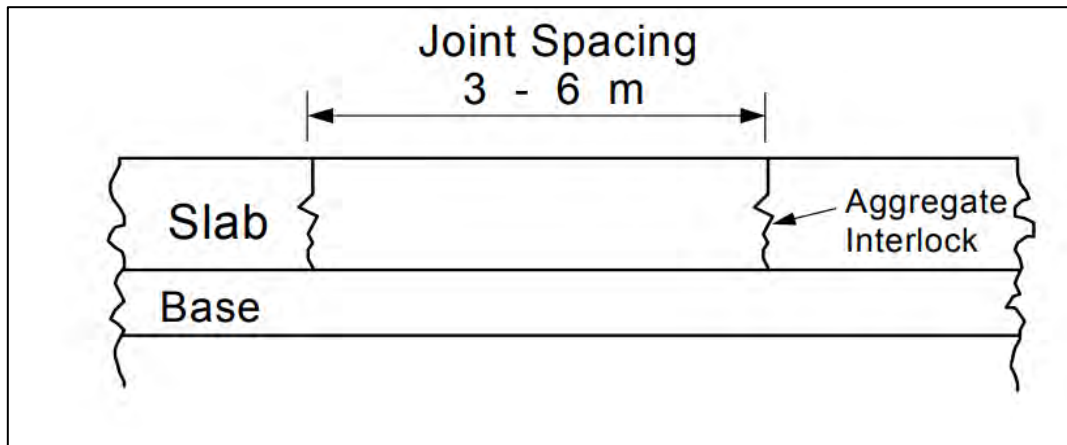
- ถนนคอนกรีตที่ไม่มีเหล็กเสริมกันร้าว (Joint Plain Concrete Pavement: JPCP)
- ถนนคอนกรีตที่เสริมเหล็กกันร้าวบริเวณผิวส่วนบน (Joint Reinforced Concrete Pavement: JRCP)
- ถนนคอนกรีตที่ก่อสร้างโดยไม่มีรอยต่อตามขวาง (Continuously Reinforced Concrete Pavement: CRCP)

โดยแต่ละประเภทมีรายละเอียดดังนี้

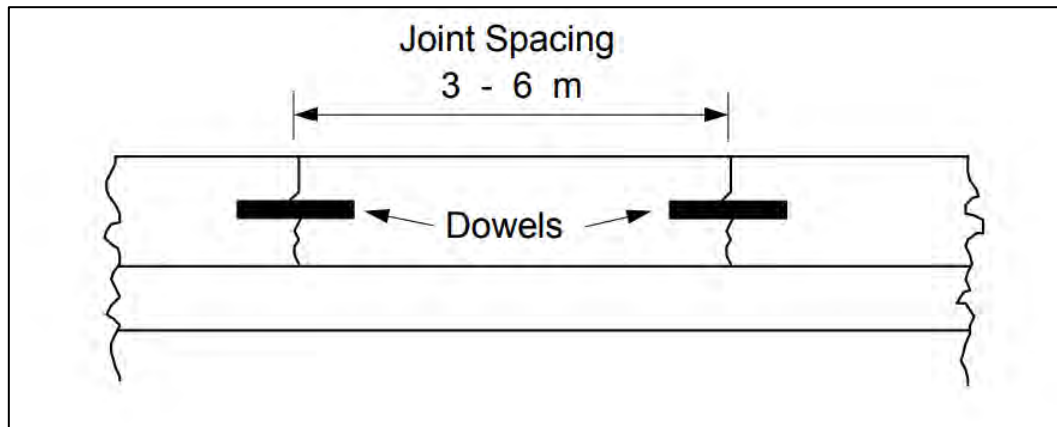


ถนนคอนกรีตที่ไม่มีการเสริมเหล็กกันรั้ว (Joint Plain Concrete Pavement: JPCP)

ถนนคอนกรีตที่ไม่มีการเสริมเหล็กกันรั้ว การถ่ายแรงบริเวณรอยต่อเกิดจากการขัดกันของมวลรวมของรอยแตกได้รอยต่อ แต่เพื่อให้การถ่ายแรงมีประสิทธิภาพจึงมักจะติดตั้งเหล็กเดือย (Dowel) บริเวณรอยต่อ ระยะระหว่างรอยต่อถึงรอยต่อจะมีระยะไม่มาก เนื่องจากไม่มีเหล็กเสริมกันรั้ว โดยปกติจะมีระยะห่างไม่เกิน 3 - 6 เมตร



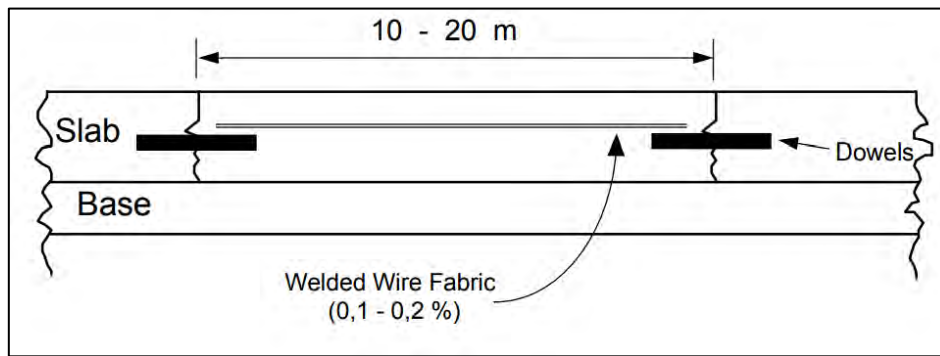
รูปที่ 1-209 รูปแบบถนนคอนกรีตที่ไม่มีการเสริมเหล็กกันรั้ว กรณี : ไม่มีลูกเดือย



รูปที่ 1-210 รูปแบบถนนคอนกรีตที่ไม่มีการเสริมเหล็กกันรั้ว กรณี : มีลูกเดือย

ถนนคอนกรีตที่เสริมเหล็กกันรั้ว (Joint Reinforced Concrete Pavement : JRCP)

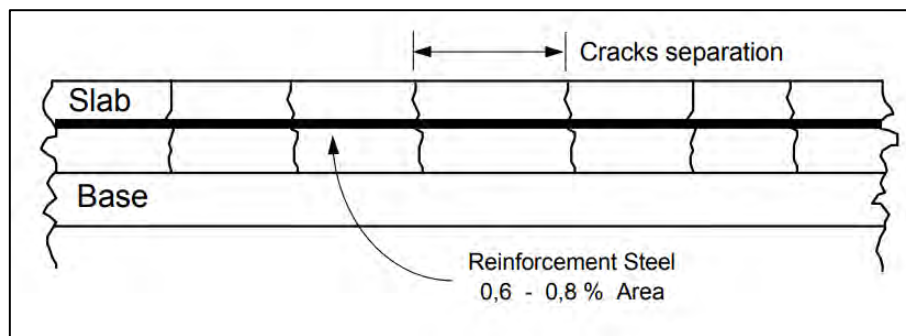
ถนนคอนกรีตที่เสริมเหล็กกันรั้วบริเวณผิวส่วนบนของชั้นคอนกรีตและมีเหล็กเดือยเพื่อการถ่ายแรงบริเวณรอยต่อ ถนนคอนกรีตประเภทนี้สามารถสร้างให้มีระยะห่างระหว่างรอยต่อได้ห่างกว่าชนิด JPCP เนื่องจากมีเหล็กเสริมกันรั้วป้องกันไม่ให้เกิดรอยแตก โดยปกติถนนคอนกรีตชนิดนี้จะสามารถสร้างระยะห่างระหว่างรอยต่อได้ระหว่าง 10 - 20 เมตร



รูปที่ 1-211 รูปแบบถนนคอนกรีตที่เสริมเหล็กกันร้าว

ถนนคอนกรีตที่ก่อสร้างโดยไม่มีรอยต่อตามขวาง (Continuously Reinforced Concrete Pavement: CRCP)

ถนนคอนกรีตที่ก่อสร้างโดยไม่มีรอยต่อตามขวาง ทั้งนี้รอยแตกแรกจะถูกป้องกันโดยเหล็กเสริมกันร้าวที่มากกว่า JRCF โดยเหล็กเสริมกันร้าวนี้จะทำหน้าที่ยึดรอยแตกที่เกิดขึ้นเข้าด้วยกันและทำหน้าที่ถ่ายตรงบริเวณรอยแตก



รูปที่ 1-212 รูปแบบถนนคอนกรีตที่ก่อสร้างโดยไม่มีรอยต่อตามขวาง

เพื่อให้เกิดความชัดเจนในการอธิบายประเภทการเสื่อมสภาพของผิวทางถนนคอนกรีต ในการศึกษาของ HDM-4 จึงได้ทำการเพิ่มในส่วนของพื้นที่เทบชั้นฐาน (Type of Slab) และชนิดของชั้นผิว (Subgrade Types) เข้าไปในแบบจำลองเพื่ออธิบายการเสื่อมสภาพผิวทางตามประเภทความเสียหาย (Distress Types) และชนิดของพื้นผิวคอนกรีต แสดงดังตารางที่ 1-67

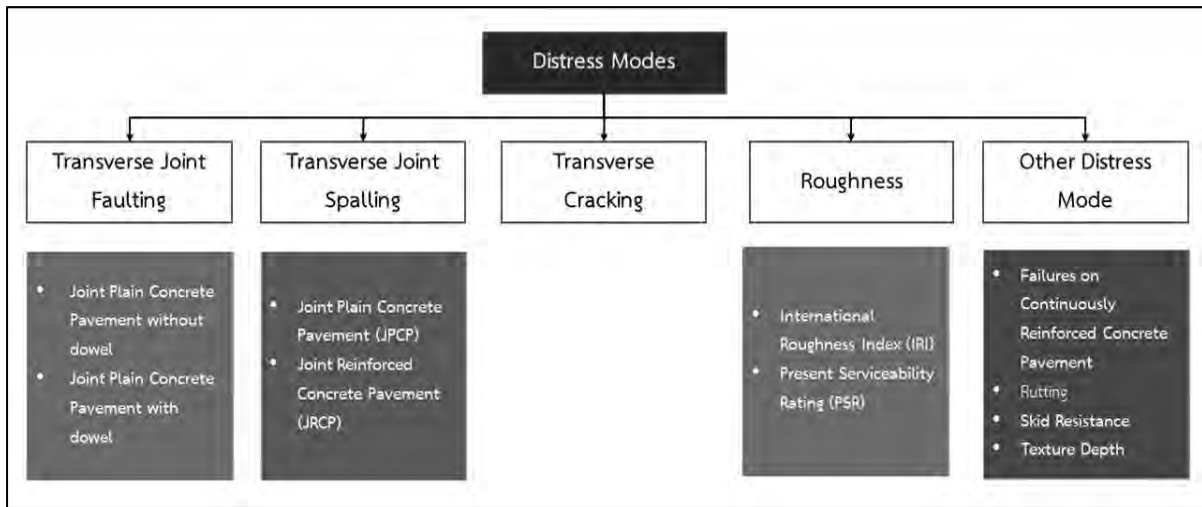
ตารางที่ 1-67 ประเภทชั้นผิวทางคอนกรีต

Base	Subgrade
Asphalt treated	Granular
Cement treated	Fine
Granular	
Fine	



ประเภทการเสื่อมสภาพของพื้นผิวคอนกรีต

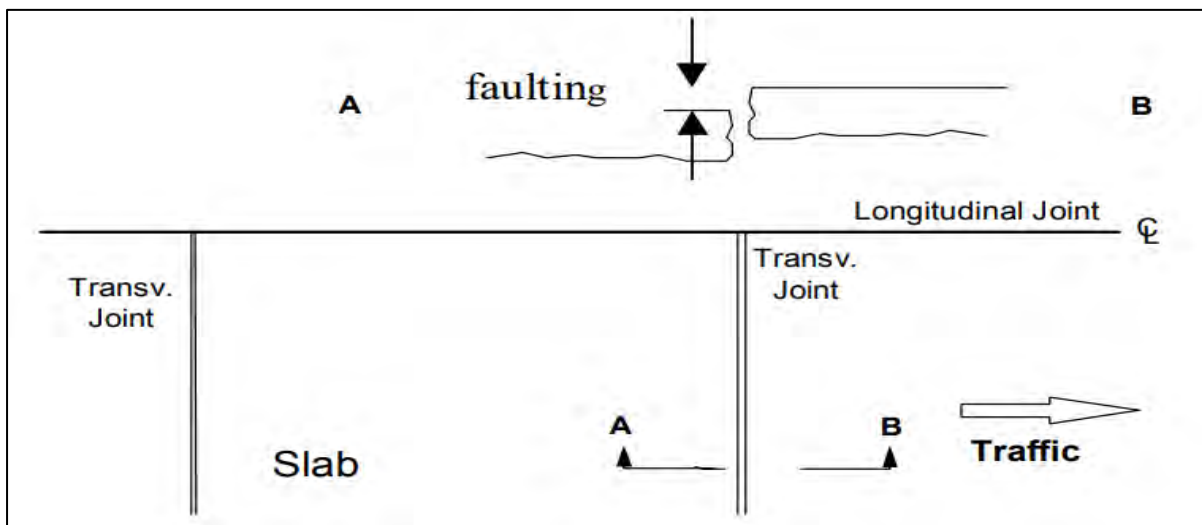
สำหรับการพิจารณาประเภทของการเสื่อมสภาพผิวทาง (Distress mode) ในกรณีของพื้นผิวคอนกรีต ตามการศึกษาของ HDM-4 จะแบ่งออกเป็น 5 ประเภท ประกอบด้วย Transverse Joint Faulting, Transverse Joint Spalling, Transverse Cracking, Roughness และ ความเสียหายประเภทอื่น ๆ (Other Distress Mode) ทั้งนี้แต่ละประเภทจะมีการพิจารณาแบบจำลองที่ใช้คำนวณตามประเภทพื้นผิวคอนกรีต โดยประเภทการเสื่อมสภาพ มีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 1-213 ประเภทความเสียหายที่เกิดกับพื้นผิวคอนกรีต

Transverse Joint Faulting

ในกรณีนี้เป็นลักษณะความเสียหายในรูปแบบของการทรุดตัวต่างระดับ (Faulting) ซึ่งเป็นลักษณะความเสียหายที่สังเกตได้จากแผ่นพื้นที่ติดกันมีระดับแตกต่างกัน สาเหตุเกิดจากการทรุดตัวของชั้นฐานรากไม่เท่ากันหรือความคลาดเคลื่อนจากการใช้เหล็กเสริมถ้าย่น้ำหนัก



รูปที่ 1-214 รูปแบบการเกิด Transverse Joint Faulting

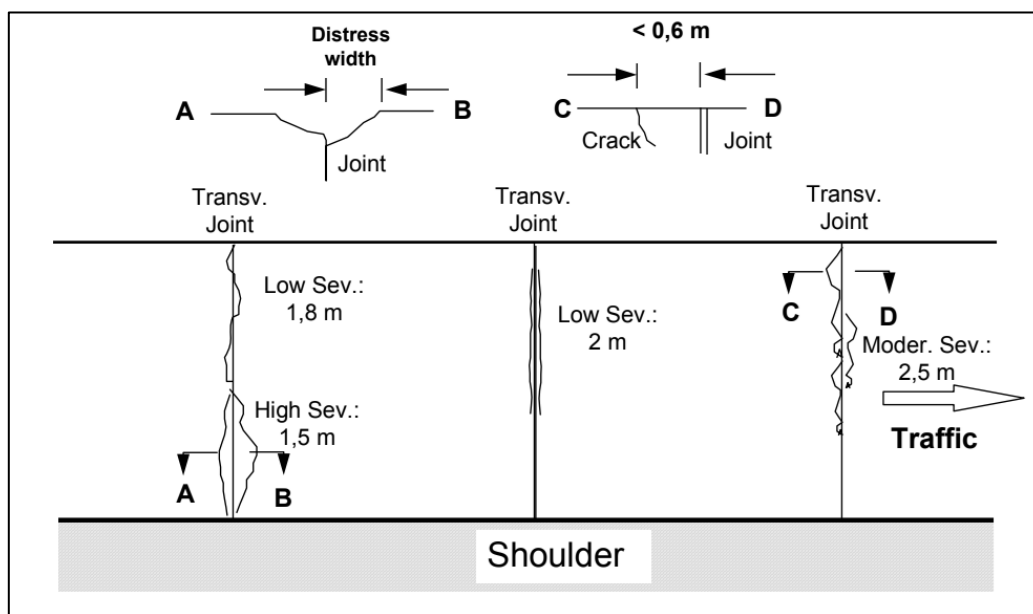


สำหรับแบบจำลองในการวิเคราะห์ Transverse Joint Faulting จะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ กรณีที่เกิดกับ Joint Plain Concrete Pavement without dowel (ไม่มีการเสริมเหล็กกันร้าว) และ Joint Plain Concrete Pavement with dowel (มีการเสริมเหล็กกันร้าว)

Transverse Joint Spalling

ความเสียหายในรูปแบบของผิวทางแตกกะเทาะ (Spalling) โดยเป็นลักษณะความเสียหายที่เกิดรอยร้าวและแตกเป็นสะเก็ดตามรอยต่อและมีความลึกไม่มากนัก สาเหตุมักเกิดจากรอยต่อไม่เรียบหรือคอนกรีตที่เส้นของรอยต่อไม่แข็งแรง เมื่อมีน้ำหนักมากดทับจึงทำให้แตกบิ่นกะเทาะ โดยระดับความเสียหายที่เกิดจากการกะเทาะในการศึกษาของ HDM-4 ได้แบ่งออกเป็น 3 ระดับดังนี้

- ความเสียหายระดับต่ำ โดยความลึกในจุดที่แตกกะเทาะบริเวณจุดเชื่อมน้อยกว่า 75 มิลลิเมตร
- ความเสียหายระดับปานกลาง โดยความลึกในจุดที่แตกกะเทาะบริเวณจุดเชื่อมอยู่ระหว่าง 75 - 150 มิลลิเมตร
- ความเสียหายระดับสูง โดยความลึกในจุดที่แตกกะเทาะบริเวณจุดเชื่อมมากกว่า 150 มิลลิเมตร



รูปที่ 1-215 รูปแบบการเกิด Transverse Joint Spalling

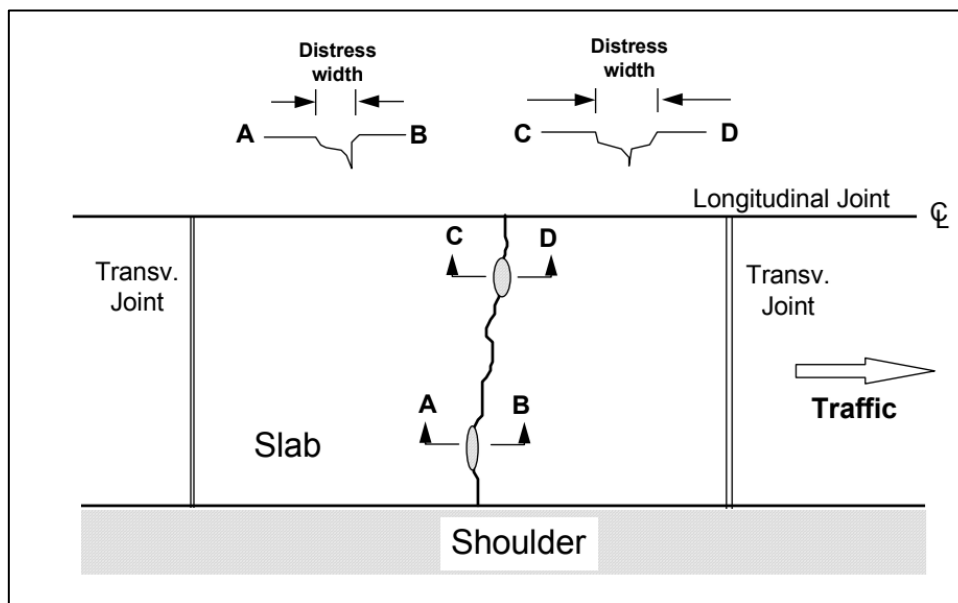
สำหรับแบบจำลองในการวิเคราะห์ Transverse Joint Spalling จะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ กรณีที่เกิดกับ Joint Plain Concrete Pavement (JPCP) และ Joint Reinforced Concrete Pavement (JRCP)



Transverse Cracking

ในกรณีนี้คือความเสียหายที่เกิดรอยแตกตามแนวขวางของแผ่นพื้น (Slab) สาเหตุเกิดจากการบิดตัวของแผ่นพื้นเนื่องจากอุณหภูมิหรือการหดตัวไม่เท่ากันของชั้นทาง ทั้งนี้ในการศึกษาของ SHRP (1993) ได้แบ่งระดับความรุนแรงของ Transverse Cracking ออกเป็น 3 ระดับ คือ

- ความเสียหายระดับต่ำ โดยความกว้างของจุดที่แตกบริเวณพื้นผิวน้อยกว่า 3 มิลลิเมตร โดยไม่เกิดการหลุดตัวต่างระดับและการกะเทาะ
- ความเสียหายระดับปานกลาง โดยความกว้างของจุดที่แตกบริเวณพื้นผิวอยู่ระหว่าง 3 - 6 มิลลิเมตร หรือเกิดการกะเทาะที่อยู่ในความเสียหายระดับต่ำ (น้อยกว่า 75 มิลลิเมตร) หรือมีการหลุดตัวที่น้อยกว่า 6 มิลลิเมตร
- ความเสียหายระดับสูง โดยความกว้างของจุดที่แตกบริเวณพื้นผิวอยู่มากกว่า 6 มิลลิเมตร หรือเกิดการกะเทาะที่อยู่ในความเสียหายระดับสูง (มากกว่า 75 มิลลิเมตร) หรือมีการหลุดตัวที่มากกว่า 6 มิลลิเมตร



รูปที่ 1-216 รูปแบบการเกิด Transverse Cracking

การพิจารณาความขรุขระ (Roughness) ของพื้นผิวคอนกรีต

สำหรับการพิจารณาค่า ความหยาบของผิวทาง (Roughness) ในการศึกษาของ HDM-4 สำหรับพื้นผิวของคอนกรีตจะสะท้อนออกมาเป็นค่า International Roughness Index (IRI) โดยมีหน่วยเป็น เมตรต่อกิโลเมตร ทั้งนี้ในบางแบบจำลองมีการพิจารณาค่าคุณภาพการขับขี่ (Ride Quality) โดยสะท้อนออกมาในค่าของ Present Serviceability Rating (PSR) ซึ่งค่าดังกล่าวจะถูกสะท้อนออกมาในลักษณะของเกณฑ์ ตั้งแต่ แย่มาก จนถึง ดีมาก แสดงดังตารางที่ 1-68



ตารางที่ 1-68 Present Serviceability Rating (PSR)

PSR	Condition
0 - 1	แย่มาก
1 - 2	แย่
2 - 3	ปานกลาง
3 - 4	ดี
4 - 5	ดีมาก

สำหรับการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่า IRI และ PSR จะถูกพิจารณาจากสมการด้านล่างนี้ ซึ่งเป็นการพัฒนาของ Al-Omari and Darter (1994)

การพิจารณาค่า Roughness ผสมกับค่า Present Serviceability Rating ตามการศึกษาของ HDM-4 จะใช้ในการพิจารณาพื้นผิวคอนกรีตประเภท Joint Plain Concrete Pavement, Joint Reinforced Concrete Pavement และ Continuously Reinforced Concrete Pavement

ความเสียหายประเภทอื่น ๆ (Other Distress Mode)

ความเสียหายที่คาดว่าจะเกิดขึ้นกับพื้นผิวคอนกรีต ในส่วนนี้จะประกอบด้วยกรณีของการแตกหักของเหล็กเสริมผิวคอนกรีตในกรณีพื้นผิวประเภท Continuously Reinforced Concrete Pavement (Failures on CRP) การเกิดร่อง (Rutting) ความต้านทานการลื่นไถลของผิวทาง (Skid Resistance) และความลึกของพื้นผิว (Texture Depth)

Failures on Continuously Reinforced Concrete Pavement

ความเสียหายของพื้นผิวประเภท Continuously Reinforced Concrete Pavement จะเกิดจากการคลายตัวและการแตกหักของเหล็กเสริมกันร้าว รวมถึงการกะเทาะในแนวขวางของพื้นผิว เพื่อให้สามารถอธิบายความเสียหายดังกล่าวในรูปแบบสมการได้ LAST (1996) จึงได้พัฒนาแบบจำลองเพื่อคำนวณความเสียหายนี้

การเกิดร่อง (Rutting)

ความเสียหายในกรณีนี้ของพื้นผิวคอนกรีตจะไม่เหมือนกับกรณีของพื้นผิวบิตูมินัส ซึ่งความเสียหายที่จะทำให้เกิดกับพื้นผิวคอนกรีตคือการสึกหรอของยางที่ใช้เป็นตัวประสาน

สำหรับแบบจำลองที่ใช้ในการอธิบายการเกิดร่องในการศึกษาของ HDM-4 จะเป็นแบบจำลองที่ใช้สำหรับพื้นผิวบิตูมินัส ซึ่งไม่สามารถนำมาอธิบายกับพื้นผิวคอนกรีตได้

ความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางคอนกรีต (Skid Resistance)

แบบจำลองที่ใช้ในการพิจารณาและพยากรณ์ค่าความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางคอนกรีตจะอ้างอิงตามแบบจำลองของ NDLI (1995)



ความลึกของพื้นผิว (Texture Depth)

ความเสียหายที่ส่งผลต่อความลึกของพื้นผิวคอนกรีต มีด้วยกันหลากหลายสาเหตุ ตั้งแต่การใช้พื้นผิวมาโครกับผิวทางคอนกรีตในขณะก่อสร้าง การเซาะร่องพลาสติก การขจัดคราบสกปรกโดยการแปรงลวดหรือการพ่นด้วยกรด รวมถึงสภาพแวดล้อม และปริมาณการจราจร ทั้งนี้ในการศึกษาของ HDM-4 ยังไม่ปรากฏแบบจำลองที่คาดการณ์การสูญเสียความลึกของพื้นผิวเนื่องจากการจราจรและสิ่งแวดล้อม

1.7.6 การศึกษาการประยุกต์แบบจำลอง การเสื่อมสภาพทาง (Deterioration Model) ของระบบ TPMS กับแบบจำลองการเสื่อมสภาพทางของสำนักวิจัยและพัฒนาทาง

ทางที่ปรึกษาดำเนินการศึกษาการประยุกต์แบบจำลองการเสื่อมสภาพทาง (Deterioration Model) ของระบบ TPMS กับแบบจำลองการเสื่อมสภาพทางของสำนักวิจัยและพัฒนาทาง เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบ TPMS รวมถึงการพิจารณาตัวแปรที่ได้จากการทบทวนการศึกษาของ HDM-4 เพื่อให้แบบจำลองการเสื่อมสภาพทางของระบบ TPMS มีความถูกต้องและเหมาะสมในการวิเคราะห์ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.7.6.1 แบบจำลองการเสื่อมสภาพทาง (Deterioration Model) ของระบบ TPMS

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลค่าความเสียหายที่ได้จากการสำรวจใน 1 รอบการสำรวจ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2562 ถึง ปี พ.ศ. 2564 โดยสรุปค่าความเสียหายของข้อมูลทั้ง 3 ปี และวิเคราะห์การเสื่อมสภาพทางที่ไม่ได้รับการซ่อมบำรุง ตลอดช่วงระยะเวลา 3 ปี โดยเปรียบเทียบกับแบบจำลองการเสื่อมสภาพทาง (Deterioration Model) จากโปรแกรมบริหารงานบำรุงทาง (Thailand Pavement Management System: TPMS) ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

- ขั้นตอนการปรับแก้ค่า Kgp ในแบบจำลองทำนายค่า IRI ของผิวทางลาดยาง
ในระบบ TPMS ได้มีการจัดทำแบบจำลองทำนายการเสื่อมสภาพความขรุขระผิวทางลาดยาง ใช้ค่าดัชนีความขรุขระสากล (IRI) เป็นดัชนีชี้วัดสภาพความขรุขระผิวทาง โดยในแบบจำลองต้นแบบของ HDM-4 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความขรุขระของผิวทาง ได้แก่ ความแข็งแรงโครงสร้างทาง ปริมาณจราจร ความเสียหายผิวทาง และสภาพแวดล้อม ซึ่งระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง (Roadnet) ได้ปรับแก้แบบจำลองให้อยู่ในรูปแบบอย่างง่าย ซึ่งไม่นำตัวแปรปริมาณความเสียหายของผิวทาง (รอยแตก ร่องล้อ หลุมบ่อ) ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความขรุขระผิวทาง มารวมในสมการทำนายการเสื่อมสภาพ โดยได้นำอายุการใช้งานของผิวทางมาเป็นตัวแทนผลกระทบของความเสียหายผิวทางที่มีต่อความขรุขระผิวทาง โดยมีรายละเอียดดังนี้



$$dIRI = K_{gp}(134Exp(K_{gm} \times m \times AGE3) \times (1 + 0.75SNC)^{-5} \times YE4 + 0.0121AGE3)(2.66) + (K_{gm} \times m \times RIa)$$

โดย

$dIRI$ = การเสื่อมสภาพของค่าความขรุขระของผิวทางลาดยาง

K_{gp} = ค่าปรับแก้อัตราการเสื่อมสภาพของความขรุขระผิวทาง

K_{gm} = ค่าปรับแก้ของค่าสัมประสิทธิ์ผลกระทบจากสภาพแวดล้อม โดยที่ค่าตั้งต้นมีค่าเท่ากับ 1

m = ค่าสัมประสิทธิ์ผลกระทบจากสภาพแวดล้อม (จากตาราง HDM-4 B10-3)

$AGE3$ = อายุสายทางตั้งแต่มีการเสริมผิว การบูรณะ หรือการก่อสร้างใหม่ (ปี)

SNC = ค่าความแข็งแรงของโครงสร้างทางตั้งแต่มีการก่อสร้าง การเสริมผิว การบูรณะ หรือการก่อสร้างใหม่ครั้งล่าสุด

$YE4$ = Annual Number of Equivalent Standard Axles (ล้าน ESAL/ช่องทางจราจร/ปี)

RIa = ค่าความขรุขระสากลเมื่อต้นปีที่สนใจ (ม./กม.)

ตารางที่ 1-69 ค่าสัมประสิทธิ์ผลกระทบจากสภาพแวดล้อม, m

ระดับความชื้น	ระดับอุณหภูมิ				
	Tropical	Sub-tropical Hot	Sub-tropical cool	Temperate cool	Temperate Freeze
Arid	0.005	0.010	0.015	0.020	0.030
Semi-Arid	0.010	0.015	0.020	0.030	0.040
Sub-Humid	0.020	0.025	0.030	0.040	0.050
Humid	0.025	0.030	0.040	0.050	0.060
Pre-Humid	0.030	0.040	0.050		

ตัวแปร SNC คือ Modified Structural Number หรือ ค่าความแข็งแรงของโครงสร้างทางที่รวมชั้นดินคันทางตั้งแต่มีการก่อสร้างหรือปรับปรุงทาง (Overlay, Reconstruction, Rehabilitation) ครั้งล่าสุด คำนวณได้จากรายละเอียดหน้าตัดโครงสร้างทางดังสมการที่ (2.67)



$$SNC = SN + 3.51 (\log_{10} CBRs) - 0.85 (\log_{10} CBRs)^2 - 1.43 \quad (2.67)$$

เมื่อ

$$SN = \sum_i^n (a_i h_i)$$

SN = ค่าความแข็งแรงของทาง

n = จำนวนชั้นทาง

a_i = ค่าสัมประสิทธิ์ความแข็งแรงของแต่ละชั้นทาง

h_i = ความหนาของแต่ละชั้นทาง

CBRs = ค่า CBR ภาคสนามของชั้นดินเดิม

ในกรณีที่มีข้อมูลการทดสอบการแอ่นตัวของโครงสร้างทาง ซึ่งกระทำโดยการทดสอบด้วย Benkelman Beam หรือ Falling Weight Deflectometer ก็สามารถนำมาคำนวณหาค่า SNC ได้จากสมการของ Paterson (1987) ในสมการ ดังนี้

$$SNC = 3.2 DEF^{-0.63} \quad \text{พื้นทางแบบมวลรวมไม่เชื่อมแน่น (Granular bases)}$$

$$SNC = 2.2 DEF^{-0.63} \quad \text{พื้นทางปรับปรุงด้วยซีเมนต์ (Cemented bases)}$$

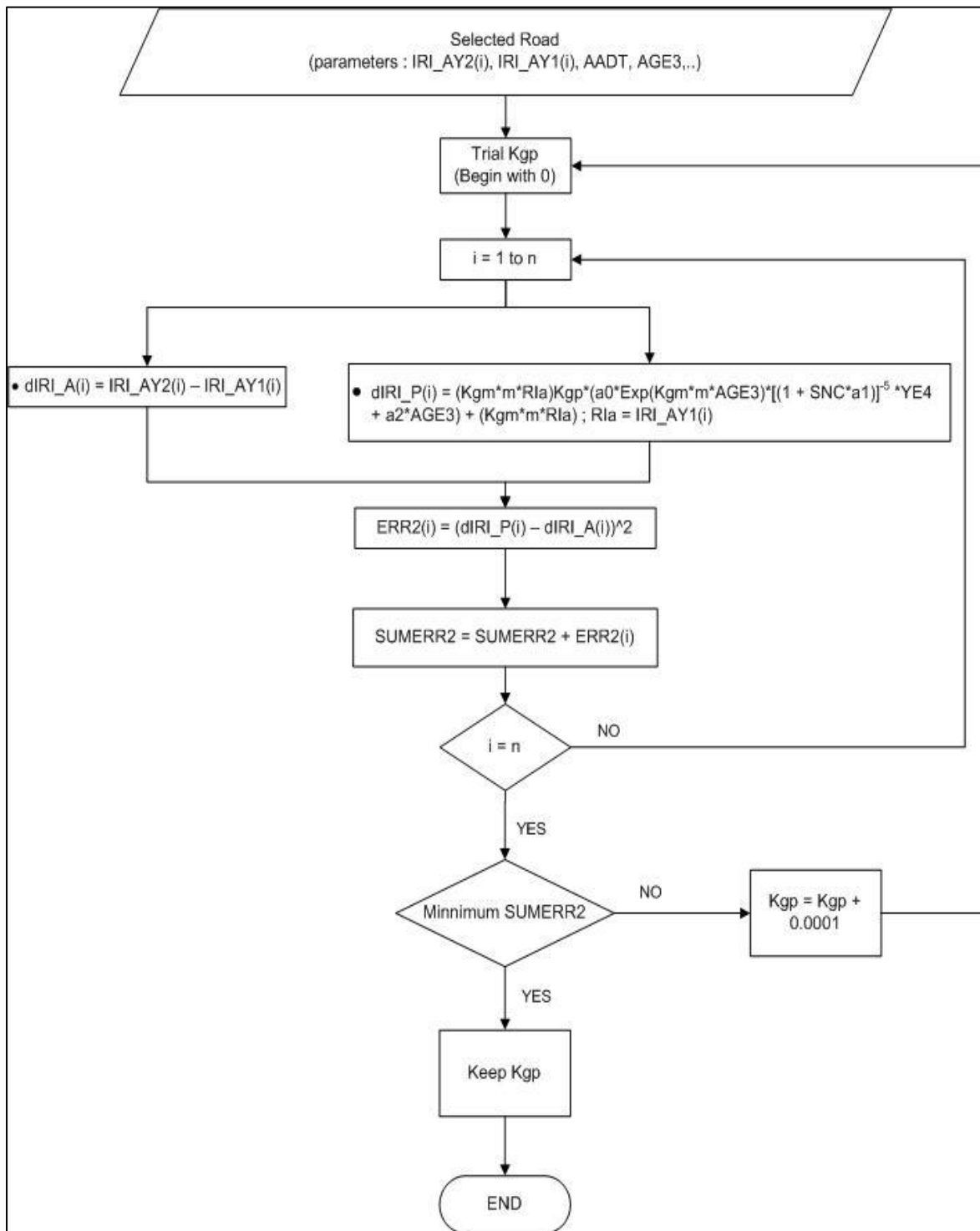
โดย DEF = ค่าการแอ่นตัวจากการวัดด้วยเครื่องมือ Benkelman Beam (มม.)

ในกรณีที่แขวงทางไม่มีข้อมูลค่าการแอ่นตัวจากการวัดด้วยเครื่องมือ Benkelman Beam หรือ Falling Weight Deflectometer และไม่ทราบรายละเอียดหน้าตัดโครงสร้างทาง จำเป็นต้องใช้ค่า SNC คำนวณจากหน้าตัดโครงสร้างทางที่กำหนดในแบบทั่วไปสำหรับปริมาณจราจรระดับต่าง ๆ

ตารางที่ 1-70 รายละเอียดหน้าตัดโครงสร้างทางและค่า SNC สำหรับประเภทชั้นทาง

ประเภทชั้นทาง	AADT	ความหนาผิวทาง (cm)	ความหนาพื้นทาง (cm)	ความหนารองพื้นทาง (cm)	ชั้น Select A (cm)	SNC
พิเศษ	>10,000	10	30	30	30	6.38
1	5,000 - 10,000	10	25	30	30	5.49
2	2,500 - 5,000	10	20	30	30	5.04
3	1,000 - 2,500	5	25	30	30	4.55
4	<= 1,000	5	20	30	30	3.50

ที่มา : โครงการพัฒนาระบบฐานข้อมูล และระบบบริหารงานบำรุงทางของกรมทางหลวง ปี 2552



รูปที่ 1-217 Flow Chart แสดงขั้นตอนการปรับแก้ค่า Kgp



- การปรับแก้ค่า Kgp ในแบบจำลองการทำนายค่า IRI ของผิวทางลาดยาง

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการปรับแก้ค่า Kgp ของสมการคาดการณ์ความขรุขระของผิวทางลาดยาง โดยการคัดเลือกสายทางตัวอย่างทั้งหมด 34 สายทาง เพื่อใช้เป็นตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการปรับแก้ ในอนาคตเมื่อมีการสำรวจเก็บและจัดเก็บข้อมูล IRI เพิ่มขึ้น โดยสายทางตัวอย่างนี้เป็นสายทางที่มีการซ่อมบำรุงปกติ (Routine Maintenance) ช่วงปี พ.ศ. 2562 - 2565 โดยจะใช้อ้างอิงและติดตามพฤติกรรมอย่างต่อเนื่องในอนาคตเพื่อสะสมข้อมูลในระยะยาวสำหรับใช้เป็นกลุ่มข้อมูลในการปรับแก้ค่าคงที่ของสมการในอนาคต โดยแสดงวิธีการคัดเลือกสายทางดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การนำเข้าข้อมูล

ที่ปรึกษาได้นำเข้าข้อมูลโดยได้รับความอนุเคราะห์จากสำนักบริหารบำรุงทาง และสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง เพื่อนำข้อมูลมาใช้ประกอบการปรับแก้ค่า Kgp ในแบบจำลองการทำนายค่า IRI ของผิวทางลาดยางโดยข้อมูลดังกล่าวทางที่ปรึกษาได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการแล้ว รายละเอียดของข้อมูลประกอบด้วย

- ชื่อสายทาง
- ตอนควบคุม
- ตำแหน่ง กม.
- วันที่สำรวจค่า IRI
- ผลการสำรวจค่า IRI

ขั้นตอนที่ 2 การคัดเลือกสายทาง

หลังจากการรวบรวมข้อมูล ทางที่ปรึกษาได้คัดเลือกสายทางที่จะนำข้อมูลมาวิเคราะห์ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

- เลือกสายทางที่มีงานบำรุงตามเป็นสายทางที่มีการซ่อมบำรุงปกติ (Routine Maintenance)
- เลือกเฉพาะสายทางที่ไม่มีการซ่อมบำรุงเกิดขึ้นในระยะเวลา 3 ปี (ช่วงปี พ.ศ. 2562 - 2565)



รูปที่ 1-218 การคัดเลือกช่วงอายุผิวทาง

- สายทางที่คัดเลือกผลการสำรวจของ IRI เฉลี่ยจะต้องเพิ่มขึ้นทุกปี เพื่อให้ได้สายทางที่ไม่มีการซ่อมบำรุงเกิดขึ้นอย่างแท้จริง



ตารางที่ 1-71 รายละเอียดเบื้องต้นของสายทาง

ลำดับ	หมายเลขทางหลวง	ตอนควบคุม	ชื่อสายทาง	IRI (m/km)			AADT	%HV
				2565	2564	2563		
1	1	102	แยก คปอ. - สนามกีฬาธูปะเตมีย์	4.32	3.94	3.67	37,067	5.5
2	1	201	สนามกีฬาธูปะเตมีย์ - ต่างระดับคลองหลวง	2.82	2.73	2.54	248,026	11.23
3	1	1301	เม็กกา - แยกประตูชัย	3.76	3.53	3.32	14,886	5.24
4	1	1401	พาน - ร่องขุน	2.55	2.39	2.34	10,760	8.73
5	1	1402	ร่องขุน - แยกแม่กรณ์	2.54	2.14	2.04	15,425	13.47
6	1	1403	แยกแม่กรณ์ - ห้วยพลู	2.44	2.31	2.22	28,551	0.85
7	2	204	ไรโคสูง - โคกกรวด	3.13	2.71	2.47	40,771	25.89
8	2	301	นครราชสีมา - ดอนหวาย	2.79	2.41	2.30	61,841	1.18
9	2	502	ขอนแก่น - หินลาด	2.99	2.59	2.35	51,781	7.08
10	2	700	น้ำสวย - สะพานมิตรภาพที่หนองคาย (เขตแดนไทย/ลาว)	2.39	2.12	1.94	30,204	28.88
11	3	101	บางนา - แบริ่ง	6.37	5.40	4.51	18,308	13.7
12	3	102	แบริ่ง - ท้ายบ้าน	3.96	3.69	3.21	18,308	13.7
13	3	702	แม่น้ำเวฬุ - เขาสมิ้ง	2.96	2.90	2.80	14,383	13.66
14	3	704	แม่น้ำตราด - หาดเล็ก	3.09	2.64	2.27	9,758	5.21
15	11	403	บ้านป่า - นาวิน	3.73	3.31	3.00	21,095	13.11
16	11	800	ขุนตาน - อุเม็งค์	2.21	2.17	2.08	25,649	24.3

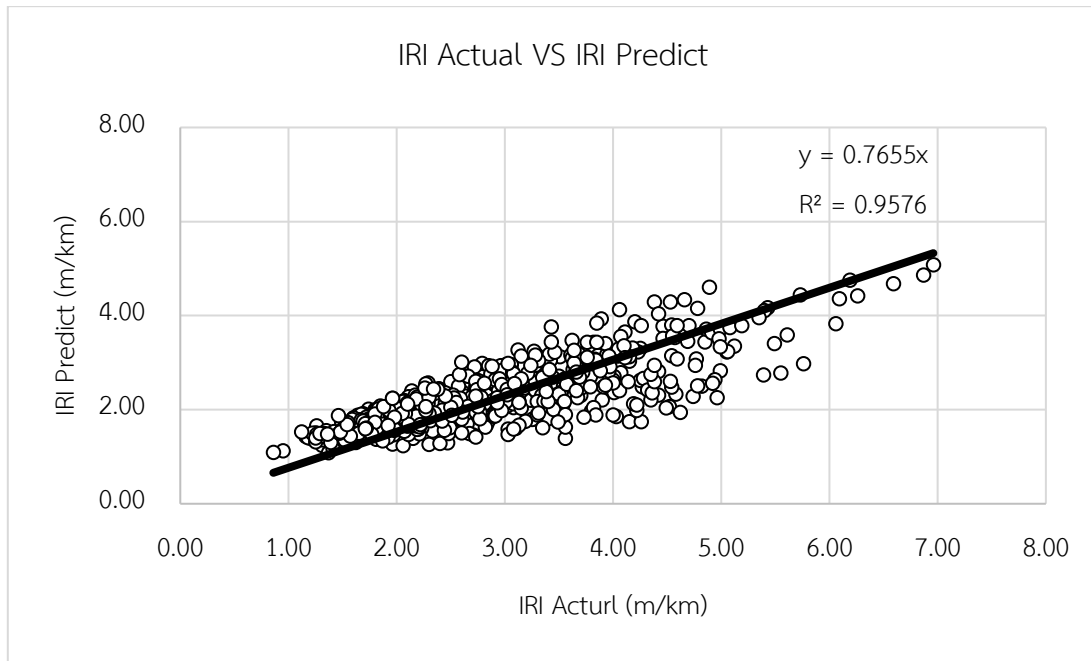


ตารางที่ 1-71 รายละเอียดเบื้องต้นของสายทาง (ต่อ)

ลำดับ	หมายเลขทางหลวง	ตอนควบคุม	ชื่อสายทาง	IRI (m/km)				AADT	%HV
				2565	2564	2563	2562		
17	12	602	แยกอาเซียน - น้ำตก	3.34	3.00	2.85	2.17	9,514	5.87
18	12	802	ขอนแก่น - พรหมนิมิตร์	3.69	2.94	2.45	2.25	21,825	6.76
19	21	503	หัวนา - สักหลง	2.54	2.26	2.13	1.86	13,888	7.96
20	22	100	อุตรธานี - ทนองขาม	3.51	3.13	2.98	2.62	30,353	10.78
21	22	202	หนองหาน - บ้านยา	2.25	1.99	1.79	1.51	16,399	37.2
22	22	501	โชคอำนวย - กุรุค	1.65	1.51	1.43	1.29	5,464	11.24
23	23	302	ร้อยเอ็ด - เสถุมิ	2.87	2.57	2.50	2.01	11,445	1.65
24	23	402	ยโสธร - บ้านย่อ	2.46	2.19	2.01	1.77	13,041	9.17
25	24	303	นางรอง - โดกตะแบก	3.64	3.10	2.85	2.50	18,056	22.86
26	24	402	กระเทียม - ห้วยสำราญ	2.55	2.10	1.76	1.51	6,770	27.53
27	24	601	ห้วยซ่าง - แยกการซ่าง	1.79	1.54	1.39	1.28	7,706	22.92
28	24	602	แยกการซ่าง - นากระแซง	3.04	2.86	2.48	2.31	5,075	14.42
29	32	101	บางปะอิน - อุธยา	2.27	2.15	1.99	1.85	111,937	24.02
30	32	102	อุธยา - นครหลวง	3.91	3.24	2.91	2.51	39,670	29.45
31	33	300	บางปะหัน - โดกแดง	4.96	4.56	3.41	2.55	7,617	33.57
32	33	501	คลองยาง - นครนายก	3.68	3.23	2.75	2.29	24,227	50.51
33	36	102	บ้านโป่ง - มะขามคู้	3.88	3.23	3.11	2.33	44,877	35.33
34	38	100	ทางยกระดับบ่อนสุรณีสถาน - รังสิต	2.34	2.30	2.23	2.09	26,309	10.84



ที่ปรึกษาได้นำค่า IRI ของทั้ง 34 สายทาง มาใช้ในการปรับแก้ค่า Kgp โดยผลการปรับแก้พบว่าค่า Kgp ที่ดีที่สุด คือ 3.140 ซึ่งให้ค่าผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อนที่ต่ำที่สุด (Minimum Sum of Square Error/N) อยู่ที่ 0.157 (ม./กม.)² และเมื่อทดสอบความสัมพันธ์ทางสถิติได้นำข้อมูลค่า IRI จริง และ IRI จากแบบจำลอง มาคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พบว่าค่า R² มีค่าเท่ากับ 0.9904



รูปที่ 1-219 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า IRI จริง และ IRI จากแบบจำลอง

อย่างไรก็ตาม การปรับแก้ค่า Kgp ที่แสดงข้างต้น มีข้อจำกัดบางประการ เช่น ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับตัวแปรในสมการ dIRI มิได้ครบถ้วนจึงจำเป็นต้องใช้ค่าสมมุติโดยให้อยู่บนพื้นฐานของความเป็นจริง เช่น ค่า SNC หากจะใช้ค่าที่ถูกต้อง จำเป็นต้องทราบถึงความหนาของโครงสร้างชั้นทางแต่ละชั้น ซึ่งในกรณีนี้ยังไม่มีข้อมูล จึงต้องใช้ค่า SNC ทั่วไปตามประเภทของชั้นทางแทน



1.7.6.2 แบบจำลองการเสื่อมสภาพทางของสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง

จากโครงการศึกษาเพื่อพัฒนาและบูรณาการระบบคลังข้อมูลงานวิจัยของกรมทางหลวงของสำนักวิจัยและพัฒนางานทางจะใช้วิธี การประมวลผลค่าดัชนีสภาพผิวทาง (Pavement Condition Index : PCI) ซึ่งการประเมินค่า PCI จะเป็นดัชนีที่ใช้บ่งชี้ความราบเรียบของการขับขี่ ซึ่งเป็นคุณลักษณะของผิวทาง โดยมีสูตรการคำนวณ ดังนี้

$$PCI = 100 - \sum_{i=1}^{N_{Type}} \sum_{j=1}^{N_{Level}} \beta_{i,j} D_{i,j} \quad (1.68)$$

โดย

PCI = ค่าดัชนีสภาพทาง (Pavement Condition Index)

$\beta_{i,j}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การเสื่อมสภาพของความเสียหายประเภท i ที่ระดับความรุนแรง j โดยค่าสัมประสิทธิ์สำหรับผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตและผิวทางคอนกรีต

$D_{i,j}$ = ร้อยละของประเภทความเสียหายประเภท i ที่ระดับความรุนแรง j ภายพื้นที่ผิวทางที่จะประเมิน โดยวิธีการคำนวณค่า $D_{i,j}$ จะแบ่งตามหน่วยนับความเสียหาย ซึ่งมี 3 รูปแบบ

N_{Type} = จำนวนประเภทความเสียหายที่มีทั้งหมดภายในพื้นที่ผิวทางที่จะประเมิน

N_{Level} = จำนวนระดับความรุนแรงของแต่ละประเภทความเสียหาย ซึ่งมี 3 ระดับคือ เล็กน้อย ปานกลาง และสูง

รูปแบบหน่วยนับความเสียหายของค่า $D_{i,j}$

- ความเสียหายประเภทที่มีหน่วยนับเป็น ตร.ม. โดย $D_{i,j} = (\text{พื้นที่ความเสียหาย} \times 100) / \text{พื้นที่ผิวทางที่จะประเมิน}$
- ความเสียหายประเภทที่มีหน่วยนับเป็น ม. โดย $D_{i,j} = (\text{ความยาวความเสียหาย} \times 0.5 \text{ ม.} \times 100) / \text{พื้นที่ผิวทางที่จะประเมิน}$ โดยสมมติให้ความกว้างประสิทธิภาพของความเสียหายเชิงเส้นมีค่าเท่ากับ 0.5 ม.
- ค่าเฉลี่ยความลึกร่องล้อซึ่งมีหน่วยเป็น มม. วิธีการประมวลผลจะสมมติให้ความกว้างแนวล้อด้านซ้ายและแนวล้อด้านขวาที่ใช้ค่าความลึกร่องล้อของช่องจราจรนั้น ๆ มีความกว้างด้านละ 0.75 ม. ตามคำจำกัดความแถบแนวล้อ (Wheel Path Band) ของ AASHTO ทั้งนี้การแบ่งระดับความรุนแรงของความลึกร่องล้ออ้างอิงคู่มือตรวจสอบและประเมินสภาพความเสียหายของผิวทาง กรมทางหลวง (2550) ดังนี้
 - ความเสียหายเล็กน้อย (Low) ร่องล้อลึกเฉลี่ย 6 มม. - 12 มม.
 - ความเสียหายปานกลาง (Medium) ร่องล้อลึกเฉลี่ย 12 มม. - 25 มม.
 - ความเสียหายรุนแรง (High) ร่องล้อลึกเฉลี่ยมากกว่า 25 มม.



ดังนั้น $D_{i,j}$ = (ความยาวช่วงถนนที่มีความลึกร่องล้อในแต่ละระดับความรุนแรง \times 1.50 มม. \times 100) / พื้นที่ผิวทางที่จะประเมิน

นอกจากนี้สำนักวิจัยและพัฒนาทางได้รวบรวมข้อมูลในส่วนของการสำรวจค่าความเสียหายของสภาพผิวทางต่าง ๆ รวมถึงข้อมูลปริมาณจราจรซึ่งรวบรวมอยู่ในระบบฐานข้อมูลงานสำรวจสมรรถนะทางหลวง ของสำนักงานวิจัยและพัฒนาทาง โดยข้อมูลดังกล่าวประกอบด้วย

- ค่าความขรุขระสากล
- ค่าความผิด
- ความแข็งแรงของโครงสร้างถนน
- ดัชนีสภาพทาง
- การโก่งตัวของชั้นโครงสร้าง
- การเกิดร่องล้อ
- ค่าความเสียดทานของผิวทาง
- ค่าความลึกผิวเฉลี่ย
- ปริมาณจราจร (AADT)
- ร้อยละรถบรรทุกหนัก (%HV)
- จำนวนเที่ยวของเพลตต่อปี (ESALs/year)

ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ที่ปรีกษานำไปประยุกต์กับแบบจำลองการเสื่อมสภาพทาง (Deterioration Model) กับของระบบ TPMS ต่อไป โดยได้นำสายทางมาวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1-72 แสดงรายละเอียดสายทางที่นำมาวิเคราะห์

จำนวนสายทาง	ระยะทางทั้งหมด (กม.)	IRI (ม./กม.)	ร่องล้อ (ตร.ม.)	รอยแตก (ตร.ม.)	หลุมร่อน (ตร.ม.)	ปะชอม (ตร.ม.)	หลุมบ่อ (ตร.ม.)	ผิวทางเยิ้ม (ตร.ม.)
38	1084.7	2.14	4.13	21.21	0.98	6.57	0.20	5.20



การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า IRI และค่า PCI จำเป็นต้องหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า IRI และค่าความเสียหายต่าง ๆ เพื่อนำมาเป็นค่า PCI ที่ถูกต้อง และในการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า IRI และค่าความเสียหายหรือตัวแปรต่าง ๆ มีด้วยกัน 2 วิธี คือ 1. การหาระดับความสัมพันธ์ (Pearson Correlation Coefficient) และ 2. การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Linear Regression) เพื่อหาความสัมพันธ์ในการทำนาย

ข้อมูลที่จะทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในครั้งนี้เป็นข้อมูลราย 1 กิโลเมตร แต่เนื่องจากข้อมูลมีด้วยกัน 2 ชุด นั่นคือ ข้อมูลที่มีตัวแปรเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ความเสียหาย (Density) และข้อมูลที่มีตัวแปรเป็นค่า Deduct Value โดยพิจารณาจากเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบโดยใช้วิธีข้อสนเทศของอาไคเคะ (Akaike's Information Criterion) หรือค่า AIC ที่ต่ำที่สุดเป็นตัวแบบที่ใช้อธิบายตัวแปรตามได้ถูกต้องที่สุด

1. ค่า AIC จากการวิเคราะห์ค่า IRI และค่า Deduct Value

Forward Selection of Terms

Achieved minimum AICc = 1971.78

ที่มา : การวิเคราะห์โดยโปรแกรม Minitab

2. ค่า AIC จากการวิเคราะห์ค่า IRI และค่า Density

Forward Selection of Terms

Achieved minimum AICc = 2190.46

ที่มา : การวิเคราะห์โดยโปรแกรม Minitab

จากรูปจะเห็นได้ว่า ค่า AIC จากการวิเคราะห์ด้วยค่า Deduct Value มีค่าน้อยกว่าการวิเคราะห์ด้วยค่า Density จึงพิจารณาว่าตัวแบบที่วิเคราะห์จากค่า Deduct Value เป็นตัวแบบที่ใช้อธิบายค่า IRI ได้ถูกต้องที่สุด

เมื่อทำการคัดเลือกชุดข้อมูลได้แล้ว นำข้อมูลที่ได้มาทำการหาระดับความสัมพันธ์ (Pearson Correlation Coefficient) และวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Linear Regression)



1. การหาระดับความสัมพันธ์ (Pearson Correlation Coefficient)

		Correlations						
		Average of iri_21	Average of deduct_rutting	Average of deduct_total_crack	Average of deduct_rav	Average of deduct_patch	Average of deduct_phole	Average of deduct_bleeding
Average of iri_21	Pearson Correlation	1	.341**	.466**	.147**	.457**	.052	.310**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000	.084	.000
	N	1116	1116	1116	1116	1116	1116	1116
Average of deduct_rutting	Pearson Correlation	.341**	1	.207**	.177**	.288**	.008	.138**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.000	.000	.800	.000
	N	1116	1116	1116	1116	1116	1116	1116
Average of deduct_total_crack	Pearson Correlation	.466**	.207**	1	.050	.399**	.126**	.387**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.098	.000	.000	.000
	N	1116	1116	1116	1116	1116	1116	1116
Average of deduct_rav	Pearson Correlation	.147**	.177**	.050	1	.237**	.127**	.005
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.098		.000	.000	.858
	N	1116	1116	1116	1116	1116	1116	1116
Average of deduct_patch	Pearson Correlation	.457**	.288**	.399**	.237**	1	.113**	.071*
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000		.000	.018
	N	1116	1116	1116	1116	1116	1116	1116
Average of deduct_phole	Pearson Correlation	.052	.008	.126**	.127**	.113**	1	.027
	Sig. (2-tailed)	.084	.800	.000	.000	.000		.362
	N	1116	1116	1116	1116	1116	1116	1116
Average of deduct_bleeding	Pearson Correlation	.310**	.138**	.387**	.005	.071*	.027	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.858	.018	.362	
	N	1116	1116	1116	1116	1116	1116	1116

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).
* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

รูปที่ 1-220 แสดงการวิเคราะห์ Correlation จากโปรแกรม SPSS

โดย	Average of iri_21	คือ	ดัชนีความขรุขระสากล
	Average of deduct_rutting	คือ	ค่าเฉลี่ย deduct value ของการเกิดร่องล้อ
	Average of deduct_total_crack	คือ	ค่าเฉลี่ย deduct value ของการเกิดรอยแตก
	Average of deduct_patch	คือ	ค่าเฉลี่ย deduct value ของการปะผิวถนน
	Average of deduct_rav	คือ	ค่าเฉลี่ย deduct value ของการสึกกร่อน
	Average of deduct_phole	คือ	ค่าเฉลี่ย deduct value ของการเกิดหลุมบ่อ
	และ Average of deduct_bleeding	คือ	ค่าเฉลี่ย deduct value ของการเอี่ยมของผิวถนน

จากการวิเคราะห์ระดับความสัมพันธ์ (Pearson Correlation Coefficient) พบว่าตัวแปร Average of deduct_rutting, Average of deduct_total_crack, Average of deduct_patch และ Average of deduct_bleeding มีค่า P-value < 0.001 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สรุปได้ว่าตัวแปรเหล่านี้กับค่า IRI มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ และจะเห็นได้ว่ามีเพียงตัวแปร Average of deduct_Phole เท่านั้นที่มีค่า P-value = 0.84 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่า ตัวแปร Average of deduct_Phole และค่า IRI ไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ



2. การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Linear Regression)

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1.888	.021		89.870	.000
	Average of deduct_rutting	.013	.002	.176	6.927	.000
	Average of deduct_total_crack	.010	.001	.250	8.733	.000
	Average of deduct_rav	.016	.011	.037	1.465	.143
	Average of deduct_patch	.021	.002	.289	10.471	.000
	Average of deduct_phole	-.017	.018	-.023	-.936	.350
	Average of deduct_bleeding	.032	.005	.169	6.437	.000

a. Dependent Variable: Average of iri_21

รูปที่ 1-221 แสดงการวิเคราะห์ Regression จากโปรแกรม SPSS

จากการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Linear Regression) พบว่าตัวแปร Average of deduct_rav และตัวแปร Average of deduct_phole มีค่า P-value = 0.143 และ 0.350 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 นั่นคือไม่มีความสัมพันธ์กับค่า IRI อย่างมีนัยสำคัญ หมายความว่าตัวแปรทั้ง 2 ตัวนี้ไม่ควรนำเข้ามาในสมการถดถอยพหุคูณ ดังนั้นจะมีเพียงตัวแปร Average of deduct_rutting, Average of deduct_total_crack, Average of deduct_patch และ Average of deduct_bleeding ที่มีค่า P-value < 0.001 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หมายความว่าตัวแปรเหล่านี้กับค่า IRI มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ โดยสมการจากการศึกษาคือ

$$\text{Average of IRI} = 1.888 + 0.013(\text{deductrutting}) + 0.010(\text{deductcracking}) + 0.021(\text{deductpatch}) + 0.032(\text{deductbleeding})$$

จากการศึกษาจะเห็นได้ว่าคุณค่า Deduct Value ของ Rutting Cracking Patching และ Bleeding สามารถนำมาใช้ประเมินค่า PCI เบื้องต้นได้ แต่ทั้งนี้ควรจะต้องมีการสำรวจค่าความเสียหายให้ละเอียดมากขึ้น และมีการศึกษาเพิ่มเติม เพื่อให้การประเมิน PCI มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น



1.7.7 การศึกษาเครื่องมือประเมินสมรรถนะของถนน ในมิติอื่น ๆ นอกจากเครื่องมือประเมินสภาพผิวทาง ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

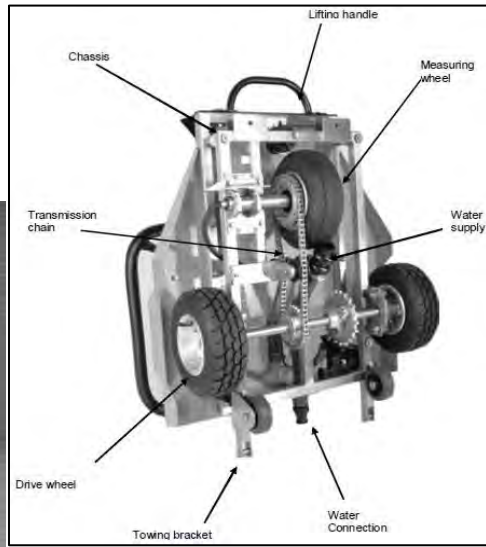
ที่ปรึกษาทำการศึกษาเครื่องมือประเมินสมรรถนะของถนนในมิติอื่น ๆ นอกจากเครื่องมือประเมินสภาพผิวทาง โดยมีตัวอย่างการเครื่องมือที่นิยมใช้ดังต่อไปนี้

1) เครื่องมือสำรวจข้อมูลความเสียดทาน (Skid Resistance)

1.1 การสำรวจความเสียดทานแบบต่อเนื่อง (Continuous Friction Measuring Equipment)

การสำรวจความเสียดทานแบบต่อเนื่อง (Continuous Friction Measuring Equipment) ประกอบด้วยเครื่องมือหลากหลายรูปแบบ มีเครื่องมือหนึ่งที่เป็นที่นิยมใช้ในประเทศไทย คือ เครื่องมือทดสอบแบบ Fixed-slip จะใช้วัดความต้านทานการหมุนของล้อชนิดเรียบที่ไถลที่ความเร็วค่าหนึ่ง ๆ ประมาณร้อยละ 12 - 20 ของความเร็วรถที่ทำการลาก โดยจะทำการทดสอบขณะพื้นผิวเปียกที่ความหนาของชั้นน้ำเท่ากับ 0.5 มิลลิเมตร ที่ด้านหน้ารถต่อพ่วงที่มีเครื่องมือวัดค่าความเสียดทานจะทดสอบที่ความเร็ว 64 กม./ชม. การทดสอบการหมุนของล้อจะถูกยับยั้งล้อที่หมุน เมื่อถึงร้อยละความเร็วของรถลากที่กำหนด น้ำหนักล้อ แรงเสียดทาน จะถูกคำนวณโดยการแปลงค่าแรงดึงและโมเมนต์บิด

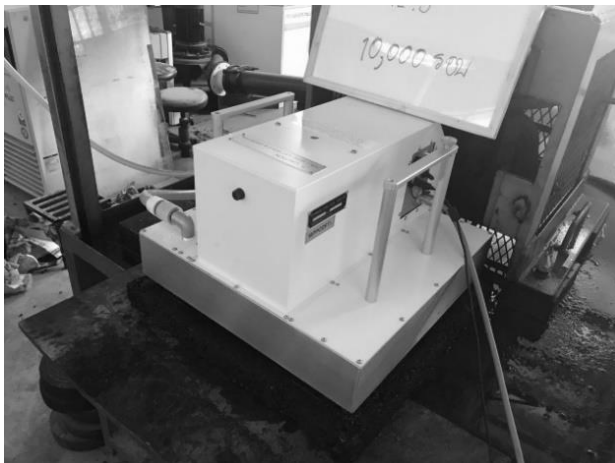
โดยการสำรวจความเสียดทานแบบต่อเนื่อง (Continuous Friction Measuring Equipment) ในโครงการนี้จะทำการสำรวจความต้านทานการลื่นไถลด้วยเครื่องมือตรวจวัดค่าความเสียดทานที่ความเร็วสูงแบบ Fixed-Slip Friction Testing Device ซึ่งเป็นการทดสอบความเสียดทานผิวทาง โดยวิธีวัดความฝืดระหว่างผิวทางถนนกับล้อยางของรถทดสอบ ที่มีลักษณะเป็นรถทดสอบพ่วง 2 ล้อ และล้อทดสอบ 1 ล้อ ติดตั้งอยู่กับเพลลา และมีกลไก ที่ใช้ต้านทานการเคลื่อนที่โดยเกียร์ และระบบโซ่เชื่อมกับเพลลาล้อขับเคลื่อนทำให้เกิดการหมุนงที่ล้อทดสอบ กำหนดน้ำหนักที่กระทำลงบนล้อทดสอบในแนวตั้ง เพื่อสามารถคำนวณแรงที่ตกลงบนพื้นผิวทาง อันเป็นตัวแปรที่สำคัญต่อความเสียดทานที่จะทดสอบได้ ในการทดสอบจะทดสอบด้วยล้อในสภาพพื้นผิวเปียกที่ความเร็วคงที่ด้วยการวัดแรงลื่นไถล สำหรับการทดสอบผิวทางในสภาพเปียกน้ำจะถูกเก็บสะสมไว้ที่ถังน้ำ ซึ่งอยู่บนรถลากต่อพ่วงกับวาล์วควบคุมหัวฉีดน้ำที่ติดตั้งอยู่บริเวณด้านหน้าของล้อทดสอบ เพื่อปล่อยน้ำที่บริเวณล้อทดสอบ ควบคุมโดยชุดปั๊มที่ติดตั้งอยู่ในชุดรถทดสอบ เพื่อให้ได้ความหนาของฟิล์มน้ำตามที่มาตรฐานได้กำหนดไว้ เมื่อเริ่มการวิ่งตัวรถทดสอบจะตรอบของล้อยางรถทดสอบให้ต่ำกว่ารอบที่รถลากขณะวิ่ง จึงเป็นการจำลองการห้ามล้อแบบไม่ลือกล้อ (Anti-Brake System) ทำให้สามารถทดสอบความเสียดทานตามยาวในลักษณะต่อเนื่องได้ (Continuous Longitudinal Friction)



รูปที่ 1-222 เครื่องมือ Fixed Slip

1.2 การสำรวจข้อมูลความเสียดทานแบบจุด (Skid Resistance)

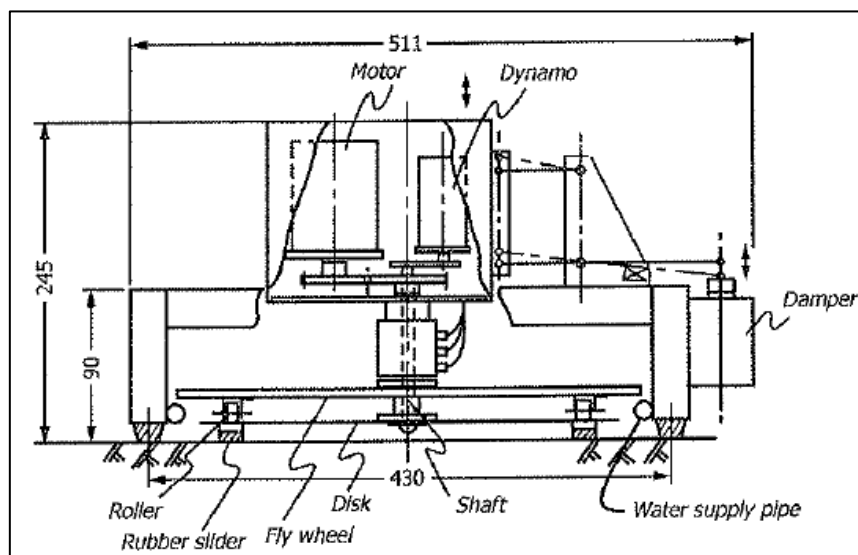
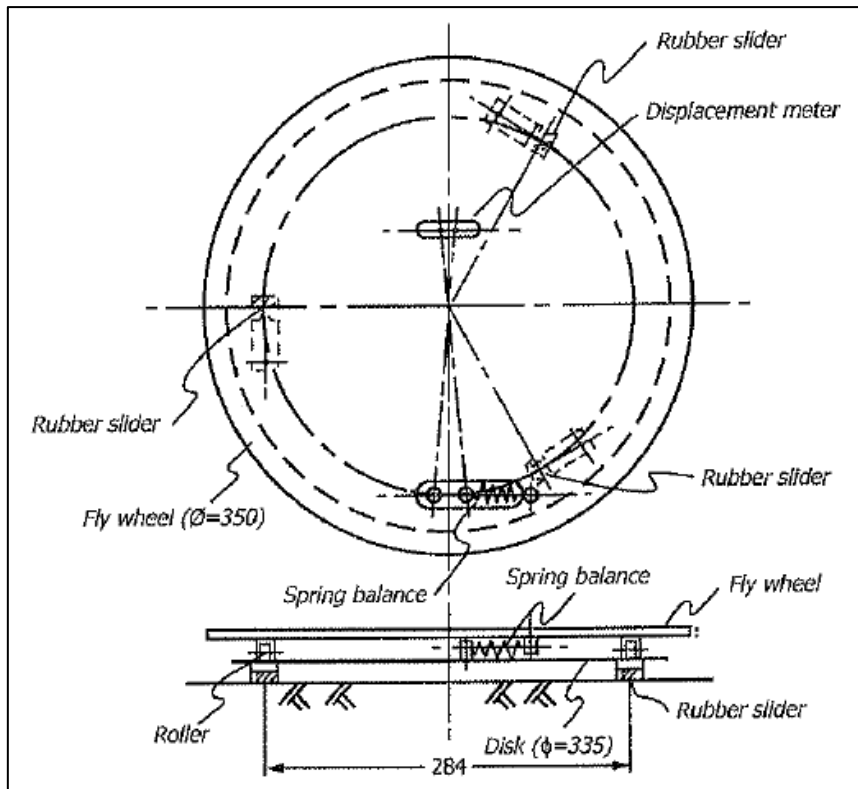
การสำรวจข้อมูลความเสียดทานแบบจุด (Skid Resistance) ในโครงการนี้จะดำเนินการทดสอบด้วยเครื่อง Dynamic Friction Tester (DFT) ซึ่งเป็นเครื่องมือทดสอบที่นิยมใช้ในประเทศไทย โดยเป็นระบบโครงสร้างที่ควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ โดยปกติจะถูกเก็บที่ 12, 24, 36, และ 48 ไมล์/ชม. หรือ 20, 40, 60, และ 80 กม./ชม. ความเร็วนี้มีความสัมพันธ์กับแรงเสียดทาน เครื่องนี้ควรติดกับตัวรถที่มีแท็งก์น้ำ และคอมพิวเตอร์แบบพกพา โดยดำเนินการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM E1911 แสดงดังรูปที่ 1-123 เครื่องทดสอบ DFT จะมีส่วนประกอบได้แก่



รูปที่ 1-223 เครื่องมือ Dynamic Friction Tester (DFT)



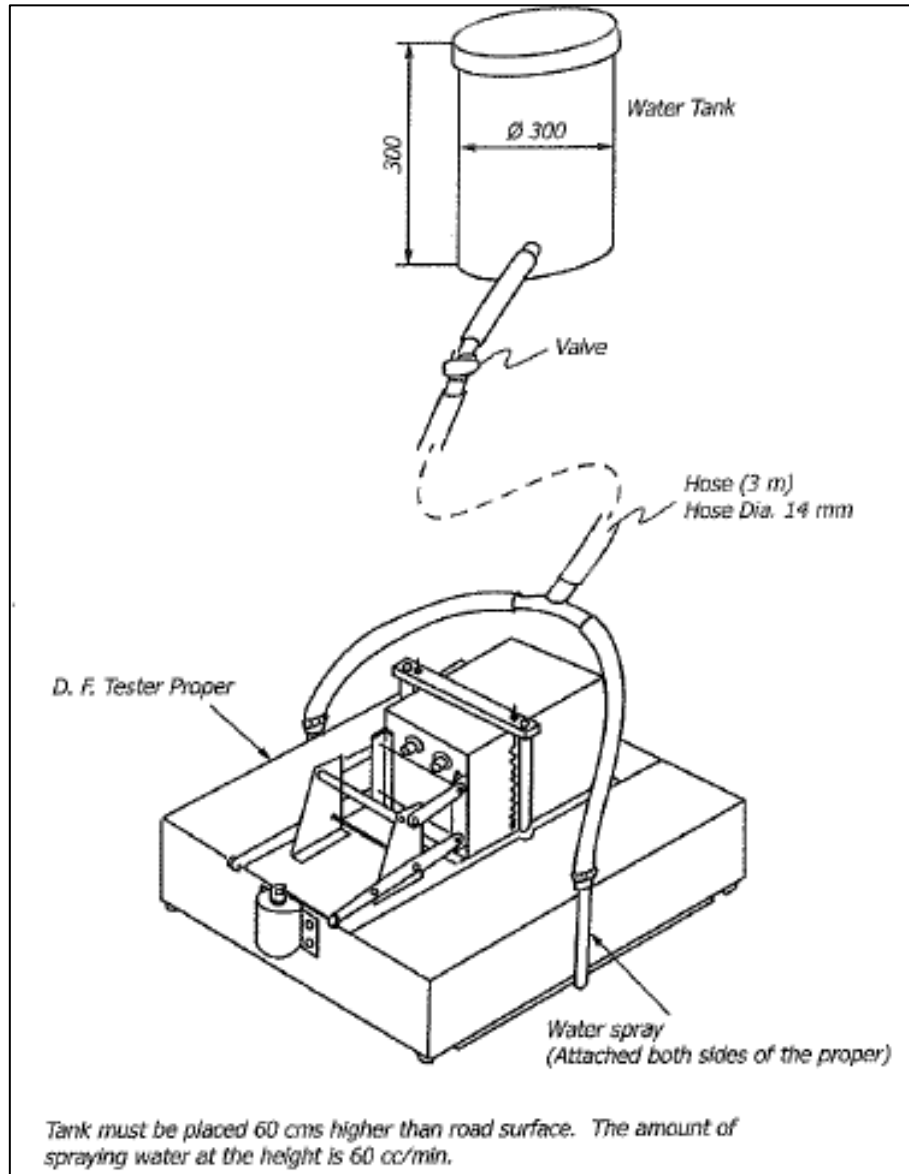
1. ตัวเครื่องทดสอบ DFT รายละเอียดตัวเครื่องทดสอบแสดงดังรูปที่ 1-223 ประกอบด้วย ฐานหมุน และจานหมุน (Fly wheel) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 350 มิลลิเมตร ซึ่งจะถูกขับเคลื่อนโดยชุดมอเตอร์ แผ่นยาง (Rubber slider) 3 แผ่น ถูกติดตั้งไว้บนจานหมุนระยะห่างเท่า ๆ กัน ซึ่งแต่ละแผ่นจะรับน้ำหนักจากเครื่องทดสอบข้างละ 11.8 N Spring Balance เชื่อมระหว่างฐานหมุนและจานหมุนเข้าด้วยกันเพื่อลดค่าการแอ่นตัวระวางแผ่น 2 แผ่นดังกล่าว



รูปที่ 1-224 ตัวเครื่องทดสอบ DFT (หน่วย มิลลิเมตร)



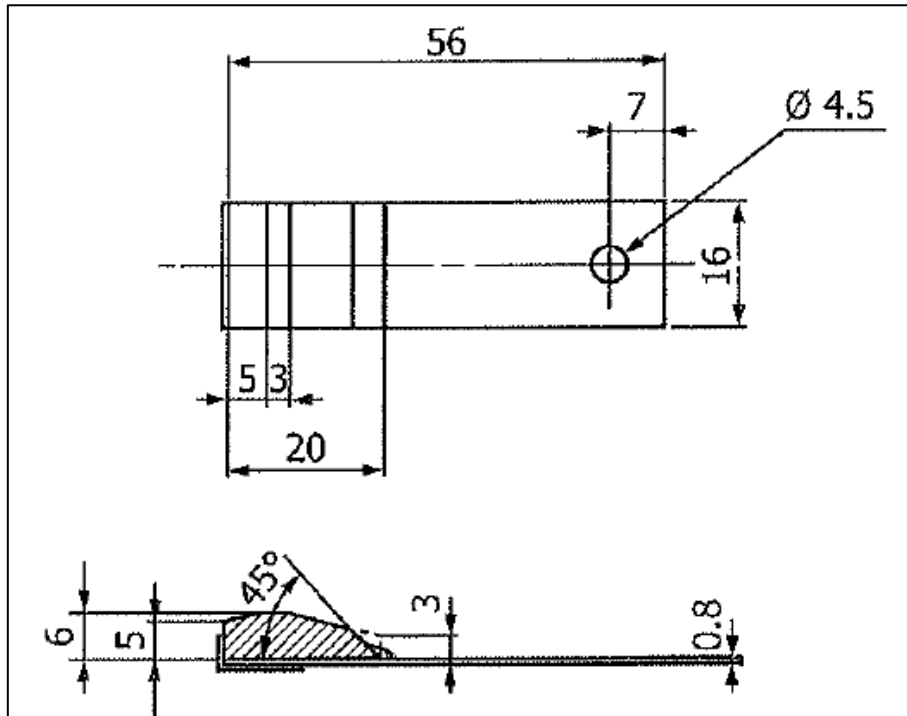
2. Water Supply (ถังน้ำเลี้ยง) แสดงดังรูปที่ 1-225 จะปล่อยน้ำเพื่อหล่อเลี้ยงพื้นผิวให้เปียกอยู่เสมอ โดยถังจะอยู่สูงกว่าเครื่องทดสอบ 0.6 เมตร อัตราการไหลของน้ำอยู่ที่ 3.6 ลิตรต่อนาที ความหนาของชั้นฟิล์มน้ำอยู่ที่ 1 มิลลิเมตร



รูปที่ 1-225 Water Supply (หน่วย มิลลิเมตร)



3. แผ่นยางทดสอบ (Rubber Slider) แสดงดังรูปที่ 1-226 ประกอบด้วยแผ่นเหล็กขนาด 6x16x20 มิลลิเมตร ติดเข้ากับแผ่นยาง ซึ่งได้มาตรฐานความแข็งแรงของยาง ASTM E501 โดยความแข็งแรงของยางอยู่ที่ 58 ± 2 สามารถรับแรงดันได้สูงสุด 150 kPa แผ่นยางจะต้องเปลี่ยนทุกครั้งหลังจากการใช้งานครบ 12 รอบ



รูปที่ 1-226 แผ่นยางทดสอบ (Rubber slider)

- 2) การสำรวจการสำรวจการสะท้อนของเส้นจราจร (Pavement Marking)

การประเมินการสะท้อนแสงของสีเส้นจราจร เครื่องหมายจราจรบนผิวทาง คือ การประเมินเพื่อตรวจวัดประสิทธิภาพการสะท้อนแสงของเส้น หรือเครื่องหมายจราจรบนพื้นผิวทางที่แสดงให้ผู้ใช้ทางมองเห็นอย่างชัดเจน โดยวัดตามค่าการสะท้อนแยกตามชนิดสี คือ สีเหลือง และสีขาว ตรวจวัดได้ด้วยเครื่องมือ Road Stripe Assessment ที่ความเร็วจราจรปกติ ซึ่งมีหน่วยเป็น $cd/lx/m^2$ ตามมาตรฐาน ASTM E1710 (Standard Test Method for Measurement of Retroreflective Pavement Marking Materials with CEN-Prescribed Geometry Using a Portable Retroreflectometer) และ EN 1436 (Road marking performance for road users) ตัวอย่างเครื่องมือ แสดงดังรูปที่ 1-227



รูปที่ 1-227 อุปกรณ์ Road Stripe Assessment at Highway Speeds

โดยอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้ในการสำรวจคือ อุปกรณ์ Road Stripe Assessment at Highway Speeds อันเป็นเทคโนโลยีที่ใช้วัดค่าการสะท้อนของสีเส้นจราจร และเครื่องหมายจราจรบนผิวทาง สามารถติดตั้งบนยานพาหนะเพื่อใช้ในการสำรวจ พร้อมทั้งวัดค่าการสะท้อนแสงในเวลากลางคืนได้ ซึ่งแสดงข้อมูลแบบ Real-time ระหว่างการสำรวจ ซึ่งการเก็บข้อมูลดังกล่าวจะเป็นการเก็บค่าการสะท้อนของแสงแบบต่อเนื่อง ทำให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลสภาพการสะท้อนแสงของเส้นจราจร ในสายทางที่สนใจได้ตลอดทั้งสายทาง ซึ่งมีคุณลักษณะของอุปกรณ์ดังนี้

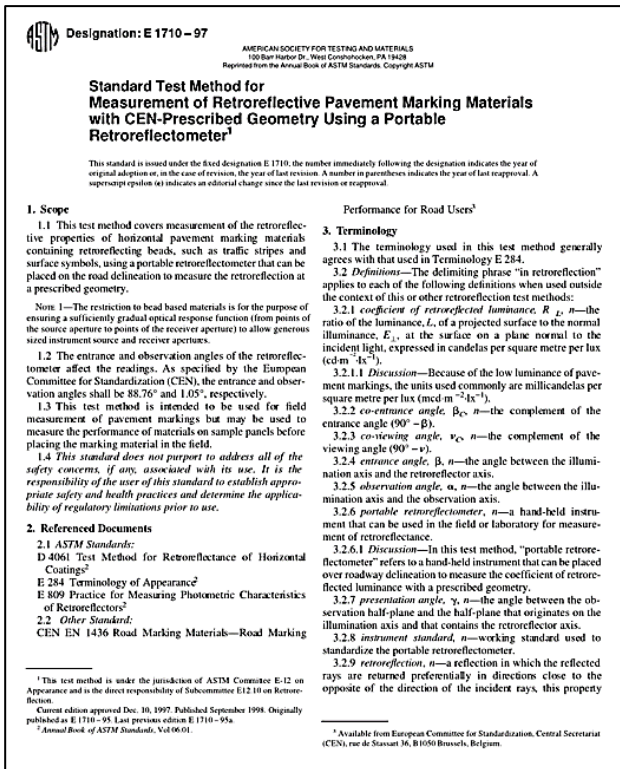
- เครื่องมือสามารถวัดค่าการสะท้อนแสงของเครื่องหมายจราจรบนผิวทาง (Retroreflective Road Marking) ได้บนยานพาหนะตรวจวัด



รูปที่ 1-228 ตัวอย่างการติดตั้งเครื่องมือ Pavement Marking Retro Reflectivity กับยานพาหนะ

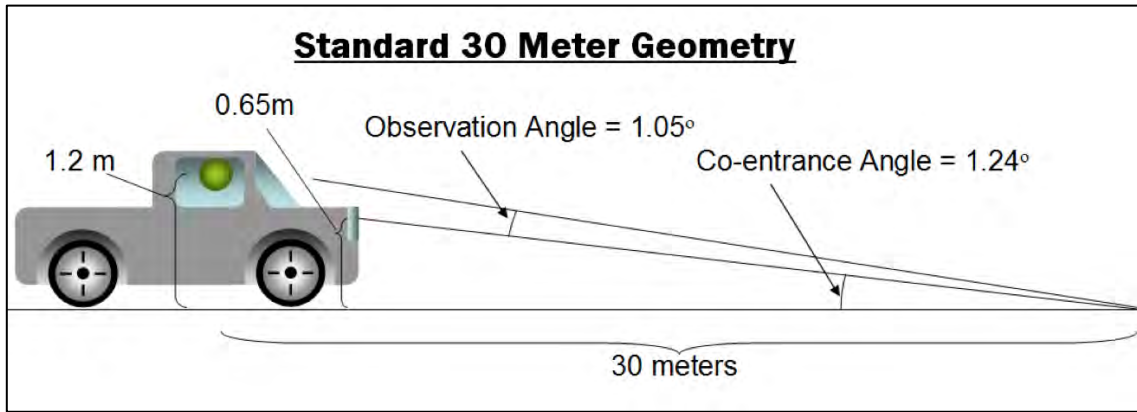


- เครื่องมือสามารถวัดค่าการสะท้อนของสีตีเส้นจราจรหรือเครื่องหมายจราจรบนผิวทาง (Pavement Marking Retro Reflectivity) ตามมาตรฐาน ASTM E1710 (Standard Test Method for Measurement of Retro Reflective Pavement Marking Materials with CEN-Prescribed Geometry Using a Portable Retro Reflectometer) และ EN 1436 (Road Marking Performance For Road Users) ซึ่งเครื่องมือ Mobile Retro reflectometer จะมีหน่วยเป็น cd/lx/m2



รูปที่ 1-229 มาตรฐาน ASTM E1710 และ EN 1436

- เครื่องมือสามารถวัดค่าการสะท้อนแสงในเวลากลางคืนของสีตีเส้นจราจรหรือเครื่องหมายจราจรบนผิวทาง RL (Retro Reflectivity) ตามแบบจำลองการมองเห็นที่ระยะ 30 เมตร โดยที่มุมของการวัดแสง (Observation Angle) 1.05 องศา และมุมแสงตกกระทบ (Entrance Angle) 88.76 องศา



รูปที่ 1-230 รูปแบบการตรวจวัดตามแบบจำลองการมองเห็นที่ระยะ 30 เมตร

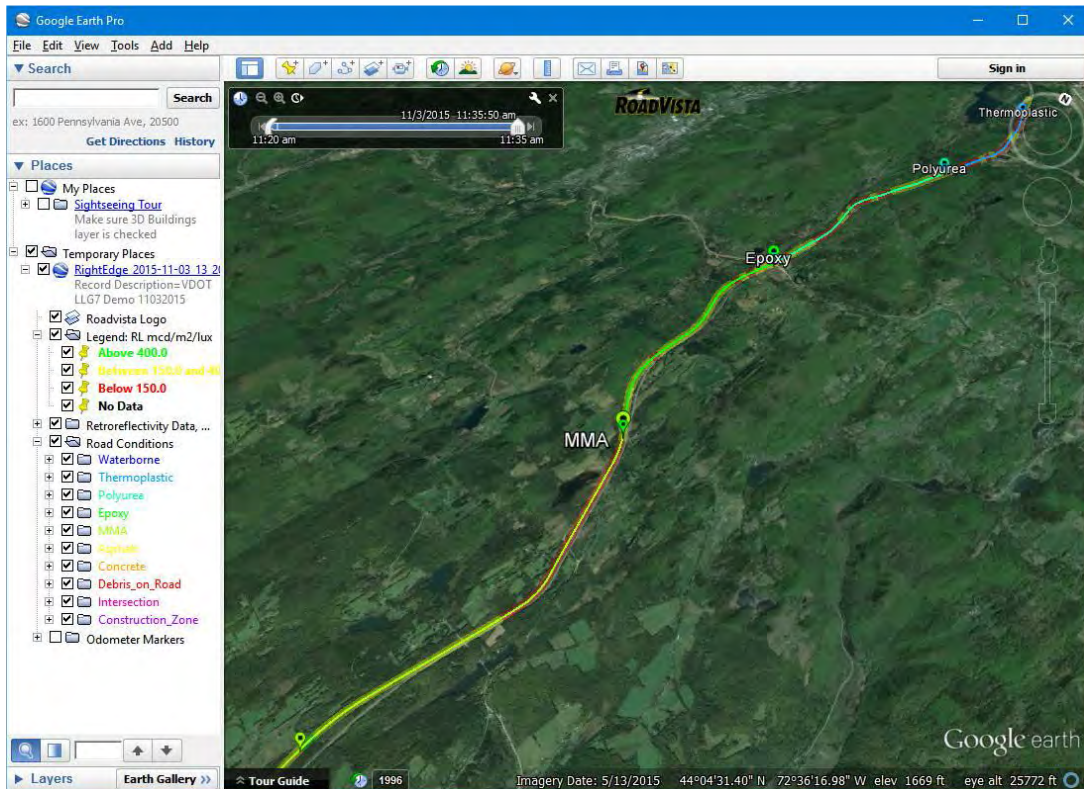
- เครื่องมือสามารถติดตั้งบนยานพาหนะและวิ่งได้ด้วยความเร็ว 20 - 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยมีความกว้างที่เลเซอร์สามารถตรวจวัดได้ ขยายออกจากด้านข้างตัวอุปกรณ์ข้างละ 50 เซนติเมตร



รูปที่ 1-231 ตัวอย่างการเก็บข้อมูลขณะรถเคลื่อนที่



- เครื่องมือสามารถบันทึกค่าพิกัดในระบบ GPS ที่มีความสัมพันธ์กับข้อมูลที่จัดเก็บได้



รูปที่ 1-232 ตัวอย่างการระบุค่าพิกัดในระบบ GPS ของข้อมูล

- เครื่องมือมีระบบสำหรับวิเคราะห์ผลการตรวจวัดสามารถบันทึกค่า และให้ผลลัพธ์ได้ในทันที (Real-time Data Acquisition and Analysis)



รูปที่ 1-233 ตัวอย่างการแสดงผล และบันทึกผลการสำรวจแบบ Real-time Data Acquisition and Analysis



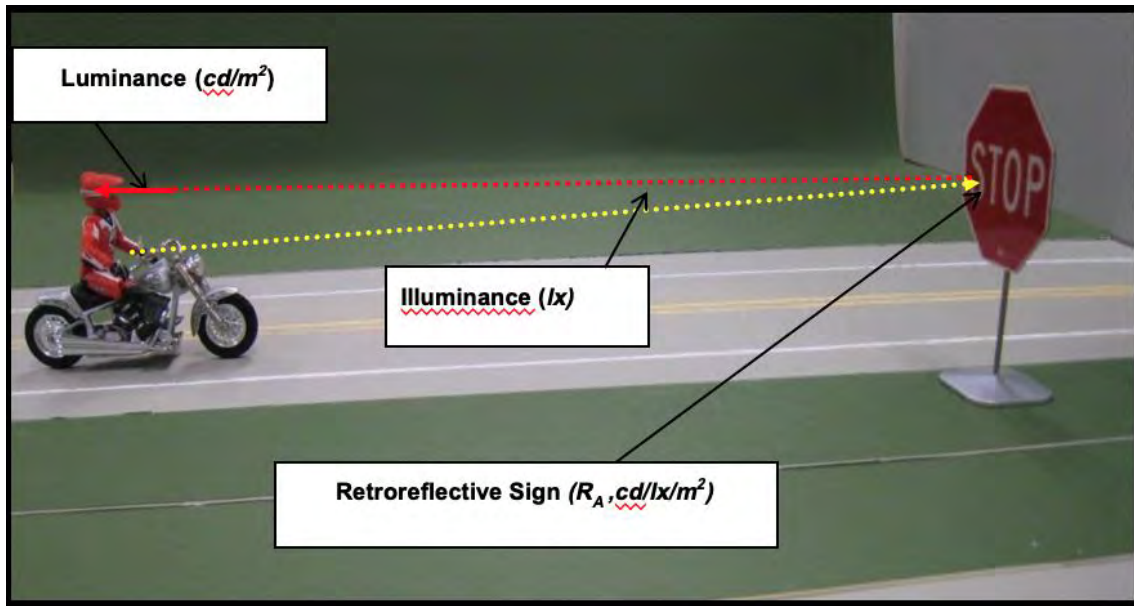
3) การตรวจวัดความสว่างของไฟฟ้าแสงสว่าง

ปัจจุบันมีเทคโนโลยีที่สามารถนำมาใช้วัดความสว่าง (Luminance) หรือความส่องสว่าง (Illuminance) นั้นมีอยู่มากมาย ทำให้ความต้องการในการใช้งานอุปกรณ์ในการวัดและวิเคราะห์แสงที่มีประสิทธิภาพ สะดวก รวดเร็ว รวมถึงสามารถแสดงผลข้อมูลแสงสว่างต่าง ๆ ที่มีความซับซ้อนได้เพิ่มมากขึ้น อุปกรณ์ Photometer Imaging Light Technique จึงเครื่องมือหนึ่งที่สามารถตอบโจทย์ของผู้ใช้งานเหล่านั้นได้เป็นอย่างดีด้วยความสามารถในการวัดค่า Luminance ได้ง่ายโดยการถ่ายภาพเพียงครั้งเดียว ก็สามารถนำภาพที่ได้ไปดำเนินการวิเคราะห์เพื่อให้ได้ทั้งค่าความสว่าง (Luminance) ความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity) และค่าแสงแยงตา (Glare) ได้ อีกทั้งสามารถใช้วัดแสงได้หลากหลายประเภท ทั้งแสงสะท้อนจากวัตถุต่าง ๆ แสงภายในอาคาร แสงภายนอกอาคาร ไปจนถึงแสงไฟบนถนน รวมถึงการที่อุปกรณ์มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา พกพาได้ง่าย และสามารถใช้งานได้ในแทบทุกสภาพแวดล้อม ทำให้อุปกรณ์นี้จึงเป็นเหมือนเครื่องมือที่เข้ามาช่วยพัฒนาการใช้งานเก็บข้อมูล และยกระดับเทคโนโลยีด้านไฟส่องสว่างได้ โดยมีปัจจัยต่าง ๆ ที่มีความเกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

- **ความส่องสว่าง (Illuminance, E)** คือ ปริมาณแสงที่ตกกระทบบนพื้นผิวต่อพื้นที่ อาจเรียกว่า ระดับความสว่าง (Lighting Illuminance level) เพื่อบอกว่าพื้นที่นั้น ๆ ได้รับความสว่างมากน้อยเพียงใด มีหน่วยเป็นลูเมนต่อตารางเมตร หรือ ลักซ์ (Lux, lx) ค่าที่เหมาะสมสำหรับแต่ละพื้นที่สามารถดูคำแนะนำได้จากมาตรฐาน TIEA-GD 003 ของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย
- **ความสว่าง (Luminance, L)** คือ ปริมาณแสงสะท้อนออกมาจากพื้นผิวใด ๆ ในทิศทางใดทิศทางหนึ่งต่อพื้นที่ หรือเรียกว่า ความจ้า (Brightness) ซึ่งปริมาณแสงที่เท่ากัน เมื่อตกกระทบลงมาบนวัตถุที่มีสีต่างกันจะมีปริมาณแสงสะท้อนกลับต่างกัน ทำให้เห็นวัตถุมีความสว่างต่างกัน มีหน่วยเป็นแคนเดลาต่อตารางเมตร

โดยทั้งค่าความส่องสว่าง (Illuminance, E) และความสว่าง (Luminance, L) มีความสัมพันธ์โดยคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{Retroreflectivity (R}_A, \text{cd/lx/m}^2) = \frac{\text{Luminance (cd/m}^2)}{\text{Illuminance (lx)}}$$



รูปที่ 1-234 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความส่องสว่าง (Illuminance, E) และความสว่าง (Luminance, L)

- **Glare (แสงจ้า)** หรือ แสงแยงตา คือ สภาวะของแสงที่สว่างมากเกินไป ซึ่งทำให้เกิดการรบกวนต่อการมองเห็น โดยทั่วไปมักแบ่งเป็นสองชนิด คือ
 - Disability Glare คือ สภาวะแสงจ้าที่มากเกินไปและส่งผลต่อความสามารถในการมองเห็นโดยตรง
 - Discomfort Glare คือ สภาวะแสงจ้าที่ไม่มากเกินไป แต่ทำให้เกิดความไม่สบายตาเนื่องจากแสงที่สว่างเกินกว่าความสว่างที่สายตาคงทนจะยอมรับได้ เมื่อผ่านไปช่วงเวลาหนึ่งก็ยังคงรับรู้ถึงความสว่างนั้นได้อยู่

ระดับของ Discomfort Glare ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายชนิด เช่น ความสว่างและขนาดของแหล่งกำเนิดแสง ตำแหน่งของแหล่งกำเนิดแสงเทียบกับระดับสายตา รวมถึงความสว่างพื้นหลังของแหล่งกำเนิดแสงที่เกิดขึ้น ดังนั้น การวางแผนออกแบบแสงสว่างทุกครั้งควรคำนึงถึงความแตกต่างของระดับความสว่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงและความสว่างของพื้นหลังด้วย โดยตัวอย่างของแสงไฟที่ทำให้เกิด Disability and Discomfort Glare



รูปที่ 1-235 ตัวอย่างของแสงไฟที่ทำให้เกิด Disability and Discomfort Glare

นอกจากนี้ในพื้นที่เปิด สำหรับแหล่งกำเนิดแสงที่มีขนาดเล็กแต่มีความสว่างสูง มักจะทำให้เกิด Glare Effect ได้ง่าย ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยใช้แหล่งกำเนิดแสงที่มีพื้นผิวมากขึ้น ก็จะช่วยเพิ่มความสามารถในการมองเห็นได้

- **Uniformity (ค่าความสม่ำเสมอของแสง)** หมายถึง ความสม่ำเสมอของระดับความสว่างในพื้นที่นั้น ๆ ซึ่งส่งผลต่อการรับรู้ในการมองเห็น โดยค่าความสม่ำเสมอของแสงที่ดีจะสามารถทำให้เกิดการมองเห็นได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่มีกรรบกวนเนื่องจากสภาวะที่แตกต่างกันของระดับแสงสว่างในพื้นที่นั้น ๆ

Uniformity สามารถวัดค่าได้โดย $\text{minimal illuminance} / \text{weighted average illuminance}$

$$u = E_{\min} / E_{\text{average}}$$



ยิ่งค่า Uniformity มีค่าใกล้เคียง 1 จะแสดงว่าพื้นที่นั้นมีค่าความสม่ำเสมอของแสงที่สูง ซึ่งเป็นค่าที่มีความสำคัญสำหรับการบอกถึงระดับความสว่างที่เหมาะสมของพื้นที่ทำงาน โดยทั่วไปแล้วสำหรับงานที่ต้องใช้การเพ่งมองสูง ควรมีค่าความสม่ำเสมอที่มากกว่า 0.7 และงานอื่น ๆ ไม่ควรต่ำกว่า 0.6 นอกจากนี้สำหรับการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ ความสม่ำเสมอของแสงในจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดแสงด้วยตัวเองและความสม่ำเสมอของแสงของพื้นที่บริเวณโดยรอบไม่ควรมีความแตกต่างกันมาก รวมถึงค่า Uniformity ยังเป็นปัจจัยสำคัญในการมองเห็นสำหรับสิ่งแวดล้อมภายนอกโดยเฉพาะสำหรับผู้ขับขี่บนถนน โดยทั่วไปถนนควรจะมีค่าความแตกต่างของระดับแสงสว่างที่ต่ำ และมีค่าความสม่ำเสมอของแสงที่สูง เนื่องจากหากมีความแตกต่างระหว่างระดับแสงที่สูงแล้วจะทำให้เกิดความไม่สบายตา ความเครียด เหนื่อยล้าและอาจทำให้เกิดความไม่ปลอดภัยในการใช้รถใช้ถนน เพราะสายตาของมนุษย์ต้องใช้เวลาในการปรับตัวกับระดับแสงที่แตกต่างกัน ดังนั้น หากต้องปรับสายตาบ่อย ๆ อาจทำให้เกิดการมองเห็นที่ผิดพลาดและเกิดอุบัติเหตุได้หน่วยการวัดของแสงต่าง ๆ รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 1-73

ตารางที่ 1-73 หน่วยการวัดของแสง

หน่วย SI ของแสง			
ปริมาณ	หน่วย SI	ตัวย่อ	หมายเหตุ
พลังงานของการส่องสว่าง	จูล (joule)	J	
ฟลักซ์ส่องสว่าง (Luminous flux)	ลูเมน (lumen) หรือ แคนเดลา (candela)	lm	อาจเรียกว่า กำลังของความสว่าง (Luminous power)
ความเข้มของการส่องสว่าง (Luminous intensity)	แคนเดลา (candela)	cd	
ความเข้มของความสว่าง (Luminance)	แคนเดลา/ตารางเมตร (candela/square metre)	cd/m ²	อาจเรียกว่า ความหนาแน่นของ ความเข้มการส่องสว่าง
ความสว่าง (Illuminance)	ลักซ์ (lux) หรือ ลูเมน/ตารางเมตร	lx	
ประสิทธิภาพการส่องสว่าง (Luminous efficacy)	ลูเมน ต่อ วัตต์ (lumens per watt)	lm/W	



อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัด

อุปกรณ์ Photometer Imaging Light Technique จะดำเนินการเก็บข้อมูลความสว่าง โดยทำการถ่ายภาพของสภาวะแสงนั้น ๆ แสดงดังรูปที่ 1-236 ถึง รูปที่ 1-238 จากนั้นระบุระดับความสว่างที่สะท้อนมาจากวัตถุต่าง ๆ (Luminance) โดยที่สามารถบันทึกได้ทั้งแบบเป็นภาพนิ่งและแบบภาพนิ่งต่อเนื่อง ซึ่งเหมาะสำหรับใช้งานในการเก็บข้อมูลขณะใช้ยานพาหนะเคลื่อนที่ เช่น การเก็บข้อมูลแสงสว่างบน ถนน ทางด่วน สะพาน และอื่น ๆ โดยวิธีนี้มีความสะดวกรวดเร็ว และให้ผลลัพธ์ที่มีความแม่นยำ อย่างไรก็ตาม การถ่ายภาพนิ่งต่อเนื่อง จำเป็นต้องมีความเร็วในการเคลื่อนที่ที่เหมาะสม โดยมีช่วงความเร็วไม่เกิน 30 กิโลเมตร/ชั่วโมง โดยมีรายละเอียดการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อทดสอบ



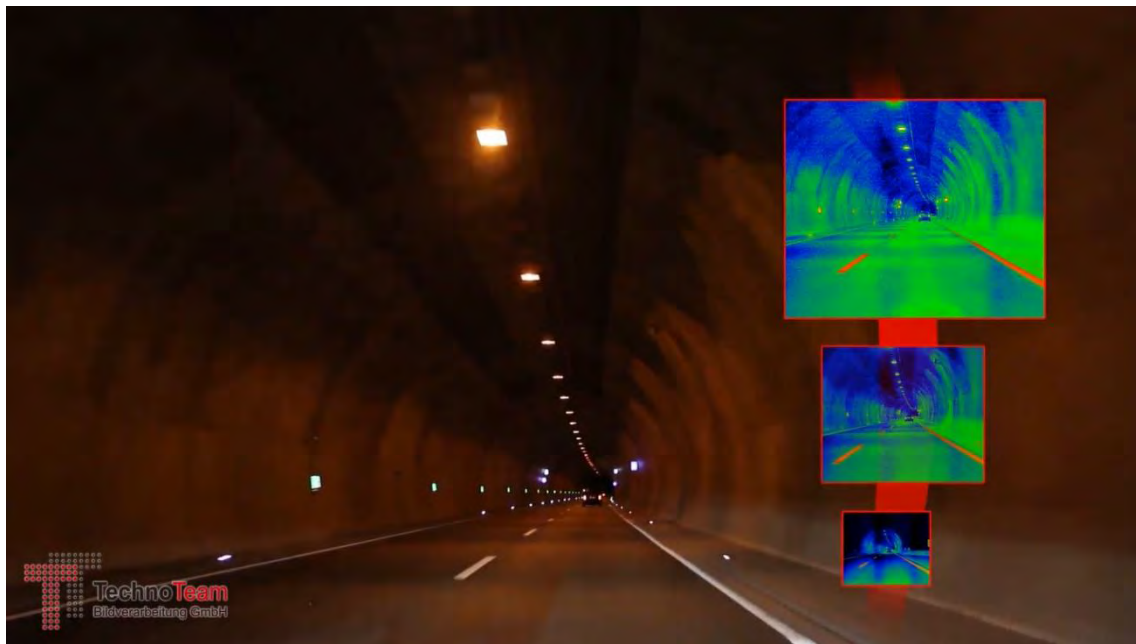
รูปที่ 1-236 อุปกรณ์ Photometer Imaging Light Technique



รูปที่ 1-237 ตัวอย่างการใช้งานอุปกรณ์บนถนน



รูปที่ 1-238 ตัวอย่างการใช้งานอุปกรณ์ภายในพาหนะ



รูปที่ 1-239 ตัวอย่างภาพที่ได้ขณะใช้งานโหมดการถ่ายภาพต่อเนื่อง



4) การสำรวจความแข็งแรงของโครงสร้างทาง (Pavement Strength)

การสำรวจความแข็งแรงของโครงสร้างทางด้วยเครื่องมือสำรวจ Falling Weight Deflectometer (FWD) มีหลักการทำงานโดยการปล่อยตุ้มน้ำหนักตกกระทบบนผิวทาง แล้วทำการวัดค่าการแอ่นตัวที่เกิดขึ้นและคำนวณย้อนกลับ โดยค่าการแอ่นตัวนั้นเพื่อหาค่าโมดูลัสของวัสดุชั้นทางแต่ละชั้น ซึ่งค่าโมดูลัสเหล่านี้จะเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการคำนวณอายุการใช้งานที่เหลืออยู่ของถนนและสามารถประยุกต์ใช้ในการออกแบบการเสริมผิวทางต่อไปได้ โดยมีรายละเอียดของเครื่องมือดังต่อไปนี้

4.1) รถตุ้ลากจูงและรถลากพ่วงทดสอบเครื่องมือ FWD



รูปที่ 1-240 ตัวอย่างรถตุ้ลากจูงและรถลากพ่วงทดสอบเครื่องมือ FWD

4.2) ชุดอุปกรณ์ทดสอบของรถลากพ่วง ได้แก่ แผงวงจรควบคุม Geophone แผ่น Plate ปัมลม และแผ่นน้ำหนัก



รูปที่ 1-241 ตัวอย่างชุดอุปกรณ์ทดสอบ FWD

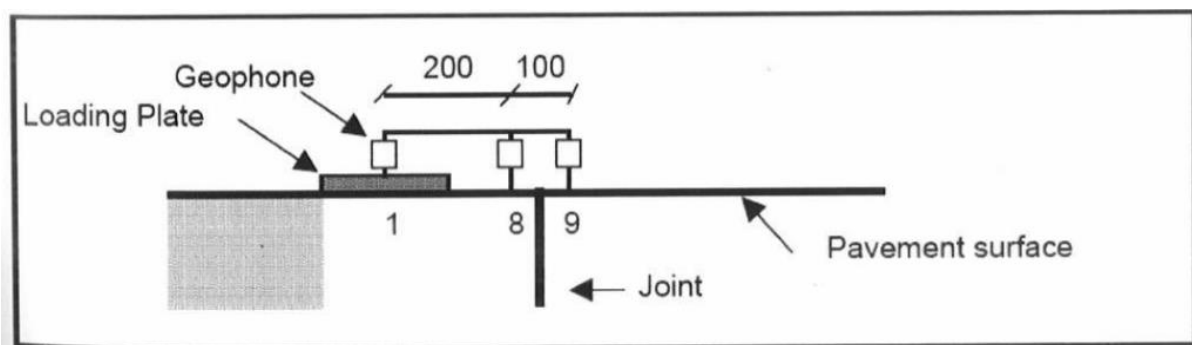


สำหรับการทดสอบด้วยเครื่องมือ FWD การวางตำแหน่งของ Geophone ในการทดสอบ เพื่อต้องการวัดพฤติกรรมการส่งถ่ายแรงจากการให้น้ำหนักบรรทุกทุกทดสอบ โดยมีรายละเอียดของ ตำแหน่ง แสดงดังตารางที่ 1-74

ตารางที่ 1-74 ตำแหน่งของ Geophone เครื่องมือทดสอบ FWD

Geophone ตัวที่	ตำแหน่ง
1	ระยะ 0 มิลลิเมตร
2	ระยะ -200 มิลลิเมตร
3	ระยะ -300 มิลลิเมตร
4	ระยะ 450 มิลลิเมตร
5	ระยะ 600 มิลลิเมตร
6	ระยะ 900 มิลลิเมตร
7	ระยะ 1200 มิลลิเมตร
8	ระยะ 1500 มิลลิเมตร
9	ระยะ 1800 มิลลิเมตร

สำหรับกรณีของพื้นผิวทางคอนกรีต (Rigid Pavement) สามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการถ่ายแรงที่ตำแหน่งรอยต่อ (Joint) ได้โดยกำหนดตำแหน่งของ Geophone ของเครื่องมือทดสอบให้คร่อมรอยต่อ (Joint) ของพื้นผิวทางคอนกรีต โดยมีตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 1-242 มาตรฐานวัดแรง (Load Cell) ที่ติดตั้งบนแผ่นเหล็กมาตรฐานจะวัดแรงที่กระทำบนแผ่นเหล็กมาตรฐานในขณะที่การยุบตัว (Deformation) ของพื้นผิวที่เกิดการกระแทกข้างต้นจะถูกวัดด้วย Geophones ที่ติดตั้งบนพื้นผิวในตำแหน่งที่ห่างจากแผ่นเหล็กมาตรฐานที่ระยะต่าง ๆ



รูปที่ 1-242 ตัวอย่างการติดตั้ง Geophone บริเวณรอยต่อของผิวทางคอนกรีต

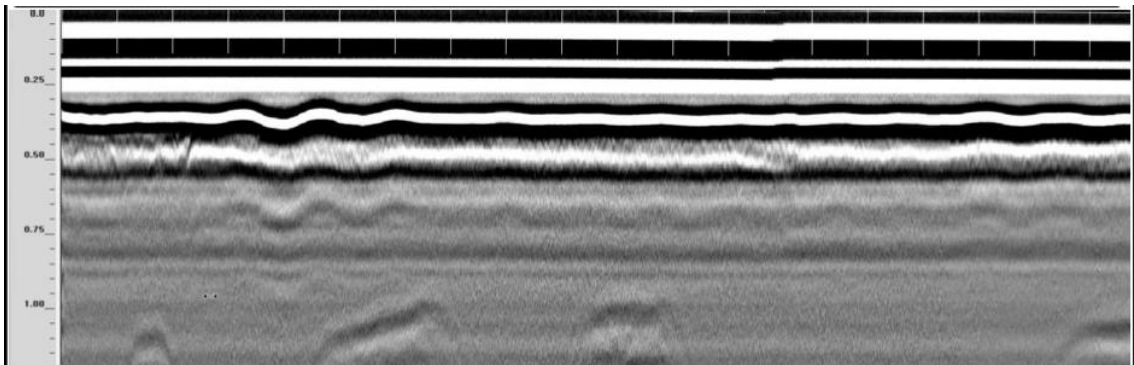


5) การตรวจสอบโพรงใต้ผิวจราจร

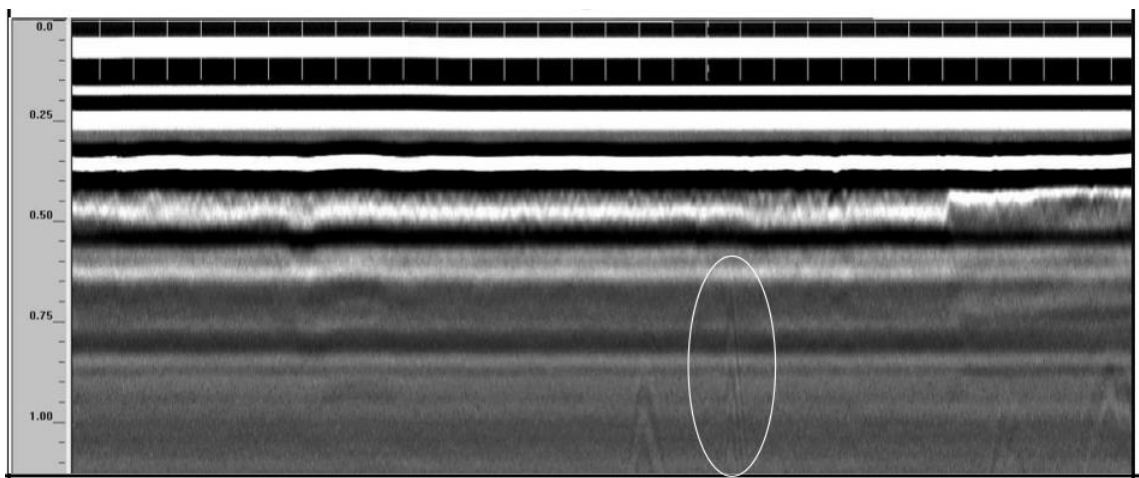
การตรวจสอบความเสียหายของถนนที่มีโพรงเกิดขึ้นในชั้นโครงสร้างชั้นทางหรือความผิดปกติทางกายภาพในโครงสร้างชั้นทาง จำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่มีเทคโนโลยีที่ทันสมัยเข้ามาช่วยในการตรวจสอบ เช่น เครื่องมือ Ground Penetration Radar (GPR) ซึ่งใช้หลักการการทำงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในการตรวจสอบโครงสร้างถนน ช่วยให้สามารถทราบตำแหน่งที่เกิดโพรงหรือความผิดปกติได้อย่างแม่นยำ ซึ่งจะช่วยให้สามารถบำรุงรักษาหรือแก้ไขปัญหาที่พบได้ก่อนที่จะเกิดโพรงยุบตัวขนาดใหญ่ หรือจะก่อให้เกิดอันตรายในชีวิตและทรัพย์สินของผู้ใช้ทางได้

เครื่องมือ Ground Penetration Radar (GPR) เป็นวิธีการทดสอบทางด้านวิศวกรรมธรณีฟิสิกส์โดยการใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Waves : EM) ในการตรวจสอบสภาพใต้พื้นดินในระดับตื้นโดยให้ผลลัพธ์มีความละเอียดสูง การทดสอบด้วยเครื่องมือ GPR มีการใช้งานอย่างกว้างขวางโดยเฉพาะอย่างยิ่งการตรวจสอบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก นอกเหนือจากนั้นเป็นวิธีการสำรวจที่เป็นการทดสอบแบบไม่ทำลายวัสดุที่ทดสอบ

สำหรับการตรวจสอบโพรงใต้ผิวจราจรจะมีตัวอย่างผลการทดสอบ



รูปที่ 1-243 ตัวอย่างการตรวจสอบโพรงใต้ผิวจราจร “ไม่มีความเสียหาย”



รูปที่ 1-244 ตัวอย่างการตรวจสอบโพรงใต้ผิวจราจร “พบโพรงใต้คันทางที่ความลึก 0.3 เมตร จากผิวทาง”



1.8 การจัดทำรายงานแผนงานบำรุงทาง

เพื่อเป็นแนวทางในการจัดทำแผนงานบำรุงรักษาทางหลวง ที่ปรึกษาได้ดำเนินการแปลผลข้อมูลจากโปรแกรมบริหารงานบำรุงทาง (Thailand Pavement Management System : TPMS) ซึ่งเหมาะสมทั้งทางด้านวิศวกรรมและเศรษฐศาสตร์ โดยมีรายละเอียดประกอบด้วย

1.8.1 ประเภทของงานบำรุงทาง

กรมทางหลวงได้แยกลักษณะงานบำรุงรักษาทางหลวงเป็นกิจกรรม โดยมีรายละเอียดดังนี้
งานบำรุงปกติ (Routine Maintenance)

เป็นงานบำรุงทางหลวงที่ดำเนินการเพื่อให้ทางหลวง สะพาน และทรัพย์สินทางหลวงได้รับการบำรุงรักษาเบื้องต้นตามปกติให้อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดี มีความสะดวกและปลอดภัยแก่ผู้ใช้ทาง ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ต้องทำเป็นประจำโดยมีปริมาณงานไม่มากนัก ทั้งนี้รวมถึงการแก้ไขปรับปรุงเปลี่ยนแปลงได้บ้างตามความเหมาะสม หรืออาจเป็นการบำรุงรักษาชั่วคราวเพื่อชะลอ หรือป้องกันไม่ให้ทางหลวงเสื่อมสภาพก่อนเวลาที่เหมาะสมก่อนได้รับการบำรุงตามกำหนดเวลา หรืองานบำรุงพิเศษและบูรณะ ซึ่งงานบำรุงปกตินี้ประกอบด้วยงานบำรุงรักษาผิวจราจร และส่วนประกอบอื่น ๆ อาทิ เกาะกลาง ระบบระบายน้ำ อุปกรณ์อำนวยความสะดวก เป็นต้น

งานบำรุงตามกำหนดเวลา (Periodic Maintenance)

เป็นงานที่ดำเนินการเมื่อถึงกำหนดเวลา เพื่อยืดอายุบริการและเสริมความแข็งแรง ได้แก่

- (1) งานฉาบผิวแอสฟัลต์ (Asphalt Seal Coating)
- (2) งานเสริมผิวแอสฟัลต์ (Asphalt Overlay)
- (3) งานเสริมผิวลูกรัง (Regravelling)
- (4) งานเปลี่ยนวัสดุรอยต่อผิวคอนกรีต (Replacement of Joint Sealing)

โดยการดำเนินการ จะพิจารณาจากอายุบริการของทางหลวง และความเสื่อมสภาพของผิวทาง อาทิ วัสดุรอยต่อของทางคอนกรีตควรเปลี่ยนทุก 3 ถึง 5 ปี ทางผิวลาดยางควรดำเนินการฉาบผิวเมื่อมีอายุผิวทางประมาณ 3 ถึง 5 ปี หรือเสริมผิวทางเมื่อปริมาณการจราจรเพิ่มสูงขึ้น และ/หรือ อายุบริการของผิวทางประมาณ 4 ถึง 7 ปี ทั้งนี้ระยะเวลาบำรุงรักษาที่เหมาะสมจะแปรผันตามลักษณะการใช้งานและปริมาณจราจรของทางหลวงสายนั้น ๆ เป็นต้น



งานบำรุงพิเศษและบูรณะ (Special Maintenance and Rehabilitation)

เป็นงานซ่อมบำรุงรักษาทางหลวงที่ชำรุดเสียหาย และมีปริมาณมากกว่าที่จะทำการซ่อมด้วยงานบำรุงปกติ โดยเฉพาะเส้นทางที่ไม่ได้รับการบำรุงตามกำหนดเวลา จะเกิดความเสียหายขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ต้องดำเนินการด้วยงานบำรุงพิเศษหรือบูรณะ นอกจากนี้ ยังรวมไปถึงงานประกอบอื่น ๆ ที่เหมาะสม ในส่วนที่ไม่ได้ดำเนินการก่อสร้างไว้ หรือสภาพแวดล้อมในพื้นที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม เช่น งานก่อสร้างระบบระบายน้ำถาวร งานปลูกต้นไม้และปรับปรุงภูมิทัศน์ เป็นต้น ซึ่งงานบำรุงพิเศษและบูรณะจะประกอบไปด้วยลักษณะงานต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- (1) งานปรับระดับผิวทาง (Surface Leveling)
- (2) งานซ่อมทางผิวแอสฟัลต์ (Major Repair of Asphalt Pavement)
- (3) งานซ่อมผิวคอนกรีต (Major Repair of Concrete Pavement)
- (4) งานซ่อมลาดข้างทาง (Major Repair of Slope and Back Slope)
- (5) งานบูรณะทางผิวแอสฟัลต์ (Rehabilitation of Asphalt Pavement)
- (6) งานบูรณะทางผิวคอนกรีต (Rehabilitation of Concrete Pavement)
- (7) งานปรับปรุงผิวจราจร (Improvement of Surface)
- (8) งานปรับปรุงและซ่อมไหล่ทาง ทางเท้า ทางเชื่อม และเกาะแบ่งถนน (Improvement and Repair of Shoulder, Sidewalk, Connection Road and Median)
- (9) งานปรับปรุงด้านเรขาคณิตของทาง (Improvement of Highway Geometry)

ทั้งนี้ ในการวิเคราะห์แผนงานบำรุงทางด้วยโปรแกรม TPMS ได้นำเข้าข้อมูลประวัติการซ่อมบำรุงจากระบบ PLANNET เพื่อระบุสายทางที่อยู่ในระหว่างระยะเวลาค่าประกันผลงาน โดยนำเข้าเฉพาะรหัสงานซ่อมนี้มีผลกระทบต่อสภาพผิวทาง โดยมีรหัสงานซ่อมบำรุงดังต่อไปนี้

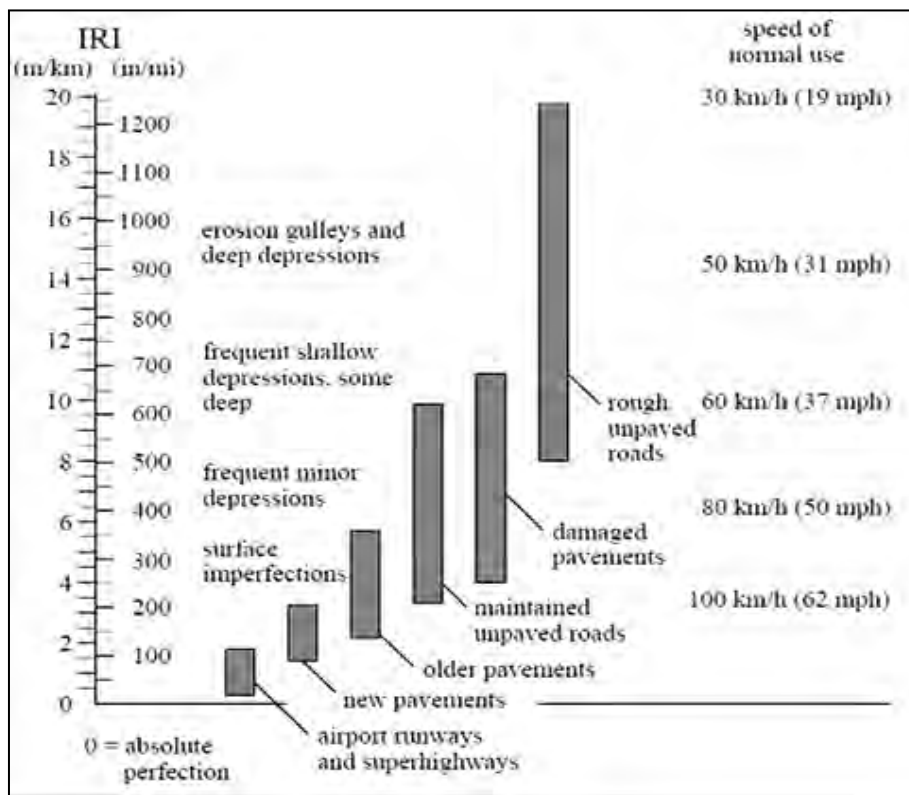
- (1) งานบำรุงตามกำหนดเวลา
 - งานฉาบผิวแอสฟัลต์
 - งานเสริมผิวแอสฟัลต์
- (2) งานบำรุงพิเศษ
 - งานปรับระดับผิวทาง
 - งานซ่อมทางผิวแอสฟัลต์
 - งานปรับปรุงผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตเดิม นำกลับมาใช้ใหม่
- (3) งานบูรณะ
 - งานบูรณะทางผิวแอสฟัลต์



1.8.2 ดัชนีความขรุขระสากล (International Roughness Index : IRI) ของโครงข่ายทางหลวง

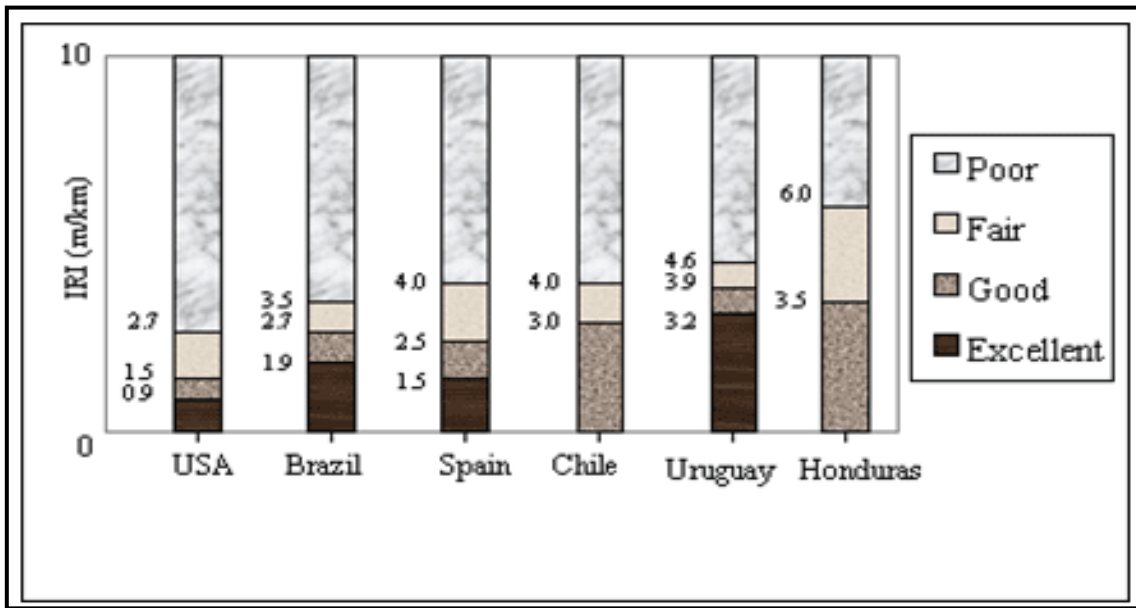
ในปี ค.ศ.1982 ธนาคารโลก (World Bank) ซึ่งได้รับความร่วมมือจากประเทศอังกฤษ ฝรั่งเศส สหรัฐอเมริกา และบราซิล ได้รวบรวมแนวทางในการวัดค่าความขรุขระของผิวทาง ซึ่งแตกต่างกันในแต่ละประเทศ และได้ตั้งค่ามาตรฐานความขรุขระเป็นสากลขึ้นเรียกว่า ค่าดัชนีความขรุขระสากล (International Roughness Index, IRI) โดยค่า IRI ถูกใช้เพื่อนิยามลักษณะของรูปตัดของผิวทางในแนวยาว (Longitudinal Profile) มีหน่วยเป็น เมตร/กิโลเมตร หรือ มิลลิเมตร/เมตร ถนนที่มีค่า IRI ที่สูง แสดงว่าถนนดังกล่าวมีความขรุขระมาก ผลการศึกษาของ AASHO Road Test พบว่า คุณภาพของการให้บริการทางขึ้นอยู่กับความขรุขระของผิวทาง นอกจากนั้นความขรุขระยังเป็นตัวสะท้อนระดับความเร็วที่ใช้ในการเดินทาง ซึ่งความเร็วในการเดินทางและสภาพความขรุขระของผิวทางจะส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง

ด้วยสาเหตุดังกล่าวข้างต้น ในหลายประเทศทั่วโลก ค่า IRI จึงถูกนำมาใช้เป็นดัชนีชี้วัดความสามารถในการให้บริการของถนน (Serviceability) หรือคุณภาพของถนน (Riding Quality) และใช้เป็นเกณฑ์ประกอบการพิจารณาซ่อมบำรุงถนน โดยแต่ละประเทศอาจมีเกณฑ์ค่า IRI ในการพิจารณาคุณภาพถนนที่แตกต่างกัน



ที่มา : “The little book of profiling” : basic information about measuring and interpreting road profiles. Sayers, M. W.. Sayers, M. W.. 1998-09. Handle:

รูปที่ 1-245 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า IRI กับความเร็วยานพาหนะ



ที่มา : “International Roughness Index Specifications around the World”, Road Materials and Pavement Design, ISSN 1468-0629, 2017, Vol. 18, No. 4, pp.

รูปที่ 1-246 เกณฑ์ค่า IRI ในการชี้วัดคุณภาพในการให้บริการของถนนของประเทศต่าง ๆ

สำหรับประเทศไทยนั้น ในปัจจุบัน ถนนที่ก่อสร้างใหม่จะมีค่า IRI เท่ากับ 2.0 เมตร/กิโลเมตร หรือน้อยกว่า และกรมทางหลวงกำหนดให้ถนนในความรับผิดชอบที่มีค่า IRI มากกว่าหรือเท่ากับ 3.5 เมตร/กิโลเมตร เป็นถนนที่มีสภาพต่ำกว่ามาตรฐานและควรได้รับการพิจารณาซ่อมบำรุง โดยมีเกณฑ์กำหนดระดับสภาพทางหลวง 4 ระดับ

ตารางที่ 1-75 เกณฑ์ระดับการให้บริการ (ความเรียบของผิวทางหลวง)

ระดับความเรียบ	IRI (ม./กม.)
ดีมาก	< 2.5
ดี	2.5 - 3.5
พอใช้	3.5 - 4.5
ชำรุด	> 4.5



1.8.3 เกณฑ์คุณภาพถนนสำหรับแต่ละประเภททางหลวง

ปัจจุบันกรมทางหลวงมีการแบ่งมาตรฐานชั้นทางต่าง ๆ กัน แต่ทั้งนี้หากพิจารณาจากปริมาณการใช้ถนน หรือปริมาณจราจรที่แท้จริงแล้ว ในแต่ละมาตรฐานชั้นทางจะมีจำนวนผู้ใช้ทางที่แตกต่างกัน ระยะทางตามมาตรฐานชั้นทาง แบ่งแยกตามปริมาณจราจร

ตารางที่ 1-76 เกณฑ์คุณภาพถนนสำหรับแต่ละประเภททางหลวง

IRI inch/mile	IRI m/km	Interstate Routes	NHS Non-Interstate Routes	Non-NHS Routes with ADT >= 2000	Non-NHS Routes with ADT < 2000
<=70	<=1.11	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent
71 - 75	1.12 - 1.18	Good			
76 - 100	1.19 - 1.58		Fair	Good	Good
101 - 120	1.59 - 1.89	Poor			
121 - 150	1.90 - 2.37		Poor	Fair	Fair
151 - 170	2.38 - 2.68	Poor			
171 - 195	2.69 - 3.08		Poor	Poor	Poor
196 - 220	3.09 - 3.47	Poor			
>220	>3.47		Poor	Poor	Poor

เนื่องด้วยปัจจุบันทางหลวงในพื้นที่ต่าง ๆ ของประเทศไทยได้มีการพัฒนาปรับเปลี่ยนอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้มีความหลากหลายของรูปแบบถนนมากกว่าในอดีต และปริมาณจราจรที่ใช้ถนนมีระดับที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ตั้งแต่ระดับ 2,000 ไปจนถึง 350,000 ดังนั้น ในการวิเคราะห์นี้ จึงขอจำแนกประเภททางหลวงตามลักษณะรูปแบบทางกายภาพซึ่งจะสัมพันธ์กับระดับปริมาณการจราจร โดยแบ่งเป็น 5 ประเภท และกำหนดเกณฑ์คุณภาพสำหรับถนนแต่ละประเภท

โดยมีค่าเป้าหมายกำหนด ซึ่งหากบรรลุเป้าหมายดังกล่าวจะทำให้ โครงข่ายทางหลวงสนับสนุนการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของประเทศให้มีต้นทุนโลจิสติกส์ที่ต่ำ เพิ่มศักยภาพในการแข่งขันกับประเทศเพื่อนบ้าน กล่าวคือ ทางหลวงสายสำคัญที่เป็นเส้นทางคมนาคมขนส่งหลักของประเทศ ซึ่งคุณภาพของทางเหล่านี้ ส่งผลกระทบต่อต้นทุนโลจิสติกส์ของประเทศอย่างมีนัยสำคัญ จะได้รับการบำรุงรักษาและบูรณะให้อยู่ในเกณฑ์ที่ดีกว่าถนนอื่นทั่ว ๆ ไป แต่ทั้งนี้ ถนนสายทั่วไป แม้มีปริมาณจราจรต่ำ และไม่ได้เป็นเส้นทางเศรษฐกิจ จะได้รับการดูแลและบำรุงรักษาไม่ให้มีคุณภาพต่ำกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (IRI ไม่เกิน 5.0) เพื่อรักษาระดับมาตรฐานของคุณภาพในการดำรงชีวิตขั้นพื้นฐานของประชาชน ให้สามารถเดินทางไปโรงเรียน ไปโรงพยาบาล ไปติดต่อราชการได้ อย่างสะดวกและปลอดภัย



ตารางที่ 1-77 ประเภททางหลวงจำแนกตามรูปแบบทางกายภาพและระดับปริมาณการจราจร

ประเภททางหลวง	ปริมาณจราจร (คัน/วัน)	กายภาพ
1. เชื่อมภายในอำเภอ (Local)	< 2,000	ทาง 2 ช่อง กว้าง 7.0 ม.
2. เชื่อมระหว่างจังหวัดกับอำเภอ (Collector)	2,000 - 4,000	ทาง 2 ช่อง กว้าง 8.0 ม.
3. เชื่อมระหว่างจังหวัด (Arterial)	4,000 - 8,000	ทาง 2 ช่อง กว้าง 9.0 ม.
4. เชื่อมระหว่างภาค (Highway)	8,000 - 20,000	ทาง 4 ช่อง กว้าง 11.0 ม. ต่อทิศทาง
5. เชื่อมระหว่างภูมิภาครอบกรุงเทพฯ และปริมณฑล (Super Highway)	> 20,000	ทาง 4 ช่อง กว้าง 14.5 ม. ต่อทิศทาง

ตารางที่ 1-78 เกณฑ์คุณภาพถนนสำหรับแต่ละประเภททางหลวง ของกรมทางหลวง

IRI ม./กม.	ประเภททางหลวง				
	Super Highway	Highway	Arterial	Collector	Local
<2.0	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent
2.0 - 2.5	Good				
2.5 - 3.0	Fair	Good	Good	Good	Good
3.0 - 3.5		Fair			
3.5 - 4.0	Poor	Poor	Fair	Fair	Fair
4.0 - 4.5			Poor	Poor	Poor
>5.0	Under-standard				

ตารางที่ 1-79 เป้าหมายคุณภาพถนนสำหรับแต่ละประเภททางหลวง ของกรมทางหลวง

IRI ม./กม.	ประเภททางหลวง				
	Super Highway	Highway	Arterial	Collector	Local
<2.0	10%	10%	35%	80%	65%
2.0 - 2.5	40%				
2.5 - 3.0	50%	35%	50%	10%	20%
3.0 - 3.5		45%			
3.5 - 4.0	0%	10%	10%	5%	10%
4.0 - 4.5			5%	5%	5%
4.5 - 5.0	0%	0%	0%	0%	0%
>5.0			0%	0%	0%
IRI เฉลี่ย	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0
IRI >3.5	0%	10%	15%	20%	35%



1.8.4 กรอบงบประมาณงานบำรุงรักษา

ข้อมูลพื้นฐานและสมมติฐานในการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1-80 วิธีซ่อมและราคาต่อหน่วยงานบำรุงรักษา

เกณฑ์เลือกวิธีซ่อม ค่า IRI	ปริมาณจราจร คัน/วัน	วิธีการซ่อม	ราคาต่อหน่วย บาท/ตร.ม.
2.0 - 2.5	ไม่กำหนด	ฉาบผิว	160
2.5 - 3.0	ไม่กำหนด	เสริมผิว 5 ซม.	420
3.0 - 3.5	ไม่กำหนด	ซ่อมผิวทาง 5 ซม.	450
3.5 - 4.5	< 8,000	ซ่อมพื้นทาง ปูผิว 5 ซม.	500
3.5 - 4.5	> 8,000	ซ่อมพื้นทาง ปูผิว 10 ซม.	820
3.5 - 4.5	> 20,000	ซ่อมผิว Concrete/ซ่อมพื้นทาง ปูผิว PMA	860
> 4.5	< 8,000	บูรณะทาง ปูผิว 5 ซม.	600
> 4.5	> 8,000	บูรณะทาง ปูผิว 10 ซม.	850
> 4.5	> 20,000	บูรณะทาง Concrete/บูรณะทาง ปูผิว PMA	890

1.8.5 สภาพโครงข่ายทางหลวงในปัจจุบัน

จากการประมวลผลและวิเคราะห์ผลการสำรวจประเมินสภาพความเรียบผิวทางทั่วประเทศของกรมทางหลวง ของสำนักบริหารบำรุงทาง (ผลลัพธ์จากโครงการค่าสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาวงบประมาณประจำปี พ.ศ. 2565 จำนวน 52,302.542 กิโลเมตร) และของสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ (ผลลัพธ์จากการดำเนินการสำรวจประจำปี พ.ศ. 2565) พบว่า ถนนกรมทางหลวงมีค่าความเรียบเฉลี่ยทั้งโครงข่าย 2.50 ซึ่งสภาพโดยรวมถือว่าดี โดยมีถนนที่อยู่ในสภาพดี และดีมารวมร้อยละ 89.11 และมีเส้นทางที่ควรได้รับการบำรุงรักษาและบูรณะ เนื่องจากมีค่าความขรุขระ (IRI) เกินกว่า 3.5 เมตร/กิโลเมตร รวมระยะทาง 6,621.067 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 11 ของโครงข่าย แสดงดังตารางที่ 1-81 โดยกรมทางหลวงได้นำค่า IRI ของโครงข่ายทางหลวงเข้าเป็นส่วนหนึ่งของคำรับรองการปฏิบัติราชการตามกรอบการประเมินผลการปฏิบัติราชการประจำปี ร้อยละของระยะทางของโครงข่ายทางหลวงที่มีค่า IRI น้อยกว่า 3.5 เมตร/กิโลเมตร มีค่าไม่น้อยกว่า ร้อยละ 87 จากผลการสำรวจปี 2565 ถือว่าผ่านเกณฑ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 89.11 และข้อมูลจากการสำรวจในโครงการปี 2565 มีความเรียบเฉลี่ยเท่ากับ 2.62 โดยมีถนนที่อยู่ในสภาพดี และดีมารวมร้อยละ 83.75 และมีเส้นทางที่ควรได้รับการบำรุงรักษาและบูรณะ เนื่องจากมีค่าความขรุขระ (IRI) เกินกว่า 3.5 เมตร/กิโลเมตร รวมระยะทาง 4,929.125 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 14 ของโครงข่าย แสดงดังตารางที่ 1-82



ตารางที่ 1-81 สภาพโครงข่ายทางหลวงจากข้อมูลการสำรวจปี 2565

ความเรียบ	IRI (ม./กม.)	ระยะทาง	ร้อยละ	ร้อยละสะสม
ดีมาก	< 2.5	35,088.393	58	57.71
ดี	2.5 - 3.5	19,091.658	31	89.11
พอใช้	3.5 - 4.5	5,397.995	9	97.99
ชำรุด	> 4.5	1,223.072	2	100.00
รวม		60,801.118	100	

หมายเหตุ : ข้อมูลการสำรวจ ณ มิถุนายน 2565 ไม่ครอบคลุมถึงพื้นที่ในจังหวัดชายแดนใต้ตาม พ.ร.บ. รักษาความมั่นคงภายในราชอาณาจักร ได้แก่ จังหวัดปัตตานี จังหวัดยะลา และจังหวัดนราธิวาส รวมถึง 4 อำเภอในจังหวัดสงขลา ได้แก่ อำเภอเทพา อำเภอนาทวี อำเภอจะนะ และอำเภอบางขัน

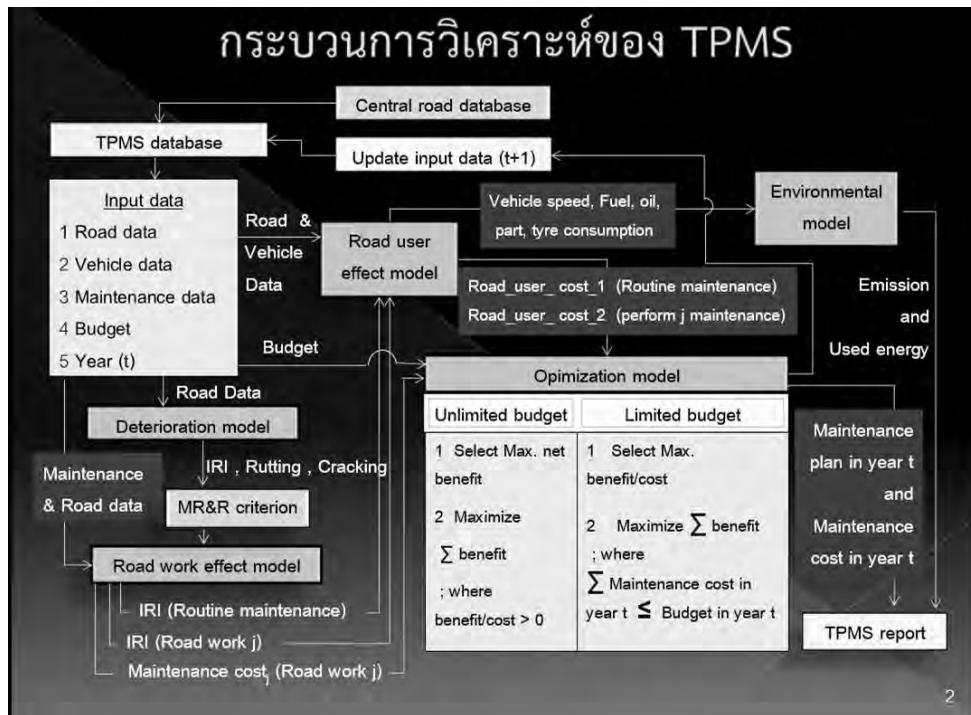
ตารางที่ 1-82 สภาพโครงข่ายทางหลวงจากข้อมูลการสำรวจในโครงการปี 2565

ความเรียบ	IRI (ม./กม.)	ระยะทาง	ร้อยละ	ร้อยละสะสม
ดีมาก	< 2.5	15,499.451	51	51.08
ดี	2.5 - 3.5	9,913.800	33	83.75
พอใช้	3.5 - 4.5	3,928.125	13	96.70
ชำรุด	> 4.5	1,001.000	3	100.00
รวม		30,342.376	100	

1.8.6 สภาพโครงข่ายทางหลวงในปี 2567

สำนักบริหารบำรุงทางได้นำข้อมูลสภาพทางหลวงล่าสุดจากผลการสำรวจสภาพทางถนนลาดยางด้วยรถสำรวจสภาพทางทั้งโครงข่ายระหว่างปี พ.ศ. 2557 ถึงปี พ.ศ. 2565 จากระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง (Roadnet) มาวิเคราะห์คาดการณ์ความเสียหายของโครงข่ายทางหลวงและงบประมาณบำรุงทางที่ต้องการในปีงบประมาณ 2566 ในการวิเคราะห์หากต้องการงบประมาณนั้น สำนักบริหารบำรุงทางใช้โปรแกรมบริหารงานบำรุงทาง TPMS (Thailand Pavement Management System) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่นำเอาสภาพความเสียหายของถนนในรูปแบบต่าง ๆ อาทิ ร่องล้อ รอยแตก ค่า IRI รวมทั้งปริมาณจราจร มาพยากรณ์การเสื่อมสภาพของถนนด้วยแบบจำลองการเสื่อมสภาพ (Deterioration Models) และผลกระทบต่อผู้ใช้ทางในรูปแบบของค่าใช้จ่ายในการใช้รถยนต์ (Vehicle Operating Cost) ค่าสูญเสียเวลา (Value of Time) ซึ่งรวมเรียกว่าค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง (Road User Costs) นอกจากนี้ แบบจำลองยังสามารถคำนวณปริมาณมลพิษอันเกิดจากการใช้รถยนต์ (Environmental Models) รวมถึงผลของการซ่อมบำรุงถนนที่มีผลต่อการให้บริการของถนนที่เพิ่มขึ้น (Road Work Effect Models) ซึ่งแบบจำลองเหล่านี้ได้รับการปรับปรุงจากระบบ HDM-4 ของธนาคารโลก (World Bank) และนำมาใช้วิเคราะห์เพื่อหาแนวทางการซ่อมบำรุงให้เกิดความคุ้มค่ามากที่สุด แสดงดังรูปที่ 1-247

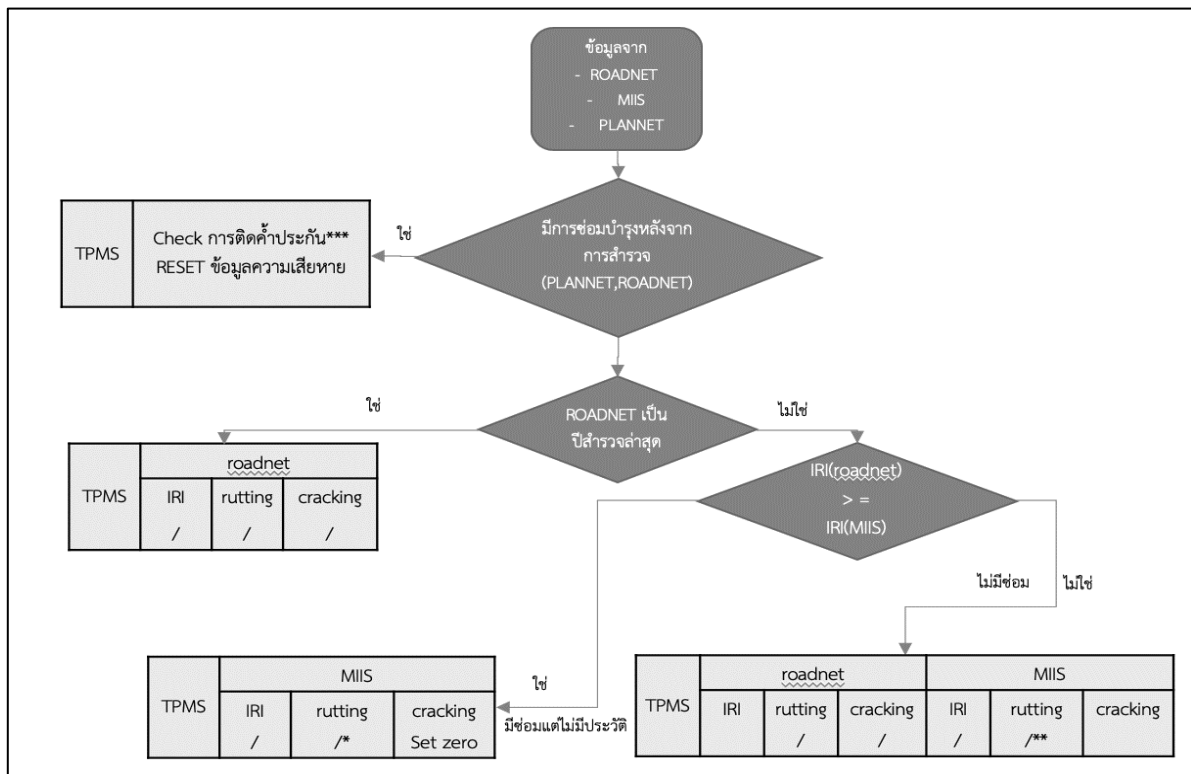




รูปที่ 1-247 การทำงานของระบบบริหารงานบำรุงทาง TPMS
(Thailand Pavement Management System)

จากฐานข้อมูลในระบบ Roadnet ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลสำรวจจาก 2 ทาง ได้แก่ การสำรวจโดยสำนักบริหารบำรุงทาง และการสำรวจโดยสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง เป็นผลให้ต้องมีการคัดเลือกข้อมูลก่อนนำเข้าโปรแกรม TPMS โดยมีขั้นตอนของการคัดเลือกข้อมูลดังต่อไปนี้

- 1) นำเข้าข้อมูล IRI จาก ระบบ Roadnet MIIS และ ข้อมูลประวัติการซ่อมจากระบบ Plannet
- 2) หากพบว่ามีข้อมูลการซ่อมบำรุงหลักจากข้อมูลสำรวจค่า IRI ระบบจะทำการตรวจสอบการติดค้ำประกัน ถ้าไม่ติดค้ำจะทำการ reset ค่าความเสียหาย
- 3) พิจารณาข้อมูล ค่า IRI หากมีข้อมูลค่า IRI จากที่มาเดียวจะสามารถให้ข้อมูลนั้นได้เลย
- 4) หากข้อมูลค่า IRI มี 2 ที่มา จะพิจารณาวันที่ทำการสำรวจ
 - 4.1) กรณีวันที่สำรวจค่า IRI จาก Roadnet เป็นข้อมูลค่าสุดท้ายจะใช้ค่าความเสียหายทั้งหมดจากระบบ Roadnet
 - 4.2) กรณีวันที่สำรวจค่า IRI จาก MIIS เป็นข้อมูลค่าสุดท้ายจะพิจารณาจากค่า IRI ของทั้ง 2 ระบบ
 - กรณี IRI จาก Roadnet มีค่ามากกว่า IRI จาก MIIS จะใช้ค่า IRI และ Rutting จาก MIIS แต่ reset ค่า Cracking
 - กรณี IRI จาก MIIS มีค่ามากกว่า IRI จาก Roadnet จะใช้ค่า IRI และ Rutting จาก MIIS แต่ใช้ค่า Cracking จาก Roadnet แสดงดังรูปที่ 1-248



รูปที่ 1-248 การคัดเลือกข้อมูลก่อนนำเข้าโปรแกรม TPMS

จากการวิเคราะห์คาดการณ์ค่าสภาพความเรียบผิวทางโดยแบบจำลองความเสื่อมสภาพของทางในระบบ TPMS (Road Condition Deterioration Model) จากฐานข้อมูลความเสียหายที่มีอยู่ทั้งหมดตั้งแต่ปี 2557 ถึง 2565 ทั้งในส่วนของสำนักบริหารบำรุงทาง และสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ โดยการวิเคราะห์ทางที่ปรึกษาได้คัดกรองสายทางที่มีค่า IRI ผิดปกติ โดยเลือกสายทางที่มีค่า IRI อยู่ในช่วง 0.5 - 7.0 เมตรต่อกิโลเมตร และกำหนดงบประมาณในการซ่อมบำรุงทางหลวงในปี 2566 จำนวน 16,677 ล้านบาท ซึ่งผลการคาดการณ์ค่าความเรียบของผิวทาง พบว่าในปี 2567 (ก่อนได้รับงบประมาณ) ถนนกรมทางหลวงจะมีค่าความเรียบเฉลี่ย เท่ากับ 2.72 โดยอยู่ในสภาพดีและดีมากมีระยะทางรวม 54,488.08 กิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 81.86 และมีเส้นทางที่ควรได้รับการบำรุงรักษาและบูรณะ เนื่องจากมีค่าความขรุขระ (IRI) เกินกว่า 3.5 เมตร/กิโลเมตร รวมระยะทาง 12,077.91 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 18.14 ของโครงข่าย



ตารางที่ 1-83 สภาพโครงข่ายทางหลวงจากการวิเคราะห์โดย TPMS ในปี 2567 (ก่อนได้รับงบ)

ความเรียบ	IRI (ม./กม.)	ระยะทาง (กม.)	ร้อยละ	ร้อยละสะสม
ดีมาก	< 2.5	12121.77	18.21	18.21
ดี	2.5 - 3.5	42366.30	63.64	81.85
พอใช้	3.5 - 4.5	10303.73	15.47	97.33
ชำรุด	> 4.5	1774.18	2.66	100
รวม		66,565.98	100	

หมายเหตุ : * ณ มิถุนายน พ.ศ. 2564 การคาดการณ์ครอบคลุมระยะทางในระบบฐานข้อมูลการสำรวจของสำนักบริหารบำรุงทาง
ยกเว้นพื้นที่ในจังหวัดชายแดนใต้ตาม พ.ร.บ.รักษาความมั่นคงภายในราชอาณาจักร ได้แก่ จังหวัดปัตตานี จังหวัดยะลา
และจังหวัดนราธิวาส รวมถึง 4 อำเภอ ในจังหวัดสงขลา ได้แก่ อำเภอเทพา อำเภอนาทวี อำเภोजะนะ และอำเภอสะบ้าย้อย
ซึ่งเป็นเส้นทางยกเว้นการสำรวจ

เมื่อเปรียบเทียบระยะทางของโครงข่ายทางหลวงที่มีค่า IRI น้อยกว่า 3.5 เมตร/กิโลเมตร
ระหว่างปี 2565 ร้อยละ 89.11 (ผลจากการสำรวจ) และปี 2567 ร้อยละ 81.85 (จากผลการ
คาดการณ์ด้วยแบบจำลอง) พบว่ามีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานตามคำรับรองการปฏิบัติราชการของ
กรมทางหลวงที่กำหนดให้ค่า IRI น้อยกว่า 3.5 เมตร/กิโลเมตร อยู่ที่ร้อยละ 87 ซึ่งจะเห็นได้ว่า
ซึ่งจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าถนนเมื่อมีการใช้งานย่อมมีการเสื่อมสภาพ ซึ่งเกิดจากปัจจัยในหลาย ๆ
ด้าน เช่น ปริมาณจราจร ค่าความเสียหาย อายุถนน เป็นต้น ดังนั้นจึงควรปรับปรุงสภาพทางของ
โครงข่ายทางหลวงให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

1.8.7 แผนงานกิจกรรมบำรุงรักษาทางประจำปี

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการแปลผลข้อมูลเพื่อจัดทำรายงาน สภาพโครงข่ายทางหลวง วิธีซ่อมบำรุง
ผิวทางลาดยางและคอนกรีต จากข้อมูลการสำรวจในโครงการนี้ และข้อมูลสภาพความเสียหาย
ของทางหลวงในฐานข้อมูล Roadnet ด้วยโปรแกรม TPMS พร้อมจัดทำแผนงานบำรุงทางประจำปี
(แบบไม่จำกัดงบประมาณ) โดยจัดทำรายงานสรุปผลการวิเคราะห์แสดงผลในมิติที่หลากหลาย
เช่น แยกตามหน่วยงาน รหัสงาน จังหวัด เป็นต้น



ตารางที่ 1-84 สภาพโครงข่ายทางหลวงจากการวิเคราะห์โดย TPMS ในปี 2567 จำแนกตามสำนักงานทางหลวง

สำนักงานทางหลวง	ระยะทาง (กม.)	IRI เฉลี่ย	ระยะทาง (กิโลเมตร)	
			IRI ≤ 3.5	IRI > 3.5
สำนักงานทางหลวงที่ 1 (เชียงใหม่)	4,375.01	3.15	2,983.29	1,391.72
สำนักงานทางหลวงที่ 2 (แพร่)	4,526.52	2.98	3,631.17	895.34
สำนักงานทางหลวงที่ 3 (สกลนคร)	3,976.60	2.85	3,702.83	273.77
สำนักงานทางหลวงที่ 4 (ตาก)	3,189.98	2.89	2,785.86	404.12
สำนักงานทางหลวงที่ 5 (พิษณุโลก)	3,145.65	3.04	2,651.38	494.27
สำนักงานทางหลวงที่ 6 (เพชรบูรณ์)	3,452.12	2.97	2,982.42	469.69
สำนักงานทางหลวงที่ 7 (ขอนแก่น)	3,597.48	3.06	2,968.99	628.49
สำนักงานทางหลวงที่ 8 (มหาสารคาม)	3,156.08	2.65	3,025.78	130.30
สำนักงานทางหลวงที่ 9 (อุบลราชธานี)	4,731.87	3.00	3,953.52	778.35
สำนักงานทางหลวงที่ 10 (นครราชสีมา)	5,510.64	2.70	5,075.08	435.56
สำนักงานทางหลวงที่ 11 (ลพบุรี)	3,786.96	3.05	3,146.45	640.51
สำนักงานทางหลวงที่ 12 (สุพรรณบุรี)	3,632.14	2.68	3,425.22	206.92
สำนักงานทางหลวงที่ 13 (กรุงเทพ)	2,286.98	3.29	1,552.65	734.33
สำนักงานทางหลวงที่ 14 (ชลบุรี)	3,447.85	3.08	2,731.12	716.73
สำนักงานทางหลวงที่ 15 (ประจวบคีรีขันธ์)	3,193.49	2.77	2,982.58	210.91
สำนักงานทางหลวงที่ 16 (นครศรีธรรมราช)	4,045.84	2.85	3,731.28	314.56
สำนักงานทางหลวงที่ 17 (กระบี่)	2,993.81	2.71	2,862.13	131.69
สำนักงานทางหลวงที่ 18 (สงขลา)	3,386.04	1.37	3,177.73	208.31
	66,435.05	2.72	54,377.08	12,057.96
	(100 %)		(81.85 %)	(18.15 %)

*หมายเหตุ : ตัวหนังสือเข้ม หมายถึง สำนักงานหลวงนั้นมีค่า IRI เฉลี่ยสูงกว่าค่า IRI เฉลี่ยของประเทศ



1.8.7.1 ประเภทการซ่อมบำรุง

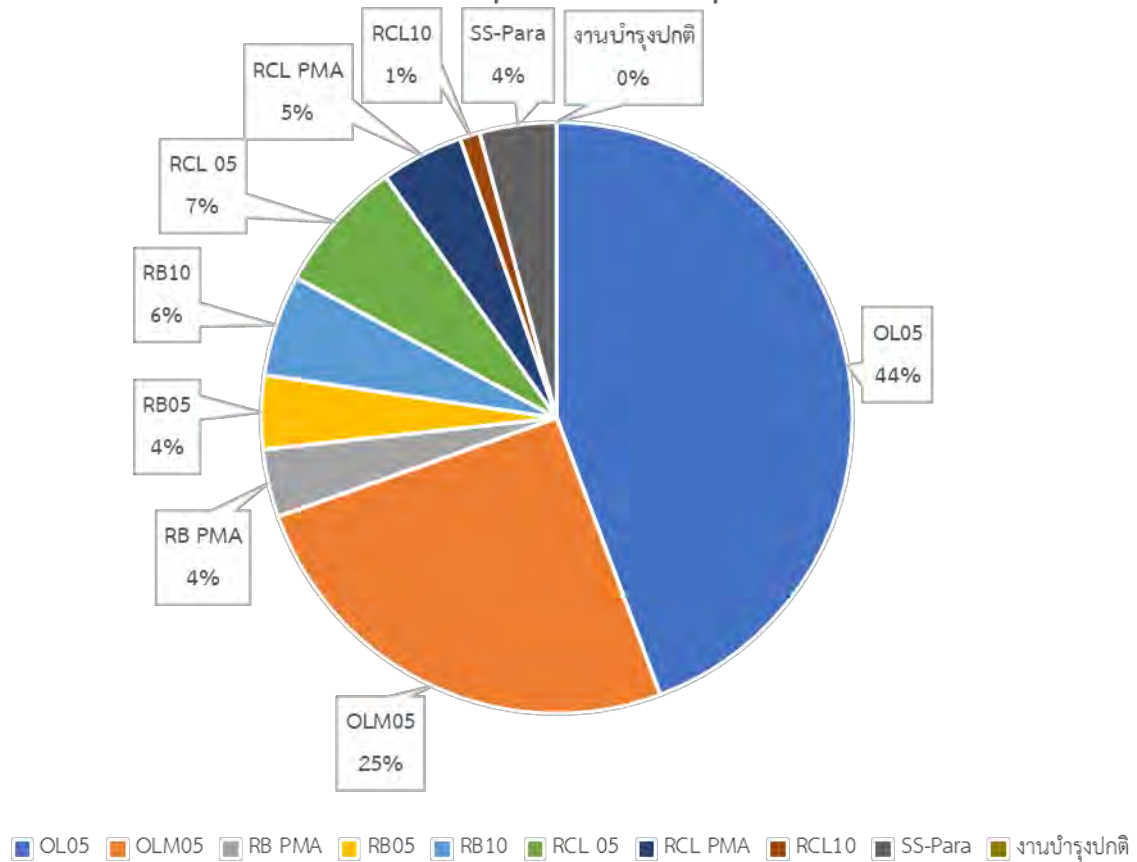
ทั้งนี้ หากพิจารณาตามเงื่อนไขการซ่อมบำรุงในงบประมาณไม่จำกัด ร่วมกับข้อมูลที่ได้จากการสำรวจในปี พ.ศ. 2565 จะทำให้สามารถวิเคราะห์กรอบงบการซ่อมบำรุงสูงสุดในปี พ.ศ. 2567 (วางแผนปีงบประมาณถัดไป) ตามเงื่อนไขดังกล่าวได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1-85 รายละเอียดการซ่อมบำรุงทั่วประเทศในปี พ.ศ. 2567 แบบไม่จำกัดงบประมาณ 1 ปี

ประเภทการซ่อม	ปริมาณงาน (ตร.ม.)	ค่าซ่อมบำรุง (ล้านบาท)	ระยะทาง (กม.)
งานเสริมผิวหนา 5 เซนติเมตร (OL05)	249,193,848.96	107,153,355,050.65	24,963.50
ปรับระดับผิวเดิม และปูผิวใหม่ หนา 5 เซนติเมตร (OLM05)	135,759,750.91	61,091,887,907.25	13,814.82
งานบูรณะทางผิวแอสฟัลต์ และปูผิวใหม่ แบบผสมยางธรรมชาติ (RBPMA)	10,102,191.75	8,990,950,657.50	826.05
งานบูรณะทางผิวแอสฟัลต์ และปูผิวใหม่ หนา 5 เซนติเมตร (RB05)	16,228,682.05	9,737,209,230.00	1,869.42
งานบูรณะทางผิวแอสฟัลต์ และปูผิวใหม่ หนา 10 เซนติเมตร (RB10)	15,735,108.00	13,374,841,800.00	1,505.74
การหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิม และปูผิวทางใหม่หนา 5 เซนติเมตร (RCL05)	35,395,959.85	17,697,979,925.00	4,114.29
การหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิม และปูผิวทางใหม่แบบผสมยางธรรมชาติ (RCLPMA)	12,714,646.55	10,934,596,033.00	1,043.71
การหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิม และปูผิวทางใหม่หนา 10 เซนติเมตร (RCL10)	3,210,999.12	2,633,019,278.40	323.87
งานฉาบผิวแบบพาราสเลอร์ซีลหนา 3 เซนติเมตร (SS-Para)	127,265,581.29	10,181,246,503.20	12,449.97
งานบำรุงปกติ	55,033,259.49	-	5,523.67
รวม	660,640,027.96	247,563,126,332.00	66,435.05



สัดส่วนประเภทการซ่อมบำรุงตามค่าซ่อมบำรุงแบบไม่จำกัดงบ

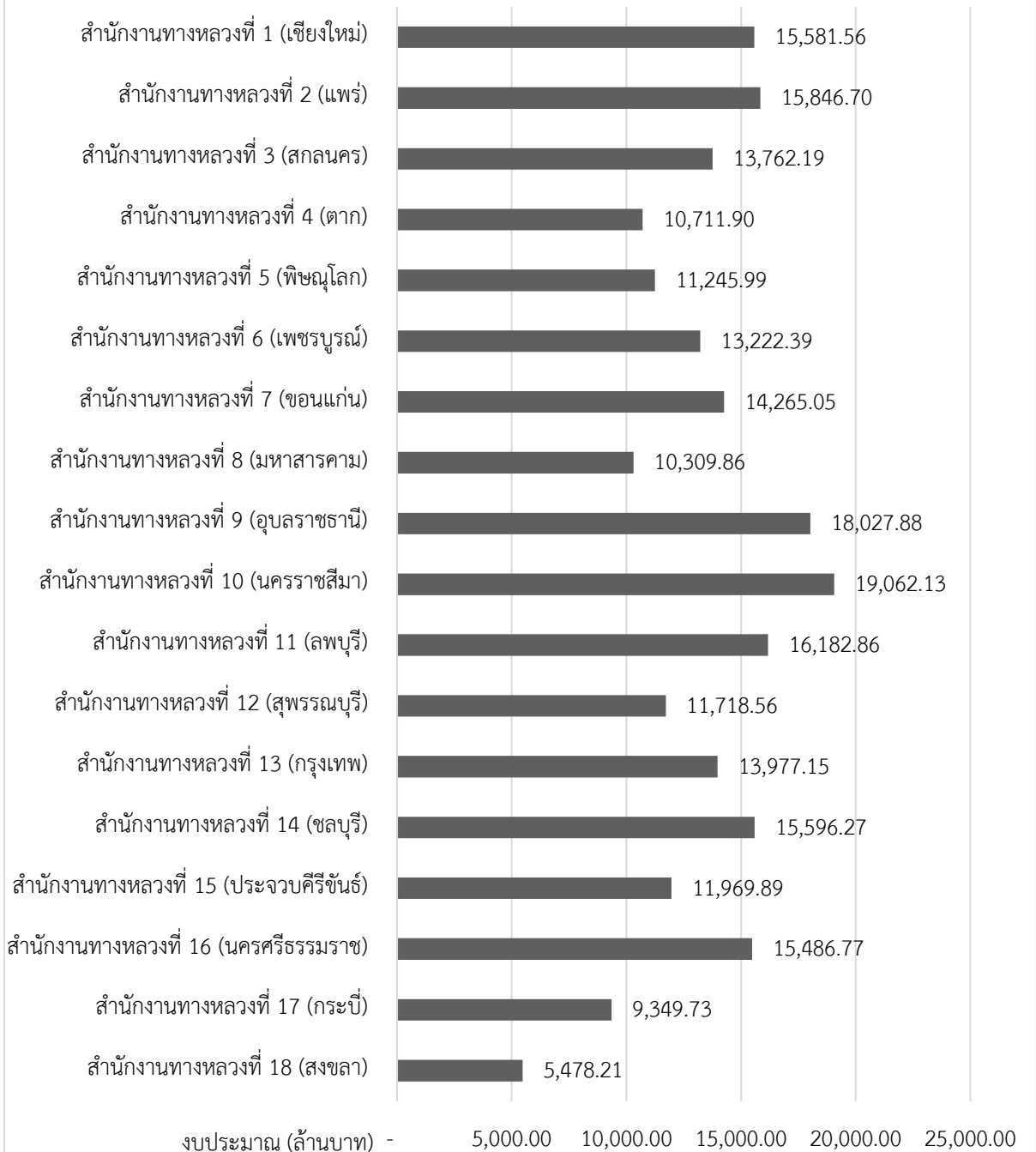


รูปที่ 1-249 สัดส่วนประเภทการซ่อมบำรุงตามค่าซ่อมบำรุงแบบไม่จำกัดงบ

- งานเสริมผิวหนา 5 เซนติเมตร (OL05) มีสัดส่วนสูงสุด ที่ร้อยละ 44
- ปรับระดับผิวเดิม และปูผิวใหม่หนา 5 เซนติเมตร (OLM05) มีสัดส่วนใกล้เคียงค่าสูงสุด ที่ร้อยละ 25
- งานฉาบผิวแบบพาราสเลอรีซีลหนา 3 เซนติเมตร (SS-Para) ที่ร้อยละ 4
- การหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมและปูผิวทางใหม่หนา 5 เซนติเมตร (RCL05) ที่ร้อยละ 7
- การหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมและปูผิวทางใหม่โดยผสมกับยางธรรมชาติ (RCLPMA) ที่ร้อยละ 5
- งานบูรณะทางผิวแอสฟัลต์และปูผิวใหม่หนา 5 เซนติเมตร (RB05) ที่ร้อยละ 4
- งานบูรณะทางผิวแอสฟัลต์ และปูผิวใหม่แบบผสมยางธรรมชาติ (RBPMA) ที่ร้อยละ 4
- งานบูรณะทางผิวแอสฟัลต์ และปูผิวใหม่หนา 10 เซนติเมตร (RB10) ที่ร้อยละ 6
- การหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมและปูผิวทางใหม่หนา 10 เซนติเมตร (RCL10) ที่ร้อยละ 1



ค่าซ่อมบำรุงของแต่ละสำนักงานทางหลวง ปี พ.ศ. 2567



รูปที่ 1-250 ค่าซ่อมบำรุงของแต่ละสำนักงานทางหลวง ปี พ.ศ. 2567



1.8.8 แผนงานกิจกรรมบำรุงรักษาทางหลวงเชิงกลยุทธ์

ที่ปรึกษาได้แปลผลข้อมูลจากโปรแกรมบริหารบำรุงทาง (Thailand Pavement Management System : TPMS) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดทำแผนงานบำรุงรักษา ซึ่งเหมาะสมทั้งทางด้านวิศวกรรมและเศรษฐศาสตร์ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ที่ปรึกษาได้จัดทำรายงานการจตุสรงบประมาณบำรุงทางในระยะยาว โดยใช้ระบบ TPMS เพื่อใช้ในการวางแผนในระยะเวลายาว 5 ปี โดยในการวิเคราะห์ประกอบด้วย การจตุสรงบประมาณแบบไม่จำกัดงบประมาณ การจตุสรงบประมาณแบบจำกัดงบประมาณ และแบบกำหนดดัชนีค่า IRI ไม่เกินค่าที่กำหนด มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

แผนงานซ่อมบำรุงแบบการจตุสรงบประมาณแบบไม่จำกัด

กรมทางหลวงได้รับงบประมาณประจำปีเพื่อใช้ในการซ่อมบำรุงโครงข่ายทางหลวงในปี พ.ศ. 2566 จำนวน 16,677 ล้านบาท ซึ่งจากการวิเคราะห์แผนงานซ่อมบำรุงแบบไม่จำกัดงบประมาณ 5 ปี ตั้งแต่ปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 จนถึงปีงบประมาณ พ.ศ. 2571 พบว่าในปีพ.ศ. 2566 กรมทางหลวงต้องการงบประมาณสูงสุดที่ 247,563 ล้านบาท เพื่อใช้ในการซ่อมสายทางทั้งหมดของกรมทางหลวง (ไม่รวมสายทางที่ติดค้ำประกัน) ให้ได้ค่า IRI น้อยที่สุด โดยที่ค่า IRI ก่อนการซ่อมบำรุงปีพ.ศ. 2567 เป็น 3.03 เมตรต่อกิโลเมตร เมื่อมีการซ่อมบำรุงตลอด 5 ปี (พ.ศ. 2567 - พ.ศ. 2571) จะสามารถรักษาค่า IRI อยู่ที่ 2.04 2.12 2.21 2.20 และ 2.14 เมตรต่อกิโลเมตร ตามลำดับ ซึ่งค่า IRI เฉลี่ยตลอด 5 ปี เท่ากับ 2.27 เมตรต่อกิโลเมตร

จะเห็นได้ว่างบประมาณของแผนไม่จำกัดงบ ในปีแรก ซึ่งใช้งบประมาณกว่า สองแสนล้านบาท จะทำให้ผลการวิเคราะห์สายทางที่มีความเสียหายมาก ถูกซ่อมเกือบหมดในปีแรกในปีต่อ ๆ ไป จะเป็นการซ่อมบำรุงลักษณะเชิงป้องกัน ได้แก่ ฉาบหรือเสริมผิว อีกทั้ง ในระบบจะกำหนดให้สายทางส่วนมากที่ถูกซ่อมบำรุงไปแล้วติดค้ำประกันจากการซ่อมปีแรก จึงไม่สามารถซ่อมอย่างต่อเนื่องได้

แผนงานซ่อมบำรุงเชิงกลยุทธ์ แบบจำกัดงบประมาณ 5 ปี โดยวิเคราะห์ เปรียบเทียบสภาพโครงข่ายทางในกรณีที่ได้รับเงินงบประมาณแตกต่างกัน

- (1) กรณีได้รับงบประมาณปีละ 10,000 ล้านบาทต่อปี พบว่า ค่า IRI หลังการซ่อมบำรุงในปีที่ 1 มีค่าเพิ่มขึ้น จาก 2.72 เมตรต่อกิโลเมตร เมื่อเริ่มต้นการวิเคราะห์ เป็น 2.91 เมตรต่อกิโลเมตร จากนั้นค่า IRI หลังการซ่อมบำรุงในปีถัดมา มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 3.14 3.40 3.69 และ 4.01 เมตรต่อกิโลเมตร ตามลำดับ โดยมีค่า IRI เฉลี่ยตลอด 5 ปี เท่ากับ 3.24 เมตรต่อกิโลเมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่า กรณีที่ได้รับงบประมาณปีละ 10,000 ล้านบาท จะไม่สามารถคงสภาพโครงข่ายสายทางในอนาคตให้ดีเท่ากับสภาพในปัจจุบัน



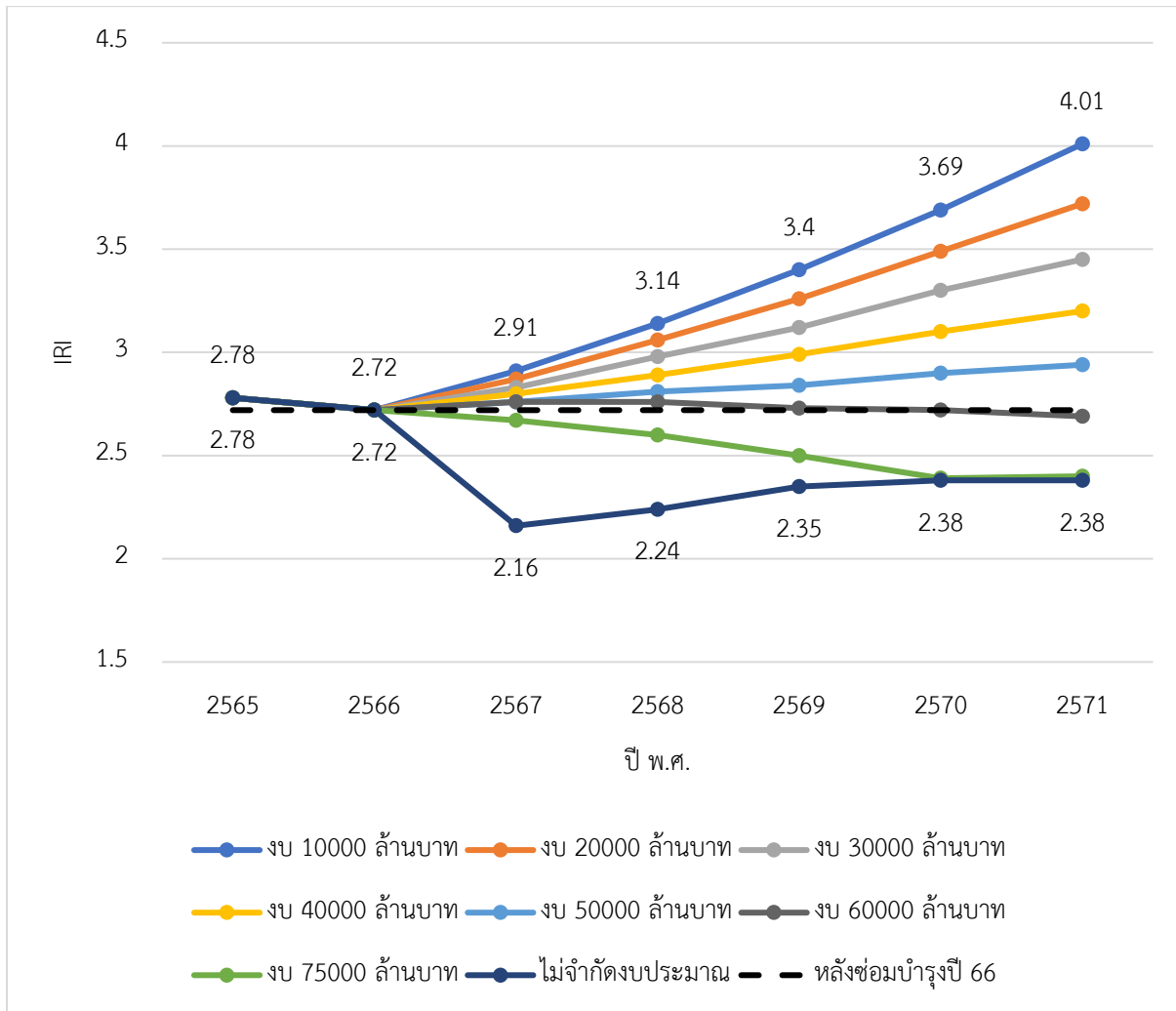
- (2) กรณีได้รับงบประมาณปีละ 20,000 ล้านบาทต่อปี พบว่า ค่า IRI หลังการซ่อมบำรุงในปีที่ 1 มีค่าเพิ่มขึ้น จาก 2.72 เมตรต่อกิโลเมตร เมื่อเริ่มต้นการวิเคราะห์ เป็น 2.87 เมตรต่อกิโลเมตร อย่างไรก็ตาม ค่า IRI หลังการซ่อมบำรุงในปีถัดมา มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 3.06 3.26 3.49 และ 3.72 เมตรต่อกิโลเมตร ตามลำดับ โดยมีค่า IRI เฉลี่ยตลอด 5 ปี เท่ากับ 3.13 เมตรต่อกิโลเมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่า กรณีที่ได้รับงบประมาณปีละ 20,000 ล้านบาท จะไม่สามารถคงสภาพโครงข่ายสายทางในอนาคตให้ดีเท่ากับสภาพในปัจจุบัน
- (3) กรณีได้รับงบประมาณปีละ 30,000 ล้านบาทต่อปี พบว่า ค่า IRI หลังการซ่อมบำรุงในปีที่ 1 มีค่าลดลง จาก 2.72 เมตรต่อกิโลเมตร เมื่อเริ่มต้นการวิเคราะห์ เป็น 2.83 เมตรต่อกิโลเมตร จากนั้น จะมีค่าสูงขึ้นในปีที่ 2 ถึง 5 เท่ากับ 2.98 3.12 3.30 และ 3.45 เมตรต่อกิโลเมตร ตามลำดับ โดยมีค่า IRI เฉลี่ยตลอด 5 ปี เท่ากับ 3.03 เมตรต่อกิโลเมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่า กรณีที่ได้รับงบประมาณปีละ 30,000 ล้านบาท จะไม่สามารถคงสภาพโครงข่ายสายทางในอนาคตได้ใกล้เคียงกับสภาพในปัจจุบันของกรมทางหลวง
- (4) กรณีได้รับงบประมาณปีละ 40,000 ล้านบาทต่อปี พบว่า ค่า IRI หลังการซ่อมบำรุงในปีที่ 1 มีค่าลดลง จาก 2.72 เมตรต่อกิโลเมตร เมื่อเริ่มต้นการวิเคราะห์ เป็น 2.80 เมตรต่อกิโลเมตร จากนั้น จะมีค่าสูงขึ้นในปีที่ 2 ถึง 5 เท่ากับ 2.89 2.99 3.10 และ 3.20 เมตรต่อกิโลเมตร ตามลำดับ โดยมีค่า IRI เฉลี่ยตลอด 5 ปี เท่ากับ 2.93 เมตรต่อกิโลเมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่า กรณีที่ได้รับงบประมาณปีละ 40,000 ล้านบาท จะไม่สามารถคงสภาพโครงข่ายสายทางในอนาคตได้ใกล้เคียงกับสภาพในปัจจุบันได้ของกรมทางหลวง
- (5) กรณีได้รับงบประมาณปีละ 50,000 ล้านบาทต่อปี พบว่า ค่า IRI หลังการซ่อมบำรุงในปีที่ 1 มีค่าลดลง จาก 2.72 เมตรต่อกิโลเมตร เมื่อเริ่มต้นการวิเคราะห์ เป็น 2.76 เมตรต่อกิโลเมตร จากนั้น จะมีค่าสูงขึ้นในปีที่ 2 ถึง 5 เท่ากับ 2.81 2.84 2.90 และ 2.94 เมตรต่อกิโลเมตร ตามลำดับ โดยมีค่า IRI เฉลี่ยตลอด 5 ปี เท่ากับ 2.82 เมตรต่อกิโลเมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่า กรณีที่ได้รับงบประมาณปีละ 50,000 ล้านบาท จะสามารถรักษาสภาพโครงข่ายสายทางในอนาคตได้
- (6) กรณีได้รับงบประมาณปีละ 75,000 ล้านบาทต่อปี พบว่า ค่า IRI หลังการซ่อมบำรุงในปีที่ 1 ถึง 5 มีค่าลดลง จาก 2.72 เมตรต่อกิโลเมตร เมื่อเริ่มต้นการวิเคราะห์ เป็น 2.67 2.60 2.50 2.39 และ 2.40 เมตรต่อกิโลเมตร ตามลำดับ โดยมีค่า IRI เฉลี่ยตลอด 5 ปี เท่ากับ 2.58 เมตรต่อกิโลเมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่า กรณีที่ได้รับงบประมาณปีละ 75,000 ล้านบาท จะสามารถรักษาสภาพโครงข่ายสายทางในอนาคตได้ดีกว่าสภาพในปัจจุบัน



- (7) กรณีได้รับงบประมาณปีละ 100,000 ล้านบาทต่อปี พบว่า ค่า IRI หลังการซ่อมบำรุงในปีที่ 1 ถึง 5 มีค่าลดลง จาก 2.72 เมตรต่อกิโลเมตร เมื่อเริ่มต้นการวิเคราะห์ เป็น 2.61 2.41 2.12 2.14 และ 2.20 เมตรต่อกิโลเมตร ตามลำดับ (ค่า IRI ต่ำสุดในปีที่ 4) โดยมีค่า IRI เฉลี่ยตลอด 5 ปี เท่ากับ 2.43 เมตรต่อกิโลเมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่า กรณีที่ได้รับงบประมาณปีละ 100,000 ล้านบาท จะสามารถรักษาสภาพโครงข่ายสายทางในอนาคตได้ดีกว่าสภาพในปัจจุบัน
- (8) กรณีได้รับงบประมาณปีละ 150,000 ล้านบาทต่อปี พบว่า ค่า IRI หลังการซ่อมบำรุงในปีที่ 1 ถึง 5 มีค่าลดลง จาก 2.72 เมตรต่อกิโลเมตร เมื่อเริ่มต้นการวิเคราะห์เป็น 2.43 2.05 2.11 2.19 และ 2.21 เมตรต่อกิโลเมตร ตามลำดับ (ค่า IRI ต่ำสุดในปีที่ 2) โดยมีค่า IRI เฉลี่ยตลอด 5 ปี เท่ากับ 2.36 เมตรต่อกิโลเมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่ากรณีที่ได้รับงบประมาณปีละ 150,000 ล้านบาท จะสามารถรักษาสภาพโครงข่ายสายทางในอนาคตได้ดีกว่าสภาพในปัจจุบัน
- (9) กรณีได้รับงบประมาณปีละ 200,000 ล้านบาทต่อปี พบว่า ค่า IRI หลังการซ่อมบำรุงในปีที่ 1 ถึง 5 มีค่าลดลง จาก 2.72 เมตรต่อกิโลเมตร เมื่อเริ่มต้นการวิเคราะห์เป็น 2.25 2.06 2.13 2.21 และ 2.21 เมตรต่อกิโลเมตร ตามลำดับ (ค่า IRI ต่ำสุดในปีที่ 2) โดยมีค่า IRI เฉลี่ยตลอด 5 ปี เท่ากับ 2.34 เมตรต่อกิโลเมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่า กรณีที่ได้รับงบประมาณปีละ 200,000 ล้านบาท จะสามารถรักษาสภาพโครงข่ายสายทางในอนาคตได้ดีกว่าสภาพในปัจจุบัน
- (10) กรณีได้รับงบประมาณปีละ 250,000 ล้านบาทต่อปี พบว่า ค่า IRI หลังการซ่อมบำรุงในปีที่ 1 ถึง 5 มีค่าลดลง จาก 2.72 เมตรต่อกิโลเมตร เมื่อเริ่มต้นการวิเคราะห์ เป็น 2.06 2.07 2.14 2.23 และ 2.23 เมตรต่อกิโลเมตร ตามลำดับ (ค่า IRI ต่ำสุดในปีที่ 2) โดยมีค่า IRI เฉลี่ยตลอด 5 ปี เท่ากับ 2.32 เมตรต่อกิโลเมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่า กรณีที่ได้รับงบประมาณปีละ 250,000 ล้านบาท จะสามารถรักษาสภาพโครงข่ายสายทางในอนาคตได้ดีกว่าสภาพในปัจจุบัน
- (11) กรณีได้รับงบประมาณปีละ 300,000 ล้านบาทต่อปี พบว่า ค่า IRI หลังการซ่อมบำรุงในปีที่ 1 ถึง 5 มีค่าลดลง จาก 2.72 เมตรต่อกิโลเมตร เมื่อเริ่มต้นการวิเคราะห์ เป็น 2.02 2.07 2.14 2.23 และ 2.33 เมตรต่อกิโลเมตร ตามลำดับ โดยมีค่า IRI เฉลี่ยตลอด 5 ปี เท่ากับ 2.31 เมตรต่อกิโลเมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่า กรณีที่ได้รับงบประมาณปีละ 300,000 ล้านบาท จะสามารถรักษาสภาพโครงข่ายสายทางในอนาคตได้ดีกว่าสภาพในปัจจุบัน
- (12) กรณีไม่จำกัดงบประมาณ พบว่า ค่า IRI หลังการซ่อมบำรุงในปีที่ 1 ถึง 5 มีค่าลดลง จาก 2.11 เมตรต่อกิโลเมตร เมื่อเริ่มต้นการวิเคราะห์ เป็น 2.16 2.24 2.35 2.38 และ 2.38 เมตรต่อกิโลเมตร ตามลำดับ โดยมีค่า IRI เฉลี่ยตลอด 5 ปี เท่ากับ 2.34 เมตรต่อกิโลเมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่า ค่า IRI กรณีที่ได้รับงบประมาณแบบไม่จำกัดค่าเท่ากับกรณีที่ได้รับงบประมาณปีละ 300,000 ล้านบาทต่อปี หมายความว่างบประมาณที่ใช้ในแต่ละปีในกรณีนี้มีค่าไม่ถึง 300,000 ล้านบาท เพื่อให้สามารถรักษาสภาพโครงข่ายสายทางในอนาคตได้ดีกว่าสภาพในปัจจุบัน



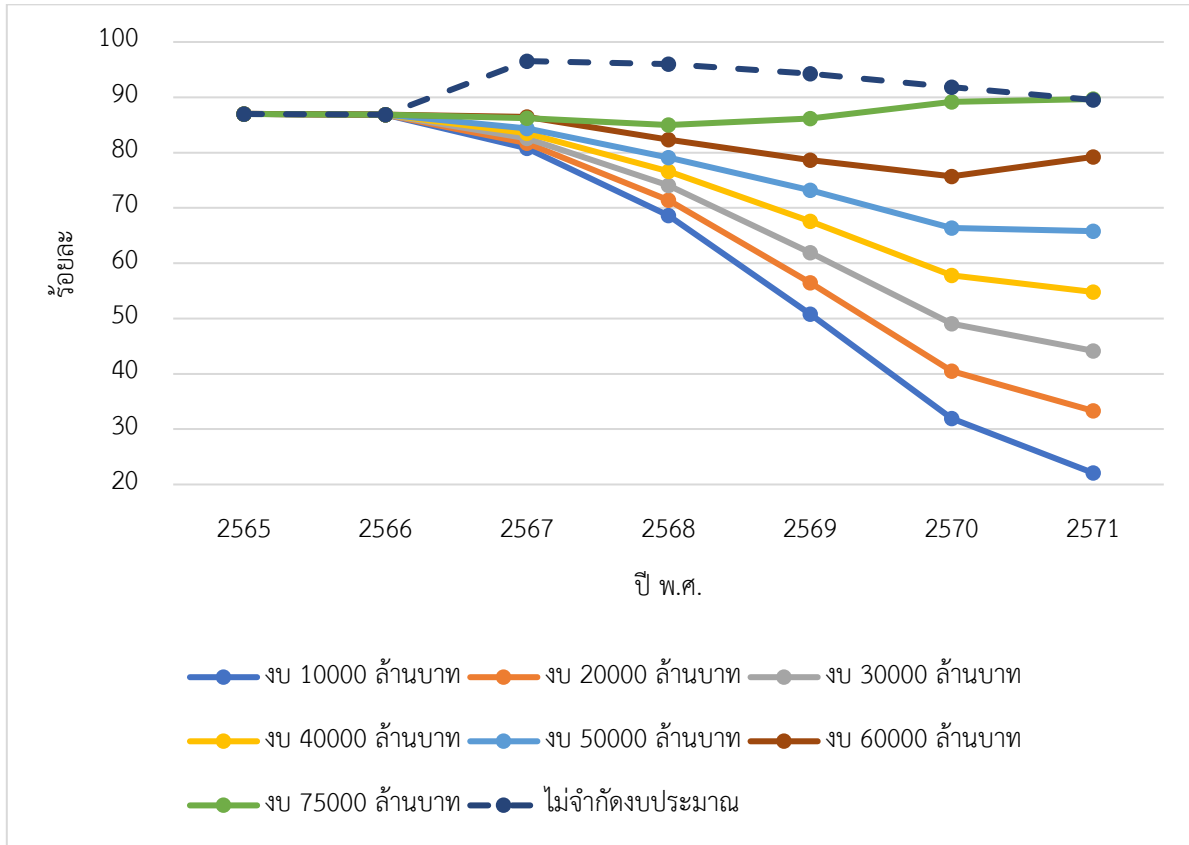
ในปัจจุบันกรมทางหลวงมีค่า IRI เฉลี่ยอยู่ที่ 2.78 (ค่า IRI ในปี พ.ศ. 2565) หากกรมทางหลวงได้รับงบประมาณในการซ่อมบำรุงผิวน้อยกว่าปีละ 50,000 ล้านบาท จะไม่สามารถรักษาสภาพโครงข่ายทางหลวงให้มีค่า IRI อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับสภาพในปัจจุบันของกรมทางหลวงได้ ดังนั้นงบประมาณที่เหมาะสมที่กรมทางหลวงควรจะได้รับ เพื่อคงสภาพผิวทางทั่วประเทศให้ได้ใกล้เคียงกับสภาพปัจจุบัน (IRI = 2.87) ควรมีงบประมาณปีละไม่ต่ำกว่า 50,000 ล้านบาท



รูปที่ 1-251 กราฟแสดงค่า IRI ของแผนงบประมาณที่ได้รับในแต่ละปี



จากการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่า ถ้าทางกรมทางหลวงต้องการที่จะคงค่า IRI < 3.5 ที่ประมาณร้อยละ 87 ของระยะความยาวสายทางทั้งหมด (คำรับรองการปฏิบัติราชการปี พ.ศ. 2562) ตลอดระยะเวลา 5 ปี จำเป็นจะต้องใช้งบประมาณปีละ 75,000 ล้านบาท แสดงดังรูปที่ 1-251



รูปที่ 1-252 ร้อยละของค่า IRI ที่น้อยกว่า 3.5 ในแต่ละปีงบประมาณ



โดยสามารถสรุปค่า IRI เฉลี่ยจากแผนต่าง ๆ ได้ดังตารางต่อไปนี้

จากการวิเคราะห์แผนงานกิจกรรมบำรุงรักษาทางหลวงเชิงกลยุทธ์ จะเห็นได้ว่าหากกรมทางหลวงต้องการรักษาค่า IRI เฉลี่ยตลอดระยะเวลา 5 ปี อยู่ในสภาพที่ดี เทียบกับกับสภาพ ณ ปัจจุบัน พ.ศ.2565 (IRI = 2.72) จะต้องใช้งบประมาณบำรุงทางไม่ต่ำกว่า 50,000 ล้านบาท และสายทางที่มีค่า IRI น้อยกว่า 3.5 มากกว่าร้อยละ 87 ของสายทางทั้งหมด กรมทางหลวงจะต้องใช้งบประมาณอย่างต่อเนื่องปีละไม่น้อยกว่า 75,000 ล้านบาท โดยสามารถสรุปค่า IRI เฉลี่ยจากแผนต่าง ๆ ได้ แสดงดังตารางที่ 1-86

ตารางที่ 1-86 ค่า IRI เฉลี่ยตาม แผนและปีงบประมาณ 5 ปี

งบบำรุงปกติ	ปี 2567	ปี 2568	ปี 2569	ปี 2570	ปี 2571	เฉลี่ยตลอด 5 ปี
งบ 10,000 ล้านบาท	2.91	3.14	3.40	3.69	4.01	3.43
งบ 20,000 ล้านบาท	2.87	3.06	3.26	3.49	3.72	3.28
งบ 30,000 ล้านบาท	2.83	2.98	3.12	3.3	3.45	3.14
งบ 40,000 ล้านบาท	2.8	2.89	2.99	3.10	3.20	2.99
งบ 50,000 ล้านบาท	2.76	2.81	2.84	2.90	2.94	2.85
งบ 75,000 ล้านบาท	2.67	2.60	2.50	2.39	2.40	2.51
งบ 100,000 ล้านบาท	2.61	2.41	2.12	2.14	2.20	2.29
งบ 150,000 ล้านบาท	2.43	2.05	2.11	2.19	2.21	2.19
งบ 200,000 ล้านบาท	2.25	2.06	2.13	2.21	2.21	2.17
งบ 250,000 ล้านบาท	2.06	2.07	2.14	2.23	2.23	2.14
งบ 300,000 ล้านบาท	2.02	2.07	2.14	2.23	2.23	2.13
ไม่จำกัดงบประมาณ	2.16	2.24	2.35	2.38	2.38	2.30



1.8.9 การวิเคราะห์ความต้องการงบประมาณงานบำรุงรักษาทางหลวงผิวลาดยางโดย TPMS

กระบวนการวิเคราะห์

กระบวนการวิเคราะห์โดยโปรแกรม TPMS เป็นการหาวิธีการซ่อมบำรุงที่เหมาะสมตามหลักวิศวกรรม โดยการวิเคราะห์จะกำหนดงบประมาณที่ต้องการในการซ่อมบำรุง (Cost) ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ได้แก่

- ค่า IRI เมื่อไม่มีการซ่อมบำรุง โดยโปรแกรมจะคาดการณ์ความเสียหายของถนนในปี 2566 จากระบบฐานข้อมูลที่มีอยู่
- ค่า IRI หลังการซ่อมบำรุง
- ระยะทางในการซ่อมบำรุง
- วิธีการซ่อมบำรุง
- ค่าซ่อมบำรุงตามวิธีการซ่อม
- ผลประโยชน์ที่ได้รับ (Benefit)

การวิเคราะห์จะกำหนดงบประมาณในการซ่อมบำรุง ตั้งแต่งบประมาณ 10,000 ล้านบาทไปจนถึงไม่จำกัดงบประมาณในการซ่อมบำรุง เพื่อหาค่า IRI หลังการซ่อมบำรุงภายใต้เงื่อนไขงบประมาณดังกล่าว และพิจารณาสัดส่วนร้อยละของค่า IRI ที่น้อยกว่า 3.5

ผลการวิเคราะห์

ผลการวิเคราะห์ และสำนักบริหารบำรุงทางได้สร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่าง งบประมาณในปี 2565 กับ ร้อยละของระยะทางบนทางหลวงที่มีค่า IRI < 3.5 ของโครงข่ายทางหลวงตามงบประมาณบำรุงทางที่ได้รับการจัดสรรทั้งประเทศในปี 2566 แสดงดังสมการที่ 4

$$\text{Budget} = 18,134 * (\% \text{IRI}_{2566} < 3.5) - 1,500,000 \quad (4)$$

โดยที่ Budget = งบประมาณบำรุงรักษาถนนลาดยางในปี 2566 (ล้านบาท)

$\% \text{IRI}_{2565} < 3.5$ = ร้อยละของระยะทางของโครงข่ายทางหลวงที่มีค่า IRI น้อยกว่า 3.5 ม./กม.

ผลประโยชน์จากการลงทุนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณงบลงทุน แต่ผลประโยชน์สุทธิจะเริ่มลดลงเมื่อการลงทุนเกิน 100,000 ล้านบาท เพราะโครงการที่เลือกมาดำเนินการมีต้นทุนสูงกว่าผลประโยชน์ ($B-C < 0$ หรือ $B/C < 1$) เมื่อพิจารณาความต้องการงบประมาณตามสมการที่ 4 จะต้องใช้งบประมาณ 75,000 ล้านบาท เพื่อคงสภาพของโครงข่ายให้ร้อยละของระยะทางของโครงข่ายทางหลวงที่มีค่า IRI น้อยกว่า 3.5 ม./กม. ไม่เกินร้อยละ 87

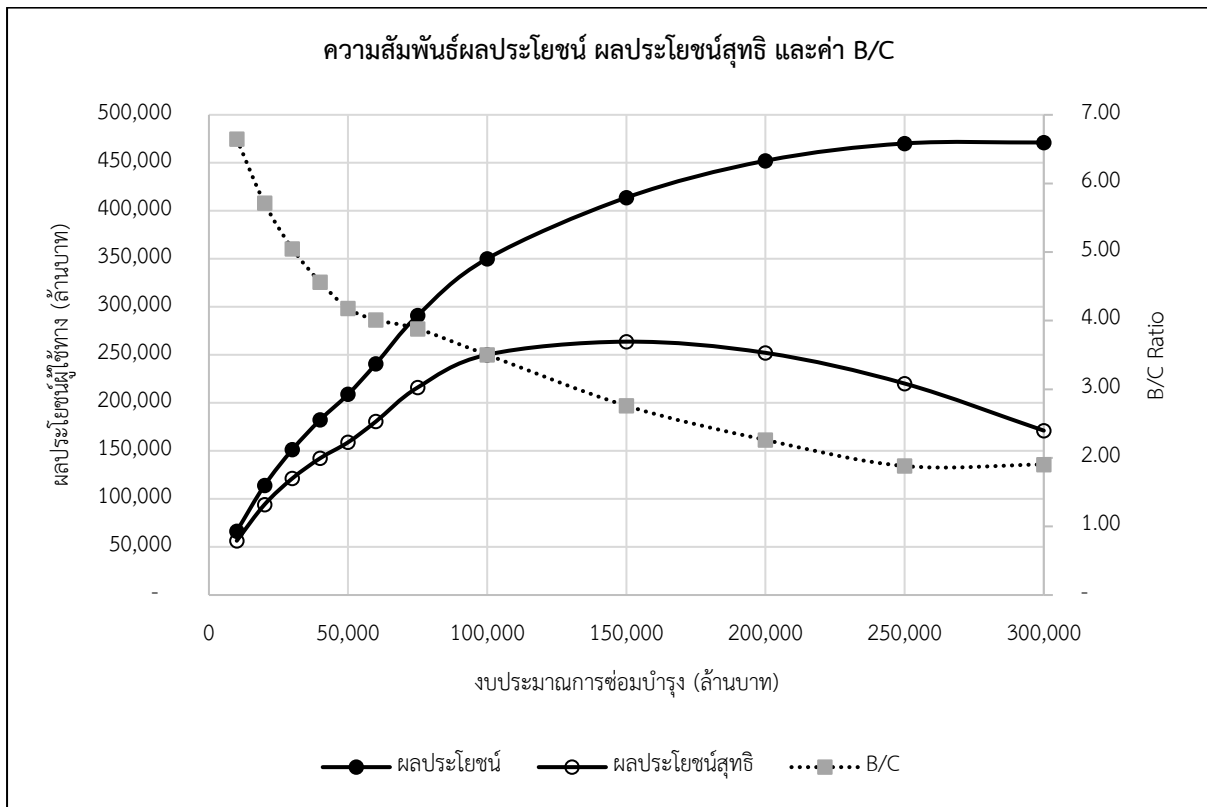


ตารางที่ 1-87 ผลการวิเคราะห์งบประมาณ ปี 2567

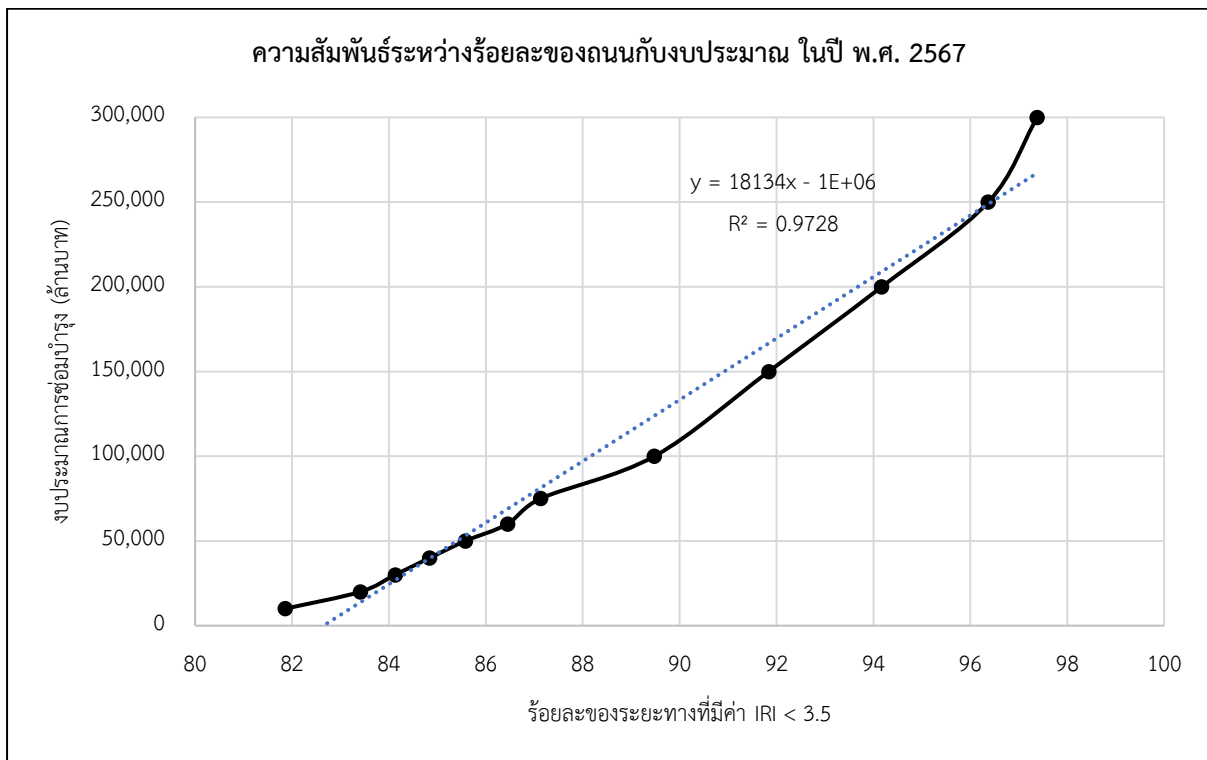
ค่าซ่อมบำรุง (Cost) (ล้านบาท)	ผลประโยชน์ (Benefit) (ล้านบาท)	ผลประโยชน์สุทธิ (Net Benefit) (ล้านบาท)	B/C Ratio	ระยะทางที่ค่า IRI < 3.5	
				กม.	คิดเป็นร้อยละ
10,000	66,489	56,489	6.65	54,488.08	81.86
20,000	114,242	94,242	5.71	55,524.90	83.41
30,000	151,463	121,463	5.05	56,001.76	84.13
40,000	182,460	142,460	4.56	56,480.53	84.84
50,000	209,001	159,001	4.18	56,972.89	85.58
75,000	240,642	180,642	4.01	57,434.19	86.45
100,000	261,074	186,074	3.48	58,001.65	87.13
150,000	350,225	250,225	3.50	59,592.63	89.48
200,000	413,809	263,809	2.76	61,167.62	91.84
250,000	452,154	252,154	2.26	62,714.91	94.17
247,536 (ไม่จำกัดงบประมาณ)	470,189	220,189	1.88	64,180.19	96.37

จากกราฟด้านล่าง แสดงให้เห็นว่า งบประมาณการซ่อมบำรุงที่เพิ่มขึ้นจะแปรผกผันกับผลประโยชน์ต่อค่าซ่อมบำรุง (B/C) เนื่องจากระบบ TPMS จะเลือกซ่อมในสายทางที่ให้ผลประโยชน์มากกว่าก่อน ทำให้งบประมาณที่เพิ่มขึ้นจะถูกนำไปซ่อมในสายทางที่มีผลประโยชน์น้อยลงมา

จากการวิเคราะห์ด้วยระบบ TPMS จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการเพิ่มงบประมาณในการซ่อมบำรุงทางตั้งแต่ช่วง 0 - 150,000 ล้านบาท จะทำให้ผลประโยชน์สุทธิ (Net Benefit) มีค่าเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน แต่ช่วงงบประมาณตั้งแต่ 150,000 ล้านบาท ผลประโยชน์สุทธิจะเริ่มลดลงเมื่อเทียบกับงบประมาณที่น้อยกว่า ดังนั้น จุดลงทุนที่จะให้ผลประโยชน์สุทธิสูงสุดคือที่งบประมาณ 100,000 - 200,000 ล้านบาท



รูปที่ 1-253 ความสัมพันธ์ผลประโยชน์ ผลประโยชน์สุทธิ และค่า B/C



รูปที่ 1-254 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของถนนในโครงข่ายที่ค่า IRI < 3.5 ม./กม.

กับงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในปี 2566 (เฉพาะถนนลาดยาง)





1.9 การจัดทำสื่อวีดิทัศน์ประชาสัมพันธ์โครงการ

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการจัดทำร่างวีดิทัศน์สื่อประชาสัมพันธ์โครงการฯ ความยาวรวมไม่น้อยกว่า 5 นาที โดยเนื้อหาสื่อประชาสัมพันธ์โครงการ ที่ปรึกษาได้อ้างอิงจากเนื้อหาจากการรวบรวมข้อมูล และประโยชน์ต่าง ๆ ที่ประชาชนได้รับจากโครงการนี้ ซึ่งสามารถรองรับการรับชมได้ทางคอมพิวเตอร์แบบพกพา แท็บเล็ต และโทรศัพท์มือถือ



ตารางที่ 1-88 ตารางเนื้อหาว่างสคริปต์การจัดทำวีดิทัศน์สื่อประชาสัมพันธ์โครงการ

Time	Sub	Picture	concept
0.00	โครงข่ายทางหลวงเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยเชื่อมต่อการเดินทางของประชาชนทั้งประเทศ และมีส่วนเกี่ยวข้องต่อทั้งการทำงาน การขนส่ง การศึกษา ไปจนถึงการดำรงชีวิตในปัจจุบัน ระบบคมนาคมที่ดีและปลอดภัยจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาคุณภาพชีวิตคนในประเทศ และพัฒนาระบบเศรษฐกิจของประเทศ กรมทางหลวงมีหน้าที่ในการดูแลสายทาง		เปิดตัวด้วยหน้าระบบ
	ซึ่งในปัจจุบันมีโครงข่ายสายทางที่อยู่ในความรับผิดชอบทุกประเภททางระยะทางต่อ 2 ช่องจราจรไม่น้อยกว่า 77,500 กิโลเมตร ได้ให้ความสำคัญของการเพิ่มศักยภาพการเดินทาง ผ่านยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี ในการ "ปรับปัจจุบัน" เพื่อปูทางสู่นาคต ให้ครอบคลุมถึงโครงข่ายระบบคมนาคมและขนส่ง		

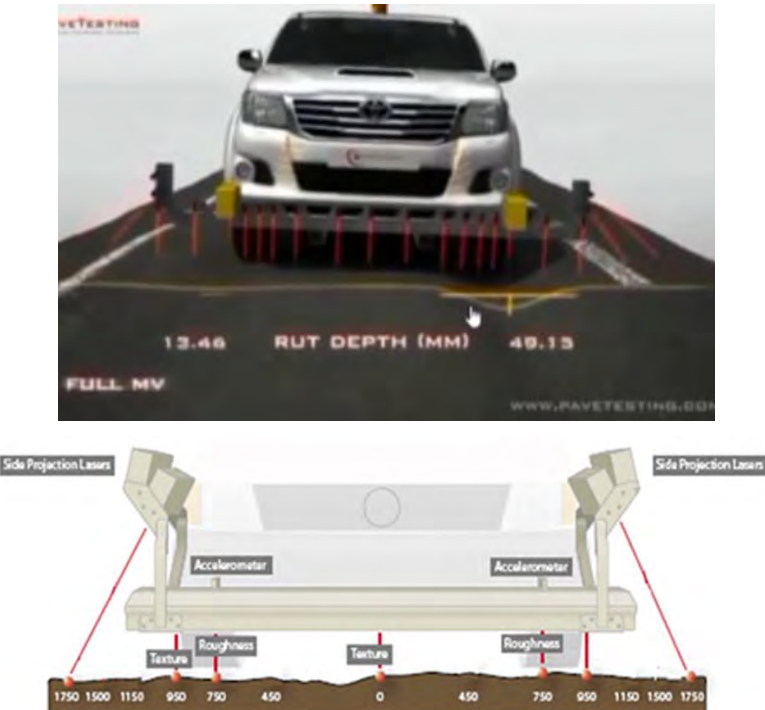


ตารางที่ 1-88 ตารางเนื้อหาาร่างสคริปต์การจัดทำวิดีโอทัศนสื่อประชาสัมพันธ์โครงการ (ต่อ)

Time	Sub	Picture	concept
0.15	<p>ด้วยเหตุนี้ กรมทางหลวง ได้มีการดำเนินงานโครงการสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว เพื่อทำการสำรวจโครงข่ายทางหลวงครอบคลุมทั่วทั้งประเทศ ร่วมกับกลุ่มที่ปรึกษา ที่มีประสบการณ์และความชำนาญในการสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลทางวิศวกรรมทางมากกว่า 10 ปี โดยเฉพาะการใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยเข้ามาประยุกต์ใช้กับงานสำรวจและจัดทำข้อมูลโดยอุปกรณ์ทำแผนที่ชนิดเคลื่อนที่ได้ Mobile Mapping System ที่ประกอบไปด้วย ชุดหัวเลเซอร์ที่ใช้วัดค่าความสูงและร่องล้อบนผิวทาง พร้อมระบบจับพิกัด DGPS ที่มีความผิดพลาดไม่เกิน 1 เมตร และกล้องถ่ายภาพวิดีโอที่มีความละเอียดสูง ติดตั้งบนยานพาหนะ เพื่อช่วยให้การตรวจวัดและการสำรวจมีความรวดเร็ว แม่นยำและมีประสิทธิภาพมากขึ้น</p>	   	<p>รถสำรวจวิ่งสำรวจบนถนน (รถสามคัน ดึงจุดเด่นนวัตกรรมที่นำมาใช้สำรวจ)</p>

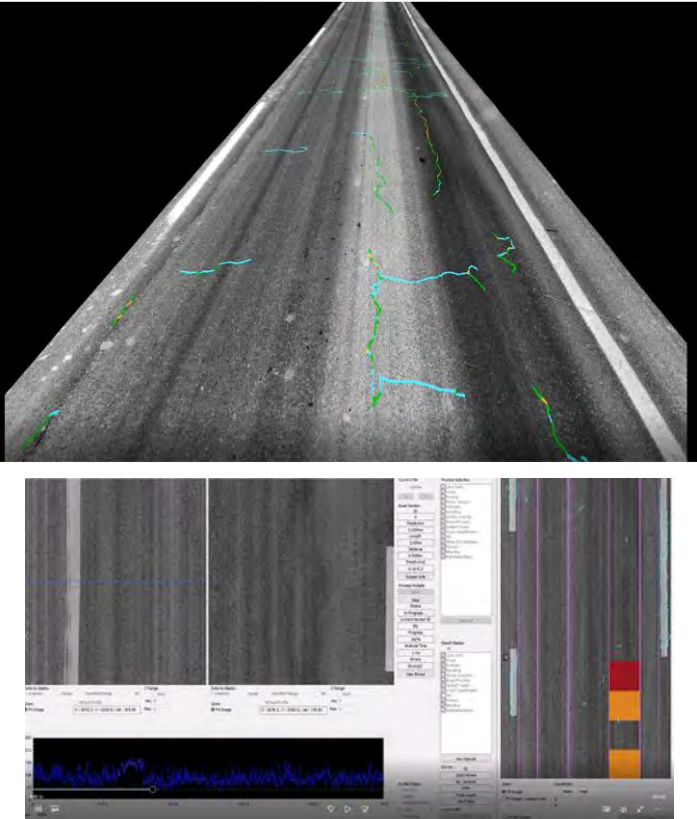


ตารางที่ 1-88 ตารางเนื้อหาาร่างสคริปต์การจัดทำวิดีโอทัศนสือประชาสัมพันธ์โครงการ (ต่อ)

Time	Sub	Picture	concept
0.30	<p>ในการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลสภาพทาง ได้แก่ ข้อมูลค่าดัชนีความขรุขระสากล หรือ IRI ข้อมูลค่าความลึกร่องล้อ หรือ Rutting ข้อมูลค่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวทาง หรือ MPD และอุปกรณ์กล้องถ่ายภาพ ให้สามารถแสดงทัศนวิสัยระหว่าง 2 ข้างทาง พร้อมทั้งผลการประเมินค่าความเสียหายผิวทาง ชุดอุปกรณ์การสำรวจดังกล่าว คือ</p> <p>1) เทคโนโลยี Laser Profilometer ที่มีอุปกรณ์สำรวจสภาพความเสียหายที่มีจำนวนหัว Laser ทั้ง 7 จุด และ 15 จุด ตัว Laser จะยิงลงพื้นถนนระหว่างร่องล้อทั้ง 2 ข้างขณะทำการสำรวจ พร้อมภาพถ่ายผิวทางที่ปรับระดับสีให้สามารถมองเห็นความเสียหายผิวทางได้ ผ่านการวิเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญ</p>		<p>อุปกรณ์ Laser Profile //</p> <p>** ภาพหน้าจอการประเมินความเสียหายจากกล้องถ่ายภาพผิวทาง **</p>

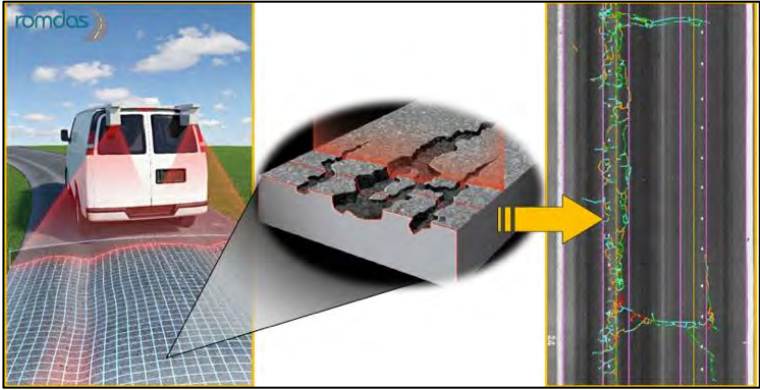


ตารางที่ 1-88 ตารางเนื้อหาาร่างสคริปต์การจัดทำวีดิทัศน์สื่อประชาสัมพันธ์โครงการ (ต่อ)

Time	Sub	Picture	concept
0.45	<p>ส่วนเทคโนโลยีที่ 2) คือ Laser Crack Measurement System หรือ LCMS มีอุปกรณ์ Laser ตรวจวัดสภาพทางที่วัดได้ 4,096 จุด ซึ่งเก็บข้อมูลในรูปแบบพื้นที่ ไม่ใช่แค่เพียงร่องระหว่างร่องล้อ เหมือนตัว Laser Profile นอกจากนี้ยังสามารถวิเคราะห์ข้อมูลค่าความเสียหายผิวทางออกมาในรูปแบบของ 3D profiles ความละเอียดสูง ที่สามารถวิเคราะห์ความเสียหายผิวทางแบบอัตโนมัติ Automatic crack detection ซึ่งสามารถวิเคราะห์ความเสียหายได้ใน 3 มิติ คือ ความกว้าง และความยาว และ ความลึกมีความละเอียดมากกว่าการวิเคราะห์ความเสียหายของผิวทางจากภาพถ่ายด้วยเทคโนโลยี Laser Profile ที่ให้ข้อมูลเพียง 2 มิติ ทำให้ทราบความเสียหายที่ถูกต้องแม่นยำของผิวทางได้ดีกว่า ทำให้เห็นได้ว่าการเลือกเทคโนโลยีในการสำรวจที่มีประสิทธิภาพสูง ย่อมส่งผลให้การวางแผนการซ่อมบำรุงมีความถูกต้อง แม่นยำ มีประสิทธิภาพและเป็นไปตามหลักวิศวกรรมงานทางยิ่งขึ้น</p>		<p>การเลือกเทคโนโลยีในการสำรวจที่มีประสิทธิภาพสูง (ภาพอุปกรณ์ Laser Profile และ LCMS // ภาพข้อมูล Distress AUTO detection)</p>


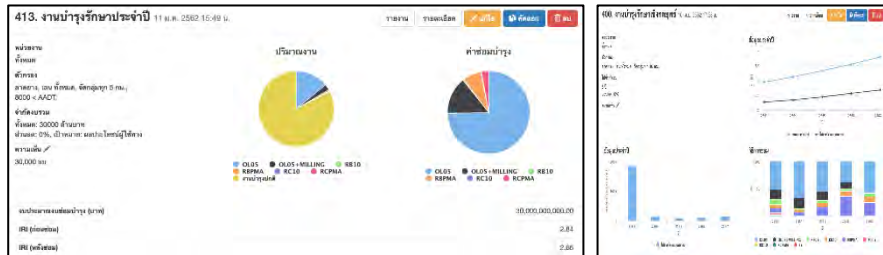


ตารางที่ 1-88 ตารางเนื้อหาาร่างสคริปต์การจัดทำวีดิทัศน์สื่อประชาสัมพันธ์โครงการ (ต่อ)

Time	Sub	Picture	concept
1.10	จากความทันสมัยของเทคโนโลยีดังที่ได้กล่าวมานั้น นอกจากค่าสภาพทางแล้วยังมีค่า Geometry ที่ได้พร้อมกับการสำรวจ ได้แก่ ค่าระดับความสูง หรือ Elevation ค่าเปอร์เซ็นต์ความลาดชัน หรือ Percent Grad Slope ค่าเปอร์เซ็นต์ หรือ Percent Crown Slope และรัศมีทางโค้ง หรือ Radius หลังจากนั้น นำค่าที่ได้จัดเก็บในรูปแบบฐานข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงแสดงผลร่วมกับข้อมูลต่าง ในรูปแบบ GIS พร้อมทั้งวิเคราะห์วางแผนจัดทำแผนงานซ่อมบำรุงผ่านระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง หรือ Roadnet ได้อย่างถูกต้อง		นำเสนอหน้าระบบ การนำเข้าข้อมูล ฐานข้อมูลขนาดใหญ่ ที่มีการนำไปใช้ประโยชน์จริง



ตารางที่ 1-88 ตารางเนื้อหาาร่างสคริปต์การจัดทำวิดีโอทัศนสื่อประชาสัมพันธ์โครงการ (ต่อ)

Time	Sub	Picture	concept
2.10	อีกทั้ง โปรแกรมวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง หรือ TPMS ที่ได้มีการ นำสภาพความเสียหายตั้งแต่ ปี 2530 ต่อมาเมื่อปี 2552 ได้พัฒนาเป็น TPMS Optimization Model พัฒนาตามแนวทางของ World bank และนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์เพื่อ จัดทำเป็นแผนงานซ่อมบำรุงทางต่อไป โดยจะเลือก ซ่อมสายทางที่เสียหายน้อยหรือมากก็ได้ ขึ้นอยู่กับ วิธีการซ่อม งบประมาณที่ได้รับ และผลประโยชน์ ผู้ใช้ทาง		การวิเคราะห์ แผนงานซ่อมบำรุง ทางด้วยโปรแกรม TPMS
2.20	โดยการนำไปใช้วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Thailand Pavement Management System หรือ TPMS มุ่งเน้นไปที่ผลประโยชน์ผู้ใช้ทาง โดยมีปัจจัย 2 ส่วน หลัก ๆ คือ ค่าใช้จ่ายการใช้รถ และ มูลค่าเวลาในการเดินทาง		



ตารางที่ 1-88 ตารางเนื้อหาาร่างสคริปต์การจัดทำวีดิทัศน์สื่อประชาสัมพันธ์โครงการ (ต่อ)

Time	Sub	Picture	concept
2.50	นอกจากนี้ในโครงการยังได้นำรายงานการวางแผนการบำรุงรักษาดังกล่าว มาต่อยอดในการวิเคราะห์เชิงลึก เพื่อประสิทธิภาพสูงสุดในการบริหารจัดการงานซ่อมงานบำรุง เช่น การวิเคราะห์ Social Surplus at Equilibrium ที่ได้จาก Cost-Benefit Analysis และ การวิเคราะห์การกระจายงบประมาณการซ่อมบำรุงตามเกณฑ์คุณภาพของกรมทางหลวง ให้สอดคล้องสมดุลกับสำคัญและความจำเป็นของแต่ละเส้นทาง เป็นการใช้จ่ายงบประมาณอย่างคุ้มค่า และเกิดประโยชน์สูงสุด		การวิเคราะห์แผนงานซ่อมบำรุงทางด้วยโปรแกรม TPMS
	เพื่อยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยให้กับประชาชนผู้ใช้ทาง ลดความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สิน รวมถึงเป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยพัฒนาระบบเศรษฐกิจ และ คุณภาพชีวิต ของคนไทยทุกคน ให้เติบโตอย่างมั่นคงและยั่งยืนสืบไป		การวิเคราะห์แผนงานซ่อมบำรุงทางด้วยโปรแกรม TPMS

2.1 รายงานความล่าช้า

ในการสำรวจภายในโครงการค่าสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี 2565 ได้เริ่มทำการสำรวจตั้งแต่ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2565 ทางที่ปรึกษาทำการนำเสนอข้อมูลผลการดำเนินงานพร้อมระบุปัญหาและอุปสรรคที่ส่งผลกระทบต่องาน โดยมีการส่งแบบฟอร์มรายงานสรุปปัญหาและอุปสรรครายสัปดาห์

ที่ปรึกษาได้ทำการส่งสรุปปัญหาที่ส่งผลต่อการดำเนินงานสำรวจ พร้อมตรวจสอบข้อมูลสำรวจและนำเข้าระบบ ตลอดจนการแสดงผลข้อมูลบนระบบ Roadnet ในช่วงเดือนกันยายน พ.ศ.2565 เมื่อดำเนินการสิ้นสุดโครงการในรายงานขั้นสุดท้าย (Final Report) ที่ปรึกษาดำเนินงานแล้วเสร็จ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นไปตามแผนที่ตั้งเป้าไว้ แสดงดังตารางที่ 1-2 บทที่ 1 ซึ่งตามกระบวนการดังกล่าวได้ทำการนำเข้าข้อมูลประมวลผล และตรวจสอบข้อมูลผ่านระบบ Roadnet แล้วเสร็จเช่นกัน

2.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน

รายงานสรุปปัญหาที่พบระหว่างการดำเนินงานภายในโครงการค่าสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี 2565 ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ถึง เดือนกันยายน ปี 2565 มีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 รายงานปัญหาและอุปสรรคในการสำรวจภายในโครงการ

ที่ปรึกษาทำการสรุปปัญหาที่พบระหว่างการสำรวจสภาพทางโดยสรุปปัญหาและอุปสรรคแสดงดังตารางที่ 2-1 รายละเอียดข้อมูลปัญหาอุปสรรคในการสำรวจ



ตารางที่ 2-1 สรุปปัญหาและอุปสรรคในการสำรวจ

สำนักงาน ทางหลวง	รหัสแขวง ทางหลวง	ชื่อแขวง ทางหลวง	อุปสรรคระหว่างการสำรวจ				
			มีงาน ก่อสร้าง	ฝนตก ระหว่าง สำรวจ	รถ ยางรั่ว	น้ำท่วมขัง	มีสิ่งกีดขวาง, มีจัดงานแสดงสินค้า
สทล. 1 (เชียงใหม่)	521	เชียงใหม่ที่ 1	/	-	-	-	-
	522	เชียงใหม่ที่ 2	/	-	-	-	-
	523	ลำปางที่ 1	/	/	-	-	-
	524	ลำพูน	/	-	-	-	-
	526	แม่ฮ่องสอน	/	/	-	-	-
	527	เชียงใหม่ที่ 3	/	-	-	-	-
	528	ลำปางที่ 2	-	-	-	-	-
สทล. 2 (แพร่)	531	แพร่	-	-	-	-	-
	533	เชียงรายที่ 1	/	-	-	-	-
	535	พะเยา	/	-	-	-	-
	536	น่านที่ 1	-	-	-	-	-
	537	เชียงรายที่ 2	/	-	-	-	-
	539	น่านที่ 2	/	/	-	-	-
สทล. 3 (สกลนคร)	639	มุกดาหาร	-	/	-	-	-
	641	สกลนครที่ 1	-	/	-	/	-
	642	สกลนครที่ 2 (สว่างแดนดิน)	/	/	-	-	-
	643	บึงกาฬ	-	-	-	-	-
	644	นครพนม	/	/	-	-	-
สทล. 3 (สกลนคร)	646	หนองคาย	-	-	-	-	-
สทล. 4 (ตาก)	512	ตากที่ 1	/	-	-	-	-
	513	สุโขทัย	/	-	-	-	-
	514	ตากที่ 2 (แม่สอด)	/	-	-	-	-
	517	กำแพงเพชร	-	-	-	-	-



ตารางที่ 2-1 สรุปปัญหาและอุปสรรคในการสำรวจ (ต่อ)

สำนักงาน ทางหลวง	รหัสแขวง ทางหลวง	ชื่อแขวง ทางหลวง	อุปสรรคระหว่างการสำรวจ				
			มีงาน ก่อสร้าง	ฝนตก ระหว่าง สำรวจ	รถ ยางรั่ว	น้ำท่วมขัง	มีสิ่งกีดขวาง, มีจัดงานแสดงสินค้า
สทล. 5 (พิษณุโลก)	511	พิษณุโลกที่ 1	-	-	-	-	-
	515	พิษณุโลกที่ 2 (วังทอง)	-	-	-	-	-
	519	พิจิตร	/	-	-	-	-
	557	อุตรดิตถ์ที่ 1	-	-	-	-	-
สทล. 6 (เพชรบูรณ์)	551	เพชรบูรณ์ที่ 1	/	-	-	-	-
	552	เพชรบูรณ์ที่ 2 (บึงสามพัน)	/	/	-	-	-
	554	เลขที่ 1	-	-	-	-	-
	555	เลขที่ 2 (ด่านซ้าย)	-	-	-	-	-
	629	หนองบัวลำภู	-	-	-	-	-
สทล. 7 (ขอนแก่น)	621	ขอนแก่นที่ 1	-	/	/	-	-
	623	อุดรธานีที่ 1	/	-	-	-	-
	624	อุดรธานีที่ 2 (หนองหาน)	/	-	-	-	-
	626	ชัยภูมิ	/	/	-	-	-
	627	ขอนแก่นที่ 2 (ชุมแพ)	-	-	-	-	-
	628	อุดรธานีที่ 2 (หนองหาน)	-	-	-	-	-
สทล. 8 (มหาสารคาม)	622	มหาสารคาม	-	/	-	-	-
	633	ยโสธร	/	-	-	-	-
	635	ร้อยเอ็ด	-	-	-	-	-
	647	กาฬสินธุ์	-	-	-	-	-



ตารางที่ 2-1 สรุปปัญหาและอุปสรรคในการสำรวจ (ต่อ)

สำนักงาน ทางหลวง	รหัสแขวง ทางหลวง	ชื่อแขวง ทางหลวง	อุปสรรคระหว่างการสำรวจ				
			มีงาน ก่อสร้าง	ฝนตก ระหว่าง สำรวจ	รถ ยางรั่ว	น้ำท่วมขัง	มีสิ่งกีดขวาง, มีจัดงานแสดงสินค้า
สทล. 9 (อุบลราชธานี)	615	สุรินทร์	-	/	-	-	-
	631	อุบลราชธานีที่ 1	/	/	-	-	-
	632	อุบลราชธานีที่ 2	-	-	-	-	-
	634	อำนาจเจริญ	-	-	-	-	-
	636	ศรีสะเกษที่ 2	/	-	-	-	-
	638	ศรีสะเกษที่ 1	-	-	-	-	-
สทล. 10 (นครราชสีมา)	611	นครราชสีมาที่ 1	-	-	-	-	-
	612	นครราชสีมาที่ 2	-	-	-	-	-
	614	นครราชสีมาที่ 3	-	/	-	-	-
	617	บุรีรัมย์	-	-	-	-	/
	618	ปราจีนบุรี	/	-	-	-	-
	619	สระแก้ว (วัฒนานคร)	-	-	-	-	-
สทล. 11 (ลพบุรี)	431	ลพบุรีที่ 1	-	-	-	-	-
	432	สระบุรี	/	/	-	-	-
	433	สิงห์บุรี	-	/	-	-	-
	435	ลพบุรีที่ 2 (ลำনারายณ์)	-	-	-	-	-
	437	นครสวรรค์ที่ 1	/	-	-	-	-
	438	นครสวรรค์ที่ 2 (ตากฟ้า)	/	-	-	-	-
สทล.12 (สุพรรณบุรี)	441	สุพรรณบุรีที่ 1	-	-	-	-	-
	444	กาญจนบุรี	/	/	-	-	-
	445	สุพรรณบุรีที่ 2 (อู่ทอง)	-	-	-	-	-
	446	ชัยนาท	-	-	-	-	-
	448	อ่างทอง	/	/	-	-	-



ตารางที่ 2-1 สรุปปัญหาและอุปสรรคในการสำรวจ (ต่อ)

สำนักงาน ทางหลวง	รหัสแขวง ทางหลวง	ชื่อแขวง ทางหลวง	อุปสรรคระหว่างการสำรวจ				
			มีงาน ก่อสร้าง	ฝนตก ระหว่าง สำรวจ	รถ ยางรั่ว	น้ำท่วมขัง	มีสิ่งกีดขวาง, มีจัดงานแสดงสินค้า
สทล.13 (กรุงเทพ)	411	กรุงเทพ	-	-	-	-	-
	413	อยุธยา	-	/	-	-	-
	414	นครนายก	-	-	-	-	-
	415	สมุทรสาคร	-	/	-	/	-
	416	ปทุมธานี	-	/	-	-	-
	417	สมุทรปราการ	-	-	-	-	-
	418	นนทบุรี	-	/	-	-	-
	419	ธนบุรี	-	/	-	-	-
สทล.14 (ชลบุรี)	421	ฉะเชิงเทรา	/	-	-	-	-
	422	ชลบุรีที่ 1	/	-	-	-	-
	423	จันทบุรี	-	-	-	-	/
	425	ตราด	-	-	-	-	-
	426	ระยอง	-	-	-	-	-
	428	ชลบุรีที่ 2	/	/	-	-	-
สทล.15 (ประจวบ คีรีขันธ์)	332	ชุมพร	-	/	-	-	-
	333	ประจวบคีรีขันธ์ (หัวหิน)	-	/	-	-	-
	335	ราชบุรี	-	/	-	-	-
	336	นครปฐม	-	/	-	-	-
	337	สมุทรสงคราม	-	/	-	-	-
	338	เพชรบุรี	-	/	-	-	-



ตารางที่ 2-1 สรุปปัญหาและอุปสรรคในการสำรวจ (ต่อ)

สำนักงาน ทางหลวง	รหัสแขวง ทางหลวง	ชื่อแขวง ทางหลวง	อุปสรรคระหว่างการสำรวจ				
			มีงาน ก่อสร้าง	ฝนตก ระหว่าง สำรวจ	รถ ยางรั่ว	น้ำท่วมขัง	มีสิ่งกีดขวาง, มีจัดงานแสดงสินค้า
สทล.16 (นครศรี ธรรมราช)	314	พัทลุง	-	-	-	-	-
	325	สุราษฎร์ธานีที่ 1	-	-	-	-	/
	326	นครศรีธรรมราชที่ 2 (ทุ่งสง)	-	-	-	-	-
	328	สุราษฎร์ธานีที่ 2 (กาญจนดิษฐ์)	-	/	-	-	-
	329	สุราษฎร์ธานีที่ 3 (เวียงสระ)	-	/	-	-	-
สทล.17 (กระบี่)	322	ตรัง	-	-	-	-	-
	323	กระบี่	-	-	-	-	-
	324	พังงา	-	/	-	-	-
	327	ภูเก็ต	-	/	-	-	-
	331	ระนอง	-	-	-	-	-
สทล.18 (สงขลา)	311	สงขลาที่ 1	-	-	-	-	-
	318	สตูล	-	/	-	-	-
	319	สงขลาที่ 2 (นา หม่อม)	-	-	-	-	-

จากตารางที่ 2-1 ข้อมูลที่ได้นำมาเสนอในรูปแบบตารางปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างการสำรวจ เมื่อพบเจอปัญหาและอุปสรรคระหว่างการสำรวจ จะทำการบันทึกเป็นรูปภาพประกอบ และเพิ่มเติมรายละเอียดเนื้อหาลงในรายงานการสรุปปัญหาแต่ละวันจึงสามารถสรุปได้ว่า ปัญหาหรืออุปสรรคใดที่พบบ่อยสุดในการสำรวจมีรายละเอียดและแนวทางการแก้ไขดังนี้



- **อุปสรรคมีงานก่อสร้าง** จากการสรุปรวบรวมปัญหาและอุปสรรคพบว่า มีงานก่อสร้างมีจำนวน 33 กรณี คิดเป็นร้อยละ 44.59 ของปัญหาอุปสรรคทั้งหมด ซึ่งกรณีที่มีก่อสร้างได้แก่ ก่อสร้างสะพาน ก่อสร้างทางหลัก และงานปรับปรุงผิวทาง ดังตัวอย่างงานสำรวจวันที่ 6 มีนาคม พ.ศ. 2565 ได้พบอุปสรรคมีงานก่อสร้างสะพานบนทางหลวงหมายเลข 362 ตอนควบคุม 101 ช่วง กม.5+969 - กม.6+269 แสดงดังรูปที่ 2-1



รูปที่ 2-1 อุปสรรคงานก่อสร้างสะพานระหว่างการสำรวจ

แนวทางแก้ไข แนวทางการแก้ไขปัญหาเนื่องจากอุปสรรคที่พบมีผลต่อข้อมูลค่าสภาพผิวทาง จากตัวอุปกรณ์สำรวจทำให้มีความคลาดเคลื่อนสูง จึงมีการตัดช่วงที่มีการก่อสร้างออกไม่นำเข้าข้อมูลสำรวจลงบนระบบ Roadnet และไม่นำส่งบัญชีสำรวจดังกล่าวในการตรวจรับงาน

- **อุปสรรคมีฝนตกระหว่างการสำรวจ** การพบอุปสรรคฝนตก หรือพบว่าทางหลวงที่อยู่ในแผนการสำรวจมีสภาพถนนเปียก ทางที่ปรึกษาจะดำเนินการยกเลิกการสำรวจภายในพื้นที่ที่มีฝนตกหรือพื้นถนนเปียก เนื่องจากอาจจะทำให้ข้อมูลสำรวจมีความคลาดเคลื่อนสูงเมื่อเก็บข้อมูลสำรวจบนถนนที่มีลักษณะเปียก จากการสรุปรวบรวมปัญหาและอุปสรรคพบว่าอุปสรรคฝนตกระหว่างการสำรวจมีจำนวน 35 กรณี คิดเป็นร้อยละ 47.30 ของปัญหาและอุปสรรคทั้งหมด ดังตัวอย่างในวันสำรวจวันที่ 18 พฤษภาคม พ.ศ. 2565 มีฝนตกระหว่างการสำรวจที่แขวงทางหลวงสุราษฎร์ธานีที่ 2 แสดงดังรูปที่ 2-2



รูปที่ 2-2 อุปสรรคงานมีฝนตกระหว่างการสำรวจ

แนวทางแก้ไข แนวทางการแก้ไขปัญหาเนื่องจากอุปสรรคฝนตกระหว่างการสำรวจ คือ ดำเนินการสำรวจสายทางที่อยู่ใกล้เคียงที่ไม่พบฝนตกหรือถนนเปียก หลังจากนั้นเมื่อผิวจราจรแห้งจึงทำการสำรวจอีกครั้ง

- อุปสรรครถยางรั่วระหว่างการสำรวจ การสรุปรวบรวมปัญหาและอุปสรรคพบว่า อุปสรรครถสำรวจยางรั่วระหว่างการสำรวจมีจำนวน 1 กรณี คิดเป็นร้อยละ 1.35 ของปัญหาและอุปสรรคทั้งหมด ดังตัวอย่างในวันสำรวจวันที่ 2 มีนาคม พ.ศ. 2565 พบอุปสรรครถยางรั่วระหว่างการสำรวจที่แขวงทางหลวงขอนแก่นที่ 1 แสดงดังรูปที่ 2-3



รูปที่ 2-3 อุปสรรครถยางรั่วระหว่างการสำรวจ

แนวทางแก้ไข หยุดสำรวจชั่วคราวเพื่อเปลี่ยนยาง และคาร์เบทอุปกรณ์วัดระยะทาง (HRDMI) ก่อนเริ่มการสำรวจ



- **อุปสรรคน้ำท่วมขัง** การสรุปรวบรวมปัญหาและอุปสรรคพบว่าอุปสรรคมีน้ำท่วมขังระหว่างการสำรวจมีจำนวน 2 กรณี คิดเป็นร้อยละ 2.70 ของปัญหาและอุปสรรคทั้งหมด ดังตัวอย่างในวันสำรวจวันที่ 19 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565 พบอุปสรรคน้ำท่วมขังระหว่างการสำรวจที่แขวงทางหลวงสมุทรสาคร แสดงดังรูปที่ 2-4



รูปที่ 2-4 อุปสรรคน้ำท่วมขังระหว่างการสำรวจ

แนวทางแก้ไข กลับมาสำรวจซ่อมใหม่ในวันอื่นหลังจากที่ไม่มีน้ำขังแล้ว

- **อุปสรรคมีสิ่งกีดขวาง** การสรุปรวบรวมปัญหาและอุปสรรคพบว่าอุปสรรคมีสิ่งกีดขวางรวมทั้งมีการจัดงานแสดงสินค้าระหว่างการสำรวจมีจำนวน 3 กรณี คิดเป็นร้อยละ 4.05 ของปัญหาและอุปสรรคทั้งหมด ดังตัวอย่างในวันสำรวจวันที่ 19 พฤษภาคม พ.ศ. 2565 พบว่ามีสิ่งกีดขวางบนสายทางหมายเลขทางหลวง 4291 ตอนควบคุม 100 แขวงทางหลวงสุราษฎร์ธานีที่ 1 แสดงดังรูปที่ 2-5



รูปที่ 2-5 อุปสรรคมีสิ่งกีดขวางบนสายทางระหว่างการสำรวจ

แนวทางแก้ไข ที่ปรึกษาไม่ทำการสำรวจในช่วงดังกล่าว



2.2.2 รายงานปัญหาและอุปสรรคสถานการณ์แพร่ระบาดโรคโควิด

ปัญหาอุปสรรคสถานการณ์แพร่ระบาดโรคโควิด-19 ที่ส่งผลกระทบต่องานสำรวจโครงการค่าสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี 2565 และแนวทางแก้ไขระหว่างเจ้าหน้าที่รักษาตัว ในส่วนงานการจัดทำข้อมูลและการประสานงานโครงการ ที่ปรึกษาได้เพิ่มบุคลากรในการจัดการข้อมูล รวมถึงมีการประชุมติดตามความก้าวหน้าของงานแต่ละส่วนงานอย่างต่อเนื่อง พร้อมทั้งจัดแบ่งงานให้ทีมช่วยตรวจสอบรายละเอียดเพิ่มเติม และส่วนงานประมวลผลข้อมูลจากอุปกรณ์สำรวจโดรน ที่ปรึกษาได้มีการหมุนเวียนเจ้าหน้าที่ในการสำรวจโดรนและประมวลผลข้อมูลจากอุปกรณ์โดรนเพื่อให้สามารถดำเนินงานได้อย่างต่อเนื่อง

2.2.3 รายงานปัญหาที่พบจากการตรวจสอบข้อมูลเชิงคุณภาพผ่านระบบ Roadnet

จากการตรวจสอบข้อมูลสายทางสำรวจในระบบ ROADNET กระบวนการตรวจสอบเชิงคุณภาพจากที่ปรึกษาตรวจสอบรอบที่ 3 (QC3) สำนักบริหารบำรุงทาง กรมทางหลวง ตรวจสอบรอบที่ 4 (QC4) และคณะทำงานหรือผู้แทนในระดับภูมิภาคตรวจสอบรอบที่ 5 (QC5) โดยสรุปพบว่ามีข้อมูลหลักกิโลเมตรจากการสำรวจไม่ตรงกับหลักกิโลเมตรข้อมูลในระบบ HRIS ตามสภาพหน้างานจริง รวมถึงปัญหาตำแหน่งบัญชีสายทางในระบบ ROADNET ไม่ตรงกับบัญชีของแขวงทางหลวงที่ถืออยู่ปัจจุบัน ซึ่งปัญหาดังกล่าวที่ปรึกษาได้ทำการบันทึกและจัดเก็บปัญหาต่าง ๆ ไปตรวจสอบและแก้ไขข้อมูลให้ถูกต้อง ซึ่งรายละเอียดแสดงต่อไปนี้



รายงานขั้นสุดท้าย (Final Report)

โครงการสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ

การใช้งานงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี 2565

ตารางที่ 2-2 ตารางแสดงปัญหาจากการตรวจสอบเชิงคุณภาพและแนวทางการแก้ไข

ลำดับ	รหัสแขวงทางหลวง	หมายเลขทางหลวงและตอนควบคุม	ปัญหาที่พบ	ช่วง กม.	แนวทางการแก้ไข
1	514	สายทาง 1090 ตอนควบคุม 0101	กม.จริง 1+000 แต่ กม. ใน Roadnet เป็น กม.0+800	0+000 - 1+908 ช่องจราจร : ซ้ายทาง	แก้ไขข้อมูลที่คลาดเคลื่อนปัจจุบัน กม. ดังกล่าวแสดงผล กม.จริง 1+000
2	514	สายทาง 1090 ตอนควบคุม 0101	กม.จริง 2+000 แต่ กม. ใน Roadnet เป็น กม.1+800	1+908 - 2+307 ช่องจราจร : ซ้ายทาง	แก้ไขข้อมูลที่คลาดเคลื่อนปัจจุบัน กม. ดังกล่าวแสดงผล กม.จริง 2+000
3	514	สายทาง 1090 ตอนควบคุม 0101	กม.จริง 4+000 แต่ กม. ใน Roadnet เป็น กม.3+782	2+307 - 18+000 ช่องจราจร : ซ้ายทาง	แก้ไขข้อมูลที่คลาดเคลื่อนปัจจุบัน กม. ดังกล่าวแสดงผล กม.จริง4+000
4	514	สายทาง 1090 ตอนควบคุม 0101	กม.จริง 42+000 แต่ กม. ใน Roadnet เป็น กม.41+750	18+000 - 48+000 ช่องจราจร : ซ้ายทาง	แก้ไขข้อมูลที่คลาดเคลื่อนปัจจุบัน กม. ดังกล่าวแสดงผล กม.จริง 42+000
5	514	สายทาง 1090 ตอนควบคุม 0101	ช่วงระหว่างกม.0+000 - กม. 0+071 ไม่มีด้านขวาทาง แต่เป็นส่วนหนึ่งของวงเวียน	0+071 - 0+000 ช่องจราจร : ขวาทาง	แก้ไขข้อมูล ขวาทางโดยข้อมูลสิ้นสุดแสดงผลใน กม. 2+016 - 0+000 (2.016 กม.)
6	514	สายทาง 1090 ตอนควบคุม 0102	กม.จริง 154+000 แต่ กม.ใน Roadnet เป็น กม.153+750	147+625 - 154+839 ช่องจราจร : ซ้ายทาง	แก้ไขข้อมูลที่คลาดเคลื่อนปัจจุบัน กม. ดังกล่าวแสดงผล กม.จริง 154+000
7	514	สายทาง 1090 ตอนควบคุม 0103	กม.จริง 195+000 แต่ กม.ใน Roadnet เป็น กม.194+699	167+599 - 198+150 ช่องจราจร : ซ้ายทาง	แก้ไขข้อมูลที่คลาดเคลื่อนปัจจุบัน กม. ดังกล่าวแสดงผล กม.จริง 195+000
8	514	สายทาง 1206 ตอนควบคุม 0100	เนื่องจากช่วง กม. 12+700 - กม. 16+400 สำรวจ ผิดสายทางทำให้ข้อมูลช่วงดังกล่าวคลาดเคลื่อนทั้งหมด	0+000 - 26+227 ช่องจราจร : ซ้ายทาง	แก้ไขข้อมูลสลับสายทาง 1401 เป็น 1206 ทั้งสิ้น 3 ผิวทาง 13+167-12+700 (0.306 กม.) ช่องจราจร : ขวาทาง 14+354 - 13+167 (1.187 กม.) ช่องจราจร : ขวาทาง 16+400 - 14+354 (2.046 กม.) ช่องจราจร : ขวาทาง
9	514	สายทาง 1401 ตอนควบคุม 0100	เนื่องจากสำรวจผิดสายทาง ทำให้ข้อมูลคลาดเคลื่อนทั้งหมด (สายทางที่รถสำรวจวิ่งคือ ทล.1206 ไม่ใช่ ทล.1401)	0+486 - 0+000 ช่องจราจร : ขวาทาง	แก้ไขข้อมูลสลับสายทาง 1206 เป็น 1401 0+000 - 3+719 (3.719 กม.) ขวาทาง ผิวทาง: แอสฟัลต์ โดยแบ่งจาก จุดเริ่มต้น ข้อมูลสำรวจเดิม1401 ประมาณช่วง กม. 12+700 เป็นต้นไป
10	514	สายทาง 1401 ตอนควบคุม 0100	เนื่องจากสำรวจผิดสายทาง ทำให้ข้อมูลคลาดเคลื่อนทั้งหมด (สายทางที่รถสำรวจวิ่งคือ ทล.1206 ไม่ใช่ ทล.1401)	1+673 - 0+486 ช่องจราจร : ขวาทาง	แก้ไขข้อมูลสลับสายทาง 1206 เป็น 1401 0+000 - 3+719 (3.719 กม.) ช่องจราจร : ขวาทาง ผิวทาง: แอสฟัลต์ โดยแบ่งจาก จุดสิ้นสุด ข้อมูลสำรวจเดิม 1401 ประมาณช่วงกม. 16+400





ตารางที่ 2-2 ตารางแสดงปัญหาจากการตรวจสอบเชิงคุณภาพและแนวทางการแก้ไข (ต่อ)

ลำดับ	รหัสแขวง ทางหลวง	หมายเลขทางหลวง และตอนควบคุม	ปัญหาที่พบ	ช่วง กม.	แนวทางแก้ไข
11	514	สายทาง 1401 ตอนควบคุม 0100	เนื่องจากสำรวจผิดสายทาง ทำให้ข้อมูลคลาดเคลื่อนทั้งหมด (สายทางที่รถสำรวจวิ่งคือ ทล. 1206 ไม่ใช่ ทล.1401)	3+719 - 1+673 ช่องจราจร : ขวาทาง	แก้ไขข้อมูลสลับสายทาง 1206 เป็น 1401 0+000 - 3+719 (3.719 กม.) ช่องจราจร : ขวาทาง ผิวทาง: แอสฟัลต์ โดยแบ่งจาก จุดสิ้นสุด ข้อมูลสำรวจเดิม 1401 ประมาณช่วงกม. 16+400
12	514	สายทาง 1355 ตอนควบคุม 0102	รถสำรวจวิ่งสำรวจจากจุดเริ่มต้น คลาดเคลื่อน ทำให้ข้อมูล มีความคลาดเคลื่อนตามไปด้วย	0+000 - 0+375 ช่องจราจร : ซ้ายทาง	ได้ตัดข้อมูลสายทางของเทศบาล นครแม่สอด ช่วงระหว่าง กม.0+375 - กม.0+671 ซ้ายทาง
13	514	สายทาง 1355 ตอนควบคุม 0102	รถสำรวจวิ่งสำรวจจากจุดเริ่มต้น คลาดเคลื่อน ทำให้ข้อมูล มีความคลาดเคลื่อนตามไปด้วย ช่วงระหว่าง กม.0+375 - กม. 0+671 เป็นผิวคอนกรีต	0+375 + 0+671 ช่องจราจร : ซ้ายทาง	ปรับแก้การแสดงผลข้อมูล ปัจจุบัน 0+000 - กม.0+671 ซ้ายทาง
14	514	สายทาง 1355 ตอนควบคุม 0102	เนื่องจาก ช่วง กม.0+000 - กม. 0+375 อยู่ในช่วงวงเวียน จึงไม่มี ด้านขวาทาง	0+375 - 0+000 ช่องจราจร : ขวาทาง	ได้ตัดข้อมูลสายทางของเทศบาล นครแม่สอดช่วงระหว่าง กม.0+671 - กม.0+375 ขวาทาง
15	514	สายทาง 1355 ตอนควบคุม 0102	รถสำรวจวิ่งสำรวจจากจุดเริ่มต้น คลาดเคลื่อนทำให้ข้อมูลมีความ คลาดเคลื่อนตามไปด้วย ช่วงระหว่างกม.0+375 - กม. 0+671 เป็นผิวคอนกรีต	0+671- 0+375 ช่องจราจร : ขวาทาง	ปรับแก้การแสดงผลข้อมูล ปัจจุบัน กม.0+671 - 0+000 ขวาทาง
16	323	สายทาง 4348 ตอนควบคุม 0100	สายทางไม่ตรงตำแหน่ง (ทิศทางในระบบ Roadnet กับทิศทางข้อมูลวิ่งสำรวจ)	กม. 10+500 - 0+000 ช่องจราจร : ขวาทาง	ในขณะทำการวิ่งสำรวจข้อมูล ได้ทำ การโทรสอบถามแขวงฯ เพื่อยืนยัน ตำแหน่งสายทางการวิ่งสำรวจ
17	325	สายทาง 0401 ตอนควบคุม 0301	กรณี กม. ใน map บนระบบ Roadnet ไม่ตรงกับ กม.ข้อมูล สำรวจ	กม. 108+307- 128+042 ช่องจราจร : ซ้ายทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chatประสานงานการใช้งาน ระบบ HRIS
18	325	สายทาง 4260 ตอนควบคุม 0100	กรณี กม. ใน map บนระบบ Roadnet ไม่ตรงกับ กม.ข้อมูล สำรวจ	กม. 9+412-10+500 ช่องจราจร : ซ้ายทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงาน การใช้งานระบบ HRIS
19	521	สายทาง 0108 ตอนควบคุม 0104	กรณี กม. ใน map บนระบบ Roadnet ไม่ตรงกับ กม.ข้อมูล สำรวจ	กม. 156+600- 143+761 ช่องจราจร : ขวาทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงาน การใช้งานระบบ HRIS
20	521	สายทาง 1103 ตอนควบคุม 0200	กรณี กม. ใน map บนระบบ Roadnet ไม่ตรงกับ กม.ข้อมูล สำรวจ	กม. 6+000-67+784 ช่องจราจร : ซ้ายทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงาน การใช้งานระบบ HRIS



ตารางที่ 2-2 ตารางแสดงปัญหาจากการตรวจสอบเชิงคุณภาพและแนวทางการแก้ไข (ต่อ)

ลำดับ	รหัสแขวง ทางหลวง	หมายเลขทางหลวง และตอนควบคุม	ปัญหาที่พบ	ช่วง กม.	แนวทางแก้ไข
21	521	สายทาง 1263 ตอนควบคุม 0200	กรณี กม. ใน map บนระบบ Roadnet ไม่ตรงกับ กม. ข้อมูลสำรวจ	กม. 20+525-62+186 ช่องจราจร : ขวาทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงาน การใช้งานระบบ HRIS
22	522	สายทาง 1006 ตอนควบคุม 0100	กม. ในระบบ Roadnet ซึ่งเชื่อมต่อมาจาก จาก HRIS แสดงเป็นอยู่ระหว่าง กม. 20+000 - กม. 21+000 หลัก กม. ในระบบ Roadnet ห่างจาก หลัก กม. ข้อมูลสำรวจ เป็นระยะ 1.500 กม.	กม. 17+684 - 31+768 ช่องจราจร : ซ้ายทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงาน การใช้งานระบบ HRIS
23	522	สายทาง 1096 ตอนควบคุม 0100	กม. ในระบบ Roadnet ซึ่งเชื่อมต่อมาจาก HRIS แสดงเป็น กม. 29+000 หลัก กม. ในระบบ Roadnet ห่างจาก หลัก กม. ข้อมูลสำรวจ เป็นระยะ 0.300 กม.	กม. 29+300 - 0+293 ช่องจราจร : ซ้ายทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงาน การใช้งานระบบ HRIS
24	522	สายทาง 1141 ตอนควบคุม 0100	กม. ในระบบ Roadnet ซึ่งเชื่อมต่อมาจาก จาก HRIS แสดงเป็น อยู่ระหว่าง กม. 3+000 - กม. 4+000 หลัก กม. ในระบบ Roadnet ห่างจาก หลัก กม. ข้อมูลสำรวจ เป็นระยะ 0.500 กม.	กม. 0+000 - 7+500 ช่องจราจร : ซ้ายทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงาน การใช้งานระบบ HRIS
25	522	สายทาง 1269 ตอนควบคุม 0102	กม. ในระบบ Roadnet ซึ่งเชื่อมต่อมาจาก จาก HRIS แสดงเป็น อยู่ระหว่าง กม. 34+000 - กม. 33+000 หลัก กม. ในระบบ Roadnet ห่างจาก หลัก กม. ข้อมูลสำรวจ เป็นระยะ 0.500 กม.	กม. 36+033 - 6+983 ช่องจราจร : ขวาทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงาน การใช้งานระบบ HRIS
26	522	สายทาง 1349 ตอนควบคุม 0100	กม. ในระบบ Roadnet ซึ่งเชื่อมต่อมาจาก จาก HRIS แสดงเป็น อยู่ระหว่าง กม. 42+000 - กม. 43+000 หลัก กม. ในระบบ Roadnet ห่างจาก หลัก กม. ข้อมูลสำรวจ เป็นระยะ 1.500 กม.	กม. 0+000 - 91+633 ช่องจราจร : ขวาทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงาน การใช้งานระบบ HRIS



รายงานขั้นสุดท้าย (Final Report)

โครงการสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ

การใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี 2565

ตารางที่ 2-2 ตารางแสดงปัญหาจากการตรวจสอบเชิงคุณภาพและแนวทางการแก้ไข (ต่อ)

ลำดับ	รหัสแขวงทางหลวง	หมายเลขทางหลวงและตอนควบคุม	ปัญหาที่พบ	ช่วง กม.	แนวทางแก้ไข
27	526	สายทาง 0108 ตอนควบคุม 0201	กม. ในระบบ Roadnet ซึ่งเชื่อมต่อมาจาก HRIS แสดงเป็น อยู่ระหว่าง กม. 207+000 - กม. 206+000 หลัก กม. ในระบบ Roadnet ห่างจาก หลัก กม. ข้อมูลสำรวจ เป็นระยะ 0.600 กม.	กม. 206+975 - 190+770 ช่องจราจร : ขวาทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงาน การใช้งานระบบ HRIS
28	526	สายทาง 0108 ตอนควบคุม 0202	กม. ในระบบ Roadnet ซึ่งเชื่อมต่อมาจาก HRIS แสดงเป็น อยู่ระหว่าง กม. 256+000 - กม. 255+000 หลัก กม. ในระบบ Roadnet ห่างจาก หลัก กม. ข้อมูลสำรวจ เป็นระยะ 0.600 กม.	กม. 258+100 - 220+818 ช่องจราจร : ขวาทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงาน การใช้งานระบบ HRIS
29	526	สายทาง 0108 ตอนควบคุม 0203	กม. ในระบบ Roadnet ซึ่งเชื่อมต่อมาจาก HRIS แสดงเป็น อยู่ระหว่าง กม. 277+000 - กม. 276+000 หลัก กม. ในระบบ Roadnet ห่างจาก หลัก กม. ข้อมูลสำรวจ เป็นระยะ 0.800 กม.	กม. 307+900-258+100 ช่องจราจร : ขวาทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงาน การใช้งานระบบ HRIS
30	526	สายทาง 0108 ตอนควบคุม 0204	กม. ในระบบ Roadnet ซึ่งเชื่อมต่อมาจาก HRIS แสดงเป็น กม. 353+000 หลัก กม. ในระบบ Roadnet ห่างจาก หลัก กม. ข้อมูลสำรวจ เป็นระยะ 0.500 กม.และ กม. ในระบบ ไม่แสดง กม. 352+000	กม. 353+508-307+900 ช่องจราจร : ขวาทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงาน การใช้งานระบบ HRIS
31	526	สายทาง 1095 ตอนควบคุม 0201	กม. ในระบบ Roadnet ซึ่งเชื่อมต่อมาจาก HRIS แสดงเป็น กม. 66+000 หลัก กม. ในระบบ Roadnet ห่างจาก หลัก กม. ข้อมูลสำรวจ เป็นระยะ 1.400 กม.	กม. 64+684-87+010 ช่องจราจร : ซ้ายทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงาน การใช้งานระบบ HRIS
32	526	สายทาง 1095 ตอนควบคุม 0203	กม. ในระบบ Roadnet ซึ่งเชื่อมต่อมาจาก HRIS แสดงเป็น กม. 190+000 หลัก กม. หน่วยงานแสดง เป็น กม.191+000 กม.หน่วยงานห่างจาก กม.สำรวจและ กม. Roadnet เป็นระยะทาง 1.000 กม.	กม. 148+837-198+862 ช่องจราจร : ซ้ายทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงาน การใช้งานระบบ HRIS





รายงานขั้นสุดท้าย (Final Report)

โครงการสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ

การใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี 2565

ตารางที่ 2-2 ตารางแสดงปัญหาจากการตรวจสอบเชิงคุณภาพและแนวทางการแก้ไข (ต่อ)

ลำดับ	รหัสแขวงทางหลวง	หมายเลขทางหลวงและตอนควบคุม	ปัญหาที่พบ	ช่วง กม.	แนวทางแก้ไข
33	526	สายทาง 1194 ตอนควบคุม 0100	กม. ในระบบ Roadnet ซึ่งเชื่อมต่อมาจาก HRIS แสดงเป็น กม. 2+000 ซึ่งเกิดจากจุดเริ่มต้นสายทางของระบบ Roadnet ไม่ตรงกับจุดเริ่มสำรวจ	กม. 0+000-46+652 ช่องจราจร : ซ้ายทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงานการใช้งานระบบ HRIS
34	526	สายทาง 1265 ตอนควบคุม 0100	กม. ในระบบ Roadnet ซึ่งเชื่อมต่อมาจาก HRIS แสดงเป็น อยู่ระหว่าง กม. 42+000-กม. 41+000 หลัก กม. ในระบบ Roadnet ห่างจาก หลัก กม. ข้อมูลสำรวจ เป็นระยะ 0.700 กม.	กม. 43+458-8+199 ช่องจราจร : ซ้ายทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงานการใช้งานระบบ HRIS
35	531	สายทาง 0101 ตอนควบคุม 0402	กรณี กม. ใน map บนระบบ Roadnet ไม่ตรงกับ กม. ข้อมูลสำรวจ	กม. 228+243-248+042 ช่องจราจร : ซ้ายทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงานการใช้งานระบบ HRIS
36	531	สายทาง 0101 ตอนควบคุม 0403	กม. ใน map บนระบบ Roadnet ไม่ตรงกับ กม. ข้อมูลสำรวจ	กม. 251+107-255+030 ช่องจราจร : ซ้ายทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงานการใช้งานระบบ HRIS
37	531	สายทาง 0101 ตอนควบคุม 0403	กม. ใน map บนระบบ Roadnet ไม่ตรงกับ กม. ข้อมูลสำรวจ	กม. 255+785-259+629 ช่องจราจร : ซ้ายทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงานการใช้งานระบบ HRIS
38	531	สายทาง 0101 ตอนควบคุม 0403	กม. ใน map บนระบบ Roadnet ไม่ตรงกับ กม. ข้อมูลสำรวจ	กม. 262+734-264+000 ช่องจราจร : ซ้ายทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงานการใช้งานระบบ HRIS
39	531	สายทาง 0101 ตอนควบคุม 0404	กม. ในระบบ Roadnet เป็น 262+000 ซึ่งเชื่อมต่อมาจาก HRIS หลัก กม. ในระบบ Roadnet ห่างจาก หลัก กม. ข้อมูลสำรวจ เป็นระยะ 2.000 กม.	กม. 264+000-264+182 ช่องจราจร : ซ้ายทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงานการใช้งานระบบ HRIS
40	531	สายทาง 0101 ตอนควบคุม 0404	กม. ในระบบ Roadnet อยู่ระหว่าง กม. 267+000-กม. 268+000 ซึ่งเชื่อมต่อมาจาก HRIS หลัก กม. ในระบบ Roadnet ห่างจากหลัก กม. ข้อมูลสำรวจ เป็นระยะ 1.450 กม.	กม. 264+284-274+486 ช่องจราจร : ซ้ายทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงานการใช้งานระบบ HRIS
41	531	สายทาง 0101 ตอนควบคุม 0404	กม. ในระบบ Roadnet อยู่ระหว่าง กม. 273+000-274+000 ซึ่งเชื่อมต่อมาจาก HRIS หลัก กม. ในระบบ Roadnet ห่างจาก หลัก กม. ข้อมูลสำรวจ เป็นระยะ 1.425 กม.	กม. 274+763-279+828 ช่องจราจร : ซ้ายทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงานการใช้งานระบบ HRIS



รายงานขั้นสุดท้าย (Final Report)

โครงการสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ

การใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี 2565

ตารางที่ 2-2 ตารางแสดงปัญหาจากการตรวจสอบเชิงคุณภาพและแนวทางการแก้ไข (ต่อ)

ลำดับ	รหัสแขวง ทางหลวง	หมายเลขทางหลวง และตอนควบคุม	ปัญหาที่พบ	ช่วง กม.	แนวทางแก้ไข
42	531	สายทาง 0103 ตอนควบคุม 0102	ในระบบ Roadnet มี กม. 4+000 ซ้ำกัน	-	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงาน การใช้งานระบบ HRIS
43	531	สายทาง 0103 ตอนควบคุม 0102	กม. ในระบบ Roadnet อยู่ระหว่าง กม. 5+000 - 6+000)	กม. 4+000 - 17+577 ช่องจราจร : ซ้ายทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงาน การใช้งานระบบ HRIS
44	531	สายทาง 0103 ตอนควบคุม 0102	กม. ในระบบ Roadnet อยู่ระหว่าง กม. 18+000 - 19+000	กม. 18+291 - 40+554 ช่องจราจร : ซ้ายทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงาน การใช้งานระบบ HRIS
45	531	สายทาง 0129 ตอนควบคุม 0102	ในระบบ Roadnet มี กม.4+000 ซ้ำกัน	-	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงาน การใช้งานระบบ HRIS
46	531	สายทาง 0129 ตอนควบคุม 0102	ข้อมูลอยู่ใน กม. 4+000 ช่วงแรก	กม. 4+000 - 7+732 ช่องจราจร : ซ้ายทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงาน การใช้งานระบบ HRIS
47	531	สายทาง 0129 ตอนควบคุม 0102	ในระบบ Roadnet อยู่ที่ กม.6+000 - 7+000	กม. 4+000 - 7+732 ช่องจราจร : ซ้ายทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงาน การใช้งานระบบ HRIS
48	531	สายทาง 0129 ตอนควบคุม 0102	ในระบบ Roadnet อยู่ที่ กม.9+000 - 10+000	กม. 8+247 - 10+132 ช่องจราจร : ซ้ายทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงาน การใช้งานระบบ HRIS
49	533	สายทาง 0118 ตอนควบคุม 0202	กม. ในระบบ Roadnet ซึ่งเชื่อมต่อ มาจาก HRIS แสดงเป็น อยู่ระหว่าง กม. 137+000- กม. 138+000 หลัก กม. ในระบบ Roadnet ห่างจาก หลัก กม. ข้อมูลสำรวจ เป็นระยะ 0.500 กม.	กม. 158+565 - 132+122 ช่องจราจร : ซ้ายทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงาน การใช้งานระบบ HRIS
50	533	สายทาง 1150 ตอนควบคุม 0200	กม. ในระบบ Roadnet ซึ่งเชื่อมต่อ มาจาก HRIS แสดงเป็น อยู่ระหว่าง กม. 80+000 - กม. 81+000 หลัก กม. ในระบบ Roadnet ห่างจาก หลัก กม. ข้อมูลสำรวจ เป็นระยะ 0.600 กม.	กม. 53+000 - 82+043 ช่องจราจร : ซ้ายทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงาน การใช้งานระบบ HRIS
51	537	สายทาง 1020 ตอนควบคุม 0202	กม. ในระบบ Roadnet ซึ่งเชื่อมต่อมาจาก HRIS แสดงเป็น อยู่ระหว่าง กม. 80+000- กม. 81+000 หลัก กม. ในระบบ Roadnet ห่างจาก หลัก กม. ข้อมูลสำรวจ เป็นระยะ 0.300 กม.	กม. 79+628 - 90+532 ช่องจราจร : ซ้ายทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงาน การใช้งานระบบ HRIS





ตารางที่ 2-2 ตารางแสดงปัญหาจากการตรวจสอบเชิงคุณภาพและแนวทางการแก้ไข (ต่อ)

ลำดับ	รหัสแขวง ทางหลวง	หมายเลขทางหลวง และตอนควบคุม	ปัญหาที่พบ	ช่วง กม.	แนวทางแก้ไข
52	537	สายทาง 1020 ตอนควบคุม 0203	กม. ในระบบ Roadnet ซึ่งเชื่อมต่อ มาจาก HRIS แสดงเป็น อยู่ระหว่าง กม. 98+000 - กม. 99+000 หลัก กม. ในระบบ Roadnet ห่างจาก หลัก กม. ข้อมูลสำรวจ เป็นระยะ 0.400 กม.	กม. 95+700 - 122+425 ช่องจราจร : ซ้ายทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงาน การใช้งานระบบ HRIS
53	537	สายทาง 1425 ตอนควบคุม 0100	กม. แสดงหน้าระบบ RN ผิดช่วงที่ 1 ควรเป็น 0+000 - 2+150 ช่วงที่ 2 ควรเป็น 2+150 - 4+350 (ข้อมูลอ้างอิงจากแขวง	-	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงาน การใช้งานระบบ HRIS
54	539	สายทาง 1350 ตอนควบคุม 0100	การแสดงผลเมื่อเลือกดู ข้อมูลทั้งหมดไม่ถูกต้อง	-	ตรวจสอบประวัติสายทาง
55	634	สายทาง 0202 ตอนควบคุม 0703	กม. ในระบบ Roadnet สลับ กม. เริ่มต้น กับ กม.สิ้นสุดกัน ซึ่งทางทีม สำรวจได้สำรวจถูกต้องตามแผน สำรวจ	กม. 389+638 - 367+000 ช่องจราจร : ขวาทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงาน การใช้งานระบบ HRIS
56	323	สายทาง 0004 ตอนควบคุม 1101	ช่วง กม. ที่ 949+000 แต่ กม. ในระบบ Roadnet ซึ่งเชื่อมต่อมา จาก HRIS แสดงเป็น 949+319 หลัก กม. ในระบบ Roadnet ห่างจาก หลัก กม. ข้อมูลสำรวจ เป็นระยะ 0.319 กม.	กม. 948+127 - 972+727 ช่องจราจร : ซ้ายทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงาน การใช้งานระบบ HRIS
57	323	สายทาง 0004 ตอนควบคุม 1103	ช่วง กม. ที่ 1012+000 แต่ กม. ในระบบ Roadnet ซึ่งเชื่อมต่อ มาจาก HRIS แสดงเป็น อยู่ระหว่าง กม. 1012+690 หลัก กม. ในระบบ Roadnet ห่างจาก หลัก กม. ข้อมูล สำรวจ เป็นระยะ 0.690 กม.	1008+965 - 1060+345 ช่องจราจร : ซ้ายทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงาน การใช้งานระบบ HRIS
58	323	สายทาง 0004 ตอนควบคุม 1103	ช่วง กม. ที่ 1060+000 กม. ในระบบ Roadnet แต่ กม. ในระบบ Roadnet ซึ่งเชื่อมต่อ มาจาก HRIS แสดงเป็น อยู่ระหว่าง กม. 1060+660 หลัก กม. ในระบบ Roadnet ห่างจาก หลัก กม. ข้อมูล สำรวจ เป็นระยะ 0.660 กม.	1060+345 - 1008+965 ช่องจราจร : ขวาทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงาน การใช้งานระบบ HRIS



ตารางที่ 2-2 ตารางแสดงปัญหาจากการตรวจสอบเชิงคุณภาพและแนวทางการแก้ไข (ต่อ)

ลำดับ	รหัสแขวง ทางหลวง	หมายเลขทางหลวง และตอนควบคุม	ปัญหาที่พบ	ช่วง กม.	แนวทางแก้ไข
59	325	สายทาง 0004 ตอนควบคุม 0202	กรณี กม. สำรวจไม่ตรงกับหลัก กม. ตามสภาพหน้างานจริง	กม. 117+526 -140+126 (22.600 กม.) ช่องจราจร : ซ้ายทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงาน การใช้งานระบบ HRIS
60	325	สายทาง 0004 ตอนควบคุม 0203	กรณี กม. สำรวจไม่ตรงกับหลัก กม. ตามสภาพหน้างานจริง	กม. 140+126 -160+926 (20.800 กม.) ช่องจราจร : ซ้ายทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงาน การใช้งานระบบ HRIS
61	325	สายทาง 0004 ตอนควบคุม 0204	กรณี กม. สำรวจไม่ตรงกับหลัก กม. ตามสภาพหน้างานจริง	กม. 160+926 -171+657 (10.731 กม.) ช่องจราจร : ขวาทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงาน การใช้งานระบบ HRIS
62	328	สายทาง 0041 ตอนควบคุม 0300	กม. สำรวจไม่ตรงกับหลัก กม. ตามสภาพหน้างานจริง	กม. 171+657 -209+981 (38.324 กม.) ช่องจราจร : ซ้ายทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงาน การใช้งานระบบ HRIS
63	328	สายทาง 0041 ตอนควบคุม 0300	กม. สำรวจไม่ตรงกับหลัก กม. ตามสภาพหน้างานจริง	กม. 209+981 -171+657 (38.324 กม.) ช่องจราจร : ขวาทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงาน การใช้งานระบบ HRIS
64	332	สายทาง 0041 ตอนควบคุม 1101	กม. สำรวจไม่ตรงกับหลัก กม. ตามสภาพหน้างานจริง	กม. 948+127 -972+727 (24.600 กม.) ช่องจราจร : ซ้ายทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงาน การใช้งานระบบ HRIS
65	332	สายทาง 0004 ตอนควบคุม 1102	กม. สำรวจไม่ตรงกับหลัก กม. ตามสภาพหน้างานจริง	972+727-1008+965 (36.238 กม.) ช่องจราจร : ซ้ายทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงาน การใช้งานระบบ HRIS
66	332	สายทาง 0004 ตอนควบคุม 1103	กม. สำรวจไม่ตรงกับหลัก กม. ตามสภาพหน้างานจริง	1008+9651060+345 (51.380 กม.) ช่องจราจร : ซ้ายทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงาน การใช้งานระบบ HRIS
67	332	สายทาง 0004 ตอนควบคุม 1103	กม. สำรวจไม่ตรงกับหลัก กม. ตามสภาพหน้างานจริง	กม. 1060+345 - 1008+965 (51.380 กม.) ช่องจราจร : ขวาทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงาน การใช้งานระบบ HRIS
68	515	สายทาง 0012 ตอนควบคุม 0501	กม. ในระบบ Roadnet ซึ่งเชื่อมต่อ มาจาก HRIS แสดงเป็น 238+660 หลัก กม. ในระบบ Roadnet ห่างจาก หลัก กม. ข้อมูลสำรวจ เป็นระยะ 0.340 กม.	กม. 239+000 - 251+355 ช่องจราจร : ซ้ายทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงาน การใช้งานระบบ HRIS
69	515	สายทาง 0011 ตอนควบคุม 0403	กม. ในระบบ Roadnet ซึ่งเชื่อมต่อ มาจาก HRIS แสดงเป็น อยู่ระหว่าง กม. 236+500 หลัก กม. ในระบบ Roadnet ห่างจาก หลัก กม. ข้อมูล สำรวจ เป็นระยะ 0.500 กม.	กม. 235+735 - 271+352 ช่องจราจร : ซ้ายทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงาน การใช้งานระบบ HRIS



ตารางที่ 2-2 ตารางแสดงปัญหาจากการตรวจสอบเชิงคุณภาพและแนวทางการแก้ไข (ต่อ)

ลำดับ	รหัสแขวง ทางหลวง	หมายเลขทางหลวง และตอนควบคุม	ปัญหาที่พบ	ช่วง กม.	แนวทางแก้ไข
70	612	สายทาง 0002 ตอนควบคุม 0201	-	ช่องจราจร : ซ้ายทาง ช่องจราจร : ขวาทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงานการใช้งานระบบ HRIS
71	612	สายทาง 0002 ตอนควบคุม 0202	-	ช่องจราจร : ซ้ายทาง ช่องจราจร : ขวาทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงานการใช้งานระบบ HRIS
72	612	สายทาง 0002 ตอนควบคุม 0203	-	ช่องจราจร : ซ้ายทาง ช่องจราจร : ขวาทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงานการใช้งานระบบ HRIS
73	612	สายทาง 0002 ตอนควบคุม 0204	-	ช่องจราจร : ซ้ายทาง ช่องจราจร : ขวาทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงานการใช้งานระบบ HRIS
74	612	สายทาง 0002 ตอนควบคุม 0204	-	ช่องจราจร : ซ้ายทาง ช่องจราจร : ขวาทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงานการใช้งานระบบ HRIS
75	513	สายทาง 1415 ตอนควบคุม 0100 ทางเข้าทุ่งเสลี่ยม	เส้น KML หน้าแผนที่ ไม่ตรงกับสายทางสำรวจ	ช่องจราจร : ซ้ายทาง ช่องจราจร : ขวาทาง	ทำการแจ้งเจ้าหน้าที่กลุ่ม Open Chat ประสานงานการใช้งานระบบ HRIS



2.3 บทสรุปและข้อเสนอแนะ

จากข้อมูลการสำรวจสภาพผิวทางระยะทางนำส่งรวมทั้งสิ้น 30,342.376 กิโลเมตร ในโครงการนี้ ประกอบไปด้วยข้อมูลค่า IRI Rutting MPD และความเสียหายผิวทางในรูปแบบอื่น ๆ รวมทั้งภาพถ่ายสายทางที่สำรวจ ทั้งหมดได้ถูกรวบรวมนำเข้าสู่ระบบ Roadnet ซึ่งเป็นฐานข้อมูลของสำนักบริหารบำรุงทาง จำแนกข้อเสนอตามประเภทเนื้องานดังนี้

2.3.1 ด้านการสำรวจ

- 1) ในการสำรวจ ควรเพิ่มการสำรวจข้อมูลทรัพย์สินภายในเขตทาง เพื่อให้สามารถตรวจสอบสภาพทรัพย์สินที่อยู่ภายในเขตทาง และดำเนินการประเมินจัดทำบำรุงต่อไป
- 2) ในการลงพื้นที่สำรวจในครั้งถัดไป ควรมีการตรวจสอบแผนการสำรวจของสายทางที่มีการก่อสร้างว่ามีการก่อสร้างเป็นระยะทางเท่าใด และในการติดต่อประสานงานเจ้าหน้าที่แขวงก่อนลงพื้นที่สำรวจ ควรสอบถามเรื่องความพร้อมของสายทางที่จะลงไปสำรวจ อย่างละเอียดว่ามีติดโครงการ หรือกิจกรรมใด ๆ อยู่หรือไม่ เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนงานสำรวจจริงในพื้นที่ ลดปัญหาเรื่องการเข้าพื้นที่แล้วไม่สามารถสำรวจสายทางได้

2.3.2 ด้านระบบ Roadnet

- 1) ควรมีการรวบรวมข้อมูล เช่น IRI RUT MPD รวมทั้งค่าความเสียหาย ไปเก็บไว้ในคลังเก็บข้อมูลรวมส่วนกลางของกรมทางหลวง โดยวางแผนและจัดโครงสร้างสามารถดำเนินงานได้โดยไม่ซ้อนทับข้อมูลเดิม เพื่อประโยชน์ในการนำไปใช้ในการวิเคราะห์ภายหลัง
- 2) ในกรณีที่ทางเจ้าหน้าที่แขวงทางหลวงหรือหมวดทางหลวง อยู่ภายในพื้นที่ของตน ต้องการนำเข้าข้อมูลสำรวจที่ได้จากเครื่องมือการสำรวจของกรมทางหลวงและระบบ Roadnet ควรจะพัฒนาและแสดงผลข้อมูลทั้ง 2 ส่วน ให้สามารถแสดงผลร่วมกัน เพื่อส่งเสริมงานบริหารบำรุงทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- 3) ควรมีการพัฒนา ระบบ Roadnet จากงานศึกษาที่ ทำการศึกษาและวิเคราะห์ แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพระบบ Roadnet ให้สามารถรองรับการใช้งานในอนาคต ให้มีประสิทธิภาพเท่าทันโลกที่พัฒนาตลอด
- 4) จากงานศึกษาความแม่นยำของเครื่องมือด้วยค่าทางสถิติ ในการตรวจวัดข้อมูลลักษณะทางเรขาคณิตของสายทาง (Geometric) สามารถพัฒนาให้ระบบให้สามารถรองรับข้อมูลค่าความลาดชัน (Percent grade slope), ค่าความลาดเอียง (Percent crown slope), ค่าระดับความสูง (Elevation) และค่ารัศมีทางโค้ง (Radius) ผ่านหน้าระบบ
- 5) ควรพัฒนาระบบ Roadnet ให้สามารถตรวจสอบหรือแจ้งเตือนผ่านหน้าระบบเมื่อมีข้อมูลระยะทางที่ไม่สอดคล้องกัน และควรเพิ่มประสิทธิภาพระบบให้สามารถแสดงผลข้อมูลภาพรวมในรูปแบบ Dashboard ที่เกี่ยวเนื่องกับภารกิจหลักของสำนักบริหารบำรุงทาง กรมทางหลวง



2.3.3 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาระบบ TPMS

จากการดำเนินการจัดทำแผนงานกิจกรรมซ่อมบำรุง ด้วยระบบ TPMS ซึ่งอ้างอิงแนวทางการวิเคราะห์จาก (Highway Development & Management, HDM) และพัฒนาปรับปรุงระบบให้เข้ากับสภาพถนนและการจราจรของประเทศไทย และนำมาใช้สำหรับงานบริหารบำรุงรักษาทางทั่วประเทศ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530 แต่ทั้งนี้ด้วยระบบ TPMS มีพื้นฐานการวิเคราะห์ในด้านความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และเงื่อนไขการซ่อมบำรุงทางวิศวกรรมในภาพรวมระดับโครงข่ายเท่านั้น ยังมิได้สะท้อนถึงการกระจายงบประมาณที่เหมาะสมตามพื้นที่ หรือ การวิเคราะห์ละเอียดระดับรายโครงการ เป็นผลให้ในปัจจุบันการวางแผนงบประมาณบำรุงทางของกรมทางหลวง ด้วยระบบ TPMS สามารถทำได้ในระดับโครงข่ายเท่านั้น ดังนั้นที่ปรึกษาจึงได้รวบรวมข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงพัฒนาระบบ TPMS ให้ตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งาน ดังต่อไปนี้

- 1) ดำเนินการศึกษาความต้องการของผู้ใช้งานระบบวิเคราะห์งบประมาณบำรุงทางหลวง (TPMS) ในระดับพื้นที่ เช่น ระดับสำนักงานทางหลวง ระดับแขวงทางหลวง เป็นต้น
- 2) ดำเนินการศึกษาแนวทางการบริการจัดการงานซ่อมบำรุงของต่างประเทศเพื่อนำมาพัฒนาและปรับปรุงในระบบ TPMS
- 3) ปรับปรุง และสอบเทียบ แบบจำลองการเสื่อมสภาพทางหลวง ในประเทศไทย
- 4) ปรับปรุงระบบ TPMS ให้ตอบสนองต่อความต้องการในการกระจายงบประมาณเชิงพื้นที่ได้
- 5) เพิ่มเติมดัชนี หรือตัวแปร ในการบริหารจัดการงานซ่อมบำรุง เช่น การพิจารณา ค่าความเสียหาย เป็นต้น
- 6) พัฒนาการวิเคราะห์อย่างละเอียดระดับรายโครงการ เพื่อตอบสนองความต้องการระดับพื้นที่ได้
- 7) ปรับปรุงระบบ TPMS ให้สามารถนำเข้าข้อมูลแผนความต้องการเบื้องต้น เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ได้

ภาคผนวก ก

รายงานปัญหา อุปสรรคในการสำรวจ
และสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคโควิด-19



รายงานปัญหาและอุปสรรคในการสำรวจภายในโครงการ

ที่ปรึกษาได้สรุปปัญหาที่พบระหว่างการสำรวจสภาพทาง โดยสรุปปัญหาและอุปสรรคอ้างอิงบทที่ 5 ดังตารางที่ 5-5 รายละเอียดดังนี้

รถสำรวจคันที่ 1 (Laser Profiler) ระหว่างวันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2565 - 7 เมษายน 2565
วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค
1.	 <p>ทางหลวงหมายเลข 306 ตอนควบคุม 101 กม. 0+000-7+909 แขวงทางหลวงนนทบุรี</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีฝนตกหนัก <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- หยุดสำรวจชั่วคราว และดำเนินการสำรวจต่อเมื่อฝนหยุดตก

วันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค
1.	 <p>ทางหลวงหมายเลข 306 ตอนควบคุม 200 แขวงทางหลวงปทุมธานี</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- ฝนตกหนัก <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- หยุดสำรวจชั่วคราว และดำเนินการสำรวจต่อเมื่อฝนหยุดตก



ร่างรายงานขั้นสุดท้าย (Draft Final Report)
โครงการค่าสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ
การใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี 2565

วันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค
1.	 <p>ทางหลวงหมายเลข 3423 ตอนควบคุม 100 กม. 4+644-3+867 แขวงทางหลวงสมุทรสาคร</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานซ่อมผิวทาง <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดข้อมูลการสำรวจช่วงนี้ออก

วันที่ 21 กุมภาพันธ์ 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค
1.	 <p>ทางหลวงหมายเลข 304 ตอนควบคุม 304 กม.122+800 - กม.124+900 แขวงทางหลวงฉะเชิงเทรา</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีการปิดถนนเนื่องจากมีการก่อสร้างสะพาน <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ไม่ทำการสำรวจช่วงนั้น



ร่างรายงานขั้นสุดท้าย (Draft Final Report)
โครงการค่าสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ
การใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี 2565

วันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค
1.	 <p>ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนควบคุม 202 กม.89+221 - กม.89+449 แขวงทางหลวงชลบุรี 1</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีการเบี่ยงช่องจราจร เนื่องจากการก่อสร้างสะพาน <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดข้อมูลการสำรวจช่วงนี้ออก
2.	 <p>ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนควบคุม 202 กม.80+401 - กม.81+515 แขวงทางหลวงชลบุรี 1</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานซ่อมผิวทาง <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดข้อมูลการสำรวจช่วงนี้ออก

วันที่ 23 กุมภาพันธ์ 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค
1.	 <p>ทางหลวงหมายเลข - ตอนควบคุม - แขวงทางหลวงชลบุรี 1</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- ระบบไฟรถสำรวจมีปัญหา <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- นำรถเข้าไปเช็คอาคาร และ ซ่อมแซมที่ศูนย์ซ่อม



วันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค	
1.		<p>ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนควบคุม 103 กม. 63+912 - กม. 59+858 แขวงทางหลวงชลบุรี 2</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้างทางหลัก <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดข้อมูลการสำรวจช่วงนี้ออก แล้วสำรวจต่อในทางขนาน
2.		<p>ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนควบคุม 103 กม. 52+000 - กม. 49+577 แขวงทางหลวงชลบุรี 2</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้างทางหลัก <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดข้อมูลการสำรวจช่วงนี้ออก แล้วสำรวจต่อในทางขนาน




วันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค	
1.		<p>ทางหลวงหมายเลข 304 ตอนควบคุม 403 กม.185+832 - กม.186+287 แขวงทางหลวงปราจีนบุรี</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีการปิดถนนเนื่องจากมีกรก่อสร้าง <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดข้อมูลทางเบี่ยงออก



ร่างรายงานขั้นสุดท้าย (Draft Final Report)
โครงการค่าสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ
การใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี 2565




วันที่ 6 มีนาคม 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค	
1.		<p>ทางหลวงหมายเลข 362 ตอนควบคุม 101 กม. 5+969 - กม. 6+269 แขวงทางหลวงสระบุรี</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้างสะพานข้ามแยก <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดข้อมูลการสำรวจช่วงนี้ออก
2.		<p>ทางหลวงหมายเลข 366 ตอนควบคุม 100 กม. 16+339 - กม. 16+685 แขวงทางหลวงสระบุรี</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้างทาง รถวิ่งไหล่ทาง <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดข้อมูลการสำรวจช่วงนี้ออก
3.		<p>ทางหลวงหมายเลข 366 ตอนควบคุม 100 กม. 0+000 - กม. 19+310 แขวงทางหลวงสระบุรี</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้างสลับกันทั้งช่วง <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดข้อมูลช่วงที่มีงานก่อสร้างออก



ร่างรายงานขั้นสุดท้าย (Draft Final Report)
โครงการค่าสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ
การใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี 2565

วันที่ 7 มีนาคม 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค
1.	 <p>ทางหลวงหมายเลข 3196 ตอนควบคุม 301 กม. 44+589 - กม. 43+809 แขวงทางหลวงลพบุรีที่ 1</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานทำผิวทาง <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดข้อมูลการสำรวจช่วงนี้ออก
2.	 <p>ทางหลวงหมายเลข 3024 ตอนควบคุม 100 กม. 5+300 - กม. 3+939 แขวงทางหลวงลพบุรีที่ 1</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานทำผิวทาง <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดข้อมูลการสำรวจช่วงนี้ออก
3.	 <p>ทางหลวงหมายเลข 205 ตอนควบคุม 101 กม. 03+359 - กม. 2+790 แขวงทางหลวงสระบุรี</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานทำผิวทาง <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดข้อมูลช่วงที่มีงานก่อสร้างออก



ร่างรายงานขั้นสุดท้าย (Draft Final Report)
โครงการค่าสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ
การใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี 2565

วันที่ 8 มีนาคม 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค	
1.		<p>ทางหลวงหมายเลข 225 ตอนควบคุม 200 แขวงทางหลวงนครสวรรค์ที่ 2</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- ระบบไฟในรถมีปัญหา ไม่สามารถสำรวจต่อได้ <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- นำรถกลับเข้าศูนย์เพื่อ แก้ไขปัญหาระบบไฟ

วันที่ 22 มีนาคม 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค	
1.		<p>ทางหลวงหมายเลข 304 ตอนควบคุม 501 แขวงทางหลวงนครราชสีมาที่ 3</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีฝนตก ช่วงเย็น <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- หยุดสำรวจแล้วสำรวจต่อในวัน ถัดไป



วันที่ 23 มีนาคม 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค	
1.		<p>ทางหลวงหมายเลข 304 ตอนควบคุม 501 แขวงทางหลวงนครราชสีมา ที่ 3</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีฝนตก <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- หยุดสำรวจชั่วคราว และดำเนินการสำรวจต่อเมื่อ ฝนหยุดตก
2.		<p>ทางหลวงหมายเลข 3475 ตอนควบคุม 100 กม.6+900 -กม. 3+900 แขวงทางหลวงนครสวรรค์ ที่ 2</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้าง <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดข้อมูลช่วงการก่อสร้างออก





วันที่ 24 มีนาคม 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค
1.	 <p>ทางหลวงหมายเลข 225 ตอนควบคุม 0202 กม. 44+869 - กม.69+900 แขวงทางหลวงนครสวรรค์ ที่ 2</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้าง เป็นช่วงๆ <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดข้อมูลช่วงการก่อสร้างออก
2.	 <p>ทางหลวงหมายเลข 3475 ตอนควบคุม 100 กม. 1+011 - กม.1+187 และ กม.1+353 - กม. 1+900 แขวงทางหลวงนครสวรรค์ ที่ 1</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้าง <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดข้อมูลช่วงการก่อสร้างออก



ร่างรายงานขั้นสุดท้าย (Draft Final Report)
โครงการค่าสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ
การใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี 2565




วันที่ 26 มีนาคม 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค	
1.		<p>ทางหลวงหมายเลข 1276 ตอนควบคุม 100 กม. 16+088 - กม.15+403 แขวงทางหลวงพิจิตร</p> <p>ลักษณะปัญหา - มีงานก่อสร้าง</p> <p>แนวทางแก้ไข - ตัดข้อมูลช่วงการก่อสร้างออก</p>
2.		<p>ทางหลวงหมายเลข 1304 ตอนควบคุม 100 กม.21+776 - กม. 22+025 แขวงทางหลวงพิจิตร</p> <p>ลักษณะปัญหา - มีงานก่อสร้าง</p> <p>แนวทางแก้ไข - ตัดข้อมูลช่วงการก่อสร้างออก</p>



ร่างรายงานขั้นสุดท้าย (Draft Final Report)
โครงการค่าสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ
การใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี 2565

วันที่ 28 มีนาคม 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค
1.	 <p>ทางหลวงหมายเลข 102 ตอนควบคุม 102 กม. 53+983 - กม.52+036 แขวงทางหลวงสุโขทัย</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้าง <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดข้อมูลช่วงการก่อสร้างออก
2.	 <p>ทางหลวงหมายเลข 102 ตอนควบคุม 103 กม.78+889 - กม. 77+514 แขวงทางหลวงสุโขทัย</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้าง <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดข้อมูลช่วงการก่อสร้างออก
3.	 <p>ทางหลวงหมายเลข 1373 ตอนควบคุม 103 กม.5+350 - กม. 6+913 แขวงทางหลวงสุโขทัย</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้าง <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดข้อมูลช่วงการก่อสร้างออก



ร่างรายงานขั้นสุดท้าย (Draft Final Report)
โครงการค่าสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ
การใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี 2565

วันที่ 29 มีนาคม 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค	
1.		<p>ทางหลวงหมายเลข 1327 ตอนควบคุม 100 กม. 25+759 - กม.25+549 กม. 18+719 - กม.18+237 กม.9+310 - กม. 6+110 แขวงทางหลวงตาก ที่ 1</p> <p>ลักษณะปัญหา - มีงานก่อสร้าง</p> <p>แนวทางแก้ไข - ตัดข้อมูลช่วงการก่อสร้างออก</p>
2.		<p>ทางหลวงหมายเลข 1175 ตอนควบคุม 200 กม. 55+357 - กม.55+213 กม.37+879 - กม. 37+706 แขวงทางหลวงตาก ที่ 1</p> <p>ลักษณะปัญหา - มีงานก่อสร้าง</p> <p>แนวทางแก้ไข - ตัดข้อมูลช่วงการก่อสร้างออก</p>

วันที่ 30 มีนาคม 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค	
1.		<p>ทางหลวงหมายเลข 105 ตอนควบคุม 102 กม. 33+879 - กม. 34+484 แขวงทางหลวงตาก ที่ 2</p> <p>ลักษณะปัญหา - มีงานก่อสร้าง</p> <p>แนวทางแก้ไข - ตัดข้อมูลช่วงการก่อสร้างออก</p> <p>แนวทางแก้ไข - ตัดข้อมูลช่วงการก่อสร้างออก</p>



ร่างรายงานขั้นสุดท้าย (Draft Final Report)
โครงการค่าสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ
การใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี 2565

วันที่ 31 มีนาคม 2565 (วัน เดือน ปี)



ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค
1.	 <p>ทางหลวงหมายเลข 1090 ตอนควบคุม 101 กม. 54+510 - กม. 56+366 แขวงทางหลวงตาก ที่ 2</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้าง <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดข้อมูลช่วงการก่อสร้างออก
2.	 <p>ทางหลวงหมายเลข 1090 ตอนควบคุม 102 กม. 89+130 - กม. 89+232 กม. 113+513 - กม. 115+380 กม. 130+272 - กม. 131+119 กม. 14 5+798 - กม. 146+611 แขวงทางหลวงตาก ที่ 2</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้าง <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดข้อมูลช่วงการก่อสร้างออก

วันที่ 1 เมษายน 2565 (วัน เดือน ปี)

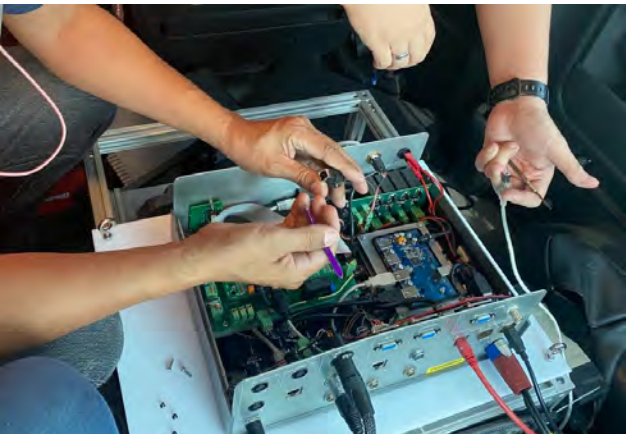
ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค
1.	 <p>ทางหลวงหมายเลข 2880 ตอนควบคุม 100 กม. 28+514 - กม. 28+576 กม. 41+362 - กม. 43+715 กม. 44+029 - กม. 44+193 แขวงทางหลวงตาก ที่ 2</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้าง <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดข้อมูลช่วงการก่อสร้างออก



วันที่ 4 เมษายน 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค
1.	 <p>ทางหลวงหมายเลข 3454 ตอนควบคุม 301 กม. 70+115 - กม.71+826 แขวงทางหลวงอ่างทอง</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้าง <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดข้อมูลช่วงการก่อสร้างออก
2.	 <p>ทางหลวงหมายเลข 347 ตอนควบคุม 300 กม. 58+000 - กม.58+518 แขวงทางหลวงอ่างทอง</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้าง <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดข้อมูลช่วงการก่อสร้างออก


วันที่ 6 เมษายน 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค
1.	 <p>แขวงทางหลวงสุพรรณบุรี ที่ 2</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- อุปกรณ์ควบคุมเลเซอร์ไม่จ่ายไฟ <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- นำรถกลับมาทำการแก้ไขที่ซ่อม




รถสำรวจคันที่ 2 (Laser Profiler) ระหว่างวันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2565 - 2 มิถุนายน 2565

วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค
1.	 <p>หมายเลขสายทาง - หมายเลขตอนควบคุม - แขวงทางหลวง สุรินทร์</p> <p>ลักษณะปัญหา - ฝนตกทั่วทุกพื้นที่</p> <p>แนวทางแก้ไข - รอจนกว่าฝนจะหยุด หรือเปลี่ยนเส้นทาง สำรวจ</p>

วันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค
1.	 <p>หมายเลขสายทาง 2458 หมายเลขตอนควบคุม 0100 แขวงทางหลวง สุรินทร์</p> <p>ลักษณะปัญหา - มีค่าความเสียหายสูงอยู่ ช่วงกม. 10+000 - 10+900 ทำให้สปีดต่ำความเร็ว ไม่เกิน 20 กม./ชม.</p> <p>แนวทางแก้ไข - เก็บข้อมูลมาวิเคราะห์ ความเสียหาย</p>



วันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค
1.	 <p>หมายเลขสายทาง 2236 หมายเลขตอนควบคุม 0100 แนวทางหลวง ศรีสะเกษ</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้างผิวถนนช่วง กม. 9+250-13+050 <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดช่วงที่มีการก่อสร้างผิวถนนออก



วันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค
1.	 <p>หมายเลขสายทาง 231 หมายเลขตอนควบคุม 101 แนวทางหลวง อุบลราชธานีที่ 1</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้าง- (ช่วงที่1 กม.0+000 -0+500)- (ช่วงที่2 กม.1+400 -3+000) <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดช่วงที่มีการก่อสร้างออก
2.	 <p>หมายเลขสายทาง - หมายเลขตอนควบคุม - แนวทางหลวงอุบลราชธานี</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- ฝนตกทั่วทุกพื้นที่ <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- รอจนกว่าฝนหยุดตก หรือเปลี่ยนเส้นทางสำรวจ



ร่างรายงานขั้นสุดท้าย (Draft Final Report)
โครงการค่าสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ
การใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี 2565

วันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค	
1.		<p>หมายเลขสายทาง 202 หมายเลขตอนควบคุม 400 แขวงทางหลวง มหาสารคาม</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- ฝนตกช่วง เวลา 15.00 น. ถึง 15.30 น. <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- รอจนกว่าฝนหยุดตก หรือ เปลี่ยนเส้นทางสำรวจ
2.		<p>หมายเลขสายทาง 202 หมายเลขตอนควบคุม 601 แขวงทางหลวง ยโสธร</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้าง กม. 214+402-215+402 <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดช่วงที่มีการก่อสร้างออก

วันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค	
1.		<p>หมายเลขสายทาง 2028 หมายเลขตอนควบคุม 200 แขวงทางหลวง นครพนม</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้างผิวถนน (ช่วง กม.16+000-15+450) <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดช่วงที่มีการก่อสร้างผิวถนนออก



วันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค
1.	 <p>หมายเลขสายทาง 2218 หมายเลขตอนควบคุม 100 แนวทางหลวง สกนครที่ 2 (สว่างแดนดิน)</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้างผิวถนน- ช่วงที่ 1 กม.7+950-8+000- ช่วงที่ 2 กม.8+550-8+600- ช่วงที่ 3 กม.9+200-10+350- ช่วงที่ 4 กม.11+250-11+800- ช่วงที่ 5 กม.12+150-12+200 <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดช่วงที่มีการก่อสร้างผิวถนนออก
2.	 <p>หมายเลขสายทาง 2270 หมายเลขตอนควบคุม 100 แนวทางหลวง อุดรธานีที่ 2 (หนองหาน)</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้างผิวถนน- กม.3+750-3+650 <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดช่วงที่มีการก่อสร้างผิวถนนออก



วันที่ 1 มีนาคม 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค	
1.		<p>หมายเลขสายทาง 216 หมายเลขตอนควบคุม 103 แขวงทางหลวง อุดรธานีที่ 1</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้างผิวถนน กม. 17+897-17+397 <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดช่วงที่มีการก่อสร้างผิวถนนออก

วันที่ 2 มีนาคม 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค	
1.		<p>หมายเลขสายทาง - หมายเลขตอนควบคุม - แขวงทางหลวง ขอนแก่นที่ 1</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- ยางรั่ว <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- เปลี่ยนยางใหม่- คาลิเบรท (Calibrate) dmi และ อุปกรณ์สำรวจใหม่



วันที่ 3 มีนาคม 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค
1.	 <p>หมายเลขสายทาง - หมายเลขตอนควบคุม - แขวงทางหลวง ขอนแก่นที่ 1</p> <p>ลักษณะปัญหา - เข้าศูนย์ตรวจเช็คระยะ</p> <p>แนวทางแก้ไข</p>

วันที่ 6 มีนาคม 2565 (วัน เดือน ปี)



ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค
1.	 <p>หมายเลขสายทาง 225 หมายเลขตอนควบคุม 402 แขวงทางหลวง ชัยภูมิ</p> <p>ลักษณะปัญหา - มีงานก่อสร้างผิวถนน (ช่วง กม.248+490-247+490)</p> <p>แนวทางแก้ไข - ตัดช่วงที่มีการก่อสร้างผิวถนนออก</p>



วันที่ 7 มีนาคม 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค	
1.		<p>หมายเลขสายทาง 2359 หมายเลขตอนควบคุม 101 แขวงทางหลวง ชัยภูมิ</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีฝนตกในหลายพื้นที่ของจังหวัด เวลา 15.00 น.- 17.00 น. <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- รอกจนกว่าฝนหยุดตก หรือเปลี่ยนเส้นทางสำรวจ

วันที่ 8 มีนาคม 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค	
1.		<p>หมายเลขสายทาง 2215 หมายเลขตอนควบคุม 101 แขวงทางหลวง เพชรบูรณ์ที่ 1</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้างผิวถนน (ช่วง กม.8+000-7+000) <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดช่วงที่มีการก่อสร้างผิวถนนออก
2.		<p>หมายเลขสายทาง 225 หมายเลขตอนควบคุม 300 แขวงทางหลวง เพชรบูรณ์ที่ 2 (บึงสามพัน)</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้างผิวถนน (ช่วง กม.112+700-112+500) <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดช่วงที่มีการก่อสร้างผิวถนนออก





วันที่ 17 มีนาคม 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค
1.	 <p>หมายเลขสายทาง 1350 หมายเลขตอนควบคุม 100 แขวงทางหลวง น่านที่ 2</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- ปลายทางเป็นด่านพรมแดนไทย-ลาว ไม่สามารถวิ่งเข้าไปสำรวจได้ <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- สำรวจสิ้นสุดที่ป้าย
2.	 <p>หมายเลขสายทาง 1081 หมายเลขตอนควบคุม 103 แขวงทางหลวง น่านที่ 2</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้างผิวถนน (ช่วง กม.91+900-92+250) <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดช่วงที่มีการก่อสร้างผิวถนนออก



วันที่ 18 มีนาคม 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค	
1.		<p>หมายเลขสายทาง 101 หมายเลขตอนควบคุม 602 แขวงทางหลวง น่านที่ 2</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- ปลายทางเป็นด่านพรมแดนไทย-ลาว ไม่สามารถวิ่งเข้าไปสำรวจได้ <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- สำรวจสิ้นสุดที่ป้าย
2.		<p>หมายเลขสายทาง 1256 หมายเลขตอนควบคุม 102 แขวงทางหลวง น่านที่ 2</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้างผิวถนน (ช่วง กม.30+250-30+500) <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดช่วงที่มีการก่อสร้างผิวถนนออก





ร่างรายงานขั้นสุดท้าย (Draft Final Report)
โครงการค่าสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ
การใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี 2565

วันที่ 19 มีนาคม 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค	
1.		<p>หมายเลขสายทาง - หมายเลขตอนควบคุม - แขวงทางหลวง น่านที่ 2</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีฝนตกในหลายพื้นที่ของจังหวัดเวลา 09.00 น.- 11.00 น. <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- รอกจนกว่าฝนหยุดตกหรือเปลี่ยนเส้นทางสำรวจ

วันที่ 20 มีนาคม 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค	
1.		<p>หมายเลขสายทาง 1148 หมายเลขตอนควบคุม 102 แขวงทางหลวง น่านที่ 2</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้างผิวถนน (ช่วง กม.51+700-55+000) <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดช่วงที่มีการก่อสร้างผิวถนนออก
2.		<p>หมายเลขสายทาง 1188 หมายเลขตอนควบคุม 100 แขวงทางหลวง พะเยา</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้างผิวถนน (ช่วง กม. 21+000-17+860) <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดช่วงที่มีการก่อสร้างผิวถนนออก



วันที่ 22 มีนาคม 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค
1.	 <p>หมายเลขสายทาง 1020 หมายเลขตอนควบคุม 202 แขวงทางหลวง เชียงรายที่ 2</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้างผิวถนน (ช่วง กม.63+820-63+885) <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดช่วงที่มีการก่อสร้างผิวถนนออก
2.	 <p>หมายเลขสายทาง 1020 หมายเลขตอนควบคุม 202 แขวงทางหลวง เชียงรายที่ 2</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้างผิวถนน (ช่วง กม.65+570-65+030) <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดช่วงที่มีการก่อสร้างผิวถนนออก



วันที่ 24 มีนาคม 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค	
1.		<p>หมายเลขสายทาง 118 หมายเลขตอนควบคุม 201 แขวงทางหลวง เชียงรายที่ 1</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้างผิวถนน (ช่วง กม.64+215-64+985) <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดช่วงที่มีการก่อสร้างผิวถนนออก

วันที่ 26 มีนาคม 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค	
1.		<p>หมายเลขสายทาง 1087 หมายเลขตอนควบคุม 100 แขวงทางหลวง ลำพูน</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้างผิวถนน (ช่วงที่1 กม.2+500-6+000) (ช่วงที่2 กม.11+500-13+000) <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดช่วงที่มีการก่อสร้างผิวถนนออก
2.		<p>หมายเลขสายทาง 1124 หมายเลขตอนควบคุม 100 แขวงทางหลวง ลำปางที่ 1</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้างผิวถนน (ช่วง กม.2+800-2+850) <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดช่วงที่มีการก่อสร้างสะพานออก



วันที่ 28 มีนาคม 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค
1.	 <p>หมายเลขสายทาง - หมายเลขตอนควบคุม - แขวงทางหลวง เชียงใหม่ที่ 2</p> <p>ลักษณะปัญหา - เข้าสู่ศูนย์ตรวจเช็คระยะ</p> <p>แนวทางแก้ไข</p>

วันที่ 29 มีนาคม 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค
1.	 <p>หมายเลขสายทาง 1269 หมายเลขตอนควบคุม 102 แขวงทางหลวง เชียงใหม่ที่ 2</p> <p>ลักษณะปัญหา - มีงานก่อสร้างผิวถนน (ช่วง กม.36+319-36+000)</p> <p>แนวทางแก้ไข - ตัดช่วงที่มีการก่อสร้างผิวถนนออก</p>



วันที่ 30 มีนาคม 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค	
1.		<p>หมายเลขสายทาง 1001 หมายเลขตอนควบคุม 200 แขวงทางหลวง เชียงใหม่ที่ 3</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้างผิวถนน (ช่วง กม.91+050-93+220) <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดช่วงที่มีการก่อสร้างผิวถนนออก

วันที่ 31 มีนาคม 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค	
1.		<p>หมายเลขสายทาง 1249 หมายเลขตอนควบคุม 100 แขวงทางหลวง เชียงใหม่ที่ 3</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้างผิวถนน (ช่วงที่1 กม.25+500-26+500) (ช่วงที่2 กม.26+750-28+600) <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดช่วงที่มีการก่อสร้างผิวถนนออก
2.		<p>หมายเลขสายทาง 1178 หมายเลขตอนควบคุม 100 แขวงทางหลวง เชียงใหม่ที่ 3</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้างผิวถนน (ช่วง กม.59+349-58+249) <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดช่วงที่มีการก่อสร้างผิวถนนออก



วันที่ 1 เมษายน 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค
1.	 <p>หมายเลขสายทาง 1265 หมายเลขตอนควบคุม 100 แขวงทางหลวง แม่ฮ่องสอน</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้างผิวถนน (ช่วงที่ 1 กม.8+250-8+150) (ช่วงที่ 2 กม.5+350-5+250) <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดช่วงที่มีการก่อสร้างผิวถนนออก

วันที่ 2 เมษายน 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค
1.	 <p>หมายเลขสายทาง หมายเลขตอนควบคุม แขวงทางหลวง แม่ฮ่องสอน</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีฝนตกในหลายพื้นที่ของจังหวัด เวลา 08:00 น.- 16:00 น. <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- รอจนกว่าฝนหยุดตก หรือเปลี่ยน เส้นทางสำรวจ



วันที่ 4 เมษายน 2565 (วัน เดือน ปี)


ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค	
1.		<p>หมายเลขสายทาง 1194 หมายเลขตอนควบคุม 100 แขวงทางหลวง แม่ฮ่องสอน</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้างผิวถนน- (ช่วงที่1 กม.37+600-37+800)- (ช่วงที่2 กม.39+100-39+450)- (ช่วงที่3 กม.43+900-44+500)- (ช่วงที่4 กม.45+500-46+000) <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดช่วงที่มีการก่อสร้างผิวถนนออก

วันที่ 6 เมษายน 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค	
1.		<p>หมายเลขสายทาง 1012 หมายเลขตอนควบคุม 100 แขวงทางหลวง เชียงใหม่ที่ 1</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้างผิวถนน(ช่วง กม.1+000-8+400) <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดช่วงที่มีการก่อสร้างผิวถนนออก
2.		<p>หมายเลขสายทาง 108 หมายเลขตอนควบคุม 103 แขวงทางหลวง เชียงใหม่ที่ 1</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้างผิวถนน(ช่วงที่1 กม.107+000-106+900)(ช่วงที่2 กม.94+515-89+215) <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดช่วงที่มีการก่อสร้างผิวถนนออก



วันที่ 10 พฤษภาคม 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค	
1.		<p>ทางหลวงหมายเลข - ตอนควบคุม - กม. - แขวงทางหลวงกาญจนบุรี</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีฝนตกในหลายพื้นที่ของจังหวัด เวลา 11:00 น.- 13:00 น. <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- รอจนกว่าฝนจะหยุด หรือเปลี่ยนเส้นทางสำรวจ
2.		<p>ทางหลวงหมายเลข 367 ตอนควบคุม 100 กม. 0+000-0+400 แขวงทางหลวงกาญจนบุรี</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้างผิวถนน <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดช่วงที่มีการก่อสร้างผิวถนนออก





วันที่ 11 พฤษภาคม 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค	
1.		<p>ทางหลวงหมายเลข 323 ตอนควบคุม 201 กม. 32+200-31+350 แขวงทางหลวงกาญจนบุรี</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีงานก่อสร้างผิวถนน <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- ตัดช่วงที่มีการก่อสร้างผิวถนนออก
2.		<p>ทางหลวงหมายเลข - ตอนควบคุม - กม. - แขวงทางหลวงนครปฐม</p> <p>ลักษณะปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none">- มีฝนตกในหลายพื้นที่ของจังหวัด เวลา 14:20 น.- 16:00 น. <p>แนวทางแก้ไข</p> <ul style="list-style-type: none">- รอจนกว่าฝนจะหยุด หรือเปลี่ยนเส้นทางสำรวจ



วันที่ 12 พฤษภาคม 2565 (วัน เดือน ปี)

ลำดับ	ปัญหาและอุปสรรค	
1.		<p>ทางหลวงหมายเลข - ตอนควบคุม - กม. - แขวงทางหลวงเพชรบุรี</p> <p>ลักษณะปัญหา - มีฝนตกในหลายพื้นที่ของจังหวัด เวลา 13:10 น.- 15:00 น.</p> <p>แนวทางแก้ไข - รอจนกว่าฝนจะหยุด หรือเปลี่ยนเส้นทางสำรวจ</p>
2.		<p>ทางหลวงหมายเลข 3178 ตอนควบคุม 100 กม. 3+000-3+100, 12+400-12+480 แขวงทางหลวงเพชรบุรี</p> <p>ลักษณะปัญหา - มีงานก่อสร้างผิวถนน</p> <p>แนวทางแก้ไข - ตัดช่วงที่มีการก่อสร้างผิวถนนออก</p>