



คู่มือการวางแผน

เพื่อดำเนินการแก้ไขปัญหานถนนทรุดตัว
เนื่องจากสถานการณ์ภัยแล้ง

คู่มือการวางแผน

เพื่อดำเนินการแก้ไขปัญหาด้านการเกษตรเนื่องจากสถานการณ์ภัยแล้ง

คู่มือการวางแผนเพื่อดำเนินการแก้ไขปัญหาดถนนทรุดเนื่องจากสถานการณ์ภัยแล้ง

กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม

พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2564

ลิขสิทธิ์ของ กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม

สงวนสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 และที่แก้ไขเพิ่มเติม

จัดพิมพ์โดย

กรมทางหลวงชนบท

เลขที่ 9 ถนนพหลโยธิน แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน กรุงเทพฯ 10220

โทร. 02-551-5716

Copyright © 2021 Department of Rural Roads

All rights reserved.

Printed by Department of Rural Roads, in Thailand.

9 Pahonyothin Road, Anusawari, Bangkhen, Bangkok, 10220

www.drr.go.th

คำนำ

เอกสารคู่มือเล่มนี้ จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการบริการจัดการถนนที่มีความเสี่ยงต่อการทรุดตัว โดยมีเนื้อหาครอบคลุมมาตรการดำเนินการอย่างครบวงจร ตั้งแต่การเฝ้าระวังก่อนเกิดการทรุดตัว การดำเนินการแก้ไข ระหว่างการทรุดตัว และการป้องกันการทรุดตัวในระยะยาว ซึ่งเหมาะสำหรับหน่วยงานที่ทำหน้าที่บริหารจัดการถนนในพื้นที่นำไปประยุกต์ใช้ต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ และประสิทธิผลยิ่งขึ้น โดยคณะผู้จัดทำ ได้รวบรวมข้อมูลความรู้จากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนการลงสำรวจในพื้นที่จริง เพื่อมาประมวลเป็นคู่มือการวางแผนการดำเนินการเพื่อแก้ไขปัญหาถนนทรุด เนื่องจากสถานการณ์ภัยแล้งเล่มนี้

คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า เอกสารคู่มือฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ใช้งาน และเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นต่อไป

รายชื่อคณะทำงาน

นายภาคภูมิ ผ่านสำแดง	ผู้อำนวยการสำนักงานทางหลวงชนบทที่ 15	
นางวัชรีย์ คุณากรสิริรักษ์	ผู้อำนวยการกลุ่มส่งเสริมการมีส่วนร่วม	สำนักฝึกอบรม
นายสุรินทร์ ชักกะโร	ผู้อำนวยการแขวงทางหลวงชนบทพระนครศรีอยุธยา	
นายปรีชา โสภารัตน์	ผู้อำนวยการกลุ่มความร่วมมือระหว่างประเทศ	กองแผนงาน
นายพิทักษ์ ใจหลวง	ผู้อำนวยการหมวดบำรุงทางหลวงชนบทวงแหวนอุตสาหกรรม	
นายยิ่งยศ วิเชียรชม	นายช่างโยธาอาวุโส	แขวงทางหลวงชนบทปทุมธานี
นายโกศล จันมนทา	วิศวกรโยธาชำนาญการ	สำนักบำรุงทาง
นายทวีพงษ์ สุขสวัสดิ์	วิศวกรโยธาชำนาญการ	สำนักวิเคราะห์ วิจัย และพัฒนา
นางสาวณัฐวรา จันทธานีวิวัฒน์	วิศวกรโยธาชำนาญการ	กองแผนงาน
นายจตุพงษ์ พาราพันธกุล	วิศวกรโยธาชำนาญการ	สำนักส่งเสริมการพัฒนาทางหลวงท้องถิ่น
นางสาวธัญลักษณ์ เรืองเกตุ	นักวิเคราะห์นโยบายและแผนปฏิบัติการ	กองแผนงาน
นางสาววรรณรัช เทศววัฒน์	เจ้าหน้าที่วิเคราะห์นโยบายและแผน	กองแผนงาน

สารบัญ

บทที่ 1	ประเด็นปัญหาและกระบวนการดำเนินการ.....	9
1.1	ประเด็นปัญหาและสาเหตุ.....	9
1.2	วัตถุประสงค์.....	10
1.3	กระบวนการวางแผนแก้ไขปัญหาด่วนเหตุด่วน.....	11
บทที่ 2	การประเมินความเสี่ยงในการหลุดตัว.....	13
2.1	โอกาสการหลุดตัว (Likelihood).....	14
2.2	ผลกระทบจากการหลุดตัว (Consequence).....	16
2.3	การจัดทำตารางระดับความเสี่ยง (Risk Matrix).....	17
บทที่ 3	การเฝ้าระวังการหลุดตัวในช่วงฤดูแล้ง.....	19
3.1	การกำหนดระดับการเฝ้าระวัง.....	19
3.2	การดำเนินการเฝ้าระวังถนนหลุดตัวในฤดูแล้ง.....	20
3.3	กระบวนการเฝ้าระวังถนนหลุดตัวในฤดูแล้งที่แนะนำ.....	23
บทที่ 4	การแก้ไขปัญหาระยะยาว.....	25
4.1	แนวทางแก้ไขปัญหาย.....	25
4.2	ปัจจัยในการเลือกแนวทางการแก้ไขปัญหที่เหมาะสม.....	26
บทที่ 5	กรณีศึกษา จังหวัดปทุมธานี.....	27
5.1	ประเมินความเสี่ยงในการหลุดตัวจากภัยแล้ง.....	27
5.2	การเฝ้าระวังการหลุดตัวในฤดูแล้ง.....	30
5.3	การแก้ไขปัญหาระยะยาว.....	31
ภาคผนวก		33
ภาคผนวก ก	หลักการบริหารจัดการความเสี่ยง (Risk Management).....	35
ภาคผนวก ข	ขั้นตอนการคัดกรองสายทางที่มีความเสี่ยงต่อการหลุดตัวเสียหายด้วยการวิเคราะห์เชิงพื้นที่.....	39
ภาคผนวก ค	ตัวอย่างการประเมินความเสี่ยงในการหลุดตัวของถนน.....	45
ภาคผนวก ง	การประเมินความเสียหาย.....	51
ภาคผนวก จ	การประชาสัมพันธ์แนวทางการเฝ้าระวังความเสียหายของถนน.....	55
ภาคผนวก ฉ	รายละเอียดวิธีการซ่อมแซมฉุกเฉิน.....	59
ภาคผนวก ช	รายละเอียดวิธีการป้องกันถนนหลุดตัวในระยะยาว.....	71
ภาคผนวก ซ	รายงานการสำรวจและวิเคราะห์ชั้นดินของถนนสาย ปท.3034.....	77
เอกสารอ้างอิง (References).....		103

บทที่ 1

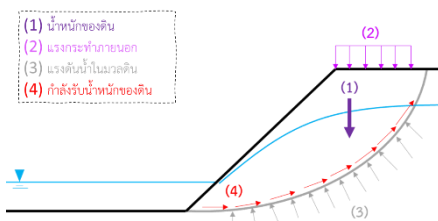
ประเด็นปัญหาและกระบวนการดำเนินการ

1.1 ประเด็นปัญหาและสาเหตุ

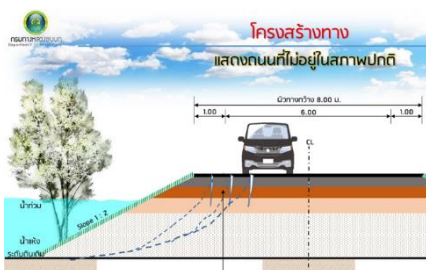
ถนนที่ทรุดตัวนับเป็นสาเหตุของความเสียหายบนสายทางที่พบได้บ่อยบนโครงข่ายทางหลวงชนบทที่ก่อสร้างขนานตามคลองหรือลำน้ำ การทรุดตัวนอกจากจะก่อให้เกิดความเสียหายอย่างหนักต่อสายทางแล้ว ยังก่อให้เกิดความเสียหายต่อยานพาหนะและอาจเกิดอุบัติเหตุกับผู้ใช้ทางอีกด้วย สาเหตุของถนนทรุดมีหลายประการ เช่น การบรรทุกน้ำหนักเกิน การเสื่อมสภาพของวัสดุ การกัดเซาะคันทาง ดินถล่ม การขุดลอกคลอง การลดระดับของน้ำในคลองชลประทาน เป็นต้น คู่มือฉบับนี้กล่าวถึงแนวทางการวางแผนเพื่อป้องกันถนนทรุดตัวจากสาเหตุการลดลงของระดับน้ำข้างคลองอย่างรวดเร็ว เนื่องจากสามารถวางแผนได้จากข้อมูลทางภูมิศาสตร์ ประกอบกับองค์ความรู้เรื่องปฐพีกลศาสตร์

การทรุดตัวของสายทางเกิดขึ้นเนื่องจากคันทางเสียเสถียรภาพ โดยเสถียรภาพของคันทางประกอบด้วยแรงที่เกี่ยวข้อง 4 ประการ ได้แก่ (1) น้ำหนักของดิน (2) แรงกระทำภายนอก (3) แรงดันน้ำในมวลดิน และ (4) กำลังรับน้ำหนักของดิน (รูปที่ 1) ในสภาวะปกติ กำลังรับน้ำหนักของดินจะมีค่ามากกว่าแรงทั้งสามชนิดที่เหลือรวมกัน ได้แก่ น้ำหนักของดิน แรงกระทำภายนอก และแรงดันน้ำในมวลดิน

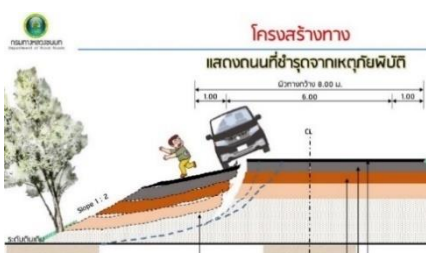
สายทางที่ก่อสร้างขนานตามลำคลองหรือลำน้ำก่อสร้างบนชั้นดินอ่อนมีความเสี่ยงในการทรุดตัวสูงกว่าปกติ (รูปที่ 2) เนื่องจากการลดระดับน้ำในแม่น้ำหรือลำคลองลดลงอย่างรวดเร็ว (Rapid Draw Down) ทำให้ระดับน้ำใต้ดินในถนนด้านข้างอยู่สูงกว่าระดับน้ำในคลองด้านข้าง และไม่สามารถระบายออกได้อย่างรวดเร็วเนื่องจากถนนถูกสร้างจากการบดอัดดิน จึงมีความสามารถในการซึมผ่านของน้ำในดินต่ำลง นอกจากนี้ระดับน้ำในคลองด้านข้างที่ลดลงยังส่งผลให้น้ำหนักส่วนที่ด้านทานการเคลื่อนที่ของถนนลดน้อยลง เนื่องจากระดับน้ำใต้ดินในถนนเปรียบเสมือนน้ำหนักที่พยายามทำให้เกิดการเคลื่อนตัว ปัจจัยเหล่านี้ทำให้ดินสูญเสียเสถียรภาพและเลื่อนไถลลงมา ส่งผลให้คันทางเกิดการวิบัติของดินในขั้นฐานเป็นแบบเลื่อนหมุน (Rotational slide failure) (รูปที่ 3)



รูปที่ 1 แรงที่เกี่ยวข้องกับเสถียรภาพของคันทาง (ที่มา: คณะทำงานฯ)



รูปที่ 2 ตัวอย่างโครงสร้างแสดงที่ถนนที่ไม่อยู่ในสภาพปกติ (ชกช.ปทุมธานี, 2563)



รูปที่ 3 ตัวอย่างโครงสร้างแสดงที่ชำรุดจากเหตุภัยพิบัติ (ชกช.ปทุมธานี, 2563)

ตามที่กรมชลประทานประกาศให้ตั้งแต่วันที่ 1 พฤศจิกายน ถึง 30 เมษายน ของทุกปีเป็นช่วงฤดูแล้งของประเทศไทย ระยะเวลาดังกล่าวสร้างโอกาสให้โครงข่ายทางหลวงชนบทที่ก่อสร้างขนานตามคลองหรือลำน้ำมีความเสี่ยงในการทรุดตัวเสียหายเนื่องจากความแห้งแล้งที่ยาวประมาณ 6 เดือนนั้นส่งผลให้ตลิ่งธรรมชาติและตลิ่งริมคลองชลประทานเกิดการวิบัติ ส่งผลให้ถนนริมคลองชลประทานเกิดการยุบตัวตามลงมา ซึ่งปัญหาดังกล่าวได้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องมากกว่า 20 ปี (รศ.ดร.สุทธิศักดิ์ ศรีลัมพ์, 2558)

เนื่องจากสายทางที่อยู่ในความรับผิดชอบของกรมทางหลวงชนบทมีจำนวนมาก ด้วยข้อจำกัดด้านทรัพยากรบุคคล เวลา และงบประมาณ ทำให้เป็นไปได้ที่จะดำเนินการแก้ไขปัญหาดินที่เกิดการทรุดตัวจากภัยแล้งด้วยการปรับปรุงถนนทุกสายทางที่อยู่ในโครงข่าย ดังนั้นการจัดลำดับความสำคัญของสายทางที่ต้องดำเนินการแก้ไขตามระดับความเสี่ยงต่อการทรุดตัว จะช่วยให้สามารถตัดสินใจวางแผนการดำเนินการภายใต้ข้อจำกัดดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของการจัดทำคู่มือกระบวนการและขั้นตอนการดำเนินการเพื่อแก้ไขปัญหาดินทรุดเนื่องจากสถานการณ์ภัยแล้ง มีดังต่อไปนี้

- 1) เพื่อเสนอแนวทางการระบุนถนนที่มีความเสี่ยงต่อการทรุดตัวจากภัยแล้ง
- 2) เพื่อนำเสนอมาตรการเฝ้าระวังถนนที่มีความเสี่ยงต่อการทรุดตัวในฤดูแล้ง
- 3) เพื่อเสนอแนะมาตรการแก้ไขปัญหาดินทรุดตัวในระยะยาว

คู่มือฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อเสนอแนวทางการวางแผนการบริการจัดการถนนที่มีความเสี่ยงต่อการทรุดตัว

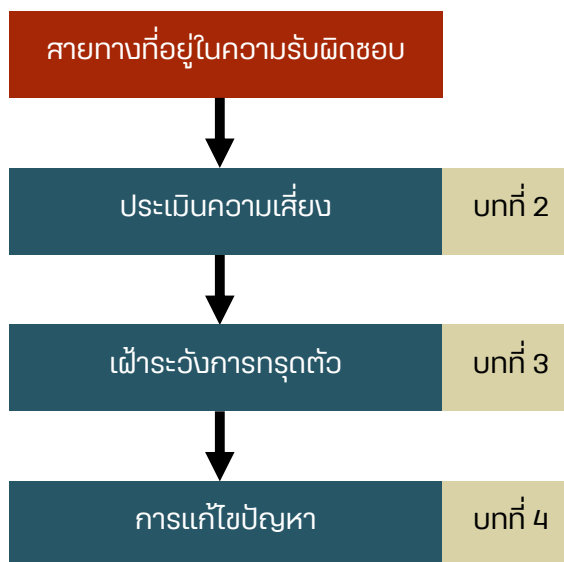
มีเนื้อหาครอบคลุมมาตรการดำเนินการอย่างครบวงจร ตั้งแต่

- ✓ การเฝ้าระวังก่อนเกิดการทรุดตัว
- ✓ การดำเนินการเมื่อเกิดการทรุดตัว
- ✓ การป้องกันการทรุดตัวในระยะยาว

จึงเหมาะสำหรับหน่วยงานที่กำกับบริหารจัดการถนนในพื้นที่นำไปประยุกต์ใช้ต่อไป

1.3 กระบวนการวางแผนแก้ไขปัญหาด่วนเหตุสุด

ขั้นตอนการดำเนินการเพื่อวางแผนการแก้ไขปัญหาด่วนเหตุสุดที่ได้แนะนำในคู่มือฉบับนี้อ้างอิงจากหลักการบริหารจัดการความเสี่ยง¹ สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อวางแผนการแก้ไขปัญหาด่วนเหตุสุด โดยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้



ขั้นตอนที่ 1 การประเมินความเสี่ยงในการหลุดตัว

การประเมินความเสี่ยงที่จะทำให้เกิดการหลุดตัวของถนนช่วยกำหนดความเร่งด่วนของการติดตามความเสียหายในฤดูแล้ง และความเร่งด่วนของการแก้ไขปัญหามาระยะยาว กระบวนการตามขั้นตอนนี้จะครอบคลุมในบทที่ 2

ขั้นตอนที่ 2 การเฝ้าระวังการหลุดตัวในฤดูแล้ง

การกำหนดเกณฑ์การเฝ้าระวังการหลุดตัวจะช่วยให้การดำเนินงานเมื่อเกิดเหตุการณ์หลุดตัวทันทั่วทั้งปี และมีประสิทธิภาพ กระบวนการตามขั้นตอนนี้จะครอบคลุมในบทที่ 3

ขั้นตอนที่ 3 การแก้ไขปัญหา

การแก้ปัญหาด่วนเหตุสุดที่มีความเสี่ยงหลุดตัวเป็นการลดโอกาสและผลกระทบจากการหลุดตัวในระยะยาว กระบวนการตามขั้นตอนนี้จะครอบคลุมในบทที่ 4

¹ การจัดการความเสี่ยงโดยทั่วไปสามารถดำเนินการได้ 3 แนวทางคือ (1) การลดโอกาสที่จะเกิดความเสี่ยง เป็นมาตรการเชิงป้องกันก่อนที่จะมีความเสียหายปรากฏ (2) การลดผลกระทบของความเสี่ยง เป็นมาตรการเชิงแก้ไขเมื่อความเสียหายได้ปรากฏขึ้น และ (3) การแสวงหาประโยชน์จากความเสี่ยง โดยมีแนวทางการวิเคราะห์เพื่อหาความเสี่ยงดังแสดงในภาคผนวก ก

บทที่ 2

การประเมินความเสี่ยงในการทรุดตัว

การประเมินความเสี่ยงในการทรุดตัวของถนนเป็นการวิเคราะห์เพื่อจัดลำดับสายทางที่มีความเสี่ยงในการทรุดตัว โดยพิจารณาจากการประเมินโอกาสที่จะเกิดความเสี่ยง (Likelihood) และความรุนแรงของผลกระทบจากเหตุการณ์ความเสี่ยง (Consequence) สำหรับการประเมินความเสี่ยงในการทรุดตัวของถนน

จากการศึกษาของสำนักวิเคราะห์วิจัยพัฒนา กรมทางหลวงชนบท ในปี 2558 พบว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการวิเคราะห์ความเสี่ยงในการทรุดตัวมีดังต่อไปนี้

1. สายทางที่อยู่ติดหรือใกล้เคียงกับคลองชลประทานหรือลำน้ำธรรมชาติ
2. สายทางที่เคยเกิดการพังทลายของดินคันทาง
3. สายทางที่ตรวจพบรอยแตกบนคันทางเป็นแนวเกือบขนานกับตลิ่ง
4. สายทางที่มีเขตทางแคบและติดกับที่ดินของประชาชน

คู่มือฉบับนี้ได้เลือกใช้ปัจจัยที่ 1 และ 2 คือตำแหน่งของสายทาง และประวัติการทรุดตัวของสายทาง เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อการทรุดตัวของถนน เนื่องจากเป็นข้อมูลทุติยภูมิที่ถูกรวบรวมไว้แล้วและสามารถนำมาวิเคราะห์ผ่านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS Data Analysis) ได้ และใช้ข้อมูลปริมาณจราจรเพื่อประเมินผลกระทบจากการทรุดตัว โดยมีปัจจัยการประเมินความเสี่ยงโดยสรุปดังแสดงในตารางที่ 1 ในส่วนถัดไปจะแสดงรายละเอียดการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากการทรุดตัว

ตารางที่ 1 ปัจจัยสำหรับการประเมินความเสี่ยงต่อการทรุดตัวของถนน

เกณฑ์การประเมินความเสี่ยง	ปัจจัยที่พิจารณา
โอกาสการทรุดตัว (Likelihood)	พิจารณาจาก “ตำแหน่งของสายทาง” และ “ประวัติการทรุดตัวของสายทาง”
ผลกระทบ (Consequence)	พิจารณาจาก “ข้อมูลปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวัน (ADT)”

ที่มา: คณะทำงานฯ

2.1 โอกาสการหลุดตัว (Likelihood)

โอกาสที่สายทางจะเกิดการหลุดตัวพิจารณาจาก ตำแหน่งของสายทาง และ ประวัติการหลุดตัว

2.1.1 การประเมินโอกาสการหลุดตัวจากตำแหน่งของสายทาง

เกณฑ์การประเมินสำหรับโอกาสที่การหลุดตัวจากปัจจัยตำแหน่งสายทาง ได้ กำหนดให้สายทางที่ตั้งอยู่ในบริเวณที่ห่างจากแหล่งน้ำแม่น้ำและลำคลองภายในรัศมี 20 เมตร เป็นสายทางที่มีความเสี่ยงต่อการหลุดตัว² หากอยู่นอกรัศมีดังกล่าวถือว่าเป็น สายทางที่ไม่มีความเสี่ยง (แสดงในรูปที่ 4 และรูปที่ 5 ตามลำดับ) รายละเอียดเกณฑ์ การประเมินโอกาสที่จะเกิดความเสี่ยงจากปัจจัยตำแหน่งสายทางแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์การประเมินโอกาสที่จะเกิดความเสี่ยงจากตำแหน่งสายทาง

โอกาสที่จะเกิด	คำอธิบาย
มีความเสี่ยง	แหล่งน้ำอยู่ ภายใน รัศมี 20 เมตร (≤ 20 เมตร) จากกึ่งกลางถนน
ไม่มีความเสี่ยง	แหล่งน้ำอยู่ เกินกว่า รัศมี 20 เมตร (> 20 เมตร) จากกึ่งกลางถนน

ที่มา: คณะทำงานฯ

คู่มือฉบับนี้พิจารณา

โอกาสการหลุดตัวจาก

ปัจจัยตำแหน่งสายทางที่

อยู่ใกล้แหล่งน้ำเป็นหลัก

เนื่องจากตำแหน่ง

ดังกล่าวจะได้รับ

ผลกระทบจากสถานการณ์

ภัยแล้งโดยตรง

สายทางอยู่ใกล้แหล่งน้ำ

มักมีโอกาสในการเกิด

เหตุการณ์ถนนทรุดชำ

ประวัติการหลุดตัวจึงเป็น

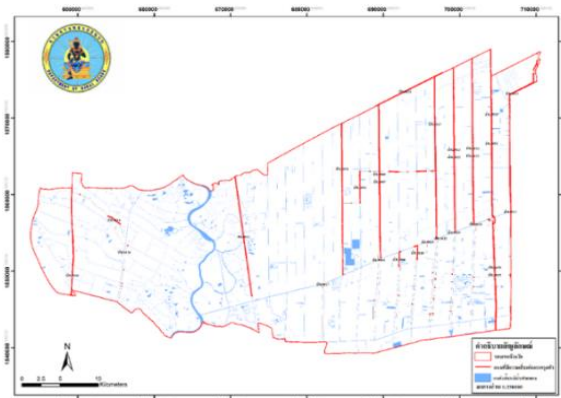
ปัจจัยประกอบที่ส่งผลต่อ

โอกาสการหลุดตัว



รูปที่ 4 รัศมี 20 เมตร จากกึ่งกลางถนนในระบบ GIS

(ที่มา: คณะทำงานฯ)



รูปที่ 5 ถนนที่มีความเสี่ยงของจังหวัดน่าน

(ที่มา: คณะทำงานฯ)

² คู่มือฉบับนี้ได้เสนอการระบุตำแหน่งสายทางที่มีโอกาสหลุดตัวโดยใช้โปรแกรม ArcGIS ซึ่งเป็นโปรแกรมประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS Data Analysis) ใช้ในการจัดการข้อมูลภูมิสารสนเทศ ขั้นตอนรายละเอียดการคัดกรองสายทางที่มีความเสี่ยงต่อการหลุดตัวเสียหายด้วยโปรแกรม ArcGIS แสดงใน ภาคผนวก ข

ถนนที่มีประวัติการทรุดตัว
เป็นถนนที่เคยเกิดการ
พังทลายของดินคันทาง
ส่งผลให้โครงสร้างชั้น
ทางได้รับความเสียหาย

นอกจากนั้นถนนที่เคยทรุด
ตัวนั้นเป็นบริเวณที่มีดิน
อ่อน

ปัจจัยเหล่านี้ย่อมเพิ่ม
โอกาสในการทรุดตัว

2.1.2 การประเมินโอกาสการทรุดตัวจากประวัติการทรุดตัว

เกณฑ์การประเมินสำหรับโอกาสที่จะเกิดความเสี่ยงจากปัจจัยตำแหน่งสาย
ทาง ได้กำหนดให้สายทางที่มีประวัติการทรุดตัวย้อนหลังก่อน ณ ปีที่ประเมิน 3 ปี (เช่น
ประเมินความเสี่ยงในปี พ.ศ. 2563 ใช้ข้อมูลสถิติย้อนหลังของปีงบประมาณ พ.ศ.
2560 – 2562 เป็นต้น) เป็นสายทางที่มีความเสี่ยงต่อการทรุดตัวมาก ส่วนสายทางที่ไม่
มีประวัติการทรุดตัวย้อนหลังเป็นสายทางที่มีความเสี่ยงต่อการทรุดตัวน้อย รายละเอียด
เกณฑ์การประเมินสำหรับโอกาสที่จะเกิดความเสี่ยงจากปัจจัยประวัติการทรุดตัวของ
สายทางดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เกณฑ์การประเมินโอกาสการทรุดตัวจากประวัติการทรุดตัว

โอกาสที่จะเกิด	คำอธิบาย
มาก	มีประวัติการทรุดตัว
น้อย	ไม่มีประวัติการทรุดตัว

ที่มา: คณะทำงานฯ

ตารางที่ 4 ตัวอย่างประวัติการทรุดตัวของถนน

ข้อมูลถนนทรุดตัวโครงข่ายทางหลวงชนบท และสภาพทางหลวงชนบทปทุมธานี ปีงบประมาณ 2560 – 2563

ที่	สายทาง	2560			2561			2562			2563			หมายเหตุ
		ช่วงที่เสียหาย กม.ที่	ระยะทาง กม.ที่	(เมตร)	ช่วงที่เสียหาย กม.ที่	ระยะทาง กม.ที่	(เมตร)	ช่วงที่เสียหาย กม.ที่	ระยะทาง กม.ที่	(เมตร)	ช่วงที่เสียหาย กม.ที่	ระยะทาง กม.ที่	(เมตร)	
18	พท.3034	8+830	8+860	30							0+700	0+900	200	16 จุด
											1+223	1+331	108	
											1+429	1+519	90	
											1+660	1+735	75	
											1+800	1+868	68	
											2+100	2+235	135	
											8+700	8+815	115	
											8+900	8+950	50	
											9+420	9+460	40	
											11+975	12+050	75	
											13+100	13+255	155	
											16+125	16+185	60	
											17+525	17+585	60	
											18+050	18+150	100	
											18+450	18+550	100	

ที่มา: ขกช. ปทุมธานี (2563)

ตารางที่ 4 แสดงข้อมูลถนนในโครงข่ายทาง
หลวงชนบทที่เกิดการทรุดตัวซึ่งรวบรวมโดยแนวทาง
หลวงชนบทปทุมธานีในปีงบประมาณ 2560 – 2563 เพื่อ
นำมาพิจารณาประกอบร่วมกับการประเมินความเสี่ยง
ของแต่ละสายทาง โดยข้อมูลดังกล่าวระบุถึงช่วงถนนที่มี
ความเสียหาย ระยะทางที่เสียหายรวมของแต่ละสายทาง
ในแต่ละปี

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่าสายทาง พท.
3034 มีประวัติการทรุดตัวของถนนในปี พ.ศ. 2560 (เกิด
ความเสียหายทั้งหมด 1 แห่ง) และ 2563 (เกิดความ
เสียหายทั้งหมด 16 แห่ง) โดยในปี พ.ศ. 2561 – 2562
ไม่มีช่วงที่ถนนเกิดความเสียหาย

2.2 ผลกระทบจากการหลุดตัว (Consequence)

เกณฑ์การประเมินผลกระทบที่จะเกิดความเสียหายจากปัจจัยปริมาณจราจรได้กำหนดให้สายทางที่มีปริมาณจราจร (PCU) มากกว่าหรือเท่ากับ 1,000 คันต่อวัน เป็นสายทางที่สร้างผลกระทบต่อผู้ใช้งานมาก ส่วนสายทางที่มีปริมาณจราจร (PCU) น้อยกว่า 1,000 คันต่อวัน เป็นสายทางที่สร้างผลกระทบต่อผู้ใช้งานน้อย ทั้งนี้ เกณฑ์การประเมินได้ใช้ค่าปริมาณจราจร (PCU) ที่ 1,000 คันต่อวัน เนื่องจากถือว่าเป็นสายทางที่มีปริมาณจราจรมากในระดับนัยสำคัญ รายละเอียดเกณฑ์การประเมินประเมินผลกระทบที่จะเกิดความเสียหายจากปัจจัยปริมาณจราจรแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เกณฑ์การประเมินประเมินผลกระทบจากปัจจัยปริมาณจราจร

ผลกระทบ	คำอธิบาย
มาก	ปริมาณจราจร (PCU) มากกว่าหรือเท่ากับ 1,000 คันต่อวัน
น้อย	ปริมาณจราจร (PCU) น้อยกว่า 1,000 คันต่อวัน

ที่มา: คณะทำงานฯ

ผลกระทบที่เกิดจากเหตุการณ์ถนนทรุดคือการที่ผู้ใช้งานไม่สามารถสัญจรได้ตามปกติ โดยปริมาณจราจรมีความสอดคล้องกับจำนวนผู้ใช้สายทางที่ได้รับผลกระทบ

ดังนั้น ปัจจัยในการพิจารณาผลกระทบจากการทรุดตัว คือ ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวัน (ADT)

ระดับความเสี่ยงเป็นข้อมูล
สำคัญที่ใช้ในการกำหนด
ลำดับความสำคัญของถนน
ที่ควรเร่งดำเนินการ
ติดตามและเฝ้าระวัง
ปัญหาที่เกิดจากการรุด
ตัวของถนน

โดยสายทางที่มีความ
เสี่ยงสูงควรได้รับการ
ตรวจสอบก่อน เนื่องจาก
มีโอกาสเกิดสูงและมี
ผลกระทบสูง

2.3 การจัดทำตารางระดับความเสี่ยง (Risk Matrix)

การจัดทำตารางระดับความเสี่ยง (Risk Matrix) เป็นการนำโอกาสที่จะเกิด
ความเสี่ยง และระดับความรุนแรงจากความเสี่ยงมาวิเคราะห์ร่วมกัน เพื่อใช้ระบุสถานะ
ของความเสี่ยง และใช้ในการจัดลำดับความสำคัญในการแก้ไขปัญหาต่อไป

จากการพิจารณาความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่สายทางจะเกิดการทรุดตัว
(Likelihood) ร่วมกับผลกระทบที่เกิดขึ้นกับผู้ใช้งานเมื่อสายทางทรุดตัว (Consequence)
สามารถจัดทำตารางระดับความเสี่ยงของสายทางที่จะเกิดการทรุดตัวได้ ทั้งนี้ จากการ
วิเคราะห์ความเสี่ยง พบว่าสามารถจัดกลุ่มระดับความเสี่ยงได้เป็น 4 กลุ่ม ดังต่อไปนี้

กลุ่มสายทางที่มีระดับความเสี่ยงสูง (ผลกระทบมาก/โอกาสเกิดมาก)

กลุ่มสายทางที่มีระดับความเสี่ยงปานกลาง

(ผลกระทบมาก/โอกาสเกิดน้อย และผลกระทบน้อย/โอกาสเกิดมาก)

กลุ่มสายทางที่มีระดับความเสี่ยงน้อย (ผลกระทบน้อย/โอกาสเกิดน้อย)

กลุ่มสายทางที่ไม่เสี่ยงทรุดตัว (ไม่อยู่ใกล้แหล่งน้ำในรัศมี 20 เมตร)

ระดับความเสี่ยงของสายทางที่จะเกิดการทรุดตัวแสดงดังตารางที่ 6 โดยมีตัวอย่าง
แสดงรายละเอียดการประเมินการทรุดตัวดังแสดงในภาคผนวก ค

ตารางที่ 6 ตารางระดับความเสี่ยงของสายทางที่จะเกิดการรุดตัว

		โอกาสการรุดตัว		
		มาก	น้อย	ไม่เสี่ยง
ผลกระทบจากการรุดตัว		ถนนที่อยู่ใกล้แหล่งน้ำในรัศมี 20 เมตร และมีประวัติการทรุดตัว	ถนนที่อยู่ใกล้แหล่งน้ำในรัศมี 20 เมตร แต่ไม่มีประวัติการทรุดตัว	ถนนที่ไม่อยู่ใกล้แหล่งน้ำในรัศมี 20 เมตร
	มาก PCU ≥ 1,000 คัน/วัน	เสี่ยงสูง	เสี่ยงปานกลาง	ไม่เสี่ยงการรุดตัว
	น้อย PCU < 1,000 คัน/วัน	เสี่ยงปานกลาง	เสี่ยงต่ำ	

ที่มา: คณะทำงาน

บทที่ 3

การเฝ้าระวังการทรุดตัวในช่วงฤดูแล้ง

ในช่วงฤดูแล้งตั้งแต่วันที่ 1 กุมภาพันธ์ ถึง 30 เมษายนของทุกปี เป็นช่วงเวลาที่ถนนจะมีความเสี่ยงในการทรุดตัวจากการลดระดับของน้ำ

หน่วยงานทางในพื้นที่ดินอ่อนจึงควรดำเนินการเฝ้าระวังถนนที่มีความเสี่ยงในการทรุดตัว

3.1 การกำหนดระดับการเฝ้าระวัง

มาตรการเฝ้าระวังถนนทรุดตัวในฤดูแล้งมีความสัมพันธ์กับข้อมูลความเสี่ยงของถนนที่ได้จัดทำในบทที่ 2 โดยถนนที่มีความเสี่ยงสูงควรเริ่มดำเนินการเฝ้าระวังเป็นลำดับต้นๆ ลดหลั่นลงมาตามระดับความเสี่ยง

อย่างไรก็ตามเหตุการณ์ถนนทรุดตัวไม่ได้เกิดเฉพาะบนสายทางที่มีความเสี่ยงสูงเสมอไป เพื่อเป็นการลดความเสียหายที่เกิดจากถนนทรุดจึงต้องมีการกำหนดมาตรการเฝ้าระวังถนนที่มีความเสี่ยงในการทรุดตัว เพื่อให้หน่วยงานที่ดูแลถนนสามารถเร่งดำเนินการแก้ไขให้เกิดผลกระทบต่อผู้ใช้ทางน้อยที่สุด ดังนั้น ระดับการเฝ้าระวังจึงมีความสัมพันธ์กับระดับความเสียหายที่ปรากฏบนถนน³ ซึ่งคู่มือฉบับนี้ได้กำหนดให้มี 4 ระดับตั้งแต่ระดับ 0 ถึง 3 ดังนี้

ระดับ 0 เป็นการเฝ้าระวังในกรณีที่ ยังไม่ปรากฏความเสียหาย

ระดับ 1 เป็นการเฝ้าระวังในกรณีที่ เกิดความเสียหายเล็กน้อย

ระดับ 2 เป็นการเฝ้าระวังในกรณีที่ เกิดความเสียหายปานกลาง

ระดับ 3 เป็นการเฝ้าระวังในกรณีที่ เกิดความเสียหายสูง

0	1	2	3
			
ไม่ปรากฏความเสียหาย	เสียหายเล็กน้อย	เสียหายปานกลาง	เสียหายสูง
มีความเสี่ยงทรุดตัว แต่ไม่เกิดรอยแตกร้าว	รอยแตกร้าว <1 ซม. ทรุดตัว <3 ซม.	รอยแตกร้าว <5 ซม. ทรุดตัว <10 ซม.	รอยแตกร้าว >5 ซม. ทรุดตัว >10 ซม. คันทางเสียหาย

ที่มา: คณะทำงานฯ

³ ขั้นตอนการประเมินระดับความเสียหายของถนนแสดงในภาคผนวก ง

3.2 การดำเนินการเฝ้าระวังถนนทรุดตัวในฤดูแล้ง

3.2.1 มาตรการตรวจตราถนนที่มีความเสี่ยงทรุดตัว

การตรวจตราถนนดำเนินการโดยส่งเจ้าหน้าที่ลงพื้นที่ตรวจสอบสายทางที่เสี่ยง โดยเริ่มตรวจตราจากสายทางที่มีความเสี่ยงสูงไปยังสายทางที่มีความเสี่ยงต่ำ เพื่อตรวจสอบสภาพความเสียหายและกำหนดระดับการเฝ้าระวัง ทั้งนี้ ข้อมูลความเสียหาย อาจได้รับการแจ้งเหตุจากประชาชนผู้ใช้ทาง การเฝ้าระวังจากอาสาสมัครทางหลวง ชนบท หรือช่องทางการสื่อสารอื่น ๆ

เมื่อได้รับแจ้งเหตุจะต้องส่งเจ้าหน้าที่ลงพื้นที่ตรวจตราทันที โดยกำหนด หน้าที่การตรวจตราตามระดับความเสี่ยง ดังนี้

ถนนที่มีความเสี่ยงสูง ลงพื้นที่ตรวจตราอาทิตย์ละ 1 ครั้ง หรือเมื่อรับแจ้งเหตุ
ถนนที่มีความเสี่ยงปานกลาง ลงพื้นที่ตรวจตราเดือนละ 1-2 ครั้ง หรือเมื่อรับแจ้งเหตุ
ถนนที่มีความเสี่ยงต่ำ ลงพื้นที่ตรวจตราทุก 3 เดือน หรือเมื่อรับแจ้งเหตุ
ถนนที่ไม่มีความเสี่ยงทรุดตัว ลงพื้นที่ตรวจตราเฉพาะกรณีแจ้งเหตุ

เมื่อพบความเสียหายตั้งแต่ระดับ 1 เป็นต้นไปให้ปรับความถี่การตรวจตรา ใหม่ตามระดับการเฝ้าระวัง โดยมีแนวทาง ดังนี้

การเฝ้าระวังระดับ 0 คงความถี่การตรวจตราตามระดับความเสี่ยง

การเฝ้าระวังระดับ 1 ตรวจตราอาทิตย์ละ 1 - 2 ครั้ง

การเฝ้าระวังระดับ 2 ตรวจตราทุกวัน

การเฝ้าระวังระดับ 3 ประจําการตลอด 24 ชั่วโมง

จากมาตรการที่ได้กล่าวข้างต้น สามารถสรุปความถี่ของการตรวจตราตามความเสี่ยง ของการทรุดตัว (สูง / กลาง / ต่ำ) และระดับการเฝ้าระวัง (0 / 1 / 2 / 3) ได้ดังรูปที่ 6

	0	1	2	3
เสี่ยงสูง	1 ครั้ง/สัปดาห์			
เสี่ยงปานกลาง	1 ครั้ง/เดือน	1-2	1	ตลอด
เสี่ยงต่ำ	1 ครั้ง/3 เดือน	ครั้ง/สัปดาห์	ครั้ง/วัน	24 ชั่วโมง
ไม่เสี่ยงทรุดตัว	เมื่อแจ้งเหตุ			

ที่มา: คณะทำงานฯ

รูปที่ 6 ความถี่ของการตรวจตราตามระดับความเสี่ยงและระดับการเฝ้าระวัง

ในช่วงฤดูแล้งตั้งแต่วันที่ 1 กุมภาพันธ์ ถึง 30 เมษายนของทุกปี ควรมี การกำหนดมาตรการ ดำเนินการเฝ้าระวังเพื่อ ลดผลกระทบจากการทรุด ตัวของถนนต่อประชาชน ผู้ใช้ทาง โดยแบ่งเป็น

- การตรวจตรา
- การประชาสัมพันธ์
- การซ่อมแซมถนนทรุด



รูปที่ 7 ตัวอย่างข้อมูลในแผ่นพับประชาสัมพันธ์
(ที่มา: สำนักฝึกอบรม)

3.2.2 มาตรการประชาสัมพันธ์ และการประสานงานข้อมูลข่าวสาร

การประชาสัมพันธ์แนวทางการเฝ้าระวังความเสียหายของถนน เป็นการดำเนินงานที่จะช่วยลดโอกาสการเกิดความเสียหายให้กับประชาชนผู้ใช้ทาง เนื่องจากการแจ้งให้ทราบถึงวิธีการตรวจสอบความเสียหายเบื้องต้น เมื่อผู้ใช้ทางมีความรู้เกี่ยวกับการทรุดตัวของถนน จะเพิ่มความระมัดระวังในการสัญจร หรือหลีกเลี่ยงเส้นทางดังกล่าว รูปที่ 7 แสดงตัวอย่างข้อมูลแผ่นพับประชาสัมพันธ์การเฝ้าระวังความเสียหายของถนน (รายละเอียดของแผ่นพับแสดงในภาคผนวก จ)

นอกจากนั้นควรแจ้งให้หน่วยงานต้นสังกัด และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ ในพื้นที่ให้ทราบ พร้อมทั้งติดต่อประสานงานเมื่อมีความจำเป็นต้องซ่อมแซม หรือแก้ไขปัญหา เช่น องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น สำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย จังหวัด และกรมชลประทาน เป็นต้น

มาตรการประชาสัมพันธ์และการประสานงานข้อมูลข่าวสารมีแนวทางการดำเนินการ แบ่งตามประเภทผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย มีตัวอย่างดังนี้

ประชาชนสองข้างทาง	ประกาศเสียงตามสายในหมู่บ้าน แจกแผ่นพับร่วมเฝ้าระวัง
ประชาชนที่ใช้เส้นทาง	ติดตั้งป้ายประชาสัมพันธ์เส้นทางที่ทรุดตัว ติดตั้งป้ายเตือน
อาสาสมัคร ทช.	ร่วมเฝ้าระวังและตรวจตราถนนที่มีความเสี่ยง
หน่วยงานต้นสังกัด	สนับสนุนเครื่องมือเครื่องจักร บุคลากร งบประมาณ
หน่วยงานในพื้นที่	ร่วมเตรียมการรับมือแก้ไขปัญหาจากถนนทรุดตัว
กรมชลประทาน	เพิ่มการปล่อยน้ำเพื่อรักษาระดับน้ำไม่ให้ลดลงอย่างรวดเร็ว

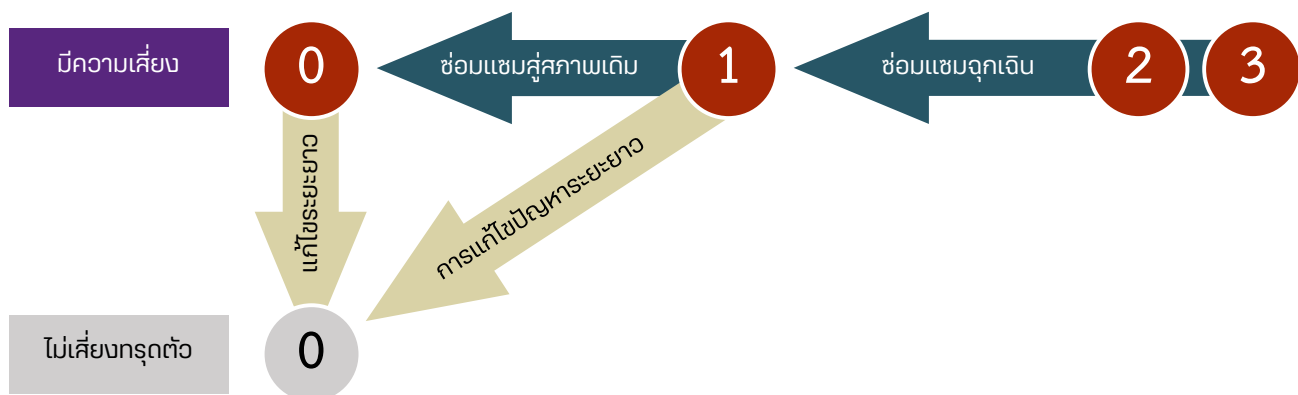
การเลือกมาตรการประชาสัมพันธ์ควรสอดคล้องกับระดับการเฝ้าระวัง เพื่อให้แสดงถึงระดับของความจำเป็นและเร่งด่วน ซึ่งจะช่วยให้เกิดการร่วมมือจากผู้ที่เกี่ยวข้อง

3.3.3 มาตรการซ่อมแซมถนนทรุด

ระดับความเสียหายของถนนจากการทรุด สามารถแสดงถึงความเร่งด่วนของปัญหา โดยหากระดับความเสียหายของถนนมีผลกระทบต่อการสัญจรของผู้ใช้ทาง จำเป็นต้องเร่งซ่อมแซมฉุกเฉิน และระหว่างการเฝ้าระวังควรดำเนินการอำนวยความสะดวกปลอดภัยควบคู่ไปด้วยเพื่อให้การใช้งานถนนไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้ทาง โดยมีมาตรการจำแนกตามระดับความเสียหาย ดังนี้

ระดับ 3 เกิดความเสียหายรุนแรง และระดับ 2 เกิดความเสียหายปานกลาง	สายทางที่เกิดความเสียหายรุนแรงและปานกลาง ถือว่าส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ใช้ทาง จำเป็นต้องได้รับการ ซ่อมแซมแก้ไขฉุกเฉิน (รายละเอียดในภาคผนวก ง) ซึ่งใช้เวลาประมาณ 7 วัน เพื่อบรรเทาความเสียหายรุนแรงที่เกิดขึ้นให้ประชาชนสามารถใช้เส้นทางดังกล่าวสัญจรได้ตามปกติ โดยเมื่อซ่อมแซมฉุกเฉินแล้วสภาพถนนอาจยังไม่กลับมาสู่สภาพเดิม (ยังคงอยู่ที่ระดับ 1)
ระดับ 1 เกิดความเสียหายเล็กน้อย	สายทางที่เกิดความเสียหายเล็กน้อย สามารถ ซ่อมแซมสู่สภาพเดิม (รายละเอียดในภาคผนวก จ) ซึ่งโดยปกติเป็นการตั้งงบประมาณล่วงหน้า ซึ่งใช้เวลาดำเนินการประมาณ 1 ปี นอกจากนี้ยังสามารถดำเนินการ แก้ไขปัญหาระยะยาว เพื่อจัดการความเสี่ยงการทรุดตัวซึ่งมักเป็นโครงการก่อสร้างที่ต้องดำเนินการโดยใช้เวลานานกว่า 1 ปี
ระดับ 0 ยังไม่ปรากฏความเสียหาย	หากสายทางยังไม่ปรากฏความเสียหาย แต่เป็นสายทางที่ถูกประเมินว่ามีความเสี่ยงในการทรุดตัวของถนนสูง ควรดำเนินการ แก้ไขปัญหาระยะยาว ซึ่งใช้เวลาดำเนินการนานกว่า 1 ปี

มาตรการดังที่กล่าวข้างต้นสามารถแสดงเป็นแผนภาพตามระดับความเสียหายและความเสี่ยงได้ดังรูปที่ 8 โดยจะเห็นได้ว่ามาตรการซ่อมแซมเป็นเพียงมาตรการที่ลดผลกระทบจากความเสี่ยง แต่ไม่ได้เป็นการลดโอกาสเสี่ยงต่อการทรุดตัวในอนาคต จึงควรดำเนินการแก้ไขปัญหาระยะยาว ซึ่งจะกล่าวถึงในบทที่ 4 ต่อไป



ที่มา: คณะทำงานฯ

รูปที่ 8 มาตรการซ่อมแซมถนนที่เกิดการทรุดตัว

3.3 กระบวนการเฝ้าระวังถนนทรุดตัวในฤดูแล้งที่แนะนำ

จากแนวทางการเฝ้าระวังถนนทรุดตัวในฤดูแล้งที่ได้นำเสนอในส่วนที่ผ่านมา คู่มือฉบับนี้ได้รวบรวมมาตรการที่เกี่ยวข้อง และสรุปออกมาเป็นข้อแนะนำ เพื่อความสะดวกในการอ้างอิงในขณะปฏิบัติการ โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 มาตรการการเฝ้าระวังสายทางบกruptตัว และการดำเนินการเพื่อบรรเทาความเสียหายจากการบกruptตัวของถนน

ระดับความเสียหาย	แนวทางการเฝ้าระวังและการดำเนินการ
0	0.1 ประชาสัมพันธ์สายทางที่เสี่ยงให้ประชาชนในพื้นที่ทราบ เช่น การประกาศเสียงตามสายในหมู่บ้าน การประชาสัมพันธ์ผ่านผู้นำชุมชน/องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น การแจกแผ่นพับ โดยมุ่งเน้นชุมชนที่อยู่ใกล้บริเวณตำแหน่งบนสายทางที่มีความเสี่ยงทรุดตัวเสียหาย 0.2 ขอความร่วมมืออาสาสมัครทางหลวงชนบทและประชาชนอาศัยใกล้เคียงให้ช่วยเฝ้าระวังเป็นหูเป็นตา 0.3 ติดตั้งป้ายประชาสัมพันธ์ และป้ายเตือนให้ระมัดระวัง ในสายทางที่มีความเสี่ยงสูง 0.4 ติดตั้งป้ายจำกัดน้ำหนักรถบรรทุกตามประกาศในสายทางที่เสี่ยง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สายทางที่มีความเสี่ยงปานกลาง และสูง
1 (ระดับความเสียหายเล็กน้อย)	1.1 เพิ่มความถี่ในการส่งเจ้าหน้าที่ลงพื้นที่ตรวจตราสายทางที่ทรุดตัวเสียหายอาทิตย์ละ 1 - 2 ครั้ง เพื่อเฝ้าระวังเหตุการณ์ สังเกตรอยร้าว และระดับน้ำในลำคลอง 1.2 ประชาสัมพันธ์สายทางที่ทรุดเสียหายให้ประชาชนในพื้นที่ทราบ 1.3 แจ้งเตือนอาสาสมัครทางหลวงชนบท และประชาชนที่อาศัยใกล้เคียงให้เพิ่มระดับการเฝ้าระวัง 1.4 ติดต่อประสานกับหน่วยงานอื่นเพื่อเตรียมรับมือถนนทรุดตัว เช่น องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น สำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัด 1.5 ติดต่อประสานกับกรมชลประทานขอให้เพิ่มปริมาณการปล่อยน้ำเข้าลำคลอง เพื่อรักษาระดับน้ำในลำคลองไม่ให้ลดลงอย่างรวดเร็ว 1.6 จัดเตรียมอุปกรณ์อำนวยความสะดวกทั้งกลางวันและกลางคืนให้พร้อม 1.7 ซ่อมแซมเบื้องต้น เช่น การอุดซ่อมรอยแตก (crack sealing) แต่ยังคงต้องเฝ้าระวังอยู่ในระดับ 1 1.8 เตรียมแผนสำหรับการซ่อมบำรุงให้ถนนกลับไปอยู่สภาพปกติ หรือเตรียมแก้ปัญหาด้วยมาตรการระยะยาว

ระดับความ เสียหาย	แนวทางการเฝ้าระวังและการดำเนินการ
2 (ระดับความ เสียหาย ปานกลาง)	2.1 ติดตั้งอุปกรณ์ความปลอดภัยตรงบริเวณตำแหน่งที่หลุดตัวเสียหาย เช่น ป้ายเตือน แบรีเออร์ ธงราว กรวย ไฟวา ว ฯลฯ เพื่อแจ้งเตือนผู้ใช้งานให้ระมัดระวังและป้องกันอุบัติเหตุ 2.2 ประชาสัมพันธ์แจ้งเตือนสายทางที่หลุดเสียหายให้ผู้ใช้งาน ประชาชนในพื้นที่ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทราบ 2.3 เตรียมเจ้าหน้าที่ให้พร้อมปฏิบัติงานในเวลาค่าคืน 2.4 มอบหมายเจ้าหน้าที่เฝ้าระวังอย่างใกล้ชิด (ทุกวัน) และคอยสำรวจตรวจตราสภาพอุปกรณ์อำนวยความสะดวกความปลอดภัยทุกวัน 2.5 ประชาสัมพันธ์อาสาสมัครทางหลวงชนบท และประชาชนที่อาศัยใกล้เคียงให้ช่วยกันดูแลรักษาป้ายเตือนมิให้สูญหาย 2.6 เตรียมแผนสำหรับการซ่อมบำรุงให้ถนนกลับไปอยู่สภาพปกติ/หากเกิดความเสียหายที่มากขึ้นให้ดำเนินการ ซ่อมฉุกเฉิน เพื่อบรรเทาความเดือดร้อน ให้จราจรสามารถสัญจรได้ในเบื้องต้น 2.7 รายงานผลการดำเนินงานตามแบบฟอร์มให้สำนักบำรุงทางทราบ 2.8 เตรียมแก้ปัญหาด้วยมาตรการระยะยาว
3 (ระดับความ เสียหายรุนแรง)	3.1 เสริมป้ายเตือนและอุปกรณ์ความปลอดภัยตรงบริเวณตำแหน่งที่หลุดตัวเสียหายให้ครบถ้วน 3.2 ปิดการจราจรชั่วคราว และห้ามรถบรรทุกหนักวิ่งผ่าน 3.3 ดำเนินการซ่อมชั่วคราว เพื่อให้รถสัญจรได้ภายใน 7 วัน 3.4 ทำผิวทางลาดยาง ลดฝุ่นละออง บรรเทาความเดือดร้อน หากจำเป็น 3.5 มอบหมายเจ้าหน้าที่ให้ดูแลอย่างใกล้ชิด (ติดตามสถานการณ์ตลอด 24 ชั่วโมง) และรายงานสถานการณ์รายสายทางที่หลุดตัวเสียหายให้สำนักบำรุงทางและผู้บริหารกรมทราบทุกวัน 3.6 จัดเจ้าหน้าที่ตรวจตราและซ่อมแซมอุปกรณ์อำนวยความสะดวกความปลอดภัยทุกวัน จนกว่าจะดำเนินการซ่อมแซมชั่วคราวให้สามารถสัญจรได้ 3.7 ประชาสัมพันธ์เชิงรุกผ่านสื่อให้ประชาชนในพื้นที่และผู้ใช้งานทราบ 3.8 แจ้งประสานหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้องเพื่อรับมือถนนหลุดตัว เช่น องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น สำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัด 3.9 ขอรับการสนับสนุนจากสำนักงานทางหลวงชนบท เมื่อความเสียหายมีมากกว่ากำลังของแขวงทางหลวงชนบทที่จะจัดการได้ 3.10 เตรียมแก้ปัญหาด้วยมาตรการระยะยาว

บทที่ 4

การแก้ไขปัญหาระยะยาว

4.1 แนวทางแก้ไขปัญห

หลักการแก้ปัญหานนทรวัตถ์ ประกอบด้วย 2 แนวทางหลัก คือ การลดน้ำหนักรองคั่นทาง และการเพิ่มความสามารถในการรับน้ำหนักของคั่นทาง ซึ่งสามารถแก้ไขปัญหานนทรวัตถ์จากสาเหตุต่าง ๆ 3 ด้าน ได้แก่ การลดระดับน้ำลงอย่างรวดเร็วของแหล่งน้ำที่ขนานสายทาง การรับน้ำหนักบรรทุกเกินกว่าที่ออกแบบไว้ และคั่นทางที่มีความชันสูง (รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ข)

คู่มือนี้ได้รวบรวมแนวทางแก้ไขปัญหที่แนะนำจำนวนทั้งสิ้น 11 วิธี⁴ ดังนี้

		หลักการ		แก้ปัญหจากสาเหตุ		
		ลดน้ำหนักคั่นทาง	เพิ่มความสามารถการรับน้ำหนัก	การลดระดับน้ำอย่างรวดเร็ว	การรับน้ำหนักบรรทุกเกิน	ความชันคั่นทางสูง
แนวทางแก้ไขปัญห	1. การใช้วัสดุมูลเบา	●			●	
	2. การปรับเปลี่ยนหน้าตัดโดยการลดระดับถนน	●			●	●
	3. การใช้กล่องหินลาดตาข่าย		●	●		●
	4. การใช้เสาเข็มตอกปูพรม		●	●	●	
	5. การใช้วัสดุรับแรงดึง เช่น Geogrid, Geotextile		●		●	●
	6. การใช้กำแพงกันดิน		●		●	●
	7. การใช้ Soil Cement เป็นวัสดุบดอัด		●		●	●
	8. การใช้เสาเข็มดินซีเมนต์		●		●	●
	9. การย้ายแนว ขยับแนว		●	●		
	10. การใช้เสาเข็มล๊อคไคล์		●	●		●
	11. การใช้วัสดุ Re-cycling		●	●		

ที่มา: รวบรวมจากสำนักวิศวกรศาตร์ วิจัย และพัฒนา กรมทางหลวงชนบท และเสนอเพิ่มเติมโดยคณะทำงานฯ

⁴ วิธีที่ 1-8 รวบรวมจากรายงานของ สว. วิธีที่ 9-11 จากข้อเสนอของคณะทำงานฯ

4.2 ปัจจัยในการเลือกแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เหมาะสม

การเลือกวิธีการดำเนินการป้องกันถนนทรุดตัวในระยะยาวในโครงการหนึ่งสามารถทำได้หลายวิธีประกอบกัน เช่น ช่วง กม. ที่ 1+000 – 2+000 ใช้กำแพงกันดิน ส่วนช่วง กม. ที่ 3+000 – 4+000 ใช้เสาเข็มดินซีเมนต์ เป็นต้น โดยปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณาเลือกจะต้องขึ้นกับสภาพเงื่อนไขที่แตกต่างกันของแต่ละสายทาง เช่น

- ความพร้อมของเขตทาง
- สภาพปริมาณจราจร
- ตำแหน่งที่ตั้งของสายทาง
- สภาพชั้นดินและคุณสมบัติในการรับกำลังของดิน
- งบประมาณ
- กรอบระยะเวลาในการดำเนินการ

การเลือกวิธีสำหรับป้องกันปัญหาดินทรุดในระยะยาวจะทำได้อย่างมีประสิทธิภาพหากมีข้อมูลคุณสมบัติดินที่ครบถ้วนตลอดทั้งแนวสายทาง ในปัจจุบันการเจาะสำรวจดิน (Soil Boring) เป็นวิธีการสำรวจคุณสมบัติของชั้นดินที่กรมทางหลวงชนบทเลือกใช้

สำหรับพื้นที่ที่มีความแปรปรวนของชั้นดินสูง เช่น จังหวัดปทุมธานี การเจาะสำรวจดินโดยให้มีระยะห่างระหว่างหลุมเจาะ 250-500 เมตร สำหรับงานถนน อาจไม่ครอบคลุมบริเวณที่ดินเกิดการแปรปรวน ส่งผลให้ค่าคุณสมบัติชั้นดินที่นำไปใช้ในการออกแบบมีความคลาดเคลื่อน ส่งผลให้โครงสร้างเกิดการพังทลายเนื่องจากการออกแบบที่ผิดพลาดเกิดขึ้นได้

หนึ่งในทางเลือกการสำรวจสภาพชั้นดินและคุณสมบัติในการรับน้ำหนักของดินในพื้นที่ที่มีการแปรปรวนสูงคือการใช้เครื่องมือวัดค่าความต้านทานกระแสไฟฟ้าในชั้นดิน (Resistivity Test) ซึ่งวิธีการดังกล่าวทำให้ได้ข้อมูลชั้นดินตลอดแนวสำรวจอย่างต่อเนื่อง ขจัดปัญหาการสำรวจที่คลาดเคลื่อนเนื่องจากความแปรปรวนของชั้นดิน อย่างไรก็ตาม วิธีการดังกล่าวต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญในการดำเนินการสำรวจและแปลผล

ทั้งนี้หลักการและผลการวิเคราะห์คุณสมบัติชั้นดินด้วยเครื่องมือวัดค่าความต้านทานกระแสไฟฟ้าในชั้นดิน (Resistivity Test) แสดงในรายงานการสำรวจและวิเคราะห์ชั้นดินของถนนสาย ปท.3034 แยก ทล.305-บ้านหนองแค อ.ธัญบุรี, หนองเสือ จ.ปทุมธานี (ภาคผนวก ข)

การสำรวจชั้นดินด้วยวิธี

Resistivity Test

เป็นวิธีการลงพื้นที่เก็บ

ข้อมูลด้วยใช้เครื่องมือ

เพื่อวัดสภาพต้านทาน

ไฟฟ้า (Resistivity

Survey) โดยจะอาศัย

การปล่อยกระแสไฟลงไป

ยังใต้ดินจากขั้วไฟฟ้าสอง

ขั้ว และวัดความต่าง

ศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนผิว

ดินระหว่างขั้วความต่าง

ศักย์อีกสองขั้ว

วิธีนี้สามารถใช้ในการวัด

ความต้านทานไฟฟ้าใน

แนวต่ง (Sounding) ทำให้

สามารถหาความลึกและ

ความหนาของชั้นดินหรือ

หีบและสามารถใช้ในการ

วัดความต้านทานไฟฟ้าใน

รูปแบบ 2 หรือ 3 มิติ

บทที่ 5

กรณีศึกษา จังหวัดปทุมธานี

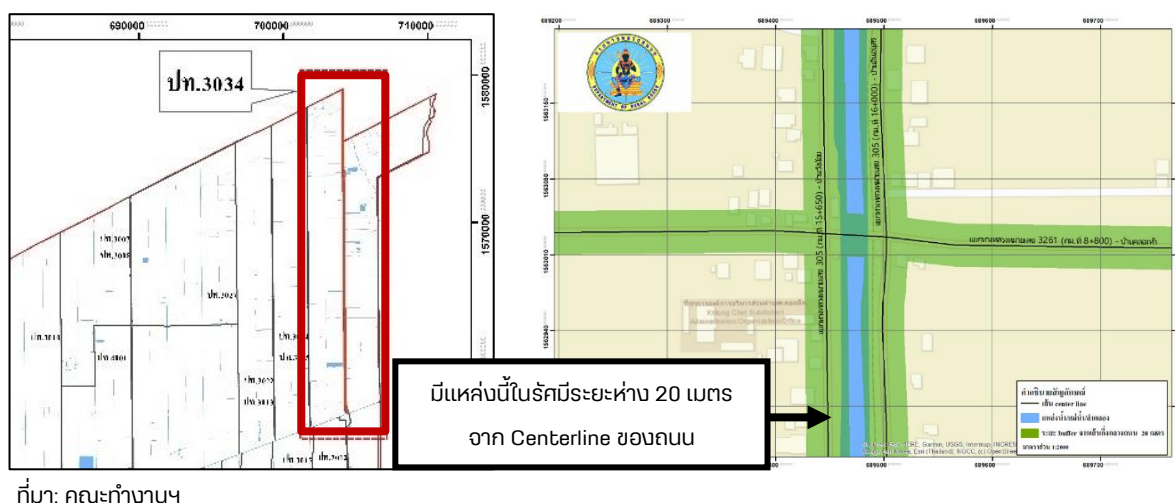
คู่มือฉบับนี้ได้แสดงกรณีศึกษาการนำกระบวนการที่เสนอแนะในบทที่ 1-4 ไปใช้ระบุแนวทางแก้ไขปัญหาด่วนที่เกิดการทรุดตัวในพื้นที่จังหวัดปทุมธานี โดยพบว่าเส้นทาง ปท.3034 เป็นเส้นทางที่มีความเสี่ยงทรุดตัว แล้วจึงจัดทำข้อเสนอแนะสำหรับการแก้ไข้ปัญหา

5.1 ประเมินความเสี่ยงในการทรุดตัวจากภัยแล้ง

สายทาง ปท.3034 แยก ทล.305 (กม. ที่ 31+800) - บ.หนองแค ตั้งอยู่ที่อำเภอธัญบุรี, หนองเสือ จังหวัดปทุมธานี เป็นถนนแอสฟัลต์คอนกรีต ขนาด 2 ช่องจราจร กว้าง 6.00 ม. ไหล่ทางกว้าง 1.50 ม. ระยะทางรวม 18.91 กิโลเมตร เป็นถนนเลียบคลอง 13

5.1.1 การประเมินโอกาสการทรุดตัวจากตำแหน่งของสายทาง

จากการวิเคราะห์ตำแหน่งของสายทาง ปท.3034 ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS Data Analysis) พบว่า เป็นสายทางที่อยู่ใกล้แหล่งน้ำตลอดทั้งเส้น โดยมีระยะที่เส้นกึ่งกลางถนนห่างจากแหล่งน้ำในรัศมี 20 เมตร เป็นระยะทางรวม 18.91 กิโลเมตร ดังนั้น สายทางนี้จึงมีโอกาสที่จะเกิดการทรุดตัว



รูปที่ ๑ การประเมินความเสี่ยงในการทรุดตัวด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS Data Analysis)

5.1.2 การประเมินโอกาสการหลุดตัวจากประวัติการหลุดตัว

จากข้อมูลถนนหลุดตัวโครงข่ายทางหลวงชนบท แขวงทางหลวงชนบท ปทุมธานี ปีงบประมาณ 2560 – 2563 พบว่าถนนสาย ปท.3034 มีประวัติการถนนหลุดตัวในปีพ.ศ. 2560 จำนวน 1 จุด รวมระยะทาง 30 เมตร และในปี พ.ศ. 2563 เกิดการหลุดตัวของถนนทั้งหมด 16 จุด รวมระยะทาง 1.431 กิโลเมตร โดยช่วงกิโลเมตรที่ 2+100 ถึง 2+235 เป็นช่วงที่ถนนเกิดการหลุดตัวยาวที่สุด รวมระยะทาง 135 เมตร ดังนั้น สายทางนี้ มีโอกาสที่จะเกิดการหลุดตัวมาก

ข้อมูลถนนหลุดตัวโครงข่ายทางหลวงชนบท แขวงทางหลวงชนบทปทุมธานี ปีงบประมาณ 2560 – 2563

ที่	สายทาง	2560			2561			2562			2563			หมายเหตุ	
		ช่วงที่เสียหาย		ระยะทาง (เมตร)	ช่วงที่เสียหาย		ระยะทาง (เมตร)	ช่วงที่เสียหาย		ระยะทาง (เมตร)	ช่วงที่เสียหาย		ระยะทาง (เมตร)		
		กม.ที่	กม.ที่		กม.ที่	กม.ที่		กม.ที่	กม.ที่		กม.ที่	กม.ที่			
18	ปท.3034	8+830	8+860	30							0+700	0+900	200	16 จุด	

ที่มา: แขวงทางหลวงชนบทปทุมธานี (2563)

รูปที่ 10 ข้อมูลถนนหลุดตัวโครงข่ายทางหลวงชนบท ชกช.ปทุมธานี ปีงบประมาณ 2560 – 2563

5.1.3 การประเมินผลกระทบจากการทรุดตัว (Consequence)

จากการวิเคราะห์ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวัน (Average Daily Traffic : ADT) บนสายทาง ปท.3034 ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 พบว่ามีปริมาณจราจร (PCU) 6,632 คันต่อวัน และมีรถบรรทุกหนักบนสายทาง ดังนั้น สายทางนี้จึง มีผลกระทบที่จะเกิดความเสียหายเมื่อสายทางทรุดตัวในระดับมาก

5.1.4 การจัดทำตารางระดับความเสี่ยง (Risk Matrix)

จากการพิจารณาความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่สายทางจะเกิดการทรุดตัว (Likelihood) ร่วมกับผลกระทบที่เกิดขึ้นกับผู้ใช้งานเมื่อสายทางทรุดตัว (Consequence) สามารถจัดทำตารางระดับความเสี่ยงของสายทาง ปท.3034 ดังแสดงใน ตารางที่ 8 โดยจากตารางระดับความเสี่ยงพบว่า สายทาง ปท.3034 มีความเสี่ยงในการทรุดตัวของถนนในระดับ **เสี่ยงสูง**

ตารางที่ 8 ระดับความเสี่ยงของสายทาง ปท.3034

		โอกาสการทรุดตัว		
		มาก ถนนที่อยู่ใกล้แหล่งน้ำในรัศมี 20 เมตร และมีประวัติการทรุดตัว	น้อย ถนนที่อยู่ใกล้แหล่งน้ำในรัศมี 20 เมตร แต่ไม่มีประวัติการทรุดตัว	ไม่เสี่ยง ถนนที่ไม่อยู่ใกล้แหล่งน้ำในรัศมี 20 เมตร
ผลกระทบจากการทรุดตัว	มาก PCU ≥ 1,000 คัน/วัน	เสี่ยงสูง	เสี่ยงปานกลาง	ไม่เสี่ยงทรุดตัว
	น้อย PCU < 1,000 คัน/วัน	เสี่ยงปานกลาง	เสี่ยงต่ำ	

ที่มา: คณะทำงานฯ

5.2 การเฝ้าระวังการทรุดตัวในฤดูแล้ง

จากการพิจารณาความเสี่ยงของสายทาง ปท.3034 พบว่าเป็นสายทางที่มีความเสี่ยงสูง จึงควรดำเนินการตรวจตราถนนในช่วงฤดูแล้ง (ช่วงวันที่ 1 กุมภาพันธ์ ถึงวันที่ 30 เมษายน) อาทิตย์ละ 1 ครั้ง หรือเมื่อได้รับแจ้งเหตุ

5.2.1 การประเมินความเสียหายของสายทาง

เมื่อวันที่ 16 - 20 พฤศจิกายน 2563 คณะทำงานฯ ร่วมกับเจ้าหน้าที่กลุ่มปฐพีวิศวกรรม สำนักวิเคราะห์ วิจัยและพัฒนา กรมทางหลวงชนบท ได้เข้าพื้นที่สำรวจเพื่อประเมินความเสียหายของสายทาง

การประเมินความเสียหายของสายทางด้วยสายตาเบื้องต้นพบว่า เกิดรอยแตกกว้างที่ผิวทางอย่างชัดเจนกว้างไม่เกิน 5 ซม. ทรุดตัวไม่เกิน 10 ซม. ดังนั้นสายทางจึงมีความเสียหายอยู่ใน ระดับที่ 2 หรือสายทางมีความเสียหายปานกลาง ซึ่งกระทบกับการใช้งาน รถจักรยานยนต์ผ่านได้ปกติแต่รถยนต์ส่วนบุคคลผ่านได้ปลอดภัยที่ความเร็วไม่เกิน 30 กม./ชม.

5.2.2 มาตรการเฝ้าระวังถนนทรุดตัว

ตามทีสายทาง ปท.3034 เกิดความเสียหายปานกลาง มาตรการประชาสัมพันธ์และประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จึงควรดำเนินการในระดับ 2 (เสียหายปานกลาง)

แนวทางการซ่อมบำรุงจะต้องดำเนินการแก้ไขให้เข้าสู่สภาพเดิม หรือสภาพที่ไม่ปรากฏความเสียหาย ซึ่งการซ่อมบำรุงดังกล่าวจะใช้เวลาดำเนินการประมาณ 1 ปี หลังจากนั้น สายทาง ปท.3034 จะต้องถูกพิจารณาเพื่อเข้าสู่กระบวนการปรับปรุงถนนเพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาดินทรุดในระยะยาว เนื่องจากเป็นสายทางที่มีความเสี่ยงในการทรุดตัวสูง



รูปที่ 11 สภาพความเสียหายจากการทรุดตัวบนสายทาง ปท.3034 (ที่มา: คณะทำงานฯ)

5.3 การแก้ไขปัญหาระยะยาว

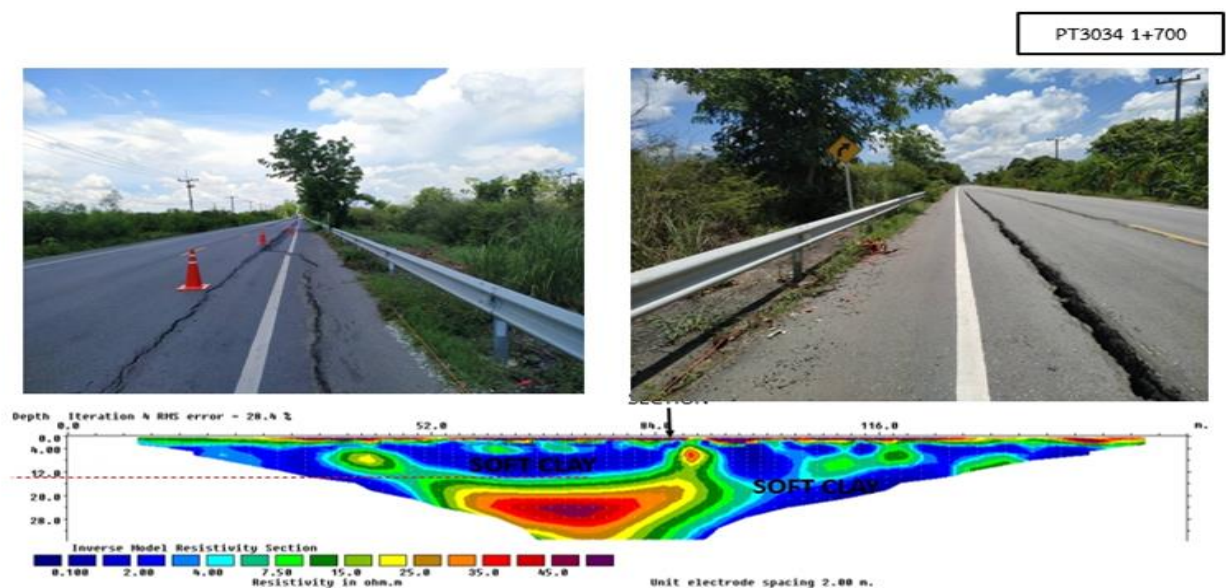
5.3.1 การสำรวจชั้นดินด้วยวิธี Resistivity Test

ผลการสำรวจสามารถแสดงภาพข้อมูลชั้นดินหรือหินในแนวด้านข้างและแนวตั้งได้พร้อมกัน (กลุ่มปฐพีวิศวกรรม สำนักวิศวกรรม วิจัยและพัฒนา กรมทางหลวงชนบท, 2563) สำหรับการลงพื้นที่เพื่อเก็บหรือสำรวจเก็บข้อมูล ได้เลือกตำแหน่งการสำรวจทั้งสิ้น 3 ตำแหน่ง ได้แก่ กม. ที่ 1+275 1+320 1+700 และ 3+500

ผลการวิเคราะห์ชั้นดินจากการใช้เครื่องมือ Resistivity Test บนสายทาง ปท. 3034 พบว่าเป็นชั้นดินเหนียวอ่อน ทรายแป้ง และทรายละเอียด โดยบริเวณที่ทำการสำรวจมีลักษณะชั้นดินที่แปรปรวน ซึ่งแสดงว่ามีความเป็นดินอ่อน และเป็นสาเหตุที่จะทำให้เกิดการทรุดตัวในอนาคต

5.3.2 แนวทางการแก้ไขปัญหาที่เสนอแนะ

ถนนสายทาง ปท.3034 มีระดับความเสียหายปานกลาง และเป็นสายทางที่มีความเสี่ยงในการทรุดตัวสูง จึงจำเป็นที่จะต้องแก้ไขและปรับปรุงให้สายทางเข้าสู่สภาพเดิม พร้อมทั้งพิจารณาดำเนินการเพื่อนำไปสู่มาตรการการป้องกันในระยะยาว โดยกรณีศึกษาครั้งนี้ คณะทำงานฯ ได้เสนอให้ดำเนินการ ย้ายแนว/ขยับแนว เนื่องจากถนนมีเขตทางที่เพียงพอ และเป็นเส้นทางที่มีปริมาณรถบรรทุกใหญ่ใช้งานเป็นปริมาณมาก



ที่มา: สำนักวิศวกรรม วิจัยและพัฒนา กรมทางหลวงชนบท (2563)

รูปที่ 12 ผลการวิเคราะห์ชั้นดินจากการใช้เครื่องมือ Resistivity Test บนสายทาง ปท. 3034 กม. 1+700

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

หลักการบริหารจัดการความเสี่ยง (Risk Management)

หลักการบริหารจัดการความเสี่ยง (Risk Management)

คู่มือเล่มนี้ได้นำหลักการบริหารจัดการความเสี่ยง (Risk Management) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้ในการบริหารจัดการให้โอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ความเสี่ยงลดลง หรือผลกระทบของความเสียหายจากเหตุการณ์ลดลงอยู่ในระดับที่องค์กรยอมรับได้⁵ มาใช้เพื่อลดความรุนแรงของปัญหาที่เกิดจากถนนทรุดเนื่องจากสถานการณ์ภัยแล้ง เป้าประสงค์ของการบริหารความเสี่ยงนี้คือการลดความเสียหายที่เกิดจากปัญหานถนนทรุด ขั้นตอนการบริหารความเสี่ยงที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในคู่มือเล่มนี้^{6, 7} ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) การระบุความเสี่ยง (Risk Identification)

เป็นการสำรวจความเสี่ยงที่ส่งผลให้การทำงานไม่เป็นไปตามเป้าประสงค์ของหน่วยงาน โดยความเสี่ยงที่ถูกระบุในที่นี้หมายถึงปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหานถนนทรุด

2) การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)

เป็นการวิเคราะห์และจัดลำดับความเสี่ยง โดยพิจารณาจากการประเมินโอกาสที่จะเกิดความเสี่ยง (Likelihood) และความรุนแรงของผลกระทบจากเหตุการณ์ความเสี่ยง (Consequence) ต่อการบรรลุวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายของหน่วยงาน ซึ่งมีนิยามดังนี้

โอกาสที่จะเกิดความเสี่ยง (Likelihood) หมายถึง ความถี่หรือโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ความเสี่ยง

ผลกระทบ (Consequence) หมายถึง ขนาดความรุนแรงของความเสียหายที่จะเกิดขึ้น หากเกิดเหตุการณ์ความเสี่ยง

การประเมินความเสี่ยงประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่

- i. การกำหนดเกณฑ์การประเมินมาตรฐาน เป็นการกำหนดเกณฑ์ที่จะใช้ในการประเมินความเสี่ยง ได้แก่ ระดับโอกาสที่จะเกิดความเสี่ยง (Likelihood) ระดับความรุนแรงของผลกระทบ (Consequence) และระดับของความเสี่ยง (Degree of Risk) ทั้งนี้ การกำหนดเกณฑ์การประเมินสามารถกำหนดได้ทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ตัวอย่างดังแสดงใน ตารางที่ ก-1 ตารางที่ ก-2 และตารางที่ ก-3

ตารางที่ ก-1 ตัวอย่างการกำหนดเกณฑ์การประเมินระดับโอกาสที่จะเกิดความเสี่ยง (Likelihood) เชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ

ระดับ	โอกาสที่จะเกิด	เชิงปริมาณ	เชิงคุณภาพ
5	สูงมาก	1 เดือนต่อครั้ง หรือมากกว่า	มีโอกาสในการเกิดเกือบทุกครั้ง
4	สูง	1-6 เดือนต่อครั้ง แต่ไม่เกิน 5 ครั้ง	มีโอกาสในการเกิดค่อนข้างสูงหรือบ่อยๆ
3	ปานกลาง	1 ปีต่อครั้ง	มีโอกาสเกิดบางครั้ง
2	น้อย	2-3 ปีต่อครั้ง	อาจมีโอกาสดังกล่าวแต่ไม่บ่อยครั้ง
1	น้อยมาก	5 ปีต่อครั้ง	มีโอกาสเกิดในกรณียากเย็น

⁵ (เกียรติพงษ์ อุดมธนะธีระ, 2018)

⁶ (ดร.ศรัทธา ทาปัญญา, 2021)

⁷ (สำนักงานมหาวิทยาลัย, 2012)

ตารางที่ ก-2 ตัวอย่างการกำหนดเกณฑ์การประเมินระดับความรุนแรงของผลกระทบ (Impact) เชิงปริมาณ

ระดับ	ผลกระทบ	เชิงปริมาณ
5	สูงมาก	> 10 ล้านบาท
4	สูง	> 2.5 ล้านบาท – 10 ล้านบาท
3	ปานกลาง	> 50,000 – 2.5 ล้านบาท
2	น้อย	> 10,000 – 50,000บาท
1	น้อยมาก	ไม่เกิน 10,000 บาท

ตารางที่ ก-3 ตัวอย่างการกำหนดเกณฑ์การประเมินระดับความรุนแรงของผลกระทบ (Impact) เชิงคุณภาพ

ระดับ	ผลกระทบ	เชิงคุณภาพ
5	สูงมาก	มีโอกาในการเกิดเกือบทุกครั้ง
4	สูง	มีโอกาในการเกิดค่อนข้างสูงหรือบ่อยๆ
3	ปานกลาง	มีโอกาในการเกิดบางครั้ง
2	น้อย	มีโอกาในการเกิดแต่นานๆครั้ง
1	น้อยมาก	มีโอกาในการเกิดในกรณีกเว้น

- ii. การประเมินโอกาสและผลกระทบของความเสี่ง เป็นการนำความเสี่งและปัจจัยเสี่งแต่ละปัจจัยที่ระบุไว้มาประเมินโอกาส (Likelihood) ที่จะเกิดเหตุการณ์ และประเมินผลกระทบจากความรุนแรง (Consequence) จากความเสี่ง โดยอาศัยเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดข้างต้น เพื่อให้เห็นถึงระดับความเสี่งที่แตกต่างกัน

การจัดทำตารางระดับความเสี่ง (Risk Matrix) เป็นการนำโอกาสที่จะเกิดความเสี่ง และระดับความรุนแรงจากความเสี่งมาวิเคราะห์ร่วมกัน (รูปที่ ก-1) เพื่อใช้ระบุสถานะของความเสี่ง และใช้ในการจัดลำดับความสำคัญในการแก้ไขปัญหาต่อไป^๘

- iii. การวิเคราะห์ความเสี่ง เป็นการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างโอกาสที่จะเกิดความเสี่ง และผลกระทบของความเสี่ง ว่าก่อให้เกิดความเสี่งในระดับใดตามตารางระดับความเสี่ง ซึ่งจะช่วยให้ทราบว่ามีความเสี่งใดเป็นความเสี่งสูงสุดที่ต้องบริหารจัดการก่อน

^๘ (นายสุรเดช ศรีอังกูร, ๒๐๑๙)

โอกาสเกิด	ความรุนแรง	
	มาก	น้อย
บ่อย	รุนแรงมาก เกิดบ่อย	รุนแรงน้อย เกิดบ่อย
ไม่บ่อย	รุนแรงมาก เกิดไม่บ่อย	รุนแรงน้อย เกิดไม่บ่อย

รูปที่ ก-1 ตัวอย่างการสร้างตารางความเสี่ยง (Risk Matrix) ขนาด 2x2

- iv. การจัดลำดับความเสี่ยง เมื่อได้ค่าระดับความเสี่ยงแล้วให้นำมาจัดลำดับความรุนแรงของความเสี่ยง เพื่อกำหนดกิจกรรมควบคุมในแต่ละสาเหตุของความเสี่ยงที่สำคัญให้เหมาะสม โดยพิจารณาจากระดับของความเสี่ยงที่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างโอกาสที่จะเกิดความเสี่ยง และผลกระทบของความเสี่ยงที่ประเมินได้ตามตารางการวิเคราะห์ความเสี่ยง ซึ่งเรียงลำดับจากระดับสูงมาก สูง ปานกลาง น้อย และเลือกความเสี่ยงที่มีระดับสูงมาก และหรือสูง มาจัดทำแผนการบริหาร/จัดการความเสี่ยงก่อน (Risk Management/Response Plan)

3) การจัดการกับความเสี่ยง (Risk Responses)

เมื่อความเสี่ยงได้รับการบ่งชี้และประเมินความสำคัญแล้ว ขั้นตอนถัดไปคือการประเมินวิธีการบริหารจัดการความเสี่ยง โดยหลักการจัดการกับความเสี่ยง ประกอบด้วย 3 หลักการ ได้แก่

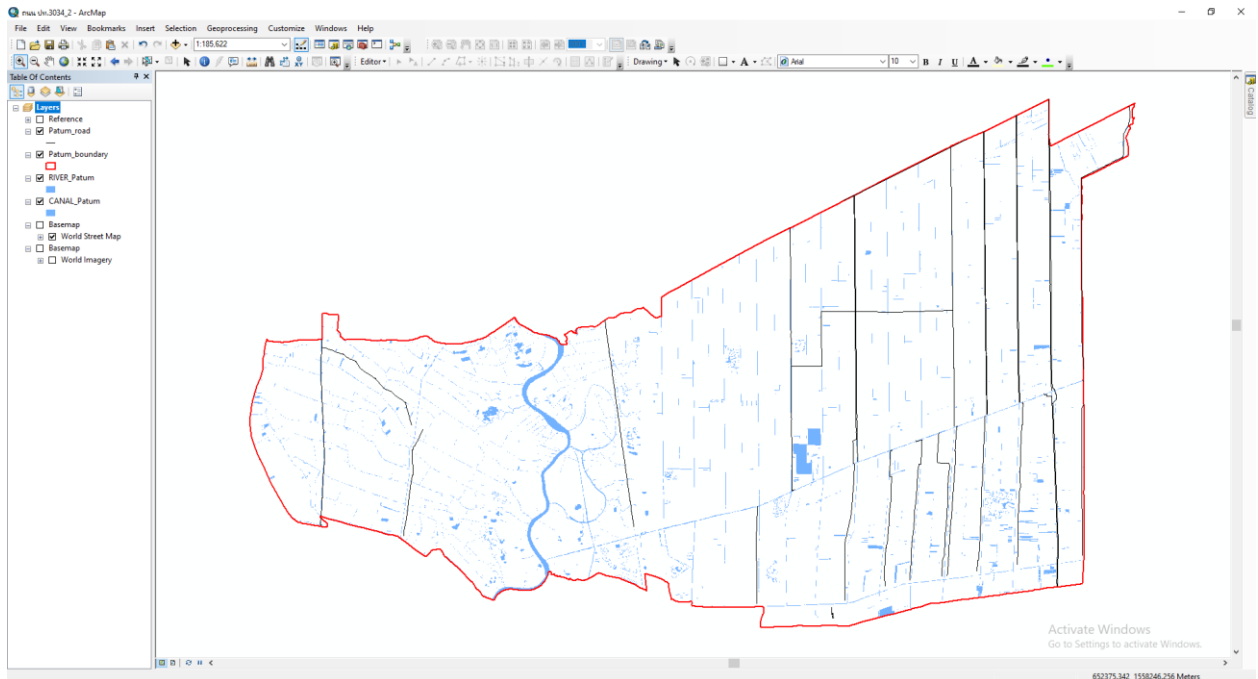
- 1) การลดโอกาสที่จะเกิดความเสี่ยง (Pre-Event Control)
- 2) การลดผลกระทบของความเสี่ยง (Post-Event Control)
- 3) การแสวงหาประโยชน์จากความเสี่ยง (Emerging Opportunity)

ภาคผนวก ข

ขั้นตอนการคัดกรองสายทางที่มีความเสี่ยงต่อการทรุดตัวเสียหายด้วยการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS Data Analysis)

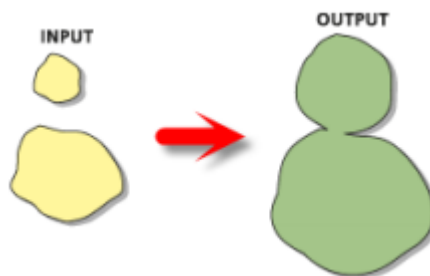
ขั้นตอนการคัดกรองสายทางที่มีความเสี่ยงต่อการทรุดตัวเสียหายด้วยการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS Data Analysis)

1. นำเข้าข้อมูลถนน และแหล่งน้ำผิวดิน ในโปรแกรม ArcGIS (Version 10.4.1)
(โดยสามารถขอข้อมูลได้ที่ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมทางหลวงชนบท)

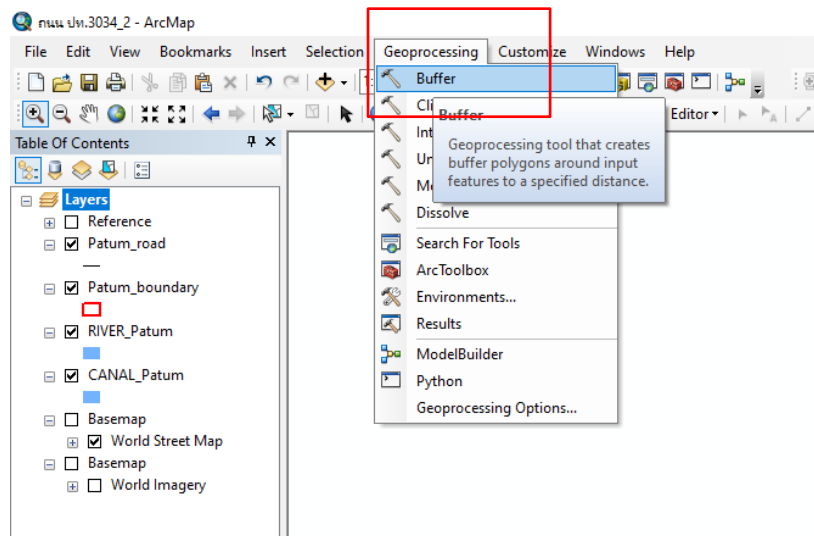


2. สร้างระยะกันชนรัศมี 20 เมตรจากเส้นถนน โดยเลือกคำสั่ง Buffer

Buffer – การสร้างระยะห่างหรือแนวกันชนให้แก่บริเวณข้อมูลที่เลือก โดยการสร้าง Buffer เป็นการวิเคราะห์พื้นที่เพียง 1 ชั้นข้อมูล และเป็นกาสร้างพื้นที่ล้อมรอบพีเจอร์ (Point, Line หรือ Polygon) ของชั้นข้อมูลที่ได้คัดเลือกไว้บางส่วน หรือหากไม่ได้เลือกไว้โปรแกรมจะสร้าง Buffer ให้ทั้งชั้นข้อมูล ผลที่ได้รับคือ ชั้นข้อมูลใหม่ที่มีขนาดความกว้างของพื้นที่จากตำแหน่งที่เลือก เท่ากับขนาดของ Buffer ที่ได้กำหนดและมีหน่วยตามที่กำหนด

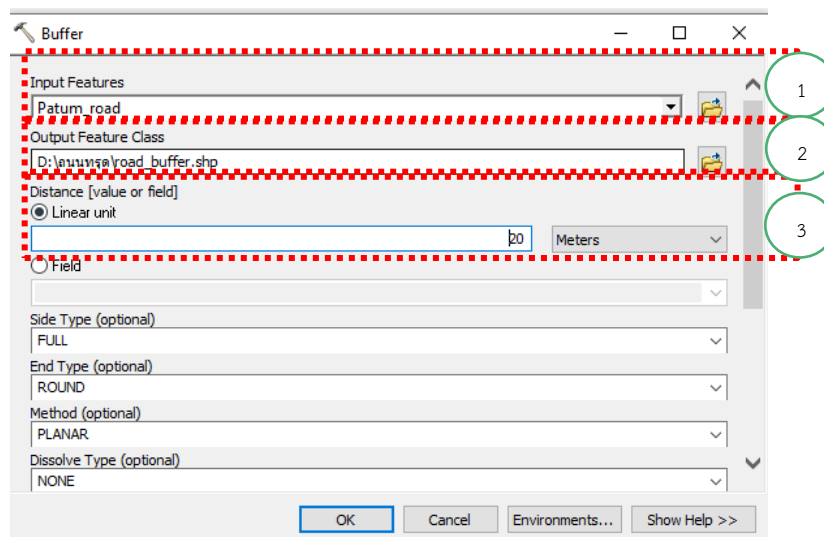


เริ่มต้นให้คลิกที่ Geoprocessing เลือก Buffer

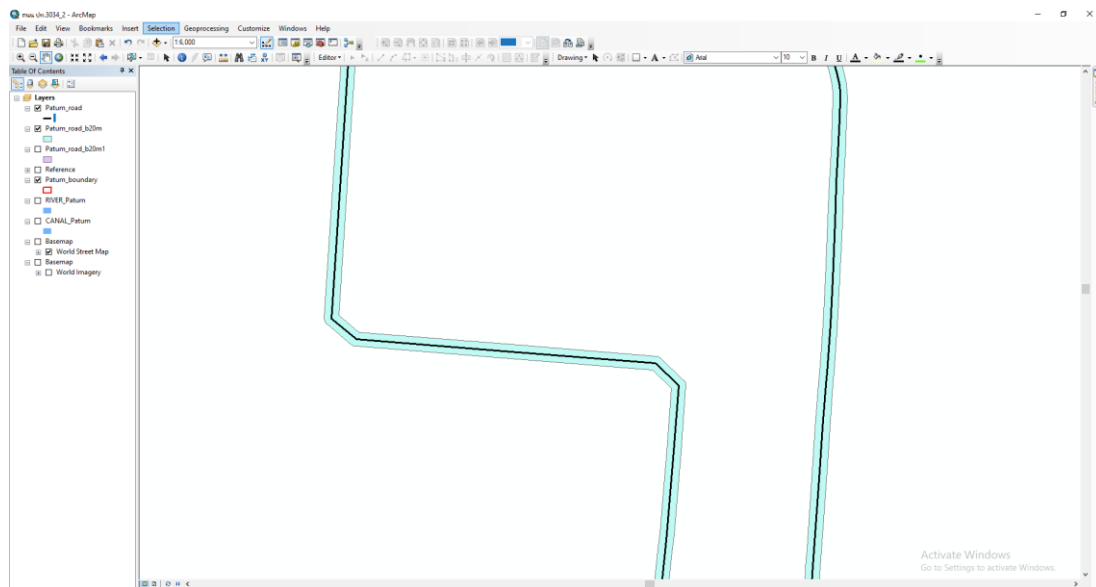


3. ใส่รายละเอียดคำสั่งดังนี้

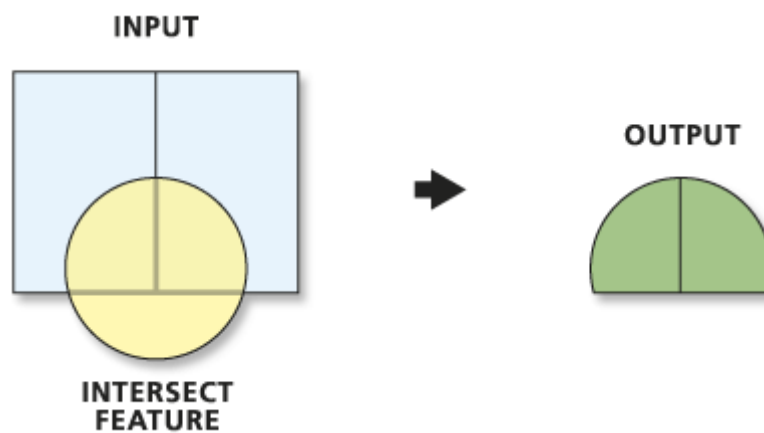
- 3.1) Input Feature = ชั้นข้อมูลที่ต้องการสร้าง buffer โดยในที่นี้คือข้อมูลถนน จ.ปทุมธานี (Patum road)
- 3.2) Output Feature Class = ชั้นข้อมูลผลลัพธ์ ตั้งชื่อข้อมูลผลลัพธ์ที่ต้องการ
- 3.3) Distance = ใส่ค่าระยะที่ต้องการทำ Buffer โดยในที่นี้กำหนดระยะกันชนเป็นระยะทาง 20 เมตร



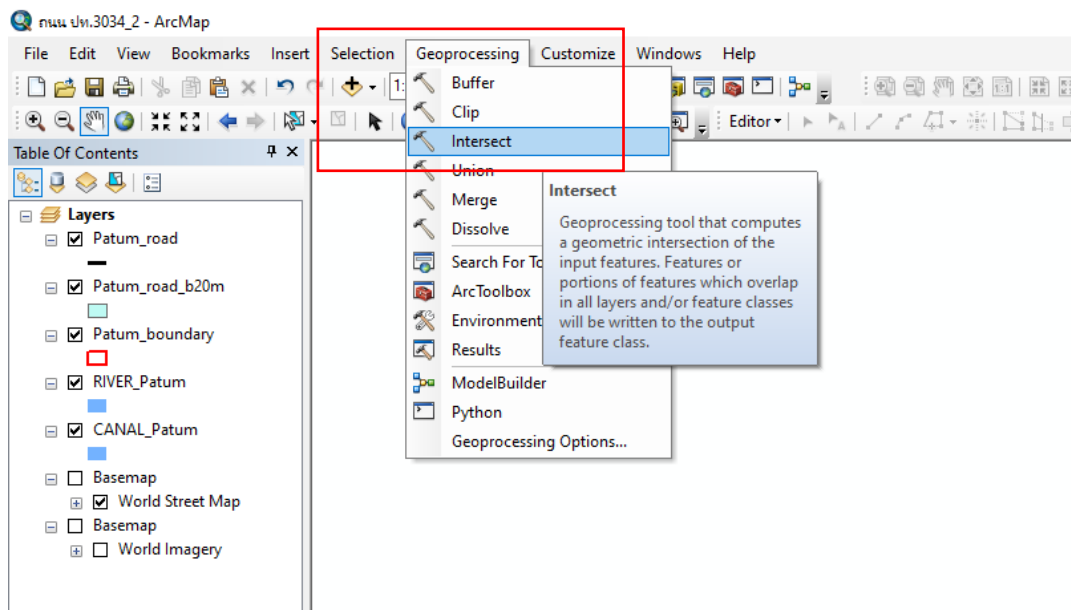
ส่วนค่าอื่นๆให้ใช้เป็นค่า Default ของโปรแกรม แล้วกด OK จะได้ผลลัพธ์ดังรูปข้างล่าง



4. ทำการคัดกรองสายทางที่มีระยะห่างจากแหล่งน้ำไม่เกิน 20 เมตร โดยการใช้คำสั่ง **Intersect** ซึ่งเป็นการหาพื้นที่ซ้อนทับกันระหว่างพื้นที่ของ **buffer** ถนน และแหล่งน้ำ โดยหาก **buffer** ของถนนเส้นไหนมีพื้นที่ซ้อนทับกับแหล่งน้ำ แสดงว่าถนนเส้นนั้นอยู่ห่างจากแหล่งน้ำไม่ถึง 20 เมตร จัดว่ามีความเสี่ยงต่อการทรุดตัว



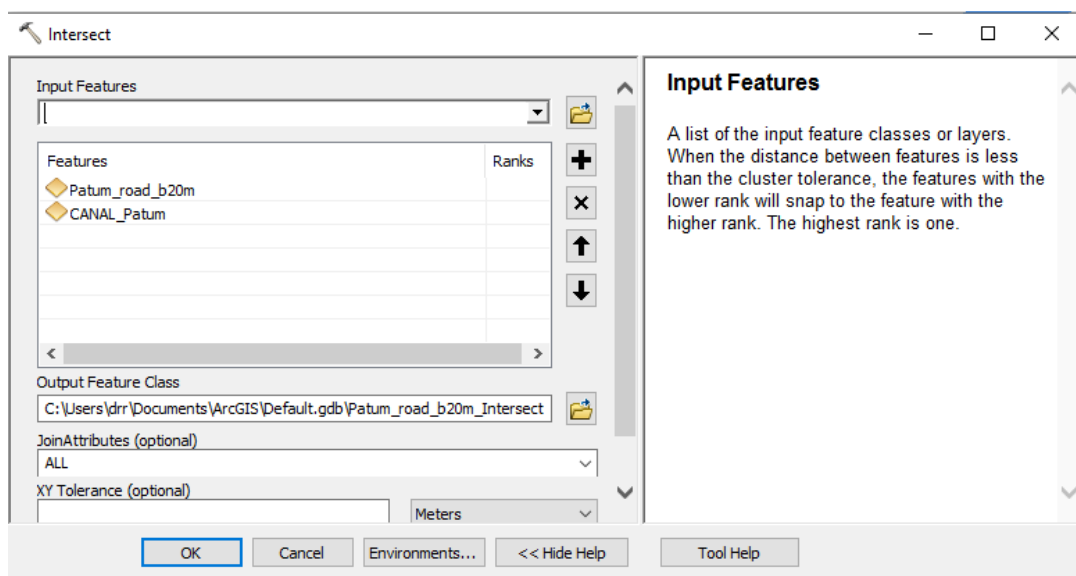
เริ่มต้นให้คลิกที่ Geoprocessing เลือก Intersect



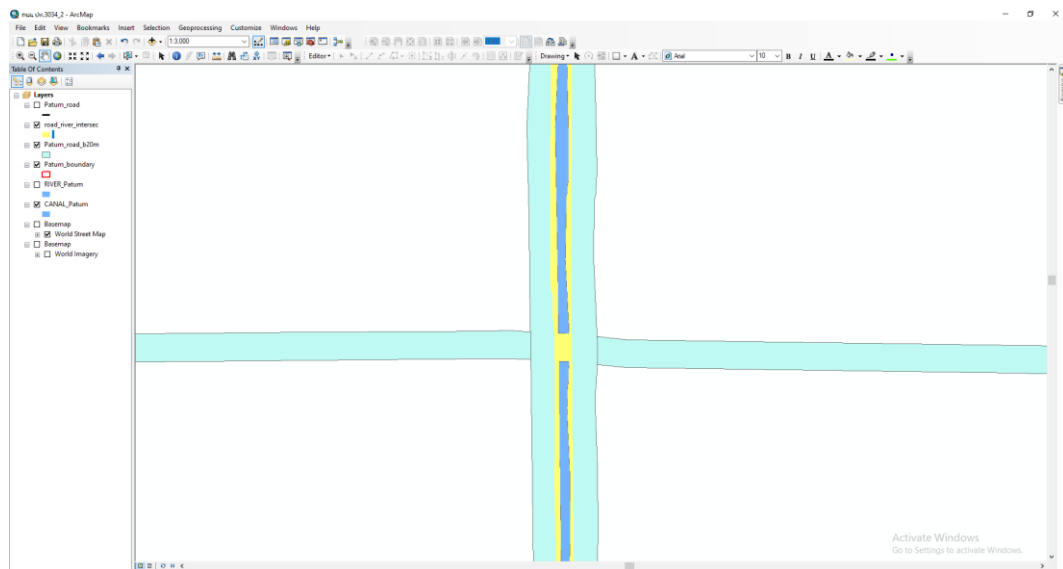
4. ใส่รายละเอียด ดังนี้

4.1) Input Features = ชั้นข้อมูลที่ต้องการหาพื้นที่ซ้อนทับกัน โดยในที่นี้คือข้อมูล buffer ของถนน 20 เมตร และข้อมูลแหล่งน้ำ

4.2) Output Feature Class = ชั้นข้อมูลผลลัพธ์ ตั้งชื่อข้อมูลผลลัพธ์ที่ต้องการ



ส่วนค่าอื่นๆให้ใช้เป็นค่า **Default** ของโปรแกรม แล้วกด **OK** จะได้ผลลัพธ์ดังรูป



จากรูปจะเห็นว่า พื้นที่สีเหลืองคือพื้นที่ทับซ้อนระหว่างพื้นที่ของ buffer ถนน (ที่มีรัศมี 20 เมตรจากเส้น Centerline) และแหล่งน้ำ โดยหากถนนเส้นไหนมีพื้นที่ซ้อนทับกันมาก ก็จะมีความเสี่ยงสูง

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างการประเมินความเสี่ยงในการหลุดตัวของถนน

ตัวอย่างการประเมินความเสี่ยงในการหลุดตัวของถนน

ตัวอย่างที่ 1 ประเมินความเสี่ยงของสายทาง ปท.3009 - แยก ทล.305 (กม.ที่ 26+200) - บ.ปากคลองหกวา จังหวัดปทุมธานี สายทางดังกล่าวมีข้อมูลเบื้องต้น ดังนี้

1. อยู่ใกล้แหล่งน้ำในรัศมี 20 เมตร
2. ปริมาณจราจร 5,395 คันต่อวัน
3. มีประวัติการหลุดตัวของถนนในปี พ.ศ. 2556 – 2557

จากการเปรียบเทียบข้อมูลดังกล่าวกับตารางระดับความเสี่ยงของสายทางที่จะเกิดการหลุดตัวพบว่าสายทางอยู่ใกล้แหล่งน้ำ ถือว่ามีความเสี่ยงในการหลุดตัว มีประวัติหลุดตัวของถนนในปี พ.ศ. 2556 - 2557 มีโอกาสในการหลุดตัวมาก และมีปริมาณจราจร มากกว่า 1,000 คันต่อวัน ถือว่ามีผลกระทบมาก ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า สายทาง ปท.3009 - แยก ทล.305 (กม.ที่ 26+200) - บ.ปากคลองหกวา มีความเสี่ยงในการหลุดตัวของถนนระดับสูง (รูปที่ ค-1)

		โอกาสในการเกิดความเสี่ยง (Likelihood)		
		มาก (ถนนที่อยู่ใกล้แหล่งน้ำในรัศมี 20 เมตรและมีประวัติหลุดตัว)	น้อย (ถนนที่อยู่ใกล้แหล่งน้ำในรัศมี 20 เมตรแต่ไม่มีประวัติหลุดตัว)	ถนนไม่อยู่ใกล้แหล่งน้ำในรัศมี 20 ม.
ผลกระทบหรือความเสียหายที่เกิดจากความเสี่ยง (Consequence)	มาก (PCU $\geq$ 1,000 คัน/วัน)	“สูง”	“ปานกลาง”	“ไม่เสี่ยงหลุดตัว”
	น้อย (PCU $\leq$ 1,000 คัน/วัน)	“ปานกลาง”	“ต่ำ”	

รูปที่ ค-1 ผลการประเมินความเสี่ยงจากตัวอย่างที่ 1

ตัวอย่างที่ 2 ประเมินความเสี่ยงของสายทาง ปท.3015 - แยก ทล.305 (กม.ที่ 29+200) - บ.คลองสิบสองสายกลาง จังหวัดปทุมธานี สายทางดังกล่าวมีข้อมูลเบื้องต้น ดังนี้

1. อยู่ใกล้แหล่งน้ำในรัศมี 20 เมตร
2. ปริมาณจราจร 2,524 คันต่อวัน
3. ไม่มีประวัติการหลุดตัวของถนน

จากการเปรียบเทียบข้อมูลดังกล่าวกับตารางระดับความเสี่ยงของสายทางที่จะเกิดการหลุดตัวพบว่าสายทางอยู่ใกล้แหล่งน้ำ ถือว่ามีความเสี่ยงในการหลุดตัว **ไม่มี**ประวัติหลุดตัวของถนน มีโอกาสในการหลุดตัวน้อย และมีปริมาณจราจรมากกว่า 1,000 คันต่อวัน ถือว่ามีผลกระทบมาก ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า สายทางปท.3015 - แยก ทล.305 (กม.ที่ 29+200) - บ.คลองสิบสองสายกลาง มีความเสี่ยงในการหลุดตัวของถนนระดับปานกลาง (รูปที่ ค-2)

		โอกาสในการเกิดความเสี่ยง (Likelihood)		
		มาก (ถนนที่อยู่ใกล้แหล่งน้ำในรัศมี 20 เมตรและมีประวัติหลุดตัว)	น้อย (ถนนที่อยู่ใกล้แหล่งน้ำในรัศมี 20 เมตรแต่ไม่มีประวัติหลุดตัว)	ถนน ไม่ อยู่ใกล้แหล่งน้ำในรัศมี 20 ม.
ผลกระทบหรือความเสียหายที่เกิดจากความเสี่ยง (Consequence)	มาก (PCU $\geq$ 1,000 คัน/วัน)	“สูง”	“ปานกลาง”	“ไม่เสี่ยงหลุดตัว”
	น้อย (PCU $\leq$ 1,000 คัน/วัน)	“ปานกลาง”	“ต่ำ”	

รูปที่ ค-2 ผลการประเมินความเสี่ยงจากตัวอย่างที่ 2

ตัวอย่างที่ 3 ประเมินความเสี่ยงของสายทาง ปท.3019 - แยก ทล.305 (กม.ที่ 22+500) - เลียบคลอง10 จังหวัดปทุมธานี

สายทางดังกล่าวมีข้อมูลเบื้องต้น ดังนี้

1. อยู่ใกล้แหล่งน้ำในรัศมี 20 เมตร
2. ปริมาณจราจร 824 คันต่อวัน
3. ไม่มีประวัติการหลุดตัวของถนน

จากการเปรียบเทียบข้อมูลดังกล่าวกับตารางระดับความเสี่ยงของสายทางที่จะเกิดการหลุดตัวพบว่าสายทางอยู่ใกล้แหล่งน้ำ ถือว่ามีความเสี่ยงในการหลุดตัว **ไม่มี**ประวัติหลุดตัวของถนน มีโอกาสในการหลุดตัวน้อย และมีปริมาณจราจร น้อยกว่า 1,000 คันต่อวัน ถือว่ามีผลกระทบน้อย ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า สายทางปท.3015 - แยก ทล.305 (กม.ที่ 29+200)

- บ.คลองสิบสองสายกลาง มีความเสี่ยงในการหลุดตัวของถนน**ระดับต่ำ** (รูปที่ ค-3)

		โอกาสในการเกิดความเสี่ยง (Likelihood)		
		มาก (ถนนที่อยู่ใกล้แหล่งน้ำในรัศมี 20 เมตรและมีประวัติหลุดตัว)	น้อย (ถนนที่อยู่ใกล้แหล่งน้ำในรัศมี 20 เมตรแต่ไม่มีประวัติหลุดตัว)	ถนน ไม่ อยู่ใกล้แหล่งน้ำในรัศมี 20 ม.
ผลกระทบหรือความเสียหายที่เกิดจากความเสี่ยง (Consequence)	มาก (PCU $\geq$ 1,000 คัน/วัน)	“สูง”	“ปานกลาง”	“ไม่เสี่ยงหลุดตัว”
	น้อย (PCU $\leq$ 1,000 คัน/วัน)	“ปานกลาง”	“ต่ำ”	

รูปที่ ค-3 ผลการประเมินความเสี่ยงจากตัวอย่างที่ 3

ตัวอย่างที่ 4 ประเมินความเสี่ยงของสายทาง ปท.5021 - ถนนภายในสำนักงานทางหลวงชนบทที่ 1 (ปทุมธานี) จังหวัดปทุมธานี

สายทางดังกล่าวมีข้อมูลเบื้องต้น ดังนี้

1. ไม่อยู่ใกล้แหล่งน้ำในรัศมี 20 เมตร

จากการเปรียบเทียบข้อมูลดังกล่าวกับตารางระดับความเสี่ยงของสายทางที่จะเกิดการหลุดตัวสามารถสรุปได้ว่าสายปท.5021 - ถนนภายในสำนักงานทางหลวงชนบทที่ 1 (ปทุมธานี) ไม่มีความเสี่ยงในการหลุดตัวของถนน (รูปที่ ค-4)

		โอกาสในการเกิดความเสี่ยง (Likelihood)		
		มาก (ถนนที่อยู่ใกล้แหล่งน้ำในรัศมี 20 เมตรและมีประวัติหลุดตัว)	น้อย (ถนนที่อยู่ใกล้แหล่งน้ำในรัศมี 20 เมตรแต่ไม่มีประวัติหลุดตัว)	ถนนไม่อยู่ใกล้แหล่งน้ำในรัศมี 20 ม.
ผลกระทบหรือความเสียหายที่เกิดจากความเสี่ยง (Consequence)	มาก (PCU $\geq$ 1,000 คัน/วัน)	“สูง”	“ปานกลาง”	“ไม่เสี่ยงหลุดตัว”
	น้อย (PCU $\leq$ 1,000 คัน/วัน)	“ปานกลาง”	“ต่ำ”	

รูปที่ ค-4 ผลการประเมินความเสี่ยงจากตัวอย่างที่ 4

ตัวอย่างบัญชีระดับความเสี่ยงของสายทางในโครงข่าย

ผลจากการดำเนินการในขั้นตอนนี้ คณะทำงานได้จัดทำบัญชีระดับความเสี่ยงของสายทางในโครงข่าย ประกอบด้วยข้อมูลรายละเอียดสายทาง ซึ่งมีการวิเคราะห์ระยะทางที่เสี่ยงต่อการหลุดตัวด้วยการคำนวณร้อยละของระยะทางที่อยู่ใกล้รัศมีแหล่งน้ำ ข้อมูลประวัติการหลุดตัว และระดับความเสี่ยงของสายทาง ทั้งนี้บัญชีดังกล่าว ได้ถูกเรียงตามลำดับความสำคัญของสายทางที่ต้องดำเนินการแก้ไขและป้องกัน เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาดินหลุด โดยจากการประเมินความเสี่ยงในการหลุดตัวของถนนข้างต้น สามารถจัดทำบัญชีระดับความเสี่ยงของสายทางในโครงข่ายได้ดังตารางที่ ค-1

ตารางที่ ค-1 บัญชีระดับความเสี่ยงของสายทางในโครงข่าย

ลำดับ ที่	รหัสสาย ทาง	ชื่อสายทาง	ระยะทาง (กิโลเมตร)			PCU (คันต่อวัน)	ประวัติการทรุดตัว					ระดับความ เสี่ยงของสาย ทาง
			ระยะทางทั้งหมด	ระยะทางที่เสี่ยง	ร้อยละ		ปี 2560	ปี 2561	ปี 2562	ปี 2563	สรุป	
1	ปท.3009	แยก ทล.305 (กม.ที่ 26+200) - บ.ปากคลองทกวา	11.75	0.28	2.38%	5,395	Y	Y			Y	สูง
2	ปท.3015	แยก ทล.305 (กม.ที่ 29+200) - บ.คลองสิบสองสายกลาง	12.23	0.28	2.27%	2,524					-	ปานกลาง
3	ปท.3019	แยก ทล.305 (กม.ที่ 22+500) - เลียบ คลอง10	6.745	0.29	4.33%	824					-	ต่ำ
4	ปท.3020	แยก ทล.340 (กม.ที่ 32+150) - บ.คลองบาง หลวง	14.1	13.75	97.54%	6,335	Y		Y	Y	Y	สูง
5	ปท.5021	ถนนภายในสำนักงานทาง หลวงชนบทที่ 1 (ปทุมธานี)	1.377	0	0	-	-	-	-	-	-	ไม่เสี่ยง ทรุดตัว
6	ปท.3034	แยก ทล.305 (กม. ที่ 31+800) - บ.หนองแค	18.91	18.91	100%	4,749	Y	-	-	Y	Y	สูง

คัดกรองด้วย GIS

ข้อมูลประวัติสายทาง

ภาคผนวก ง

การประเมินความเสียหาย

1. การประเมินความเสียหายของสายทาง

1.1 วิธีการลงพื้นที่เก็บข้อมูล

การประเมินความเสียหายของสายทางช่วยให้การเลือกวิธีการซ่อมถนนเป็นไปอย่างถูกต้อง และเหมาะสมทั้งด้านวิศวกรรมและเศรษฐศาสตร์งานทาง การสำรวจความเสียหายของถนนถูกเลือกใช้เป็นวิธีสำหรับการประเมินสภาพถนน สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนา กรมทางหลวงชนบท ได้จำแนกวิธีการสำรวจความเสียหายของถนนแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ การสำรวจความเสียหายของถนนด้วยสายตา และการสำรวจความเสียหายด้วยเครื่องมือวัด อย่างไรก็ตามคู่มือนี้จะนำเสนอแนวทางการประเมินด้วยสายตาเพียงเบื้องต้น

การสำรวจด้วยสายตา (Visual Inspection) เป็นการประเมินโดยการสังเกตของผู้ตรวจสอบซึ่งจำเป็นที่จะต้องมีความชำนาญ ความเข้าใจในเรื่องถนน ได้รับการฝึกฝน อบรม และมีการวางแผนที่ดี โดยมีอุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการสำรวจด้วยสายตา เช่น อุปกรณ์สำหรับการบันทึก(แบบฟอร์มการบันทึก กล้องถ่ายรูป) อุปกรณ์สำหรับช่วยวัด (ตลับเมตร ไม้บรรทัด) อุปกรณ์เพื่อความปลอดภัย (หมวกนิรภัย เสื้อกั๊กสะท้อนแสง) หรืออุปกรณ์อื่น (เครื่องรับ-ส่งวิทยุคมนาคม (Walkie-Talkies)

1.2 การประเมินความเสียหายของสายทาง

ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจความเสียหายด้วยสายตา (Visual Inspection) จะถูกใช้เพื่อประเมินความเสียหายในการทรุดตัว โดยความเสียหายในแต่ละระดับจะมีมาตรการในการเฝ้าระวังที่แตกต่างกันออกไป ความเสียหายในการทรุดตัวแบ่งออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

ระดับ 0 เป็นการเฝ้าระวังในกรณีที่ ยังไม่ปรากฏความเสียหาย

ระดับ 1 เป็นการเฝ้าระวังในกรณีที่ เกิดความเสียหายเล็กน้อย

ระดับ 2 เป็นการเฝ้าระวังในกรณีที่ เกิดความเสียหายปานกลาง

ระดับ 3 เป็นการเฝ้าระวังในกรณีที่ เกิดความเสียหายสูง

ระดับความเสียหายในการทรุดตัวแต่ละระดับมีลักษณะสภาพผิวทางและการใช้งานรายละเอียดตามตารางที่ ง-1

ตารางที่ ง-1 ระดับความเสียหายของผิวทางและมาตรการเฝ้าระวังและแก้ไข

ระดับความเสียหาย	ลักษณะสภาพผิวทางที่เสียหาย		การใช้งาน
0 ไม่ปรากฏความเสียหาย	ไม่เกิดรอยแตกร้าวในลักษณะของการทรุดตัว		ปกติ
1 เล็กน้อย	เกิดรอยแตกร้าวที่ผิวทางเล็กน้อยกว้างไม่เกิน 1 ซม. ทรุดตัวไม่เกิน 3 ซม.		ปกติ จักรยานยนต์ และรถยนต์ส่วนบุคคลผ่านได้ปกติ
2 ปานกลาง	เกิดรอยแตกร้าวที่ผิวทางอย่างชัดเจนกว้างไม่เกิน 5 ซม. ทรุดตัวไม่เกิน 10 ซม.		รถจักรยานยนต์ผ่านได้ปกติที่ แต่รถยนต์ส่วนบุคคลผ่านได้ปลอดภัยความเร็วไม่เกิน 30 กม./ชม.
3 รุนแรง	เกิดรอยแตกแยกที่ผิวยาวต่อเนื่องกว้างเกิน 5 ซม. ต่างระดับเกินกว่า 10 ซม. คั่นทางเสียหายโดยการทรุดตัวและเคลื่อนพัง		ไม่ปลอดภัย ต้องปิดการจราจร

ภาคผนวก จ

การประชาสัมพันธ์แนวทางการเฝ้าระวังความเสียหายของถนน



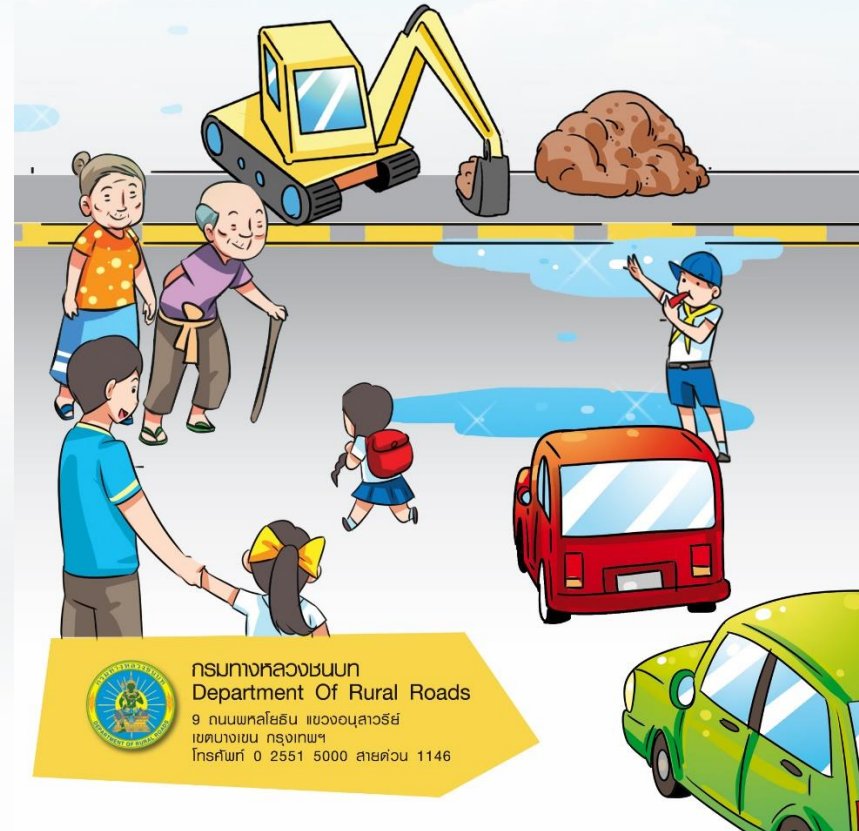
กรมทางหลวงชนบท
Department Of Rural Roads

ร่วมด้วย ช่วยสังเกตการณ์
รู้เท่าทันทุกรอยแยก



พระนครศรีอยุธยา

กรมทางหลวงชนบท
เราจะซ่อมแซมให้ถนนใช้งานได้
รถสามารถวิ่งได้ ไม่เกิน 7 วัน



กรมทางหลวงชนบท
Department Of Rural Roads
9 ถนนพหลโยธิน แขวงจตุจักร
เขตบึงกุ่ม กรุงเทพฯ
โทรศัพท์ 0 2551 5000 สายด่วน 1146

ช่วยกันสังเกตรอยแยกบนถนน



หากรอยแยกเดิมนั้น
ทรุดต่างระดับกัน
เป็นสัญญาณเริ่มการสไลด์

ทรุด
แล้ว!!



รวมพลังทุกภาคส่วน ป้องกันภัยถนนทรุด

กรณีถนนสายที่อยู่ในความเสี่ยงต่อการทรุดตัว กรมทางหลวงชนบท
เร่งดำเนินการป้องกัน ดังนี้

1. ออกประกาศลดน้ำหนักบรรทุกทุก 10 ล้อ ที่วิ่งผ่านถนนคันคลองชลประทาน
จากเดิม 25 ตัน เหลือ 18 ตัน
2. เร่งเจาะสำรวจดินของถนนที่อยู่ในความเสี่ยงทุกสาย เพื่อออกแบบปรับปรุง
ป้องกันการเคลื่อนตัวของคันทาง
3. ทำแผนปรับปรุงถนนต่างๆ ตามความเร่งด่วนของความเสี่ยง
พร้อมขอรับการสนับสนุนงบประมาณจากรัฐบาล
4. บูรณาการกับหน่วยงานต่างๆ ในพื้นที่ให้มีการบริหารจัดการเรื่อง
การขุดลอกคลองและรักษาระดับน้ำในคลอง เพื่อรักษาเสถียรภาพของคันทาง
5. สร้างการมีส่วนร่วมกับภาคประชาชน ที่อยู่อาศัยตามคันคลองชลประทาน
ช่วยกันสอดส่องดูแลการแตกร้าวของถนนหรือไหล่ทาง รวมทั้ง
รถบรรทุกหนักให้เป็นไปตามประกาศของกรมทางหลวงชนบท

ช่วยกันสังเกตรอยแยกบนถนน



พบเห็นรอยแตกร้าว
หรือสิ่งผิดปกติบนถนนคันคลองชลประทาน
แจ้งสายด่วนกรมทางหลวงชนบท 1146

สิ่งสำคัญคือ โปรดระมัดระวังการเดินทางบนถนนที่ทรุดตัว
โดยสังเกตป้ายเตือนต่างๆ ที่ติดไว้ เพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้เส้นทาง

รีบแจ้ง 1146



กรมทางหลวงชนบท
Department Of Rural Roads

9 ถนนพหลโยธิน แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน กรุงเทพฯ
โทรศัพท์ 0 2551 5000 สายด่วน 1146

ภาคผนวก ฉ

รายละเอียดวิธีการซ่อมแซมฉุกเฉิน

สำนักวิเคราะห์ วิจัย และพัฒนา กรมทางหลวงชนบท ได้มีแนวทาง การซ่อมถนนลาดยางแบบรวดเร็ว ซึ่งเป็นผลจากการศึกษาในโครงการศึกษาซ่อมแซมถนนเพื่อให้สามารถเปิดใช้งานได้เร็ว ปี 2554



โครงการศึกษาซ่อมแซมถนนเพื่อให้สามารถเปิดใช้งานได้เร็ว

2.4 วิธีการซ่อมถนนลาดยางแบบรวดเร็ว

ปกติแล้วถนนลาดยางที่เสียหายจนถึงชั้นโครงสร้างทาง มักมีการซ่อมด้วยวิธี Deep Patching ซึ่งเป็นวิธีการก่อสร้างที่สะดวก ไม่ซับซ้อน และการก่อสร้างก็ทำได้ค่อนข้างรวดเร็ว เมื่อเปรียบเทียบการซ่อมด้วยวิธี Full Depth Repair ในถนนคอนกรีต แต่จากความต้องการให้สามารถเปิดการจราจรได้รวดเร็วยิ่งขึ้นก็มีวิธีการก่อสร้างต่างๆ ที่นำมาใช้ เช่น การซ่อมถนนลาดยางด้วยการใช้แผ่นคอนกรีตสำเร็จใช้เป็นวัสดุชั้นโครงสร้างทาง และวิธีอื่นๆ ที่ทำได้รวดเร็วได้เช่นกัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.4.1 วิธีการซ่อมถนนลาดยางแบบ Deep Patching

วิธีการซ่อมแบบปกติที่นิยมใช้กันในการซ่อมถนนลาดยางที่มีความเสียหาย คือ การขุดซ่อมผิวทาง (Deep Patching) โดยจะทำการขุดลงไปซ่อมชั้นทางที่เสียหายก่อน และนำวัสดุชั้นทางที่ได้มาตรฐานและมีความชื้นเหมาะสมมาอัดเป็นชั้นทางต่างๆตามมาตรฐานวิธีการก่อสร้างของวัสดุชั้นทางนั้นๆ เมื่อเรียบร้อยแล้ว จึงจะทำการปูผิวทางใหม่ด้วยวัสดุแอสฟัลต์ โดยมีลำดับขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 2.4-1 (ก)-(จ) ทั้งนี้ วิศวกรหรือผู้คุมงานอาจจะเลือกใช้วัสดุชั้นทางที่มีคุณภาพดีกว่าวัสดุชั้นทางเดิมก็ได้



ก) การตัดผิวทางตามแนวที่กำหนดไว้สำหรับการซ่อม



ข) การขุดรื้อผิวทางเดิมออก



ค) การนำวัสดุที่ได้มาตรฐานขึ้นมาเป็นโครงสร้างทาง



ง) การบดอัดชั้นโครงสร้างทางให้ได้ความแน่นตามมาตรฐาน



จ) การลาดยางไพร้มได้ต



ฉ) การนำวัสดุแอสฟัลต์ Hot Mix หรือ Cold Mix มาปูและบดอัดให้ได้ตามมาตรฐาน
รูปที่ 2.4-1 วิธีการซ่อมผิวทางแบบ Deep Patching (ที่มา: <http://www.doh.go.th>)

วิธีการซ่อมแบบ Deep Patching นี้หากมีการเปลี่ยนวัสดุโครงสร้างชั้นทางด้วยวัสดุพิเศษ เช่น การใช้หินคลุกผสมซีเมนต์ หรือใช้ดินที่ปรับปรุงคุณสมบัติด้วยซีเมนต์ ซึ่งเป็นการซ่อมเฉพาะบริเวณ ไม่จำเป็นต้องเปิดผิวทางขนาดใหญ่เหมือนกับวิธีการซ่อมแบบปกติทั่วไป ที่จะเปิดผิวทางอย่างน้อยเท่ากับความกว้างของรถบดหรือประมาณ 2 เมตร ดังนั้น การเลือกใช้วัสดุพิเศษที่สามารถรับน้ำหนักได้สูงจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถใช้เครื่องจักรขนาดเล็กในการทำงานได้ เป็นการลดผลกระทบและระยะเวลาปิดกั้นการจราจร ทำให้การปูผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตเป็นไปอย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น

ทั้งนี้หากใช้ดินซีเมนต์ วัสดุรวมรวมดินที่ใช้มีชื่อแนะนำอัตราส่วนของซีเมนต์ที่ใช้ผสมดังนี้ คือ ดินที่มีมวลหยาบและมีขนาดละเอียดจะใช้ปริมาณซีเมนต์ที่น้อยกว่าดินที่มีมวลดินเม็ดละเอียดและดินที่มีขนาดเม็ดละเอียดเท่าๆกัน พื้นที่ผิวที่มากทำให้ต้องใช้ปริมาณซีเมนต์ที่มากขึ้น หรือประเภทของดินต่างๆที่มีการจำแนกออกมาอยู่ในกลุ่มการแบ่งตาม AASHTO หรือ Unified การใช้ปริมาณซีเมนต์ให้เหมาะสมกับการใช้งานมีความแตกต่างกัน PCA (1959) ได้เสนอการเลือกใช้ปริมาณซีเมนต์ให้เหมาะสมกับกลุ่มดินโดยมีความคงทนที่เหมาะสมดังตารางที่ 5.1-1

ตารางที่ 2.4-1 ปริมาณซีเมนต์ที่เหมาะสมสำหรับดินประเภทต่าง ๆ (Portland Cement Association, 1959)

AASHTO Soil Group	Usual Range in Cement Requirement (% by vol.)(% by wt.)	Estimated Cement Content and That Used in the Moisture Density Test (% by wt.)	Cement Content for Wet-Dry and Freeze-Thaw Tests (% by wt.)
A-1-a	5-7, 3-5	5	3-5-7
A-1-b	7-9, 5-8	6	4-6-8
A-2	7-10, 5-9	7	5-7-9
A-3	8-12, 7-11	9	7-9-11
A-4	8-12, 7-12	10	8-10-12
A-5	8-12, 8-13	10	8-10-12
A-6	10-14, 9-15	12	10-12-14
A-7	10-14, 10-16	13	10-13-15

2.4.2 วิธีการซ่อมถนนลาดยางแบบ Precast Concrete Repair

การซ่อมถนนด้วยการใช้แผ่นพื้นสำเร็จรูปกับถนนลาดยางนี้ เป็นการซ่อมแซมตามแบบระบบแผ่นพื้นของ Kwik (www.kwikslab.com) ซึ่งสามารถใช้ซ่อมได้ทั้งถนนคอนกรีตและถนนลาดยางโดยใช้แผ่นคอนกรีตแทนถนนลาดยางในชั้นพื้นทางและชั้นผิวทาง สำหรับวิธีซ่อมถนนลาดยางโดยเร่งด่วนวิธีนี้ มีระบบการติดตั้งเช่นเดียวกับวิธีซ่อมโดยเร่งด่วนของถนนคอนกรีต มีระบบรอยต่อที่เป็นแบบเดียวกัน แต่ต่างตรงรูปแบบของเครื่องจักรที่ใช้ในการชุดผิวทางลาดยางเดิมและบดอัดดินเดิม โดยมีกระบวนการซ่อมแซมตามวิธีของ Kwik Slab มีรายละเอียดดังนี้

- 1) ใช้เครื่องจักร Co-Paving ที่สามารถชุดได้อย่างเที่ยงตรง สามารถปรับพื้นที่และบดอัดพื้นชั้นรองแผ่นคอนกรีตได้ดังแสดงในรูปที่ 2.4-2



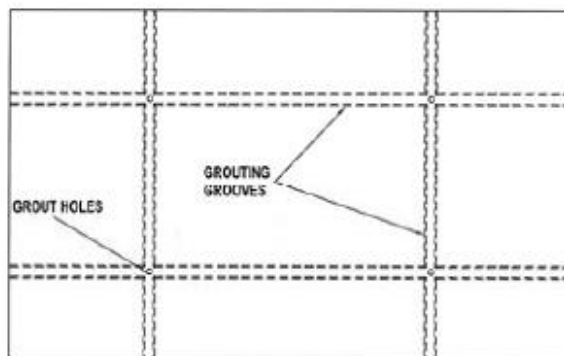
รูปที่ 2.4-2 ภาพเครื่องจักรกำลังทำการบดอัดพื้นที่สำหรับรับแผ่นคอนกรีต (ที่มา: www.kwikslab.com)

2) ให้เครนยกแผ่น Kwik Slab เข้าในพื้นที่ที่บดอัดและปรับระดับแล้วดังแสดงในรูปที่ 2.4-3



รูปที่ 2.4-3 การติดตั้งแผ่นคอนกรีต Kwik Slab (ที่มา: www.kwikslab.com)

- 3) แผ่นคอนกรีตหล่อสำเร็จระบบ Kwik Slab จะมีการหล่อร่องใต้ฐานของแผ่นคอนกรีตดังแสดงในรูปที่ 2.4-4 และมีการต่อรูสำหรับอัดฉีดซีเมนต์เกราท์เพื่อให้เกิดการกระจายตัวทั่วและต่อเนื่องดังแสดงการเกราท์ดังรูปที่ 2.4-5



รูปที่ 2.4-4 แสดงรายละเอียดร่องและรูสำหรับอัดฉีดซีเมนต์เกราท์ (ที่มา: www.kwikslab.com)



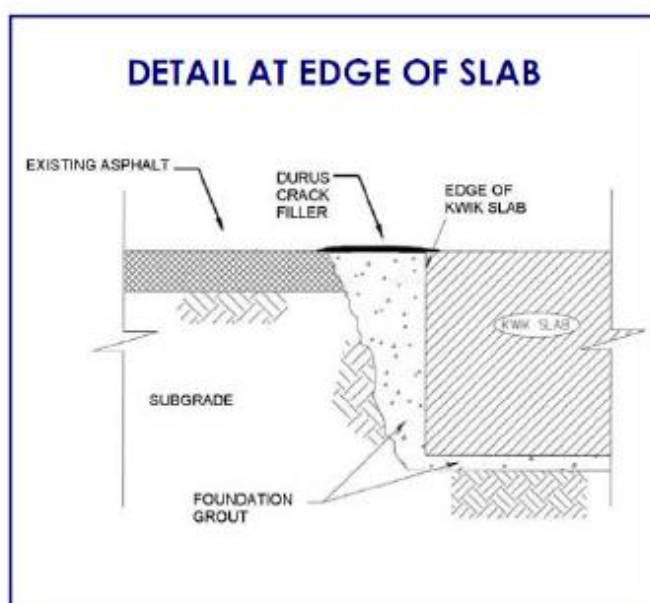
รูปที่ 2.4-5 แสดงการอัดฉีดเกราท์ผ่านรูที่เตรียมไว้ (ที่มา: www.kwikslab.com)

4) หลังจากนั้นให้ทำการอุดรอยต่อโดยการฉีดซีเมนต์เกรทท์กำลังสูงบริเวณเหล็กหล่อครอบ (Steel Couplers) และแกนน็อต (Keyways) ดังแสดงในรูปที่ 2.4-6



รูปที่ 2.4-6 การฉีดวัสดุเกรทท์กำลังสูงเพื่ออุดรอยต่อ (ที่มา: www.kwikslab.com)

5) เมื่อทำการเกรทท์จนเต็มแล้วให้ทำการอุดรอยต่อด้วยวัสดุ Durus Crack Filler เพื่อให้รอยต่อเรียบ แสดงในรูปที่ 2.4-7 และเมื่อดำเนินการเสร็จสิ้นจะมีลักษณะดังรูปที่ 2.4-8



รูปที่ 2.4-7 แสดงแนวรอยต่อระหว่างผิวทางลาดยางเดิมกับแผ่นคอนกรีต Kwik Slab (ที่มา: www.kwikslab.com)



รูปที่ 2.4-8 แผ่นคอนกรีต Kwik Slab ที่ดำเนินการซ่อมเสร็จแล้ว (ที่มา: www.kwikslab.com)

2.4.3 วิธีการซ่อมถนนลาดยางแบบอื่นๆ

2.4.3.1 Bonded Concrete Resurfacing of Asphalt Pavement/Whitetopping (Iowa State University, 2007)

ในกรณีที่ความเสียหายของถนนลาดยางมีความเสียหาย โดยความเสียหายลงไปลึกไม่ถึงโครงสร้างได้ ผิวทาง ลักษณะแฉกผิวเสียหาย เช่น ผิวหลุดล่อน เป็นร่องลึบขึ้นผิวทาง สามารถใช้วิธี Whitetopping ซึ่งเป็นการใช้คอนกรีตปอร์ตแลนด์ซีเมนต์บนผิวทางลาดยาง โดยแบ่งออกเป็น 3 แบบคือ

- แบบ Conventional (มีความหนามากกว่า 8 นิ้ว)
- แบบ Thin (มีความหนาอยู่ระหว่าง 4 ถึง 8 นิ้ว)
- แบบ Ultra Thin (มีความหนา 2 – 4 นิ้ว) ซึ่งเรียกว่า Ultra-Thin Whitetopping (UTW)

กระบวนการการก่อสร้างจะใช้วิธีโดยการ mill ชั้นผิวแอสฟัลต์ส่วนที่ได้รับความเสียหาย โดยผิวทางที่เหลือที่ใช้เป็นฐานรอง UTW ต้องมีความหนาไม่น้อยกว่า 3 นิ้วจากนั้นจึงปู UTW แทนที่ผิวที่ mill ออก หลังจากทำการปู UTW ต้องทำการตัดแผ่น UTW ให้มีขนาด 3 ฟุต X 3 ฟุต หรือขนาด 4 ฟุต X 4 ฟุต ทั้งนี้เพื่อป้องกันรอยแตกที่จะเกิดขึ้นหลังการก่อสร้างดังแสดงในรูปที่ 2.4-9 ซึ่งเป็นการซ่อมความเสียหายที่ระดับความเสียหายไม่รุนแรงนัก ตัวอย่าง เช่น รอยแตกประเภทต่างๆ ผิวหน้าหลุดร่อน Potholes การปูคูน การเย็บของยาง การแตกเส้นโกล และผิวรวมรวมถูกขัดลีเป็นมัน เป็นต้น ทำการขูดผิวออก ทำความสะอาดให้เรียบร้อยและปู UTW ทับ สำหรับ Mix design ที่ใช้ในบางรัฐจะใช้อัตราส่วนของปูนซีเมนต์รวมแล้วลอย ไม่เกิน 229.4 kg/m^3 ใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ต่ำและใช้วัสดุรวมรวมผสมใหญ่สุดไม่เกิน 19 มม. ค่า Slump ประมาณ 5.1 – 7.6 ซม.

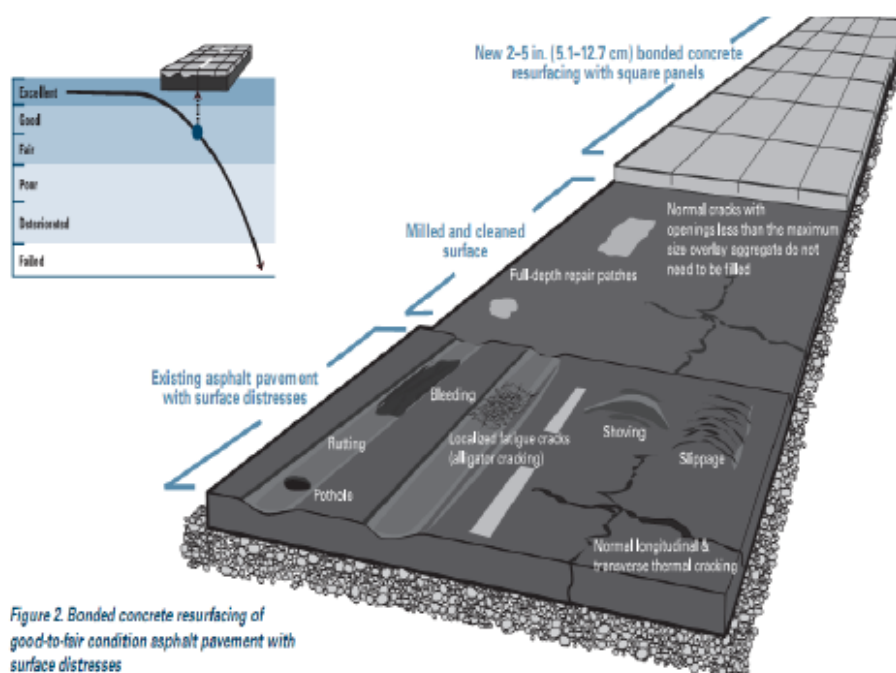


Figure 2. Bonded concrete resurfacing of good-to-fair condition asphalt pavement with surface distresses

รูปที่ 2.4-9 รูปแบบความเสียหายและลักษณะการซ่อมด้วยวิธี UTW (Iowa State University, 2007)

2.4.3.2 Infrared Repair Technology

เช่นเดียวกับกับ Whitetopping วิธีซ่อมวิธีนี้ใช้ไนโตรเจนที่ความเสียหายของถนนลาดยางมีความเสียหาย โดยความเสียหายลงไปลึกไม่ถึงโครงสร้างได้ผิวทาง ลักษณะแควผิวเสียหาย เช่น ผิวหลุดล่อน Pot Holes รอยแตกต่างๆ เช่น รอยแตกตามยาว รอยแตกตามขวาง รอยแตกหนึ่งจะเห็น เป็นการให้ความร้อนจากคลื่นรังสีอินฟราเรดจากเครื่องมือยิงรังสีเพื่อให้เกิดความร้อนขึ้นบริเวณผิวทางและเกิดการหลอมละลายใหม่และเกิดการจับตัวใหม่ของผิวทางทำให้รอยแตกหรือความเสียหายต่างๆหายไป ซึ่งเป็นวิธีที่รักษาสภาพแวดล้อม เพราะใช้วัสดุแอสฟัลต์ของผิวถนนเก่าถึงร้อยละ 85 เสียเวลาในการก่อสร้างน้อย เปิดการจราจรได้เร็ว โดยมีขั้นตอนการก่อสร้างดังต่อไปนี้

- 1) ทำความสะอาดพื้นผิวที่เสียหายโดยเอาวัสดุผิวทางที่หลุดร่อนออก หรือวัสดุอื่นๆที่ไม่พึงประสงค์ออก
- 2) ใช้เครื่องมือกำเนิดความร้อนจากรังสีอินฟราเรดยิงเข้าไปยังผิวทางที่ต้องการซ่อมใช้ระยะเวลาอย่างน้อยระยะเวลา 7-10 นาที โดยตัวอย่างเครื่องมือที่ยิงรังสีอินฟราเรดดังแสดงในรูปที่ 2.4-10
- 3) หลังจากย้ายเครื่องมือออกจะเห็นผิวแอสฟัลต์ที่อ่อนเนื่องจากความร้อน ให้ทำการเกลี่ยตะกั่วให้พื้นผิวเรียบและเว้นขอบไว้ประมาณ 6 นิ้ว รอบพื้นที่ที่ไม่ต้องเกลี่ยเพื่อให้เป็นขอบที่ต่อเนื่องกับผิวด้านนอกพื้นที่ที่ไม่ได้รับความร้อนป้องกันน้ำได้
- 4) การเกลี่ย ตะกั่ว ปรับพื้นที่ภายในขอบโดยใช้วัสดุผิวทางเดิม

- 5) ใช้สาร Asphalt Rejuvenator เพื่อปรับสภาพผิวทางเดิมซึ่งผิวทางอาจมีการเสื่อมสภาพเนื่องจากการออกซิเดชัน ให้มีสภาพพร้อมใช้งานได้ต่อ
- 6) นำวัสดุ Hot mix ใหม่มาเติมเพื่อปรับระดับให้เหมาะสมกับเกรดเดิมของถนน
- 7) จากนั้นให้ทำการบดอัดถนนให้แน่นและสามารถเปิดการจราจรได้ทันที โดยมีสภาพพื้นผิวระหว่างการก่อสร้างและหลังก่อสร้างเสร็จแสดงรูปที่ 2.4-11



รูปที่ 2.4-10 เครื่องกำเนิดรังสีอินฟราเรด



รูปที่ 2.4-11 สภาพผิวถนนระหว่างการก่อสร้างและหลังการก่อสร้าง

ภาคผนวก ช

รายละเอียดวิธีการป้องกันถนนทรุดตัวในระยะยาว

วิธีการป้องกันถนนทรุดตัวในระยะยาวของสำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนา กรมทางหลวงชนบท ประกอบด้วย 8 แนวทางหลัก ซึ่งสามารถสรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

1) การใช้วัสดุมูลเบา

หลักการวัสดุมูลเบาเป็นการลดแรงกระทำที่ทำต่อลาดดินโดยใช้วัสดุมูลเบามาทำการบดอัดกรณีทำการก่อสร้างใหม่ หรือขุดดินออกกรณีทำการซ่อมแซมบริเวณที่เกิดความเสียหาย แล้วเอาวัสดุมูลเบาเข้ามาถมแทนเพื่อเพิ่มเสถียรภาพให้กับลาดดิน ดังนั้นน้ำหนักที่กระทำกับชั้นดินจะมีค่าน้อยลง ผลการวิเคราะห์จะแสดงเสถียรภาพที่ดีขึ้นและการเคลื่อนตัวของคันทางที่น้อยลง



Expanded Polystyrene Geofoam (EPS)



Air Foam Stabilized Soil

รูปที่ ข-1 การใช้วัสดุมูลเบาในการก่อสร้าง

2) การปรับเปลี่ยนหน้าตัดโดยการลดระดับถนน

การสร้างแบบจำลองวิธีการแก้ไขโดยการปรับเปลี่ยนหน้าตัดให้เหมาะสมนั้น สามารถปรับเปลี่ยนโดยการวาดหน้าตัดที่จะทำการวิเคราะห์ในขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง โดยสามารถปรับเปลี่ยนโดยการลดความสูงของคันทาง การปรับลดความลาดชันหรือการตัดส่วนบนแล้วนำมาถมส่วนล่าง



รูปที่ ข-2 การลดระดับถนนกรณีคันทางสูง

3) การใช้กล่องหินลวดตาข่าย

เป็นการทำค้ำยันให้กับลาดชันซึ่งเป็นวิธีการเพิ่มแรงต้านทานให้กับบริเวณด้านล่างของลาดชัน ซึ่งวิธีที่นิยมใช้กันคือการใช้กล่องหินลวดตาข่าย (Gabion) และยังสามารถป้องกันปัญหาด้านการกัดเซาะได้ ปัจจุบันมีการผลิตตาข่ายทำจากโลหะหรือพรีซี ซึ่งทนต่อการผุพังกัดกร่อนได้ในระยะยาว และใช้ตาข่ายนี้ช่วยให้การใช้หินถมเป็นไปโดยมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นในด้านเสถียรภาพ



รูปที่ ข-3 ตัวอย่างการใช้กล่องหินลวดตาข่าย

4) การใช้เสาเข็มตอกปูพรม

การเสริมเสถียรภาพของคันทางโดยการใช้เสาเข็มวัตถุประสงค์เพื่อให้เสาเข็มเข้าไปเพิ่มกำลังต้านทานการเคลื่อนที่ในแนวของบริเวณที่เกิดการเคลื่อนพังความยาวของเสาเข็มที่ใช้จะทำให้แนวของการเคลื่อนพังที่อาจจะเกิดขึ้นมีความยาวเพิ่มมากขึ้น เมื่อแนวของการเคลื่อนพังยาวขึ้น พื้นที่ที่ใช้กำลังของดินในการต้านทานการพังทลายก็จะเพิ่มขึ้นด้วยผลที่ได้จากการวิเคราะห์จะทำให้ทราบถึงแนวของการเคลื่อนพังที่จะเกิดขึ้น และสามารถเลือกใช้ความยาวเสาเข็มที่เหมาะสมให้มีความยาวเลยแนวการเคลื่อนพังลงไป



รูปที่ ข-4 ตัวอย่างการก่อสร้างคันทางเสาเข็มตอกปูพรม

5) การใช้วัสดุรับแรงดึง เช่น Geogrid, Geotextile เป็นต้น

หลักการของการใช้แผ่นใยสังเคราะห์เป็นวัสดุเสริมแรงเนื่องมาจากดินเป็นวัสดุก่อสร้างที่สามารถรับแรงอัดได้แต่ไม่สามารถรับแรงดึงได้เลย การที่จะเอาชนะในจุดด้อยนี้ดินจะต้องมีการเสริมวัสดุเข้าไป เช่น การใช้แผ่นใยสังเคราะห์เป็นวัสดุเสริมแรง เพราะแผ่นใยสังเคราะห์จะช่วยลดแรงดึงตามแนวนอนที่เกิดขึ้นในดินถล่มเนื่องจากการไหลตัวด้านข้างของดินเดิม โดยแผ่นใยสังเคราะห์นี้จะช่วยรับแรงดึงแทน



รูปที่ ข-5 ตัวอย่างการใช้วัสดุรับแรงดึง



รูปที่ ข-5-1 ตัวอย่างการใช้ Geogrid



รูปที่ ข-5-2 ตัวอย่างการใช้ Geotextile

6) การใช้กำแพงกันดิน

กำแพงกันดิน เป็นโครงสร้างที่ใช้ในการรับแรงดันทางด้านข้าง (Lateral support) ใช้ในกรณีที่ไม่มีพื้นที่เพียงพอสำหรับการทำเชิงลาดด้านข้าง สภาพชั้นดินด้านล่างต้องมีความสามารถในการรับน้ำหนักที่พอเพียง การวิเคราะห์นั้นนอกจากจะต้องรับแรงดันแล้ว ยังต้องคำนึงถึงการหมุนล้มลงด้วย



รูปที่ ข-6 ตัวอย่างการใช้กำแพงกันดิน

7) การใช้ Soil Cement เป็นวัสดุบดอัด

วัตถุประสงค์ของการทำเสาเข็มดินซีเมนต์รองรับคันทางถนน เพื่อลดปริมาณการทรุดตัวและป้องกันปัญหาเสถียรภาพของคันทางบริเวณเชิงลาด การทำเสาเข็มดินซีเมนต์จะทำให้ดินฐานรากแข็งตัวและมีกำลังสูงขึ้น



รูปที่ ข-7 ตัวอย่างการก่อสร้างเสาเข็มดินซีเมนต์

8) การใช้เสาเข็มดินซีเมนต์

วัตถุประสงค์ของการทำเสาเข็มดินซีเมนต์รองรับคันทางถนน เพื่อลดปริมาณการทรุดตัวและป้องกันปัญหาเสถียรภาพของคันทางบริเวณเชิงลาด การทำเสาเข็มดินซีเมนต์จะทำให้ดินฐานรากแข็งตัวและมีกำลังสูงขึ้น

นอกจากนี้ คณะทำงานได้นำเสนอวิธีการป้องกันถนนทรุดตัวในระยะยาวเพิ่มเติม 3 วิธี ได้แก่ การหลีกเลี่ยงเส้นทางเดิม การใช้เสาเข็มล๊อคไหล และการใช้วัสดุ Re-cycling โดยวิธีการหลีกเลี่ยงเส้นทางเดิมมีรายละเอียด ดังนี้

การหลีกเลี่ยงเส้นทางเดิม

ใช้สำหรับแก้ปัญหาในกรณีที่ย้ายทางอยู่ใกล้แหล่งน้ำ เพื่อเป็นการกำจัดความเสี่ยงในการทรุดตัวที่เกิดจากการลดระดับของน้ำโดยฉับพลัน การหลีกเลี่ยงเส้นทางเดิมสามารถดำเนินการได้หลายวิธี เช่น การย้ายแนวถนน และการขยับแนวถนน เป็นต้น

การดำเนินการย้ายแนวถนนมีรูปแบบที่ต่างกันขึ้นอยู่กับความเพียงพอของเขตทาง ในกรณีที่มีเขตทางเพียงพอ สามารถดำเนินการก่อสร้างถนนใหม่ขนานกับเส้นทางเดิมได้โดยไม่ซ้อนทับกัน (รูปที่ ข-8) ในกรณีที่มีเขตทางไม่เพียงพอ การดำเนินการก่อสร้างถนนใหม่อาจมีการทับซ้อนกับถนนเดิม (รูปที่ ข-9) อย่างไรก็ตามการดำเนินการตามวิธีนี้สามารถเปลี่ยนเส้นทางของถนนให้พ้นจากแนวทรุดตัวของคันทางได้



รูปที่ ข-8 ตัวอย่างการย้ายแนวก่อสร้างใหม่กรณีเขตทางเพียงพอ



รูปที่ ข-9 ตัวอย่างการย้ายแนวก่อสร้างใหม่กรณีเขตทางไม่เพียงพอ

ภาคผนวก ซ

รายงานการสำรวจและวิเคราะห์ชั้นดินของถนนสาย ปท.3034 แยก ทล.305-บ้านหนองแค

อ.ธัญบุรี, หนองเสือ จ.ปทุมธานี

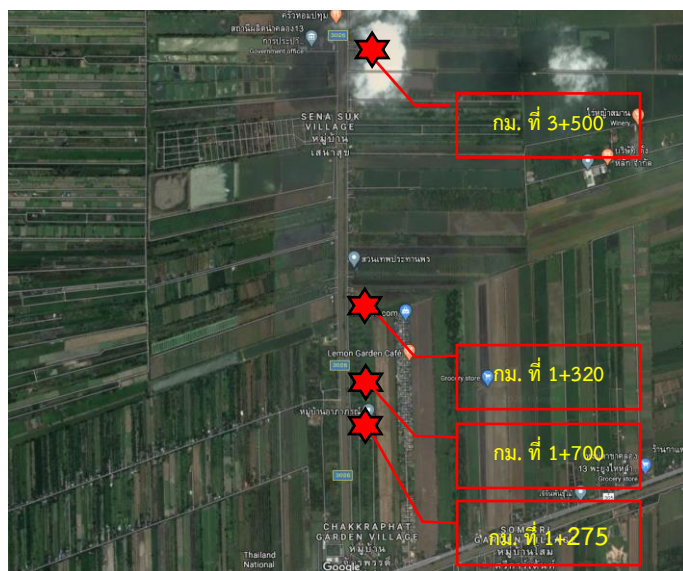
(สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนา กรมทางหลวงชนบท, 2564)

1. บทนำ

อ้างอิงหนังสือเลขที่ คค 0709/4574 ลงวันที่ 12 พฤศจิกายน 2563 เรื่องขอความอนุเคราะห์ตรวจสอบคุณสมบัติและค่ากำลังรับน้ำหนักของดิน ตามที่ สำนักงานทางหลวงชนบทที่ 1 (ปทุมธานี) ได้แต่งตั้งคณะทำงานจัดทำแผนซ่อมเร่งด่วน ถนนที่ชำรุดเสียหายจากภัยพิบัติ (ภัยแล้ง) นั้น

ในการจัดทำแผนปฏิบัติฯ ดังกล่าว คณะทำงานได้ใช้ถนนสาย ปท.3034 แยกทล.305-บ้านหนองแค (ตะวันออก) อำเภอธัญบุรี, หนองเสือ จังหวัดปทุมธานี เพื่อนำร่องในการดำเนินการ คณะทำงานจึงขอความอนุเคราะห์สำนักวิศวกรรม วิจัยและพัฒนา สำรวจและวิเคราะห์คุณสมบัติของดินถนนสายดังกล่าว เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการจัดทำแผนซ่อมเร่งด่วนต่อไป

เมื่อวันที่ 16 - 20 พฤศจิกายน 2563 กลุ่มปฐพีวิศวกรรม สำนักวิศวกรรม วิจัยและพัฒนา กรมทางหลวงชนบท ได้เข้าพื้นที่สำรวจและกำหนดหาแนวสำรวจสำหรับติดตั้งเครื่องมือเพื่อวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า (Resistivity Survey) และเครื่องวัดความเร็วคลื่นผิวแบบหลายช่องทาง (Multi-channel analysis of surface wave, MASW) ของถนนสายดังกล่าวตามรูปที่ ข-1



รูปที่ ข-1 แสดงตำแหน่งสายทางและตำแหน่งการสำรวจ

2. สภาพพื้นที่โครงการ

ถนนสาย ปท.3034 เป็นถนนแอสฟัลต์คอนกรีต ขนาด 2 ช่องจราจร กว้าง 6.00 ม. ไหล่ทางกว้าง 1.50 ม. เป็นถนน
เลียบคลอง 13 ตั้งอยู่บนพื้นที่ดินอ่อน ตามรูปที่ ซ-2

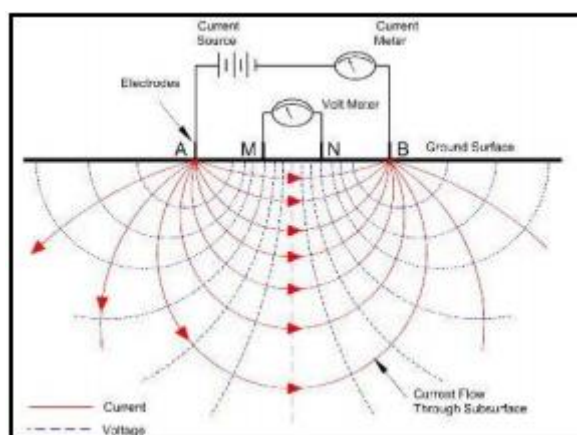


รูปที่ ซ-2 สภาพพื้นที่ของถนนสาย ปท.3034

3. วิธีการสำรวจสภาพต้านทานไฟฟ้า (Resistivity Survey)

3.1 การวัดความต้านทานไฟฟ้า (Electrical Resistivity Surveying)

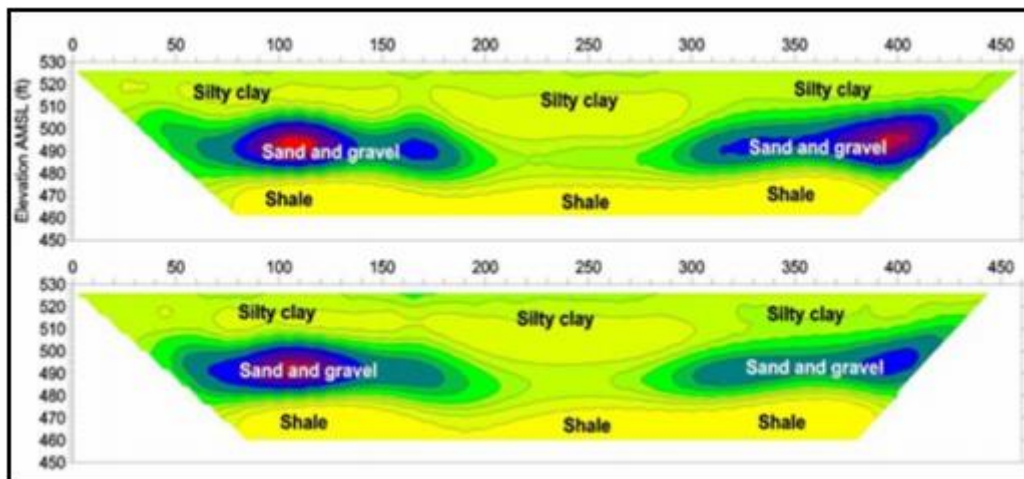
วิธีการวัดความต้านทานไฟฟ้าอาศัยการปล่อยกระแสไฟฟ้าลงไปได้ดินจากขั้วไฟฟ้าสองขั้ว และวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนผิวดินระหว่างขั้วความต่างศักย์อีกสองขั้ว (รูปที่ ซ-3) วิธีการนี้จะวัดความสามารถในการต้านทานไฟฟ้ารวมของดินหรือหินและปริมาณของเหลว รวมถึงความสามารถในการนำไฟฟ้าของของเหลวในช่องว่างในเนื้อดินหรือหิน



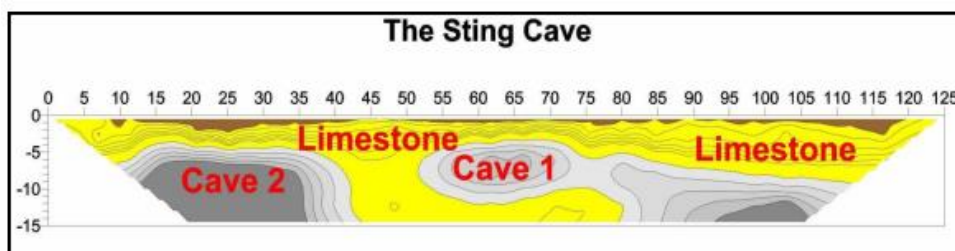
รูปที่ ซ-3 หลักการของวิธีการวัดความต้านทานไฟฟ้า

วิธีนี้สามารถใช้ในการวัดความต้านทานไฟฟ้าในแนวดิ่ง (Sounding) ทำให้สามารถหาความลึกและความหนาของชั้นดินหรือหินและสามารถใช้ในการวัดความต้านทานไฟฟ้าในรูปแบบ 2 หรือ 3 มิติ ซึ่งจะสามารถแสดงภาพข้อมูลชั้นดินหรือหินในแนวด้านข้างและแนวดิ่งได้พร้อมกัน การวัดในแนวดิ่งทำได้โดยการขยายระยะห่างของขั้วไฟฟ้าออกไปเรื่อยๆ ตามความลึกที่เพิ่มขึ้น วิธีการนี้มีพื้นฐานอยู่ที่ว่าลักษณะของชั้นดินหรือหินไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงในแนวด้านข้างและชั้นดินหรือหินไม่มีการเอียงเทมากนัก ส่วนการสำรวจแบบ 2 หรือ 3 มิติ จะวัดความต้านทานโดยกำหนดระยะห่างระหว่างขั้วที่แน่นอน ใช้ในการหาความแตกต่างของความต้านทานไฟฟ้าในแนวด้านข้างและแนวลึกไปพร้อมกัน ตัวอย่างเช่น การสำรวจหาโพรงใต้ดิน การสำรวจบริเวณที่ปนเปื้อนของชั้นดินจากสารอนินทรีย์ เป็นต้น ความลึกของการสำรวจจะขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้าที่ใช้และคุณสมบัติทางไฟฟ้าของชั้นดินหรือหินบริเวณที่สำรวจ โดยทั่วไปความลึกจะอยู่ที่มากกว่า 50 เมตรขึ้นไปจนถึงระดับหลายร้อยเมตร ความลึกของการสำรวจด้วยวิธีนี้ไม่มีข้อจำกัดตายตัวทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะห่างของขั้วไฟฟ้าและพลังงานที่ใช้ในการปล่อยกระแสไฟฟ้า การสำรวจด้วยวิธีนี้ไม่ค่อยซับซ้อนมากนัก แต่ค่อนข้างใช้เวลามากในการปักขั้วไฟฟ้าลงไปในดินและการขยายขั้วไฟฟ้าออกไปหลักจากการวัดแต่ละครั้งสำหรับการวัดในแนวดิ่ง ส่วนการวัดแบบ 2 หรือ 3 มิติ จะทำโดยการวางขั้วไฟฟ้าหลายๆขั้วพร้อมกันระยะเวลาขึ้นอยู่กับจำนวนขั้วไฟฟ้าที่ใช้ ส่วนระยะเวลาในการวัดนั้นส่วนใหญ่จะไม่นานหากเครื่องวัดเป็นระบบอัตโนมัติ วิธีนี้ไม่ต้องการการประมวลผลที่ซับซ้อน โดยส่วนใหญ่จะทำได้โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นหลัก

ความแม่นยำในการวัดจะขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้าที่ใช้และระยะห่างของตำแหน่งที่ทำการสำรวจ วิธีการนี้สามารถใช้ในการแยกแยะชั้นดินได้ประมาณ 3 ถึง 4 ชั้น วิธีการนี้อาจได้รับผลกระทบจากวัตถุเช่นรั้วเหล็กหรือหม้อแปลงไฟฟ้าบริเวณข้างเคียงรวมถึงท่อสาธารณูปโภคใต้ดินที่เป็นโลหะ ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้าจะมีค่าประมาณ 3 ถึง 4 เท่าของความลึกที่ต้องการสำรวจทำให้ต้องการพื้นที่ในการวางสายเคเบิลค่อนข้างยาวอาจทำให้เกิดปัญหาในการสำรวจในพื้นที่จำกัดได้ ในบริเวณที่พื้นดินมีค่าความต้านทานไฟฟ้าค่อนข้างสูงอาจทำให้เกิดปัญหาในการปล่อยกระแสไฟฟ้าได้



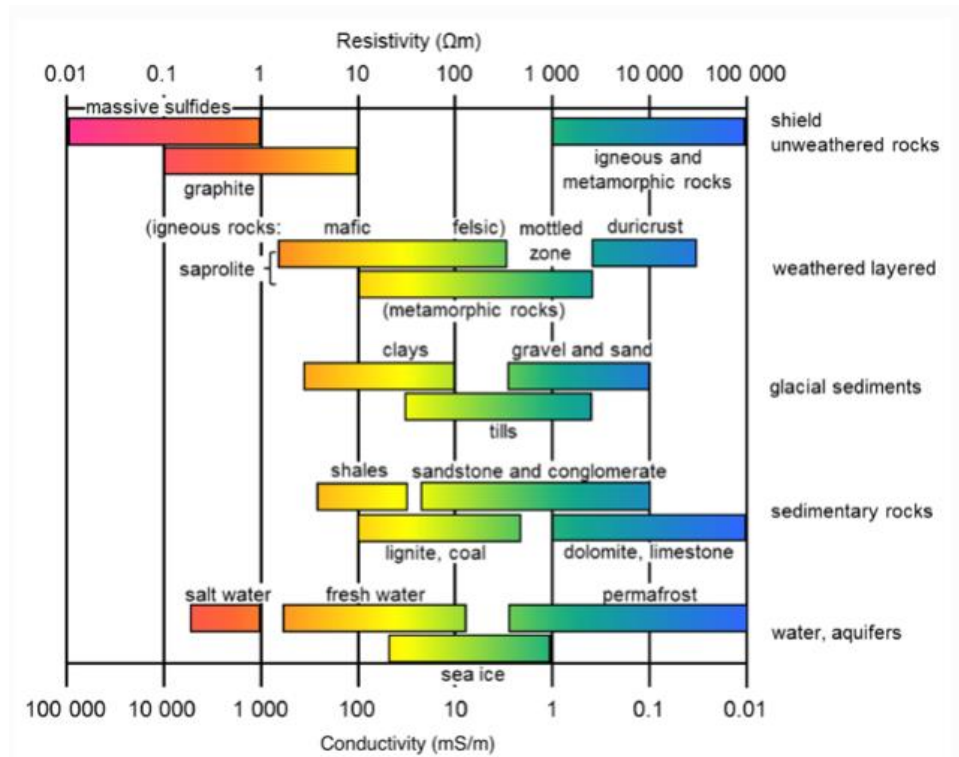
รูปที่ ซ-4 ตัวอย่างผลการสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าแบบ 2 มิติในการสำรวจเพื่อหาการสะสมตัวของชั้นกรวดและทรายจะเห็นได้ว่าผลการสำรวจด้วยวิธีนี้สามารถแยกแยะและกำหนดขอบเขตของชั้นกรวดและทรายได้อย่างชัดเจน โดยที่กรวดและทรายนั้นจะมีค่าความต้านทานไฟฟ้าสูงกว่าดินเหนียวปนทรายมาก



รูปที่ ซ-5 ตัวอย่างผลการสำรวจเพื่อตรวจสอบตำแหน่งของถ้ำในหินปูน

3.2 การประยุกต์ค่าความต้านทานไฟฟ้าสำหรับการใช้งาน

ลักษณะของข้อมูลที่ได้จากการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้านั้นมีหน่วยเป็น โอห์ม(Ω) จึงจำเป็นต้องใช้ตารางการแปรค่าตามรูปที่ ข-6 เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานไฟฟ้ากับชนิดของดิน ซึ่งจากความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถบอกถึงลักษณะของโครงสร้างของดินตามความลึกนั้นๆ



รูปที่ ข-6 ตารางเปรียบเทียบค่าความต้านทานไฟฟ้าและลักษณะของชั้นดิน

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า

สำหรับการสำรวจทางธรณีแบบการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้

3.3.1 เครื่องวัดความต้านทานไฟฟ้ารุ่น Terrameter LS



รูปที่ ซ-7 เครื่องวัดความต้านทานไฟฟ้ารุ่น Terrameter LS

3.3.2 แบตเตอรี่ภายนอกพร้อมสาย DC เคเบิลสำหรับแบตเตอรี่ภายนอก



รูปที่ ซ-8 แบตเตอรี่พร้อมอุปกรณ์

3.3.3 สายเมนเคเบิล



รูปที่ ซ-9 สายเมนเคเบิล

3.3.4 ขั้ว Electrode



รูปที่ ซ-10 ขั้ว Electrode

3.3.5 สายเคเบิลสำหรับต่อระหว่างขั้ว



รูปที่ ซ-11 สายเคเบิลสำหรับต่อระหว่างขั้ว Electrode

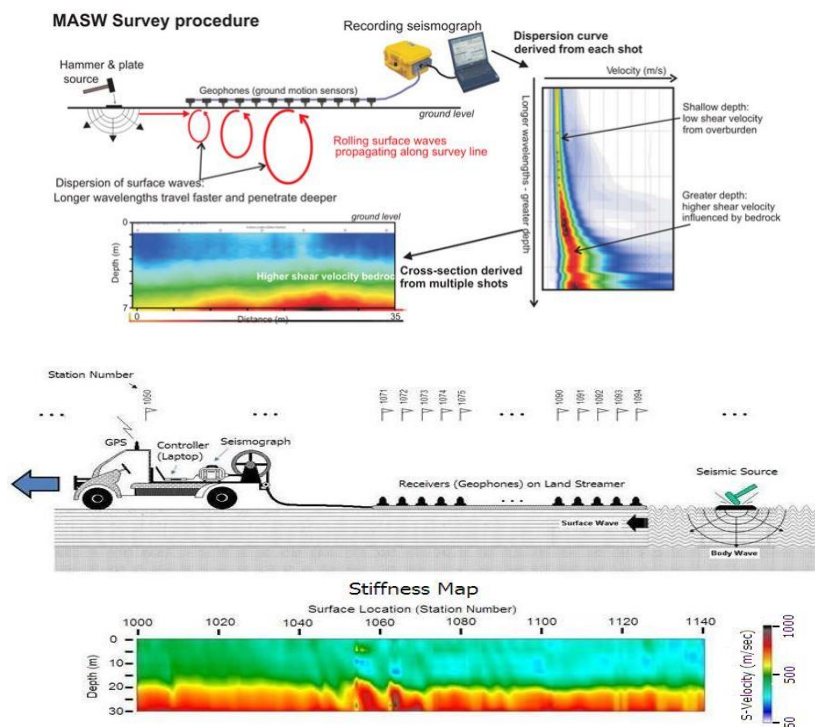
4. วิธีการวัดความเร็วคลื่นผิวแบบหลายช่องทาง (Multi-channel Analysis of Surface Wave Technique, MASW)

4.1 การวัดความเร็วคลื่นผิวแบบหลายช่องทาง (Multi-channel analysis of surface wave)

MASW (Multi-channel analysis of surface wave) เป็นวิธีหนึ่งในการสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือน (Seismic methods) ข้อแตกต่างก็คือ MASW จะนำคลื่นผิวดิน (Surface wave) ชนิดคลื่นเรลลีย์ (Rayleigh wave) มาใช้ในการวิเคราะห์ แล้วทำการแปลงคลื่นผิวดินให้เป็นความเร็วคลื่นเฉือนอีกทีหนึ่ง คลื่นผิวดินนั้นมักจะถูกจัดให้เป็นคลื่นรบกวน (Noise) ในการสำรวจคลื่นไหวสะเทือนทั่วไป และจะต้องกำจัดออกในขั้นการประมวลผล แต่ในวิธี MASW นั้นคลื่นผิวดินจะถูกจัดให้เป็นสัญญาณที่ต้องการ ในปัจจุบันได้มีการนำเอาวิธี MASW มาใช้ประโยชน์ในงานสำรวจทางวิศวกรรมอีกหลาย ๆ ด้าน อย่างเช่น การสำรวจหารอยแตก หรือรอยเลื่อนของชั้นหิน การสำรวจหาตำแหน่งของหลุมยุบ เป็นต้น ข้อดีของ วิธี MASW เหนือวิธีการสำรวจอื่น ๆ ก็คือ ราคาถูก และสามารถทำได้รวดเร็ว

4.2 วิธีการเก็บข้อมูล MASW

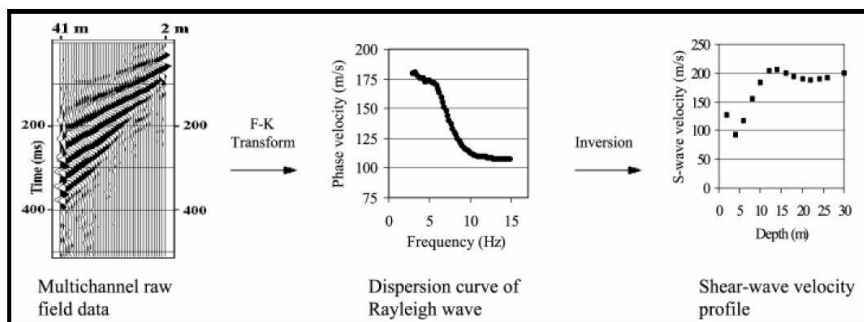
การเก็บข้อมูล MASW มีความใกล้เคียงกับการเก็บข้อมูลวิธีสำรวจคลื่นไหวสะเทือนทั่วไป ความแตกต่างก็คือ วิธีนี้จะใช้ตัวรับสัญญาณที่มีความถี่ต่ำอยู่ในช่วง 4 – 8 Hz รูปที่ ช-12 แสดงการเก็บข้อมูลในสนาม เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจ MASW ประกอบไปด้วย 1. เครื่องรับสัญญาณ (Seismograph) 2. เครื่องคอมพิวเตอร์ (Computer) 3. ตัวรับ สัญญาณ (Geophone) 4. เครื่องกำเนิดสัญญาณ (Source)



รูปที่ ช-12 แสดงการเก็บข้อมูลคลื่นพื้นผิวด้วยวิธี MASW

4.3 การประมวลผลข้อมูล MASW

การประมวลผลข้อมูล MASW จะประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอนหลักๆ ขั้นตอนที่ 1 เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากสำรวจมาผ่านกระบวนการเบื้องต้นในการกำหนดค่าตัวแปรต่างๆให้เหมาะสมสำหรับข้อมูลแต่ละชุด หลังจากนั้นทำการเปลี่ยนข้อมูลในขั้นที่ 1 ให้อยู่ในกราฟระหว่างความถี่ กับ ความเร็วของคลื่นพื้นผิวดังแสดงในรูปที่ ข-13 ในขั้นที่ 3 เป็นการหาความเร็วคลื่นเฉือนจากกราฟในขั้นที่ 2 ด้วยวิธี Inversion ผลที่ได้คือกราฟที่แสดงค่าความเร็วคลื่นเฉือนเทียบกับความลึก



รูปที่ ข-13 แสดงขั้นตอนการประมวลผลข้อมูล MASW (Xia et al, 1999)

การวิเคราะห์ข้อมูลจากการสร้างโค้งกระจายคลื่นด้วยวิธี F - K transform โดยใช้วิธี Two dimensional fast fourier transform (2DFFT) ซึ่งเป็นวิธีการคำนวณทางคณิตศาสตร์เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบของ Time - space domain เป็น Frequency - Wave number domain โดยใช้สมการที่ (1)

$$P(f, k) = \iint p(x, t) e^{-2\pi i(ft + kx)} dx dt \quad (1)$$

เมื่อ $p(x, t)$ คือ ฟังก์ชันของคลื่นที่ตรวจวัดที่อยู่ในรูปของ Time domain (x, t)

จากสมการที่ (1) จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ (Frequency, f) กับเลขคลื่น (Wave number, k) ซึ่งสามารถคำนวณหาค่าความสัมพันธ์ของความยาวคลื่นกับเลขคลื่นได้จากสมการที่ (2)

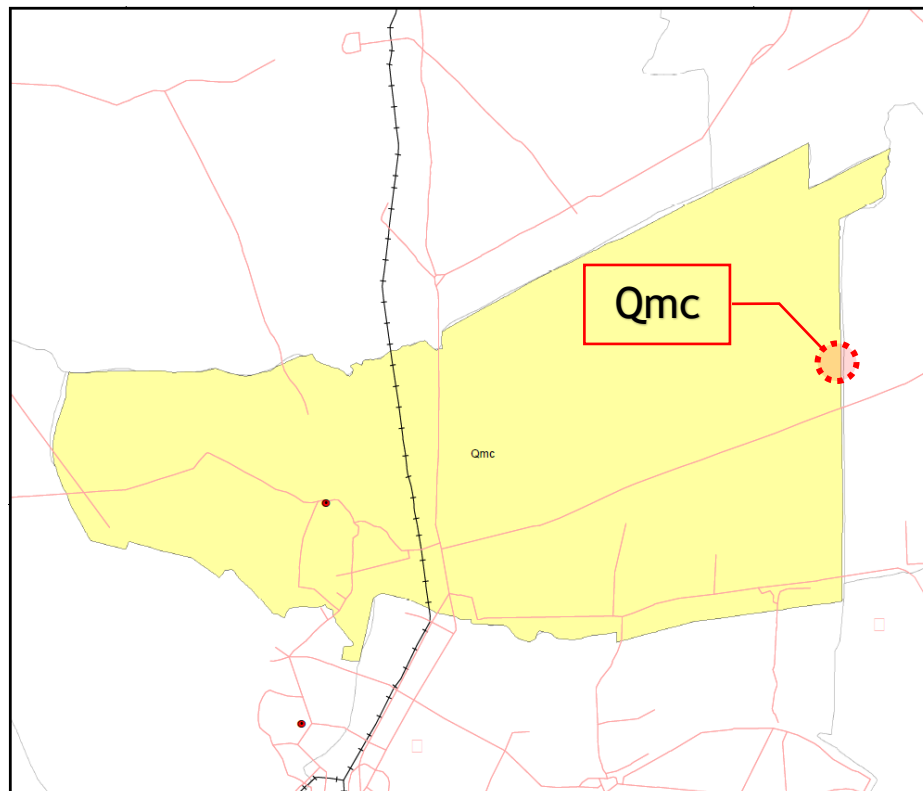
$$\lambda = \frac{V}{f} \quad (2)$$

$$\lambda = \frac{2\pi}{k} \quad (3)$$

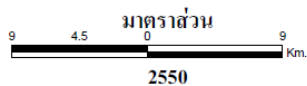
แทนค่าสมการที่ (3) ในสมการที่ (2) จะสามารถหาค่าความถี่คลื่น (V) ได้จาก ความสัมพันธ์ของความถี่กับเลขคลื่นได้จากสมการที่ (4)

$$V = \frac{2\pi}{k} \quad (4)$$

4.4 ลักษณะธรณีวิทยาของจังหวัดปทุมธานี

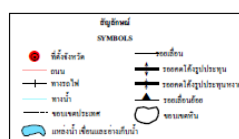


แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดปทุมธานี



กรมทรัพยากรธรณี
อภิรักษ์ ขวเจริญพันธ์ อธิบดี

สำนักธรณีวิทยา
เบญจวรรณ จารุกุลสี ผู้อำนวยการสำนัก
แผนภาพแสดงตำแหน่งที่ตั้ง



คำอธิบาย EXPLANATION

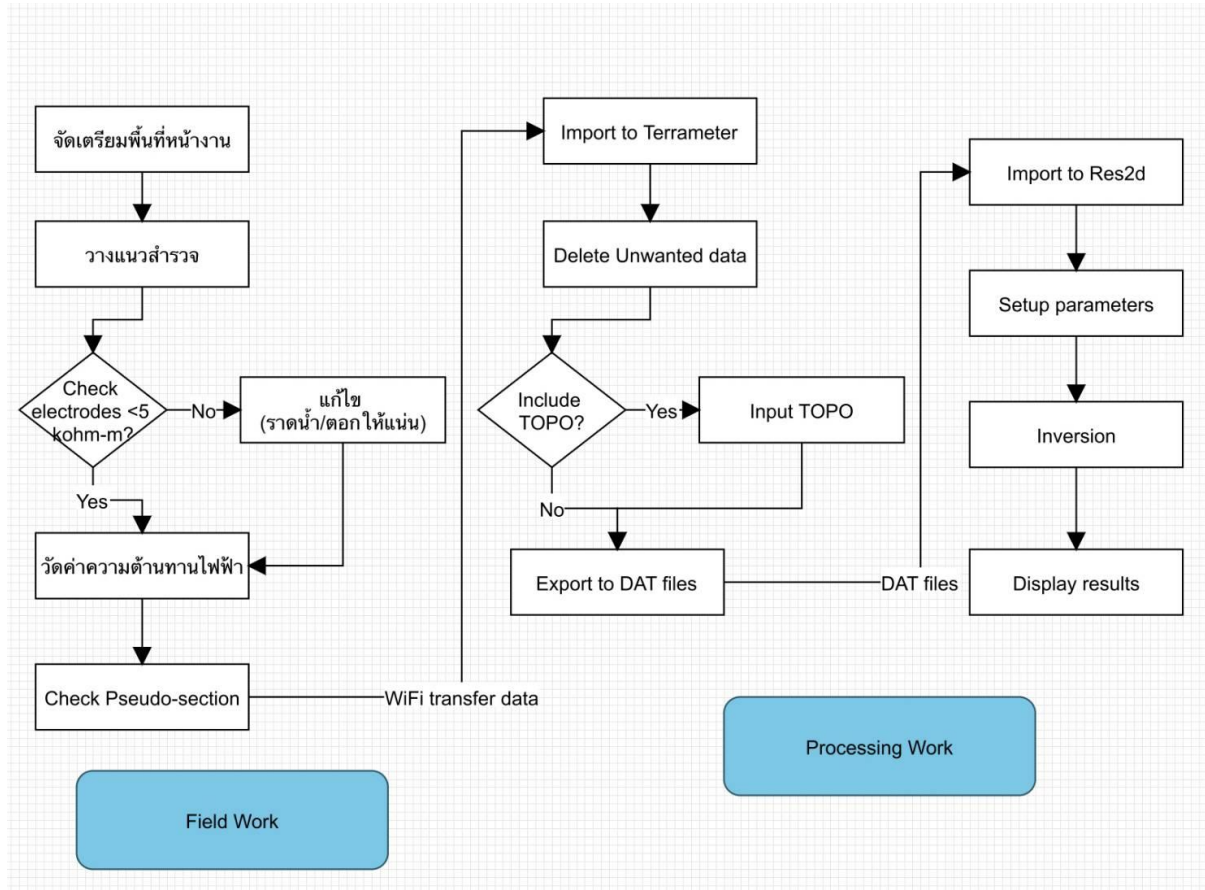
หินตะกอนและหินแปร
Sedimentary and Metamorphic rocks

Qmc หินทรายสีน้ำตาลปนเทา-ดำ มีชั้นน้ำแข็ง หินทรายในแนว ทิศเหนือ-ใต้ และ หินทรายสีน้ำตาลปนเทา-ดำ มีชั้นน้ำแข็ง หินทรายในแนว ทิศเหนือ-ใต้ และ หินทรายสีน้ำตาลปนเทา-ดำ มีชั้นน้ำแข็ง

รูปที่ ซ-14 แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดปทุมธานี

5. ขั้นตอนการดำเนินงาน

ลำดับขั้นตอนการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์โดยวิธีการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า (Electrical Resistivity) สามารถสรุปตามรูปที่ ข-15 ได้ดังนี้



รูปที่ ข-15 ขั้นตอนการดำเนินการ

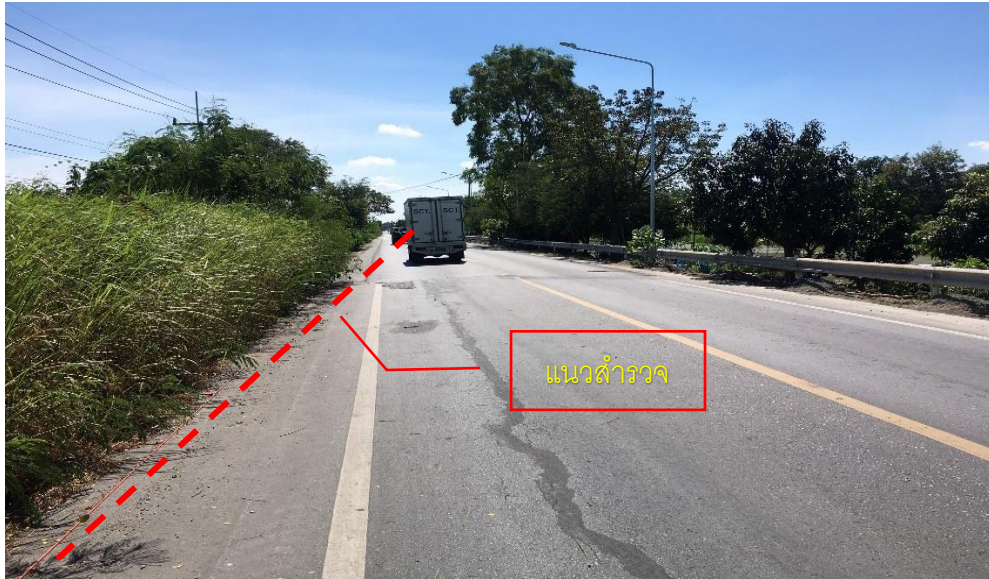
5.1 การสำรวจพื้นที่หน้างาน

จากการลงพื้นที่สำรวจถนนสาย ปท.3034 แล้ว พบว่าถนนเกิดความเสียหายเนื่องจากเกิดการเคลื่อนตัวของดิน บริเวณคันคลองชลประทาน ทำให้ผิวทางได้รับความเสียหายไปด้วย จากนั้นทางคณะทำงานจึงดำเนินการในขั้นตอนการกำหนดตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือต่อไป

5.2 การกำหนดตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือ

5.2.1 ติดตั้งเครื่องมือสำรวจแบบวัดความต้านทานไฟฟ้า (Resistivity Survey)

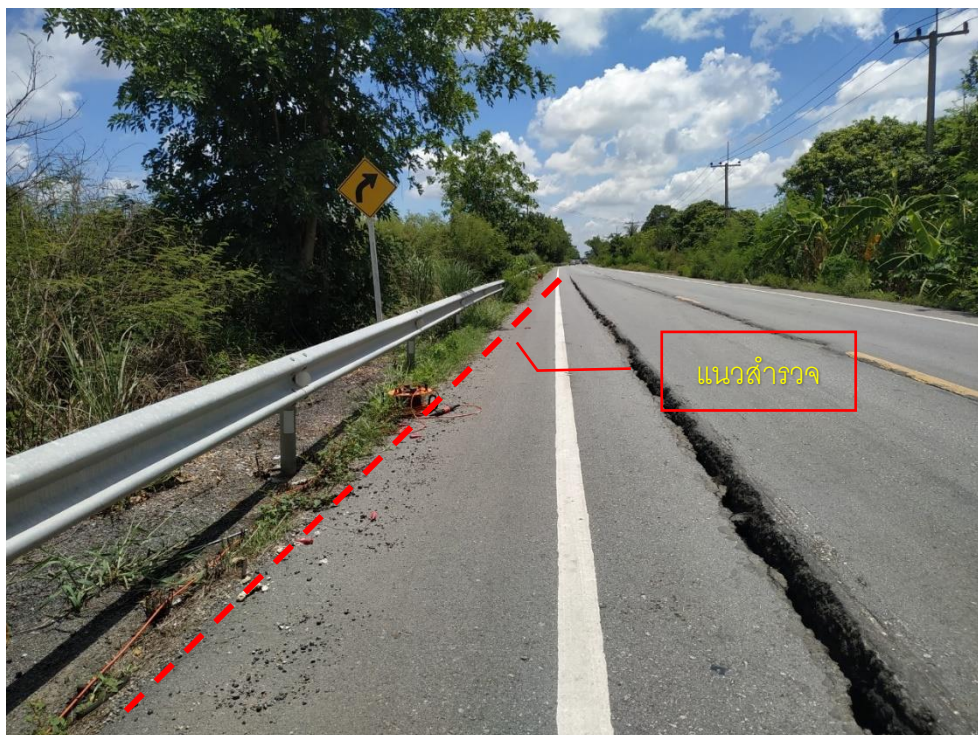
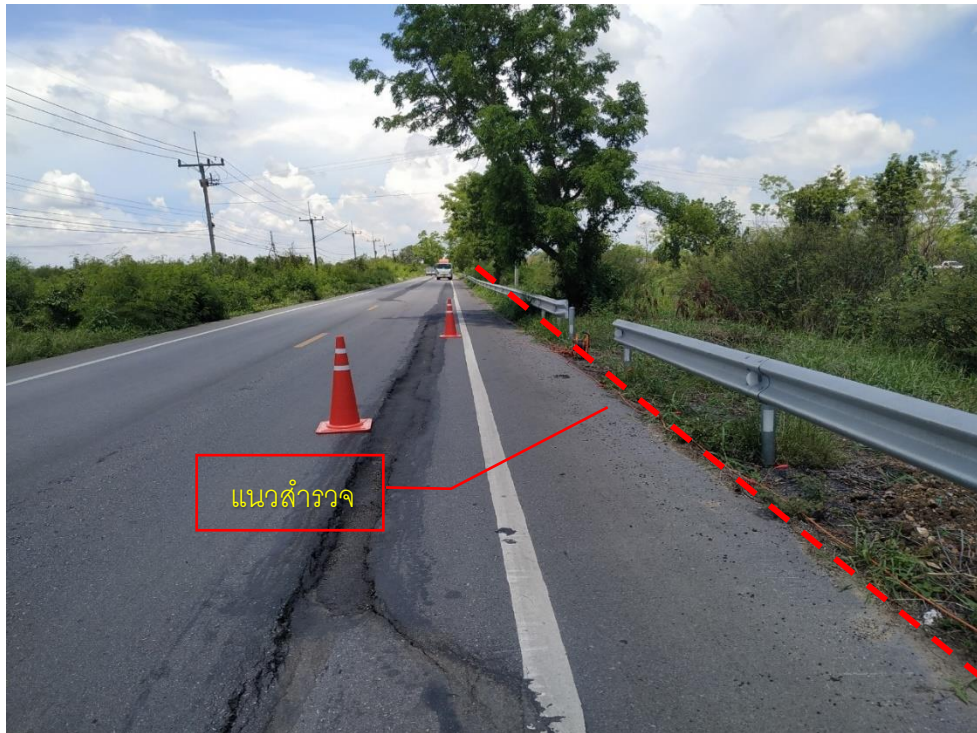
การวางตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือทดสอบ คณะทำงานได้ดำเนินการติดตั้งเครื่องมือตามแนว Profile ของถนน และ Cross Section ซึ่งได้ดำเนินการสำรวจทั้งหมด 4 ตำแหน่ง ตามรูปที่ ข-16 - รูปที่ ข-20



รูปที่ ซ-16 การติดตั้งเครื่องมือสำรวจ กม.1+275 ด้านขวาทาง



รูป ช-17 การติดตั้งเครื่องมือสำรวจ กม.1+320 ด้านซ้ายทาง



รูปที่ ซ-18 การติดตั้งเครื่องมือสำรวจ กม.1+700

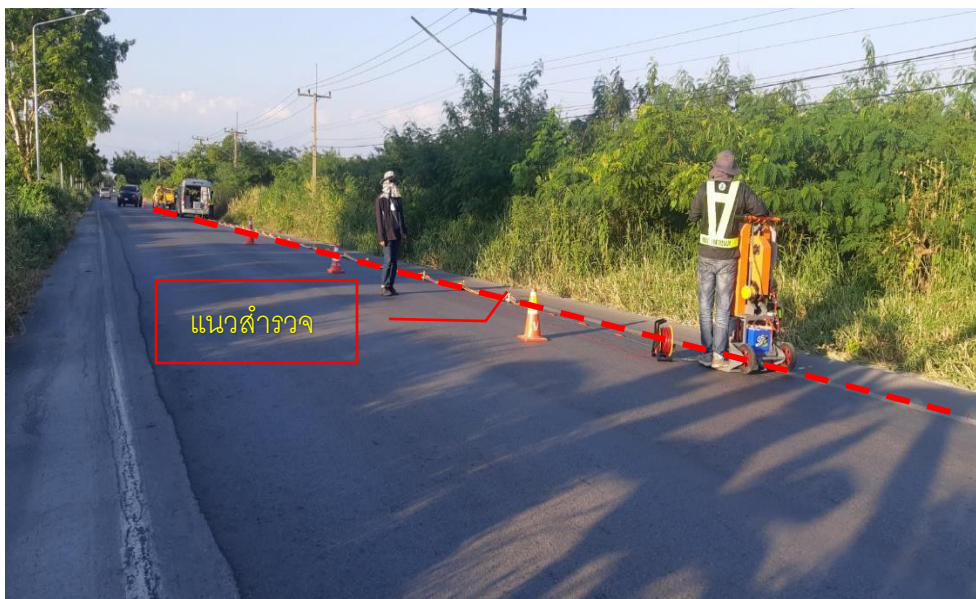
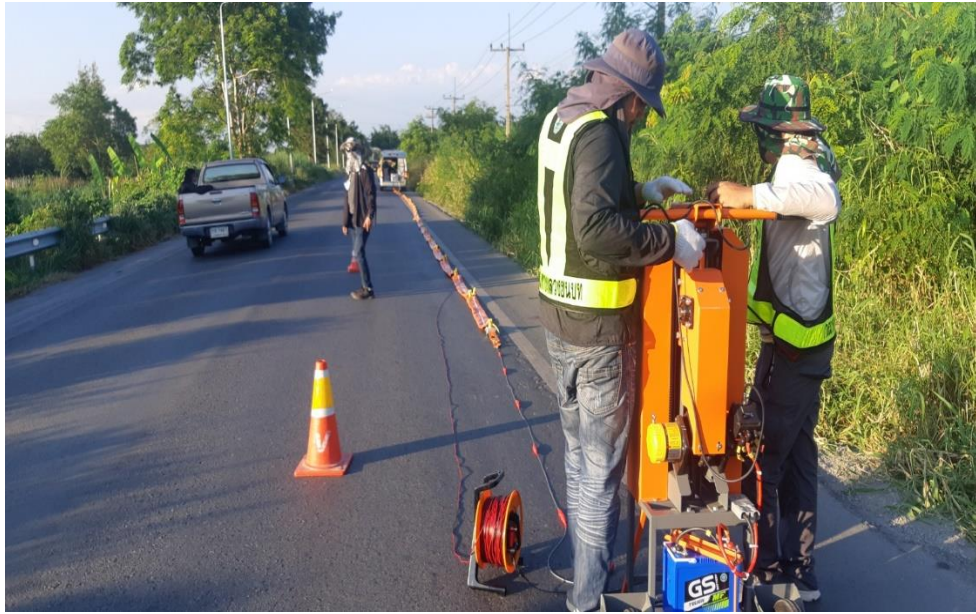


รูปที่ ซ-19 การติดตั้งเครื่องมือสำรวจ กม.1+700 (Cross Section)



รูปที่ ซ-20 การติดตั้งเครื่องมือสำรวจ กม.3+500

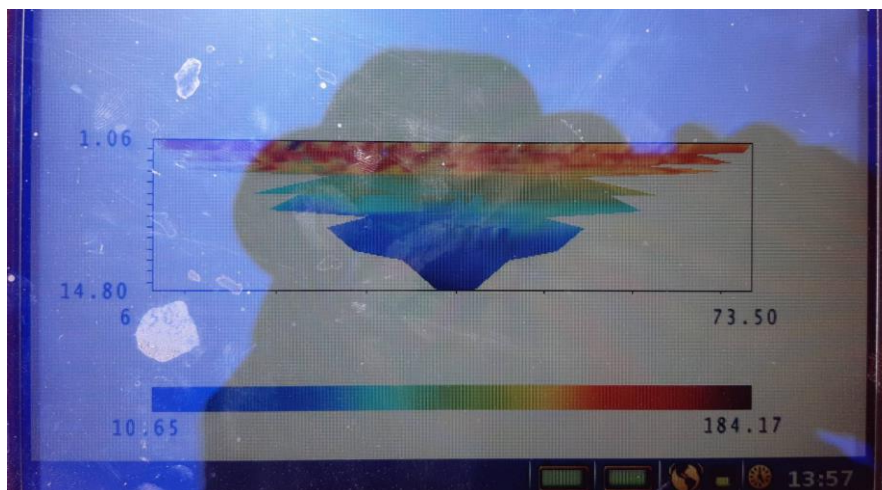
5.2.2 ติดตั้งเครื่องมือสำรวจแบบ (Multi-channel analysis of surface wave, MASW)



รูปที่ ซ-21 การติดตั้งเครื่องมือสำรวจ กม.1+200 ถึง กม.1+500

5.3 การวัดความต้านทาน

หลังจากติดตั้งอุปกรณ์แล้วเสร็จจึงเริ่มดำเนินการในขั้นตอนการวัดค่าความต้านทานด้วยเครื่องวัดความต้านทานไฟฟ้า ซึ่งเครื่องวัดความต้านทานไฟฟ้าจะทำการอ่านค่ากระแสไฟฟ้าพร้อมทั้งจัดเก็บค่าที่อ่านได้ไว้ใน Memory card ของเครื่อง ทั้งนี้สามารถตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูลจากการทดสอบได้จากเครื่องวัดค่าความต้านทานหลังจากที่เครื่องได้ทำการวัดค่าครบทุกขั้ว Electrode แต่จะได้ข้อมูลแบบหยาบ ตามรูปที่ ซ-22 ซึ่งสำหรับข้อมูลแบบละเอียดที่ใช้ในการวิเคราะห์นั้น จะต้องใช้ซอฟต์แวร์ภายนอกมาช่วยเสริมเพื่อความสะดวกและถูกต้อง



รูปที่ ซ-22 ผลการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าเบื้องต้นบางส่วน

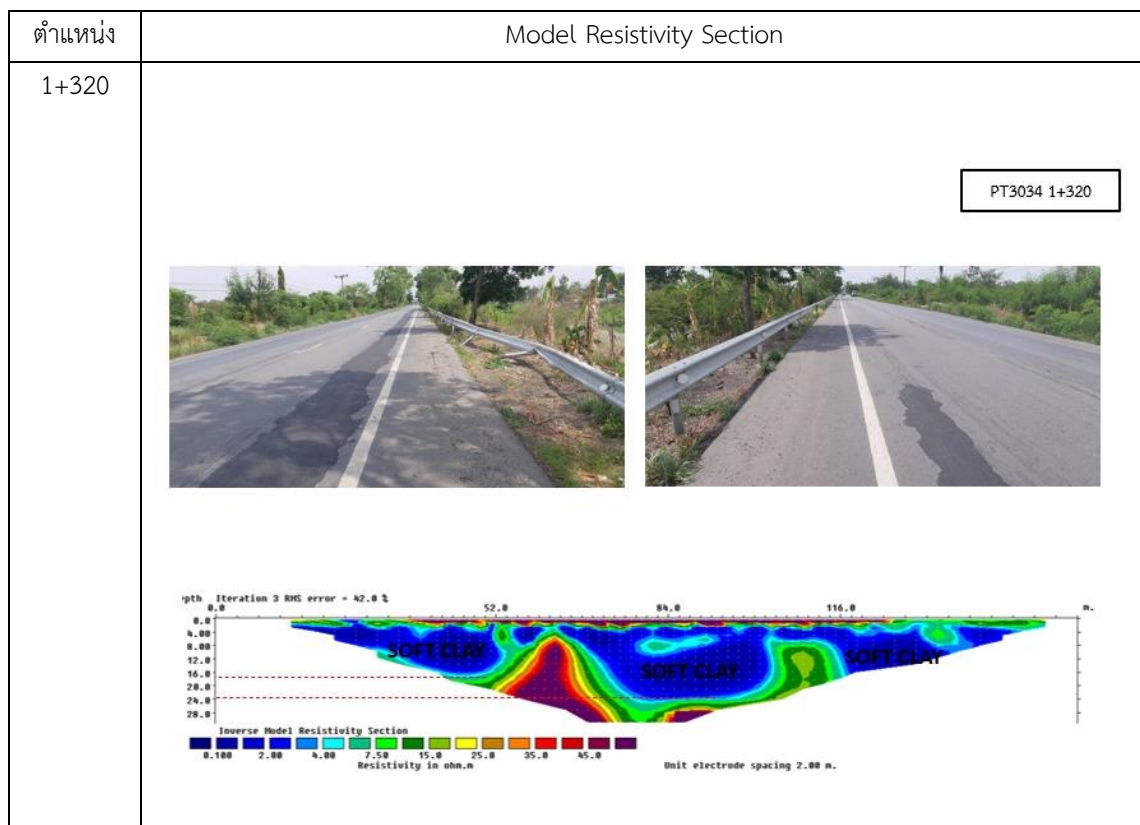
5.4 การวิเคราะห์ผลการทดสอบจากเครื่อง Resistivity Survey

ตารางที่ ข-1 ผลการวิเคราะห์ถนนสาย ปท.3034 กม.1+275



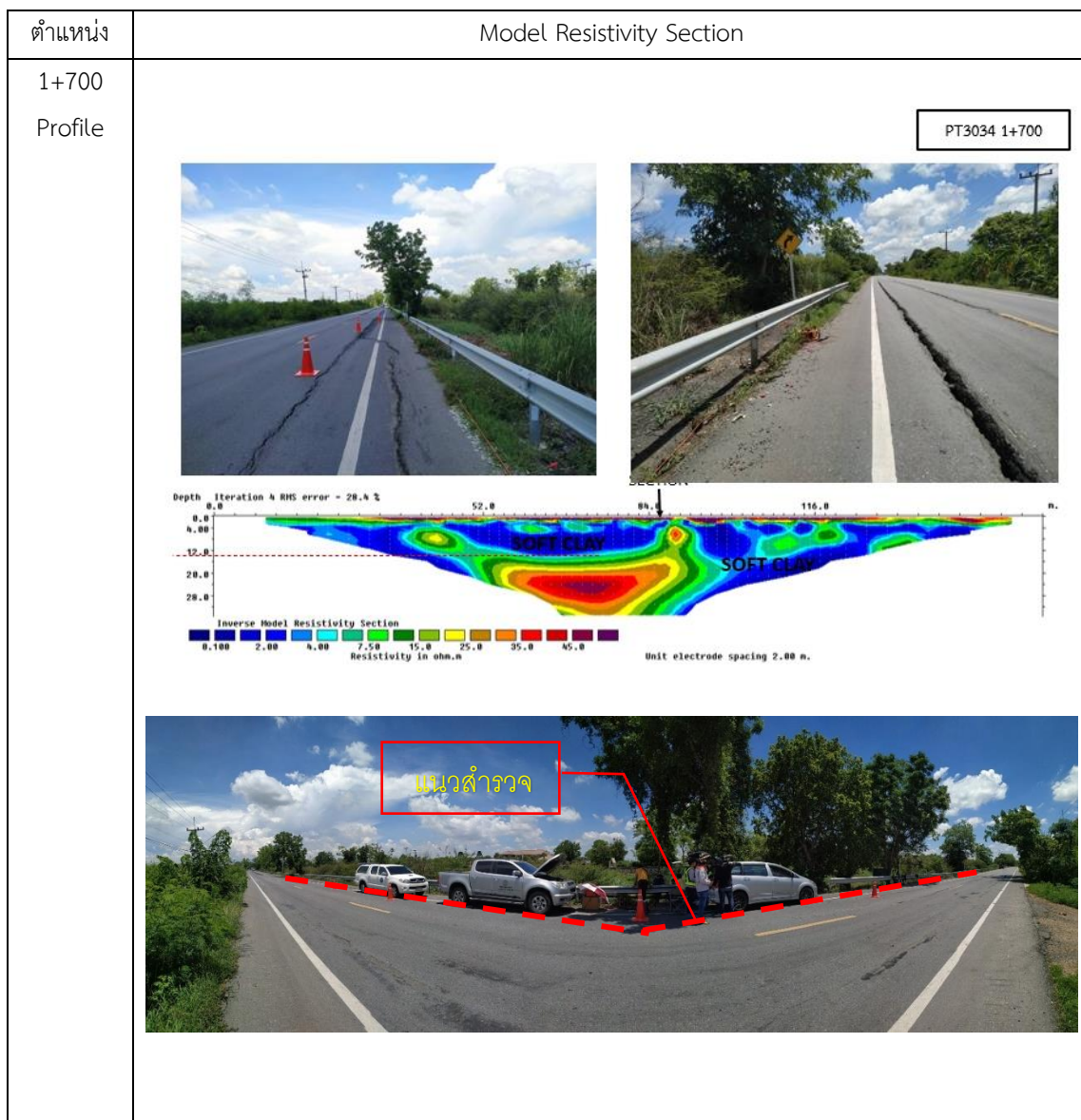
จาก Model Resistivity Section พบว่าจากระดับถนนถึงความลึก 2.00 เมตร มีค่าความต้านทานอยู่ระหว่าง 15 -45 ohm.m คาดว่าเป็นชั้นโครงสร้างทางเดิม ประกอบด้วยดินลูกรังและหินคลุก จากระดับความลึกตั้งแต่ 2.00 เมตรลงไป มีค่าความต้านทานต่ำกว่า 4 ohm.m คาดว่าเป็นชั้นดินเหนียวอ่อน ทรายแป้ง และทรายละเอียด โดยบริเวณที่ทำการสำรวจมีลักษณะชั้นดินที่แปรปรวน จากรูปตัดการวิเคราะห์จะเห็นว่า บางจุดมีความลึกของชั้นดินเหนียวอ่อนมากกว่า 10 เมตร

ตารางที่ ซ-2 ผลการวิเคราะห์ถนนสาย ปท.3034 กม.1+320



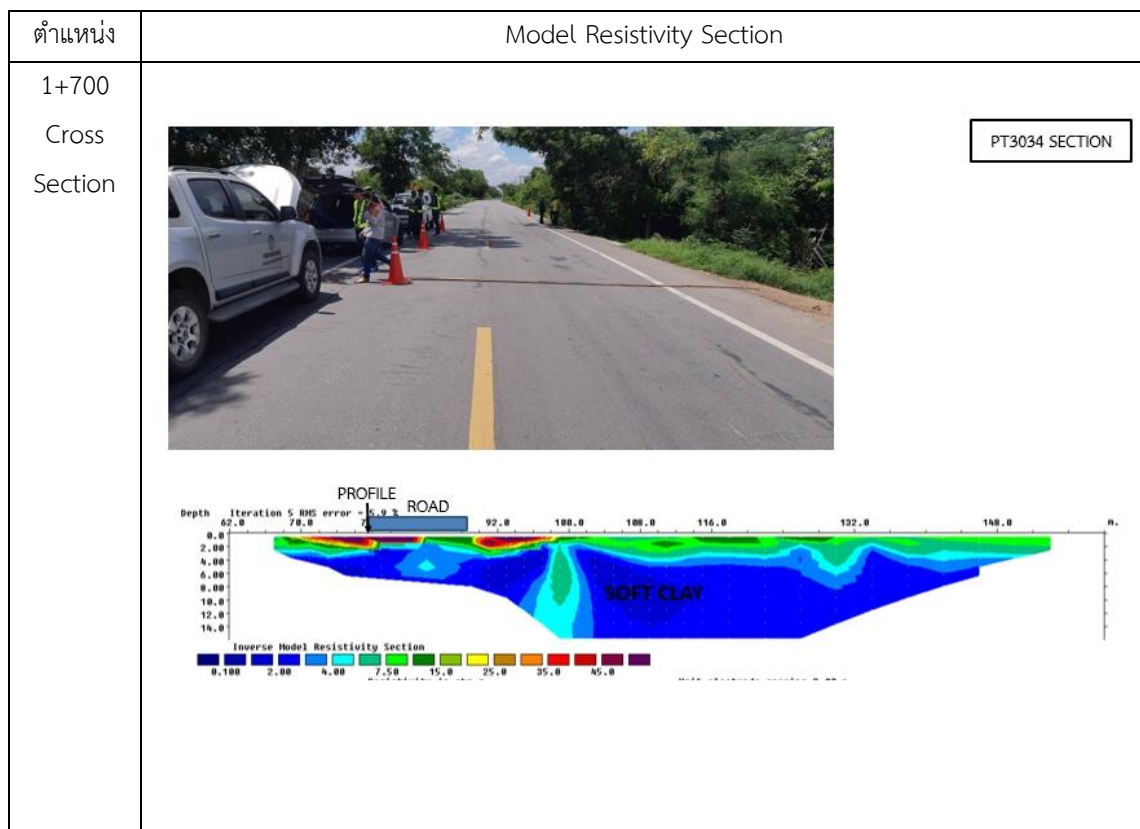
จาก Model Resistivity Section พบว่าจากระดับถนนถึงความลึก 2.00 เมตร มีค่าความต้านทานอยู่ระหว่าง 15 -45 ohm.m คาดว่าเป็นชั้นโครงสร้างทางเดิม ประกอบด้วยดินลูกรังและหินคลุก จากระดับความลึกตั้งแต่ 2.00 เมตรลงไป มีค่าความต้านทานต่ำกว่า 4 ohm.m คาดว่าเป็นชั้นดินเหนียวอ่อน ทรายแป้ง และทรายละเอียด โดยบริเวณที่ทำการสำรวจมีลักษณะชั้นดินที่แปรปรวน จากรูปตัดการวิเคราะห์จะเห็นว่า บางจุดมีความลึกของชั้นดินเหนียวอ่อนมากกว่า 16 เมตร

ตารางที่ ข-3 ผลการวิเคราะห์ถนนสาย ปท.3034 กม.1+700



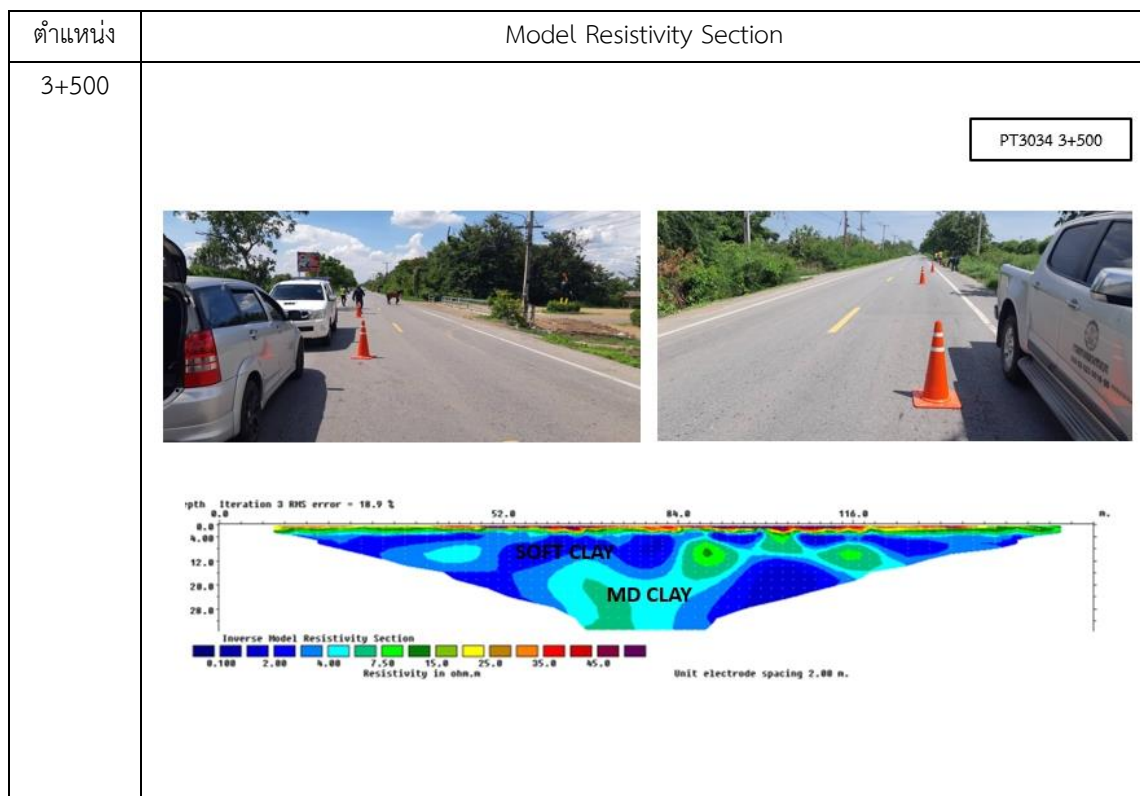
จาก Model Resistivity Section พบว่าจากระดับถนนถึงความลึก 2.00 เมตร มีความต้านทานอยู่ระหว่าง 15 -45 ohm.m คาดว่าเป็นชั้นโครงสร้างทางเดิม ประกอบด้วยดินลูกรังและหินคลุก จากระดับความลึกตั้งแต่ 2.00 เมตรลงไป มีความต้านทานต่ำกว่า 4 ohm.m คาดว่าเป็นชั้นดินเหนียวอ่อน ทรายแป้ง และทรายละเอียด โดยบริเวณที่ทำการสำรวจมีลักษณะชั้นดินที่แปรปรวน จากรูปตัดการวิเคราะห์จะเห็นว่า บางจุดมีความลึกของชั้นดินเหนียวอ่อนมากกว่า 12 เมตร

ตารางที่ ข-4 ผลการวิเคราะห์ถนนสาย ปท.3034 กม.1+700



จาก Model Resistivity Section พบว่าจากระดับถนนถึงความลึก 2.00 เมตร มีค่าความต้านทานอยู่ระหว่าง 15 -45 ohm.m คาดว่าเป็นชั้นโครงสร้างทางเดิม ประกอบด้วยดินลูกรังและหินคลุก จากระดับความลึกตั้งแต่ 2.00 เมตรลงไป มีค่าความต้านทานต่ำกว่า 4 ohm.m คาดว่าเป็นชั้นดินเหนียวอ่อน ทรายแป้งและทรายละเอียด

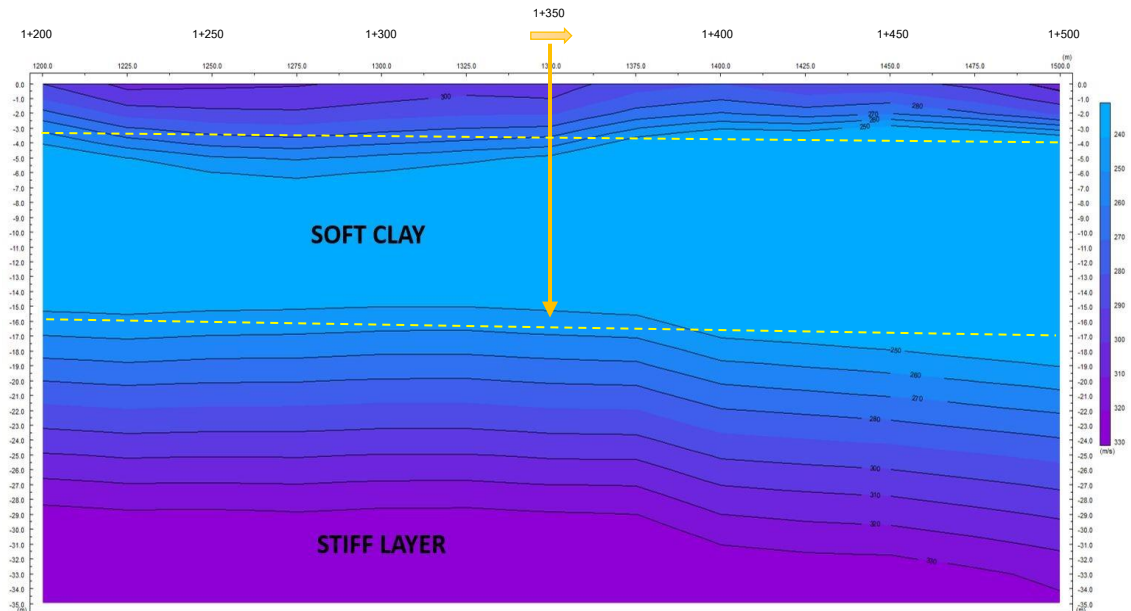
ตารางที่ ข-5 ผลการวิเคราะห์ถนนสาย ปท.3034 กม.3+500



จาก Model Resistivity Section พบว่าจากระดับถนนถึงความลึก 2.00 เมตร มีค่าความต้านทานอยู่ระหว่าง 15 -45 ohm.m คาดว่าเป็นชั้นโครงสร้างทางเดิม ประกอบด้วยดินลูกรังและหินคลุก จากระดับความลึกตั้งแต่ 2.00 เมตรลงไป มีค่าความต้านทานต่ำกว่า 4 ohm.m คาดว่าเป็นชั้นดินเหนียวอ่อน ทรายแป้ง และทรายละเอียด โดยบริเวณที่ทำการสำรวจมีลักษณะชั้นดินที่แปรปรวน จากรูปตัดการวิเคราะห์จะเห็นว่าชั้นดินเหนียวอ่อนปานกลางแทรกตัวอยู่

5.5 การวิเคราะห์ผลการทดสอบจากเครื่อง MASW

ผลการวิเคราะห์การสำรวจด้วยวิธี MASW (Multi-channel Analysis of Surface Wave Technique) ของถนนดังกล่าว สามารถประมวลผลออกมาเป็นกราฟ ตามรูปที่ ข-23 ดังนี้



รูปที่ ข-23 ผลการสำรวจด้วยวิธีคลื่นผิว MASW ที่ระยะ 1 + 200 เมตร ถึง 1 + 500 เมตร
ความเร็วคลื่นแบบ 2 มิติ

จากการทำการสำรวจด้วยวิธีคลื่นผิว MASW พบว่าความเร็วคลื่นเฉือนอยู่ระหว่าง 240 - 330 เมตร/วินาที โดยสังเกตได้จากแถบสีที่แสดงความเร็วคลื่นทุติยภูมิ (S-velocity) ซึ่งจะปรากฏเป็นเฉดสีต่างๆ พบว่า จากระดับถนนถึงความลึก 2.00 เมตรมีค่าความเร็วคลื่นเฉือนอยู่ระหว่าง 290-300 เมตร/วินาที คาดว่าเป็นชั้นโครงสร้างทางเดิม จากระดับความลึก 2.00 เมตรถึงระดับความลึก 20.00 เมตรมีค่าความเร็วคลื่นเฉือนน้อยกว่า 250 เมตร/วินาที คาดว่าเป็นชั้นดินเหนียวอ่อนทรายแป้ง จากระดับความลึกตั้งแต่ 20.00 เมตรลงไป มีค่าความเร็วคลื่นเฉือนอยู่ระหว่าง 270- 330 เมตร/วินาที คาดว่าเป็นชั้นดินเหนียวแข็ง และเมื่อพิจารณาแนวการสำรวจทั้งหมด สามารถประเมินได้ว่า บริเวณ กม.1+350 ถึง กม.1+500 น่าจะเป็นจุดที่มีดินเหนียวอ่อนหนาที่สุด ซึ่งจะมีความเสี่ยงสูงที่สุดที่ถนนอาจวิบัติได้ก่อนบริเวณอื่นๆ

6. สรุปและข้อเสนอแนะ

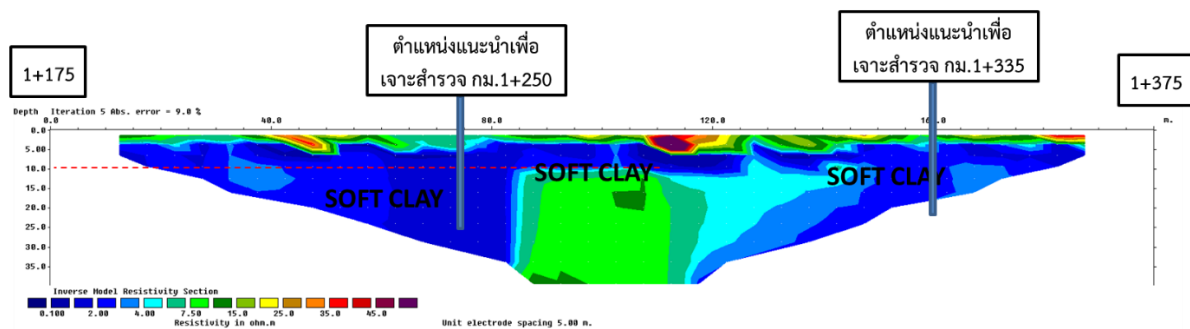
6.1 สรุปผลการสำรวจ

จากความเสียหายที่เกิดขึ้นขณะทำงานได้สำรวจทางธรณีเทคนิคด้วยวิธี Resistivity Survey เพื่อสำรวจทางธรณีวิศวกรรมบริเวณที่ได้รับความเสียหายซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

- ลักษณะธรณียภาพของจังหวัดปทุมธานีบริเวณดังกล่าว ดังแสดงในรูปที่ ฉ-13 เป็นตะกอนชายฝั่งทะเลโดยอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง ดินเหนียว ทรายแป้ง และทรายละเอียด หรือจำแนกเป็นชั้นดินในพื้นที่แอ่งดินเหนียวอ่อนกรุงเทพ (Soft Bangkok Clay)

- ลักษณะทางกายภาพของถนนสายดังกล่าวเป็นถนนเลียบบคลองชลประทานสายหลัก ตั้งอยู่บนพื้นที่ดินเหนียวอ่อนและมีความแปรปรวนเป็นอย่างมาก ซึ่งสามารถสังเกตได้จากผลการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธี Resistivity Survey ที่พบชั้นดินเหนียวอ่อนกระจายตัวทั่วแนวสำรวจ โดยบางจุดทดสอบมีความหนาแน่นกว่าจุดอื่นๆ

- คณะทำงานได้อ้างอิงจากผลการทดสอบ Resistivity Survey ในบริเวณ กม.1+250 และได้แนะนำบริเวณที่เหมาะสมในการเจาะสำรวจดิน เพื่อเก็บตัวอย่างมาทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรม เพื่อใช้ในการออกแบบซ่อมสร้างต่อไป ดังแสดงในรูปที่ ซ-24



รูปที่ ซ-24 ตำแหน่งที่แนะนำในการเจาะสำรวจดิน

เอกสารอ้างอิง

REFERENCES

- Infrastructure Monitoring and Management System, 2554 “โครงการศึกษาซ่อมแซมถนน เพื่อให้สามารถเปิดใช้งานได้เร็ว” กลุ่มปฐพี สำนักวิเคราะห์วิจัย กรมทางหลวงชนบท
- กรมทางหลวงชนบท, 2552 “โครงการศึกษาและจัดทำคู่มือแนวทางการออกแบบและการก่อสร้างถนนเลียบริมคลอง (ระยะที่ 1) (พื้นที่ศึกษา : จังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา และฉะเชิงเทรา)” ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
- กองวิเคราะห์วิจัยและทดสอบวัสดุ. (2559). ความรู้เกี่ยวกับการเจาะสำรวจดิน. กรมโยธาธิการและผังเมือง. การจัดการความรู้ การบริหารจัดการความเสี่ยง. (27 February 2021). เข้าถึงได้จาก THAILAND CONVENTION & EXHIBITION BUREAU (PUBLIC ORGANIZATION)
- เกียรติพงษ์ อุดมธนะธีระ. (8 November 2018). Risk การจัดลำดับความสำคัญความเสี่ยง (Risk Matrix). เข้าถึงได้จาก [www.iok2u.com: https://iok2u.com/index.php/article/e-book/193-risk-matrix](https://iok2u.com/index.php/article/e-book/193-risk-matrix)
- ดร.ศรีวรรณ ทาปัญญา. (February 2021). การบริหารความเสี่ยง Strategic Risk Management. เข้าถึงได้จาก KM OPS การจัดการความรู้
- นายสุรเดช ศรีอังกูร. (19 February 2019). Risk profile & Risk Matrix เพื่อคุณภาพ และความปลอดภัยแบบง่ายๆ. ห้องเรียนความเสี่ยง.
- บริษัท ทีม คอนซัลติ้ง เอนจิเนียริ่ง แอนด์ แมเนจเม้นท์ จำกัด และบริษัท วิศวกรรมธรณีและฐานราก จำกัด, 2552 “โครงการงานศึกษาจัดทำคู่มือการก่อสร้างถนนบนพื้นที่ดินอ่อน” รายงานฉบับสมบูรณ์ กรมทางหลวงชนบท
- ฝ่ายแผนงาน สำนักงานมหาวิทยาลัย. (August 2012). มหาวิทยาลัยทักษิณ . เข้าถึงได้จาก คู่มือการบริหารความเสี่ยง: http://www2.tsu.ac.th/planoffice/main/files_sec2/20120815145503Risk%20management%20Manual%202012.pdf
- รศ.ดร.สุทธิศักดิ์ ศรีลัมพ์, 2558 “การพิบัติของถนนริมคลองกรณียแล้ง พ.ศ. 2558” หน่วยวิจัยการออกแบบและวิจัยด้าน วิศวกรรมปฐพี ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- สำนักงานมหาวิทยาลัย, ฝ. (2012, August). มหาวิทยาลัยทักษิณ . Retrieved from คู่มือการบริหารความเสี่ยง. ห้องเรียน ความเสี่ยง.



กรมทางหลวงชนบท
Department of Rural Roads