รายงานฉบับที่ วพ. 297 สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง
REPORT NO. RD. 297 BUREAU OF ROAD RESEARCH AND DEVELOPMENT

ปัญหาและแนวทางแก้ไขรอยแตกตามยาวและทรุดตัว บริเวณไหล่ทางหลวงในพื้นที่ภาคกลาง

โดย

ดร.อัคคพัฒน์ สว่างสุรีย์
ดร.บารเมศ วรรธนะภูติ
ผศ.ดร.อภินิติ โชติสังกาศ

กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม
DEPARTMENT OF HIGHWAYS, MINISTRY OF TRANSPORT
RATCHATHEWI, BANGKOK 10400, THAILAND

ปัญหาและแนวทางแก้ไขรอยแตกตามยาวและทรุดตัว บริเวณไหล่ทางหลวงในพื้นที่ภาคกลาง

โดย

ดร.อัคคพัฒน์ สว่างสุรีย์
ดร.บารเมศ วรรธนะภูติ
ผศ.ดร.อภินิติ โชติสังกาศ

รายงานฉบับที่ วพ. 297

สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง
กรมทางหลวง

กรกฎาคม 2554

ISSN 0125-8044

รายงานนี้เป็นแนวความคิดของผู้เขียนเท่านั้น กรมทางหลวงไม่มีส่วนผูกพันแต่อย่างใด

คำนำ

ปัญหารอยแตกตามยาวและทรุดตัวของไหล่ทางหลวง เป็นปัญหาที่พบได้บ่อยในพื้นที่ภาคกลาง สำนักวิจัยและพัฒนางานทางได้มีโครงการศึกษาการแตกร้าวและทรุดตัวบริเวณไหล่ทางหลวงในพื้นที่ภาคกลาง ในงบประมาณปี พ.ศ. 2552 รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยดังกล่าว โดยมีวัตถุประสงค์สำคัญเพื่อ (1) สำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลสภาพความเสียหายของไหล่ทางในพื้นที่ภาคกลาง, (2) เพื่อศึกษาและวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดรอยแตกตามยาวและทรุดตัวของไหล่ทาง และ (3) เพื่อกำหนดแนวทางแก้ไขและป้องกันปัญหารอยแตกตามยาวและทรุดตัวของไหล่ทางทางหลวงต่อไป

กรมทางหลวงหวังเป็นอย่างยิ่งว่า รายงานฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อเจ้าหน้าที่กรมทางหลวงผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง โดยเฉพาะในพื้นที่ที่เกิดความเสียหายของไหล่ทางในลักษณะดังกล่าว นอกจากนี้รายงานนี้ยังนำเสนอร่างปรับปรุงรายการละเอียดและข้อกำหนดการก่อสร้างทางหลวงอีกด้วย

(นายวีระ เรืองสุขศรีวงศ์)

อธิบดีกรมทางหลวง

ปัญหาและแนวทางแก้ไขรอยแตกตามยาวและทรุดตัว บริเวณไหล่ทางหลวงในพื้นที่ภาคกลาง

ดร.อัคคพัฒน์ สว่างสุรีย์

ดร.บารเมศ วรรธนะภูติ

ผศ.ดร.อภินิติ โชติสังกาศ

สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง

กรมทางหลวง

ปัญหารอยแตกตามยาวและทรุดตัวของไหล่ทางหลวงในพื้นที่ภาคกลาง เป็นความเสียหายที่พบได้บ่อยครั้งบนทางหลวงที่มีไหล่ทางเป็นผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต การศึกษานี้ได้ทำการคัดเลือกทางหลวงซึ่งเกิดปัญหาไหล่ทางแตกตามยาวและทรุดตัวในพื้นที่ภาคกลาง จำนวน 5 สายทาง ได้แก่ ทางหลวงหมายเลข 21 จ.ลพบุรี, ทางหลวงหมายเลข 3196 จ.ลพบุรี, ทางหลวงหมายเลข 340 จ.สุพรรณบุรี, ทางหลวงหมายเลข 357 จ.สุพรรณบุรี และทางหลวงหมายเลข 347 จ.พระนครศรีอยุธยา โดยคัดเลือกทางหลวงหมายเลข 357 เป็นตัวแทนกรณีศึกษาเชิงลึกเพื่อวิเคราะห์หากลไกและสาเหตุความเสียหายที่เกิดขึ้นบริเวณไหล่ทางหลวงในพื้นที่ภาคกลาง ขั้นตอนการดำเนินการศึกษาประกอบด้วย การศึกษาและรวบรวมข้อมูลงานก่อสร้าง การสำรวจสภาพความเสียหายบริเวณไหล่ทาง การเจาะสำรวจชั้นดิน การขุดหลุมทดสอบ การทดสอบคุณสมบัติของดินภาคสนามและในห้องปฏิบัติการ การติดตั้งและดำเนินการตรวจวัดด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดพฤติกรรมทางธรณีเทคนิค

สารบัญ

หน้า

คำนำ

บทคัดย่อ

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 1

1.3 ขอบเขตของการศึกษา 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 รอยแตกตามยาวและทรุดตัวของไหล่ทาง 3

2.2 ลักษณะชั้นดินในพื้นที่ภาคกลาง 4

2.3 ดินยืดหดตัว (Expansive Soils) 4

2.4 อิทธิพลจากการเปียกสลับแห้งต่อการคืบ (Creep) กำลังรับแรงเฉือน และเสถียรภาพของลาดดินเหนียว 7

บทที่ 3 การสำรวจรอยแตกตามยาวและทรุดตัวของไหล่ทางในพื้นที่ภาคกลาง 11

3.1 ทางหลวงหมายเลข 21 (อ.พัฒนานิคม ถึง อ.ชัยบาดาล จ.ลพบุรี) 12

3.2 ทางหลวงหมายเลข 340 (อ.บางปลาม้า จ.สุพรรณบุรี) 14

3.3 ทางหลวงหมายเลข 347 (อ.บางปะอิน จ.พระนครศรีอยุธยา) 14

3.4 ทางหลวงหมายเลข 357 (สายเลี่ยงเมืองสุพรรณบุรี) 17

3.5 ทางหลวงหมายเลข 3196 (อ.บ้านหมี่ จ.ลพบุรี) 18

บทที่ 4 ผลการศึกษาทางหลวงหมายเลข 357 21

4.1 รายละเอียดพื้นที่ศึกษา 21

4.2 สภาพความเสียหายของไหล่ทางหลวงหมายเลข 357 23

4.3 ผลการขุดหลุมทดสอบบริเวณไหล่ทางหลวงหมายเลข 357 24

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4 สมมติฐานความเสียหาย	26
4.5 ผลการสำรวจและทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ	29
4.6 ผลการติดตามและตรวจวัดพฤติกรรมของคันทาง	32
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะแนวทางการแก้ไขป้องกันปัญหา	35
5.1 สรุปผลการศึกษา	36
5.2 แนวทางการแก้ไขป้องกันปัญหา	36
5.3 ปรับปรุงมาตรฐานและข้อกำหนด	37
เอกสารอ้างอิง	40
ภาคผนวก ก	41

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 การจำแนกดินประเภท Expansive Soils (Day 1999) 5

ตารางที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า KPT กับระดับความแข็งแรงของดินเหนียว 31

ตารางที่ 5.1 วิธีการแก้ไขปัญหาดินยืดหดตัวสูง 38

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 2.1	ความหนาของชั้นดินเหนียวอ่อน (กรมทรัพยากรธรณี 2552)	4
รูปที่ 2.2	ดินเวอร์ทิซอลล์ที่พบในพื้นที่ภาคกลาง	6
รูปที่ 2.3	ตัวอย่างดินเวอร์ทิซอลล์	7
รูปที่ 2.4	ความเครียดพลาสติก (Plastic Strain) สะสมบริเวณตีนของลาดดินภายหลังการเปียกสลับแห้งเป็นระยะเวลา 5 ปี	8
รูปที่ 2.5	เปรียบเทียบลาดดินเหนียวก่อนและหลังการเปียกสลับแห้ง	9
รูปที่ 3.1	ทางหลวงแผ่นดิน จำนวน 5 สายทางในพื้นที่ภาคกลางที่พบรอยแตกตามยาวและทรุดตัวของไหล่ทาง	11
รูปที่ 3.2	ทางหลวงหมายเลข 21 (อ.พัฒนานิคม จ.ลพบุรี) ระหว่างกม.40+400 – กม.40+500	12
รูปที่ 3.3	ทางหลวงหมายเลข 21 (อ.ชัยบาดาล จ.ลพบุรี) ระหว่างกม.59+200 – กม.59+300	13
รูปที่ 3.4	ชุดดินที่ 28 กระจายอยู่ในบริเวณพื้นที่สำรวจบนทางหลวงหมายเลข 21	13
รูปที่ 3.5	ทางหลวงหมายเลข 340 (อ.บางปลาม้า จ.สุพรรณบุรี) ระหว่างกม.81+250 – กม.81+350	14
รูปที่ 3.6	ชุดดินที่ 2 กระจายอยู่ในบริเวณพื้นที่สำรวจบนทางหลวงหมายเลข 340.	15
รูปที่ 3.7	ทางหลวงหมายเลข 347 (อ.บางปะอิน จ.พระนครศรีอยุธยา) ระหว่างกม.31+750 – กม.31+850	16
รูปที่ 3.8	ชุดดินที่ 2 กระจายอยู่ในบริเวณพื้นที่สำรวจบนทางหลวงหมายเลข 347	16
รูปที่ 3.9	ทางหลวงหมายเลข 357 (สายเลี่ยงเมือง จ.สุพรรณบุรี) ระหว่างกม.32+600 – กม.33+100	17
รูปที่ 3.10	ชุดดินที่ 1, 2 และ 3 กระจายอยู่ในบริเวณพื้นที่สำรวจบนทางหลวงหมายเลข 357	18
รูปที่ 3.11	ทางหลวงหมายเลข 3196 (อ.บ้านหมี่ จ.ลพบุรี) ระหว่างกม.55+000 – กม.55+100	19
รูปที่ 3.12	ทางหลวงหมายเลข 3196 (อ.บ้านหมี่ จ.ลพบุรี) ระหว่างกม.65+450 – กม.65+550	19
รูปที่ 3.13	ชุดดินที่ 3 และ 4 กระจายอยู่ในพื้นที่สำรวจบนทางหลวงหมายเลข 3196	20

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.1 แสดงรายละเอียดชุดดินจำแนกตามระบบอนุกรมวิธานของดิน บริเวณทางหลวงหมายเลข 357 (สายเลี่ยงเมืองสุพรรณบุรี) 22

รูปที่ 4.2 แสดงรูปตัดของโครงสร้างชั้นทาง ทางหลวงหมายเลข 357 (สายเลี่ยงเมืองสุพรรณบุรี) 23

รูปที่ 4.3 สภาพความเสียหายของไหล่ทางหลวงหมายเลข 357 (สายเลี่ยงเมืองสุพรรณบุรี) 24

รูปที่ 4.4 ตำแหน่งและความลึกของระนาบพิบัติในแปลงศึกษาที่ 1 25

รูปที่ 4.5 ตำแหน่งและความลึกของระนาบพิบัติของแปลงศึกษาที่ 2 26

รูปที่ 4.6 สมมติฐานความเสียหายเนื่องจากชั้นทรายรองแผ่นพื้นคอนกรีตเคลื่อนตัว 27

รูปที่ 4.7 สมมติฐานความเสียหายเนื่องจากดินถมคันทางเคลื่อนตัว 27

รูปที่ 4.8 สมมติฐานความเสียหายเนื่องจากดินใต้คันทางอ่อนตัว 28

รูปที่ 4.9 สมมติฐานความเสียหายเนื่องจากดินถมคันทางเกิดการยืดหดตัวสูง 29

รูปที่ 4.10 ค่า KPT ของวัสดุลาดคันทางบริเวณแปลงศึกษาที่ 1 30

รูปที่ 4.11 ค่า KPT ของวัสดุลาดคันทางบริเวณแปลงศึกษาที่ 2 31

รูปที่ 4.12 รูปขณะทำการทดสอบ 33

รูปที่ 4.13 ค่าแรงดันน้ำใต้ดินของแปลงศึกษาที่ 2 33

รูปที่ 4.14 ผลการตรวจวัดค่าการเคลื่อนตัวด้านข้างของแปลงศึกษาที่ 1 34

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ความเสียหายที่พบเห็นได้บ่อยครั้งบนถนนทางหลวงที่มีไหล่ทางเป็นผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต คือ รอยแตกตามยาว (Longitudinal หรือ Edge Crack) บริเวณไหล่ทางขนานไปกับแนวถนน โดยอยู่ห่างจากขอบถนนประมาณ 25 ถึง 70 เซนติเมตร ทั้งนี้มักพบการทรุดตัวร่วมด้วย

ปัญหารอยแตกตามยาวและทรุดตัวของไหล่ทางเกิดจากหลายสาเหตุด้วยกัน แต่สามารถแบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกเป็นปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ ได้แก่ ขั้นตอนและรูปแบบวิธีการก่อสร้าง คุณภาพของวัสดุที่ใช้ก่อสร้าง เป็นต้น ส่วนกลุ่มที่สองเป็นปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ ได้แก่ ปริมาณจราจร สภาพภูมิอากาศ การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำข้างทาง คุณสมบัติของชั้นดินฐานราก เป็นต้น

ปัญหาไหล่ทางแตกตามยาวและทรุดตัวเกิดขึ้นบนทางหลวงหลายสายในพื้นที่ภาคกลาง อาทิเช่น อยุธยา สุพรรณบุรี อ่างทอง ลพบุรี เป็นต้น จากตัวอย่างผลการสำรวจความเสียหายในโครงการก่อสร้างทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 357 สายเลี่ยงเมืองสุพรรณบุรี พบว่าเกิดรอยแตกและทรุดตัวบริเวณไหล่ทางแอสฟัลต์คอนกรีตเกือบตลอดสายทาง โดยความเสียหายได้เกิดขึ้นภายหลังการก่อสร้างแล้วเสร็จ ก่อนเปิดการใช้งาน ส่งผลให้ทางหลวงไม่สามารถเปิดใช้งานได้ตามกำหนดเวลา ทั้งยังต้องสูญเสียงบประมาณในการซ่อมบำรุงอีกด้วย จากหลักการและเหตุผลดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง จึงได้ริเริ่มโครงการศึกษาการแตกร้าวและทรุดตัวบริเวณไหล่ทางหลวงในพื้นที่ภาคกลาง เพื่อดำเนินการศึกษาและวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดรอยแตกตามยาวและทรุดตัวของไหล่ทางแอสฟัลต์คอนกรีต พร้อมกำหนดเป็นแนวทางปฏิบัติในการซ่อมแซมแก้ไขและป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้น โดยเสนอเป็นร่างปรับปรุงมาตรฐานและข้อกำหนด ตลอดจนขั้นตอนและวิธีการดำเนินการก่อสร้างเพื่อลดโอกาสเสี่ยงของการเกิดรอยแตกตามยาวและทรุดตัวของไหล่ทางหลวงในสายทางอื่นๆต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลสภาพความเสียหายของไหล่ทางในพื้นที่ภาคกลาง

1.2.2 เพื่อศึกษาและวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดรอยแตกตามยาวและทรุดตัวของไหล่ทาง

1.2.3 เพื่อกำหนดแนวทางแก้ไขและป้องกันปัญหารอยแตกตามยาวและทรุดตัวของไหล่ทาง

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษาจะดำเนินการสำรวจและเก็บข้อมูลสภาพความเสียหายของไหล่ทางในพื้นที่ภาคกลางเพื่อทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดรอยแตกตามยาวและทรุดตัวของไหล่ทางแอสฟัลต์คอนกรีตรวมถึงแนวทางการซ่อมแซมแก้ไขและป้องกันความเสียหายในอนาคต โดยเลือกโครงการก่อสร้างทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 357 (สายเลี่ยงเมืองสุพรรณบุรี) เป็นตัวแทนกรณีศึกษาปัญหารอยแตกตามยาวและทรุดตัวบริเวณไหล่ทางหลวงในพื้นที่ภาคกลาง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ทราบถึงสาเหตุของการเกิดรอยแตกตามยาวและทรุดตัวของไหล่ทาง

1.4.2 ได้ทราบถึงวิธีการป้องกันและแก้ไขปัญหารอยแตกตามยาวและทรุดตัวของไหล่ทาง

1.4.3 ช่วยยืดอายุการใช้งานถนนของกรมทางหลวงให้ยาวนานขึ้น อันเป็นการประหยัดงบประมาณของประเทศ

1.4.4 ช่วยส่งเสริมความปลอดภัยแก่ผู้ใช้ทางหลวง

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 รอยแตกตามยาวและทรุดตัวของไหล่ทาง

ผลการศึกษาวิจัยที่ผ่านมา (ยงยุทธ และคณะ 2547) บรรกอบข้อมูลที่รวบรวมได้จากประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมงานทาง พบว่าปัญหารอยแตกตามยาวและทรุดตัวบริเวณไหล่ทางเกิดได้จากหลายปัจจัย แต่สามารถแบ่งออกได้ 2 กลุ่ม คือ (1) กลุ่มปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ ได้แก่ งานควบคุมการก่อสร้าง รูปแบบวิธีการก่อสร้าง และวัสดุที่ใช้ในงานก่อสร้างทาง เป็นต้น (2) กลุ่มปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ ได้แก่ ปริมาณจราจร สภาพภูมิอากาศ การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำข้างทาง คุณสมบัติของชั้นดินฐานราก เป็นต้น รายละเอียดของแต่ละปัจจัย อธิบายได้ดังต่อไปนี้

1) งานควบคุมการก่อสร้างที่ไม่ตระหนักถึงความสำคัญของไหล่ทาง ยกตัวอย่างเช่น ผู้ควบคุมขาดความเข้มงวดในการก่อสร้างไหล่ทาง ไหล่ทางมีความแน่นไม่ผ่านข้อกำหนด ส่งผลให้ไหล่ทางทรุดตัวเนื่องจากน้ำหนักรถบรรทุก และยังส่งผลให้เกิดการเคลื่อนตัวด้านข้างได้ง่าย เป็นเหตุให้ไหล่ทางแตกและทรุดตัวเป็นแนวยาว

2) รูปแบบวิธีการก่อสร้าง อาทิเช่น การกำหนดความสูงและความลาดชันของคันทางที่ไม่สอดคล้องกับคุณสมบัติของวัสดุถมคันทางและชั้นดินฐานราก รูปแบบการขยายความกว้างของถนนที่ไม่เหมาะสม เป็นต้น

3) วัสดุที่ใช้ในงานก่อสร้างทาง กล่าวคือดินถมคันทางอาจมีคุณสมบัติการยืดหดตัวสูง ส่งผลให้เกิดรอยแตกของมวลดินในคันทาง แล้วสะท้อนขึ้นบนผิวทางเป็นแนวยาว

4) ปริมาณการจราจรและน้ำหนักรถบรรทุกที่เพิ่มขึ้นสูงกว่าค่าที่ออกแบบ ส่งผลให้ไหล่ทางแตกและทรุดตัว

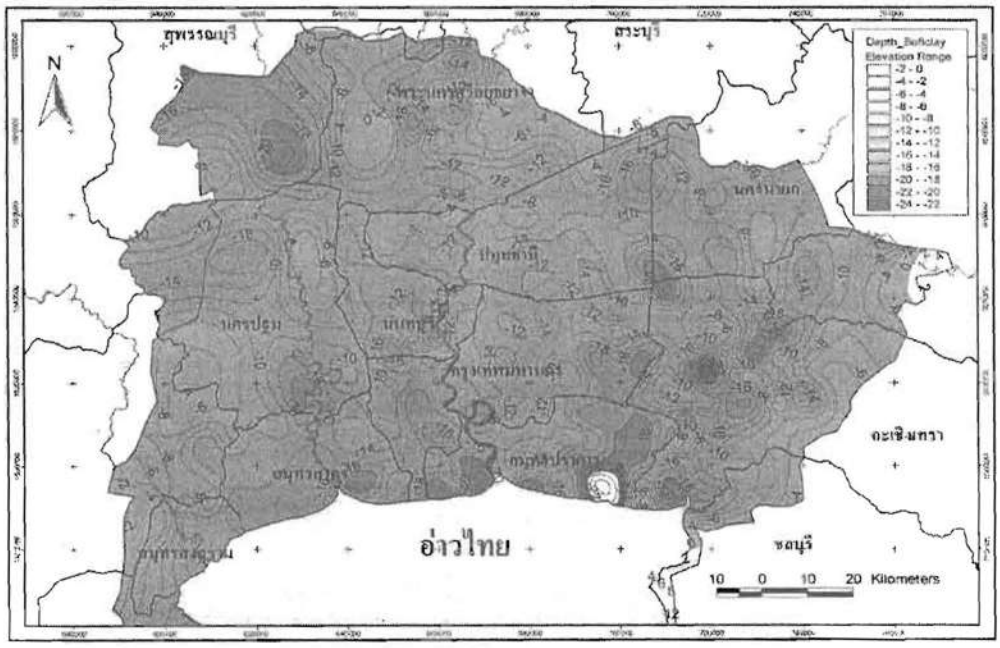
5) สภาพภูมิอากาศ อาทิเช่น ช่วงฤดูฝนปริมาณความชื้นในดินบริเวณลาดคันทางเพิ่มขึ้น ดินเกิดการบวมตัว เมื่อช่วงฤดูฝนผ่านไป ปริมาณความชื้นในดินลดลง ดินเกิดการหดตัว การเปลี่ยนแปลงสลับไปมาก่อให้เกิดรอยแตกของมวลดินในคันทาง น้ำจึงไหลซึมผ่านลงสู่ชั้นดินได้ง่าย

6) ดินฐานรากคันทางเป็นดินเหนียวอ่อน มีคุณสมบัติด้านกำลังรับน้ำหนักต่ำ ทำให้คันทางเกิดการทรุดตัว เคลื่อนตัว และวิบัติได้ง่าย

2.2 ลักษณะชั้นดินในพื้นที่ภาคกลาง

โครงสร้างธรณีวิทยาบริเวณพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย มีลักษณะเป็นแอ่งหินรูปกระทะหงาย มีความลึกของชั้นหินประมาณ 2,000 เมตร เหนือชั้นหินเป็นตะกอนดินทรายสลับกับดินเหนียว และชั้นบนสุดเป็นดินเหนียวอ่อน ครอบคลุมพื้นที่ 14 จังหวัด ประมาณ 14,000 ตารางกิโลเมตร

ชั้นดินเหนียวอ่อนส่วนใหญ่มีความหนาประมาณ 10 ถึง 18 เมตร ยกเว้นพื้นที่ทางตอนเหนือตั้งแต่จังหวัดปทุมธานีขึ้นไปจนสุดบริเวณจังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยมีความหนาลดลงตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 1 ชั้นดินดังกล่าวมีช่องว่างในมวลดินสูง มีคุณสมบัติกำลังรับแรงเฉือนต่ำ และสามารถเกิดการยุบตัวสูง จึงส่งผลให้การก่อสร้างทางในพื้นที่ภาคกลางประสบปัญหาขณะก่อสร้างและภายหลังการก่อสร้าง อาทิ เช่น ปัญหาเสถียรภาพของคันทาง ปัญหาการทรุดตัวของคันทาง เป็นต้น



รูปที่ 2.1 ความหนาของชั้นดินเหนียวอ่อน (กรมทรัพยากรธรณี 2552)

2.3 ดินยืดหดตัว (Expansive Soils)

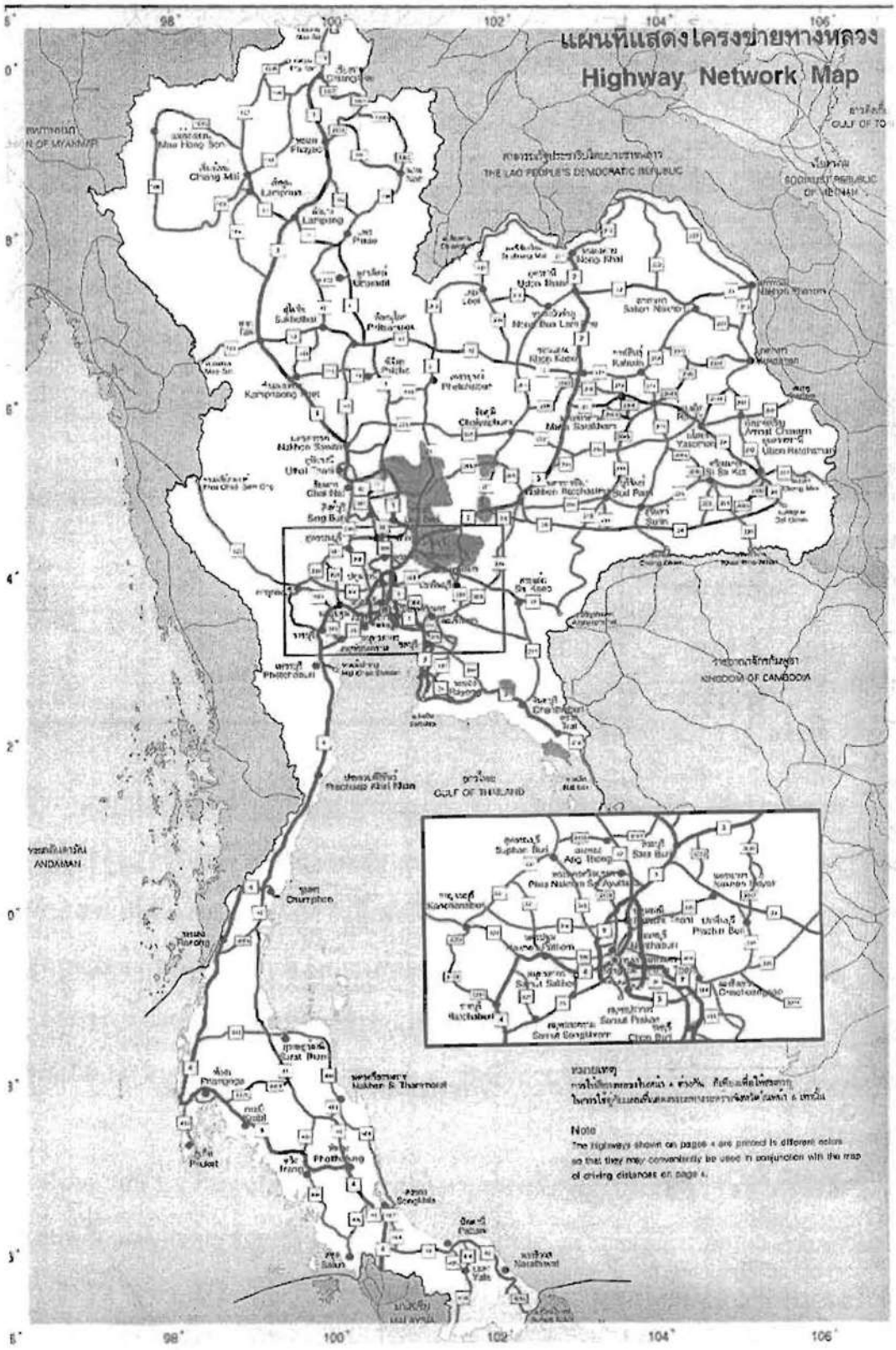
ดินยืดหดตัว (Expansive Soils) คือดินที่เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านปริมาตรได้สูง เมื่อปริมาณความชื้นในดินเปลี่ยนแปลง ดินประเภทนี้มีต้นกำเนิดจากหิน Shale และ Claystone ซึ่งประกอบด้วยแร่ดินเหนียว Montmorillonite เป็นส่วนใหญ่ มีค่า Cation Exchange Capacity และค่า Atterberg Limits สูง Day (1999) จำแนกดินประเภท Expansive Soils เป็น 5 ระดับ ได้แก่ Very Low, Low, Medium, High และ Very High โดยพิจารณาจากค่า Expansion Index, %Clay, Plasticity Index และ %Swelling ตามตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การจำแนกดินประเภท Expansive Soils (Day 1999)

Expansion Potential	Very Low	Low	Medium	High	Very High
Expansion Index	0-20	21-50	51-90	91-130	>130
% Clay (<2 μm)	0-10	10-15	15-25	25-35	35-100
Plasticity Index	0-10	10-15	15-25	25-35	>35
% Swell @ 2.8 kPa	0-3	3-5	5-10	10-15	>15
% Swell @ 6.9 kPa	0-2	2-4	4-7	7-12	>12
% Swell @ 31 kPa	0	0-1	1-4	4-6	>6

กรมพัฒนาที่ดินจำแนกดินที่พบในประเทศไทยออกเป็น 9 อันดับตามระบบอนุกรมวิธานของดิน (Soil Taxonomy) และพบว่าหนึ่งในนั้นเป็นดินเวอร์ทิซอลส์ ซึ่งมีคุณสมบัติการยืดหดตัวได้สูง ลักษณะเด่นของดินเวอร์ทิซอลส์ คือมีสีคล้ำ ค่า pH สูง และมีแร่ดินเหนียว Montmorillonite เป็นแร่ประกอบหลัก ช่วงฤดูแล้ง ปริมาณความชื้นในดินต่ำ ดินชั้นบนเกิดการแตกระแหง ดินชั้นล่างมีรอยเลื่อนไถล (Slickenside) ลักษณะผิวหน้าเรียบเป็นมัน เมื่อฝนตกลงมา ดินชั้นบนจะเลื่อนไหลไปตามรอยแตกระแหง ลักษณะเด่นของดินเวอร์ทิซอลส์อีกประการ คือสภาพภูมิประเทศของดินดังกล่าวมักมีผิวหน้าดินที่ไม่เรียบ เป็นหลุมตะปุ่มตะป่ำ

ดินเวอร์ทิซอลส์มักพบในพื้นที่ภาคกลางตอนบนดังแสดงในรูปที่ 2.2 ดินเวอร์ทิซอลส์ที่พบในประเทศไทยแบ่งออกเป็น 5 ชุดย่อย คือ ชุดดินที่ 1, 2, 3, 4 และ 28 ข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดินชี้ให้เห็นว่า ชุดดินที่ 1 และ 28 มีโอกาสเป็นดินยืดหดตัว (Expansive Soils) สูงกว่าชุดดินที่ 2, 3 และ 4 ดังนั้นหากนำชุดดินที่ 1 และ 28 มาใช้ถมคันทาง มีโอกาสเกิดปัญหารอยแตกและทรุดตัวได้สูง ตัวอย่างดินเวอร์ทิซอลส์แสดงในรูปที่ 2.3

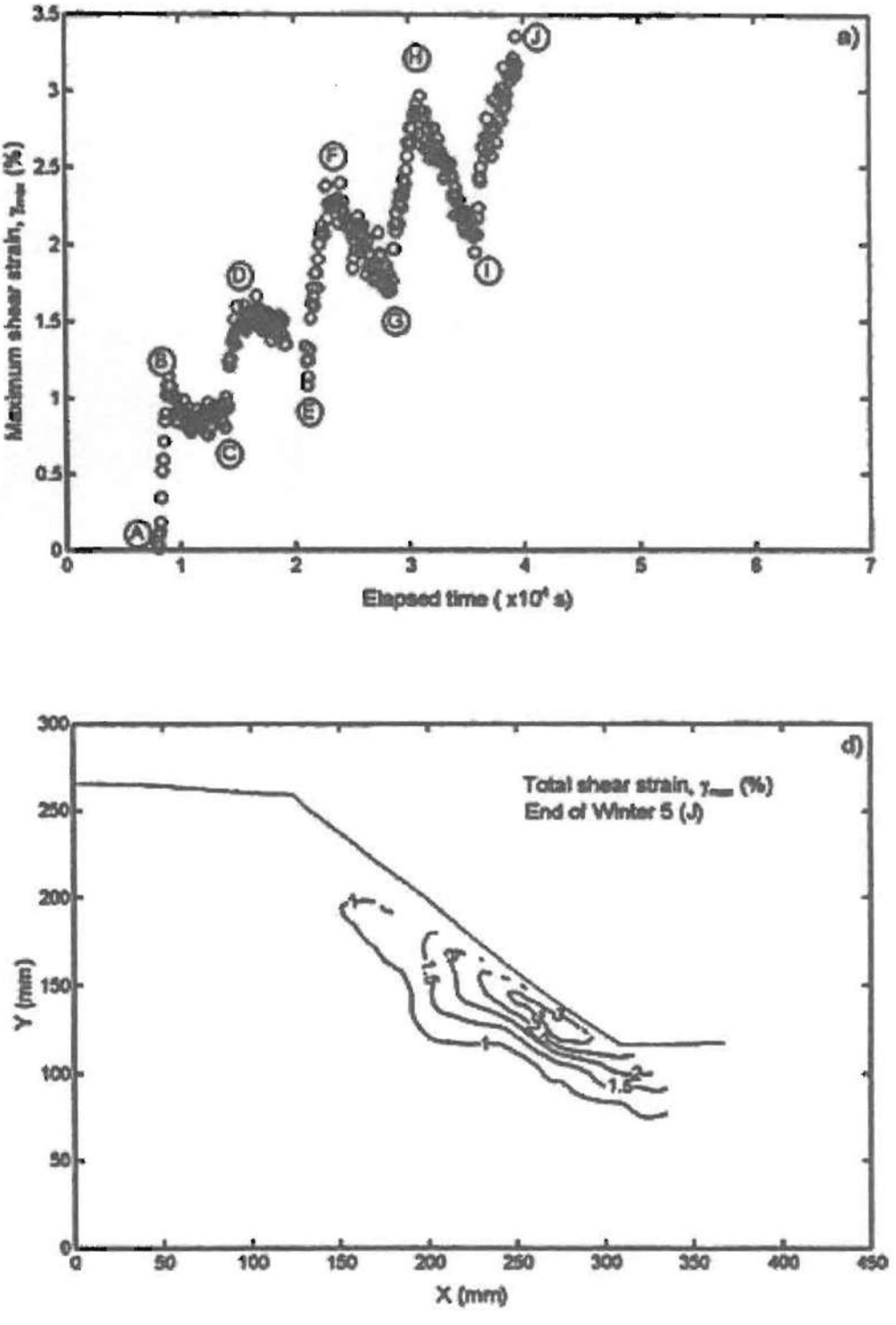


รูปที่ 2.2 ดินเวอร์ทิซอลส์ที่พบในพื้นที่ภาคกลาง

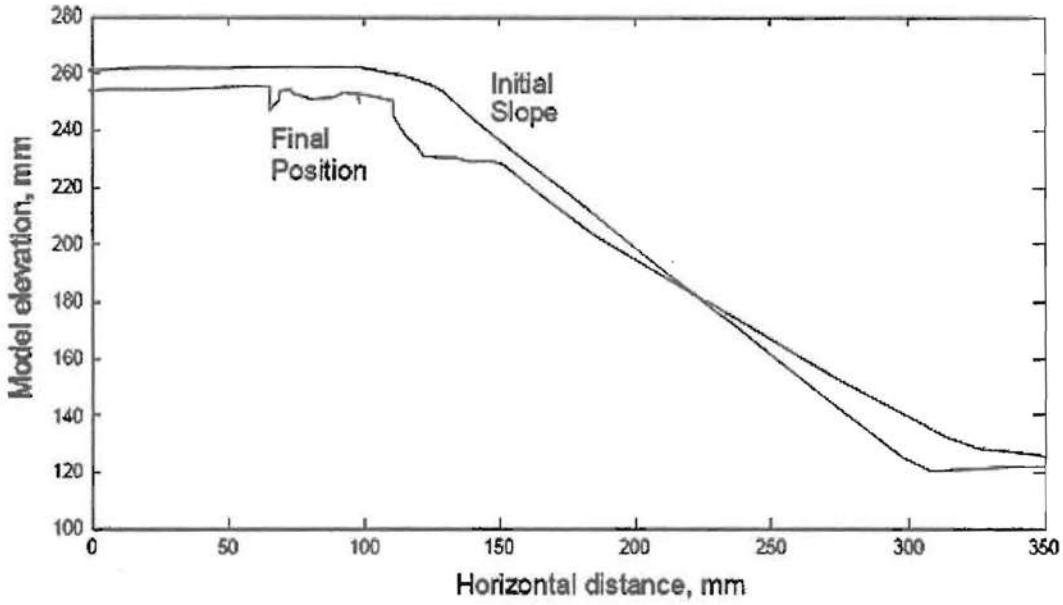
รูปที่ 2.3 ตัวอย่างดินเวอร์ทิซอลล์

2.4 อิทธิพลจากการเปียกสลับแห้งต่อการคืบ (Creep) กำลังรับแรงเฉือน และเสถียรภาพของลาดดินเหนียว

Take (2003) และ Take and Bolton (2004) พบว่า อิทธิพลจากการเปียกสลับแห้งส่งผลต่อเสถียรภาพของลาดดินเหนียวอย่างมาก โดยก่อให้เกิดความเครียดพลาสติก (Plastic Strain) สะสมบริเวณตีนของลาดดิน และเกิดรอยแตก Tension Cracks ด้านบนของลาดดินดังรูปที่ 2.4 การเปียกสลับแห้งนี้ส่งผลให้เกิดแรงดันน้ำด้านลบ ในช่วงฤดูแล้ง ดินจะเกิดการหดตัว ขณะที่ช่วงฤดูฝนดินจะเกิดการบวมตัวและเคลื่อนตัวด้านข้างออกจากลาดดิน เนื่องจากแรงดันน้ำด้านบวก แม้ว่าแรงดันน้ำด้านบวกที่เกิดขึ้นนี้ไม่เพียงพอที่จะทำให้ลาดดินเกิดการวิบัติในทันที แต่ก็ทำให้เกิดการคืบ (Creep) และรอยแตก เนื่องจากความเครียดสะสมในมวลดินได้ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.4 ความเครียดพลาสติก (Plastic Strain) สะสมบริเวณตีนของลาดดินภายหลังการเปียกสลับแห้งเป็นระยะเวลา 5 ปี (ทดสอบโดย Centrifuge เทียบเท่าลาดดินสูง 8.4 เมตร) (Take and Bolton, 2004)



รูปที่ 2.5 เปรียบเทียบลาดดินเหนียวก่อนและหลังการเปียกสลับแห้ง (Take and Bolton, 2004)

นอกจากนี้ ปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นในมวลดินเนื่องจากการซึมของน้ำผ่านรอยแตก ยังทำให้กำลังรับแรงเฉือนลดลงจนถึงสภาวะวิกฤติ (Critical State หรือ Fully Soften) ได้ ซึ่งสภาวะดังกล่าวส่งผลให้เกิดการวิบัติของลาดดินแบบ Progressive Failure หรือ Delay Failure นักวิจัยหลายท่าน อาทิเช่น Bjerrum (1967), Mesri and Shahien (2003), Stark et al. (2005) เป็นต้น ได้อธิบายสาเหตุการวิบัติของลาดดินประเภท Stiff Clay หรือ Overconsolidated Clay ซึ่งไม่เคยเกิดการเคลื่อนตัวมาก่อน (พิบัติครั้งแรก) ดังนี้

1) การเพิ่มขึ้นของแรงดันน้ำในมวลดินและการบวมตัวของดิน ส่งผลให้ค่าหน่วยแรงประสิทธิผล (Effective Stress) และกำลังรับแรงเฉือนลดลง

2) แรงดันดินด้านข้างที่กระทำต่อมวลดินลดลง ส่งผลให้ดินบวมตัว อ่อนตัว และกำลังรับแรงเฉือนลดลง

3) การลดลงของค่ากำลังรับแรงเฉือนใกล้ผิวลาดดินหรือระหว่างชั้นดินจนใกล้ค่า Residual Shear Strength

ดังนั้นค่า Drain Fully Softened Shear Strength ของดินประเภท Stiff Clay จึงเป็นพารามิเตอร์สำคัญในการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินซึ่งไม่เคยเกิดการเคลื่อนตัวมาก่อน (พิบัติครั้งแรก) Skempton and Hutchinson (1969) และ Skempton (1977) ได้กล่าวว่าการอ่อนตัวของดินประเภท Overconsolidated Clay จะทำให้ค่า Cohesion (c') ลดลง แต่ค่า Friction Angle (ϕ') นั้นไม่ลดลง เนื่องจากอนุภาคดินเหนียวไม่เกิดการเคลื่อนตัวมาก ซึ่งทั้งค่า c' และ ϕ' ได้จากการแปลผลการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนแบบระบายน้ำ

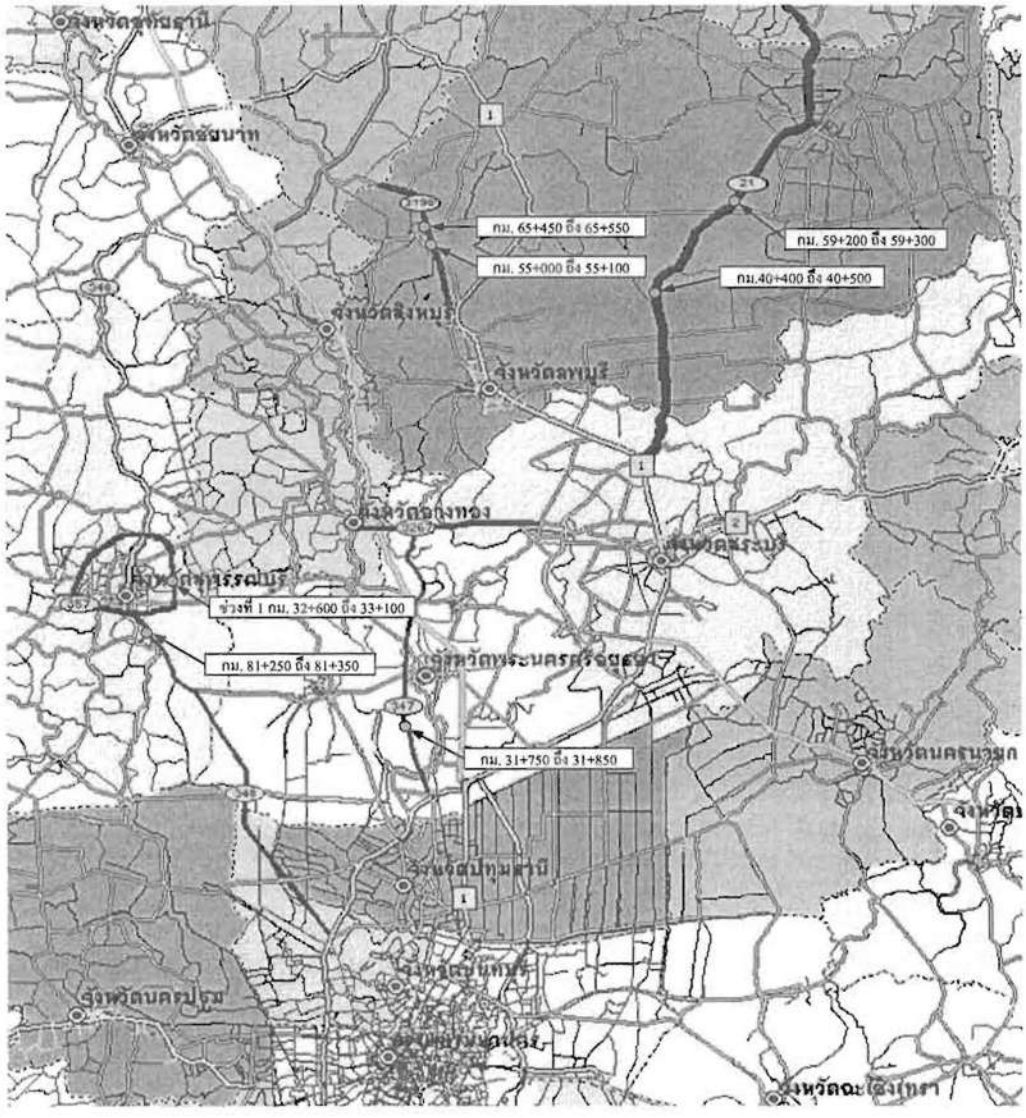
จากเส้นวิบัติของ Mohr-Coulomb ดังนั้น นักวิจัยหลายท่าน อาทิเช่น Skempton (1969, 1977), Mesri and Shanien (2003) และ Stark et al. (2005) จึงแนะนำว่าการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินในระยะยาวซึ่งไม่เคยเกิดการเคลื่อนตัวหรือวิบัติมาก่อน ให้ใช้ค่า Fully Softened Shear Strength ในการคำนวณ

ค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบระบายน้ำจะต่ำ ในกรณีที่ลาดดินมีค่าพลาสติกซิตี้สูง หรือเป็นดินเวอร์ทิซอลล์ ทั้งนี้ค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบระบายน้ำอาจจะลดลงถึงจุด Residual Shear Strength ได้ ซึ่งต่ำกว่ากำลังรับแรงเฉือนแบบระบายน้ำในสภาวะ Peak Shear Strength

บทที่ 3

การสำรวจรอยแตกตามยาวและทรุดตัวของไหล่ทางในพื้นที่ภาคกลาง

การสำรวจรอยแตกตามยาวและทรุดตัวของไหล่ทางในพื้นที่ภาคกลางได้ดำเนินการทั้งสิ้น จำนวน 5 สายทาง ได้แก่ (1) ทางหลวงหมายเลข 21 (อ.พัฒนานิคม ถึง อ.ชัยบาดาล จ.ลพบุรี), (2) ทางหลวงหมายเลข 340 (อ.บางปลาม้า จ.สุพรรณบุรี), (3) ทางหลวงหมายเลข 347 (อ.บางปะอิน จ.พระนครศรีอยุธยา), (4) ทางหลวงหมายเลข 357 (สายเลี่ยงเมืองสุพรรณบุรี) และ (5) ทางหลวงหมายเลข 3196 (อ.บ้านหมี่ จ.ลพบุรี) ดังแสดงในรูปที่ 3.1

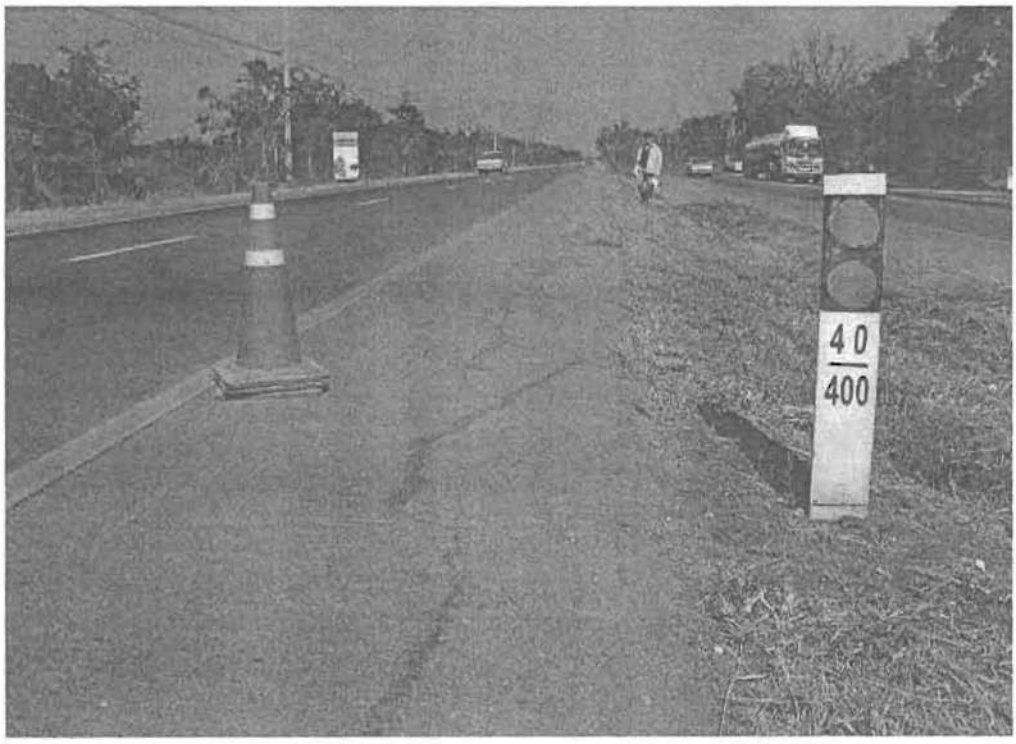


รูปที่ 3.1 ทางหลวงแผ่นดิน จำนวน 5 สายทางในพื้นที่ภาคกลางที่พบรอยแตกตามยาวและทรุดตัวของไหล่ทาง

3.1 ทางหลวงหมายเลข 21 (อ.พัฒนานิคม ถึง อ.ชัยบาดาล จ.ลพบุรี)

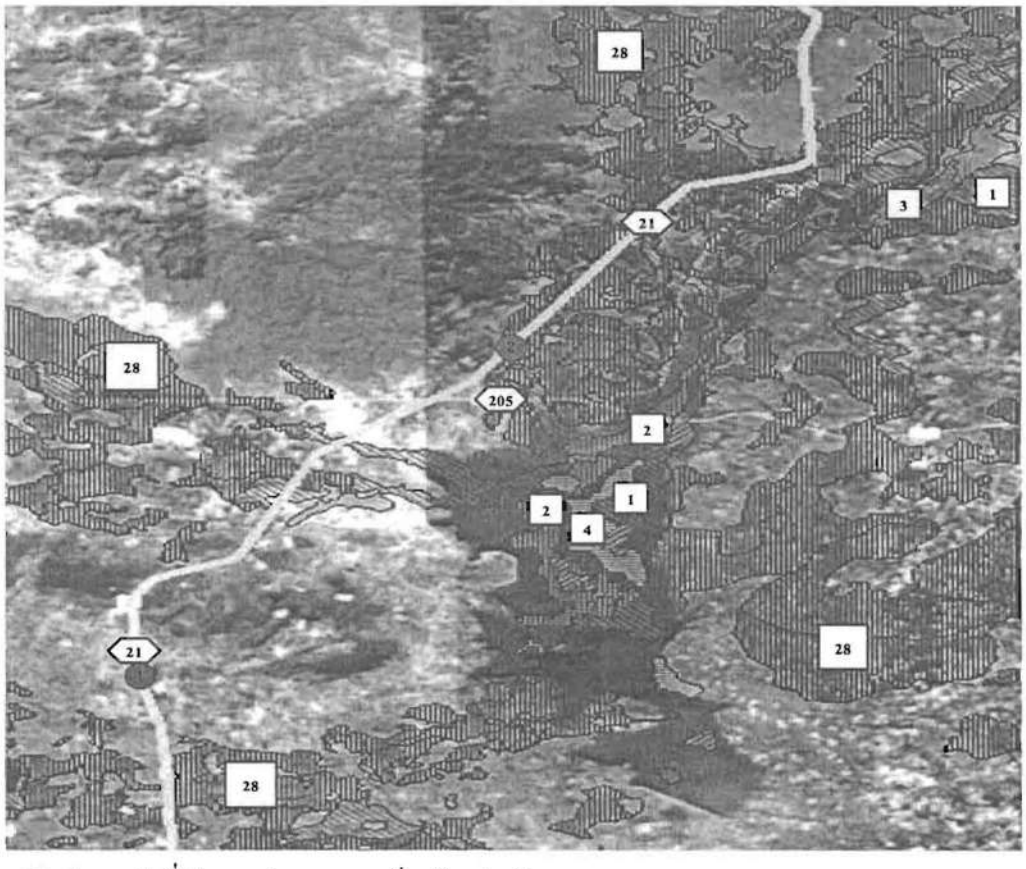
ทางหลวงหมายเลข 21 เป็นถนนที่แยกจากถนนพหลโยธินบริเวณสามแยกพุแค อ.เฉลิมพระเกียรติ จ.สระบุรี ผ่าน จ.ลพบุรี ไปสิ้นสุดที่ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 203 (ถนนคชเสนีย์) ที่ อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ เดิมถนนเส้นนี้มีเพียง 2 ช่องทางจราจร ปัจจุบันเป็นถนนขนาด 2-8 ช่องทางจราจร มีผิวทางเป็นแอสฟัลต์คอนกรีต ขนาด 4 ช่องจราจร ไหล่ทางด้านในกว้าง 1.50 เมตร ด้านนอกกว้าง 2.50 เมตร สำหรับจุดที่ทำการสำรวจ คือ ระหว่างกม.40+400 ถึง กม.40+500 และระหว่างกม.59+200 ถึง กม.59+300 ดังรูปที่ 3.2 และ 3.3 ตามลำดับ

ข้อมูลชุดดินแสดงให้เห็นว่า บริเวณที่ทำการสำรวจและเก็บตัวอย่างดิน มีชุดดินที่ 28 กระจายอยู่ในบริเวณพื้นที่สำรวจ ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.2 ทางหลวงหมายเลข 21 (อ.พัฒนานิคม จ.ลพบุรี) ระหว่างกม.40+400 – กม.40+500

รูปที่ 3.3 ทางหลวงหมายเลข 21 (อ.ชัยบาดาล จ.ลพบุรี) ระหว่างกม.59+200 – กม.59+300



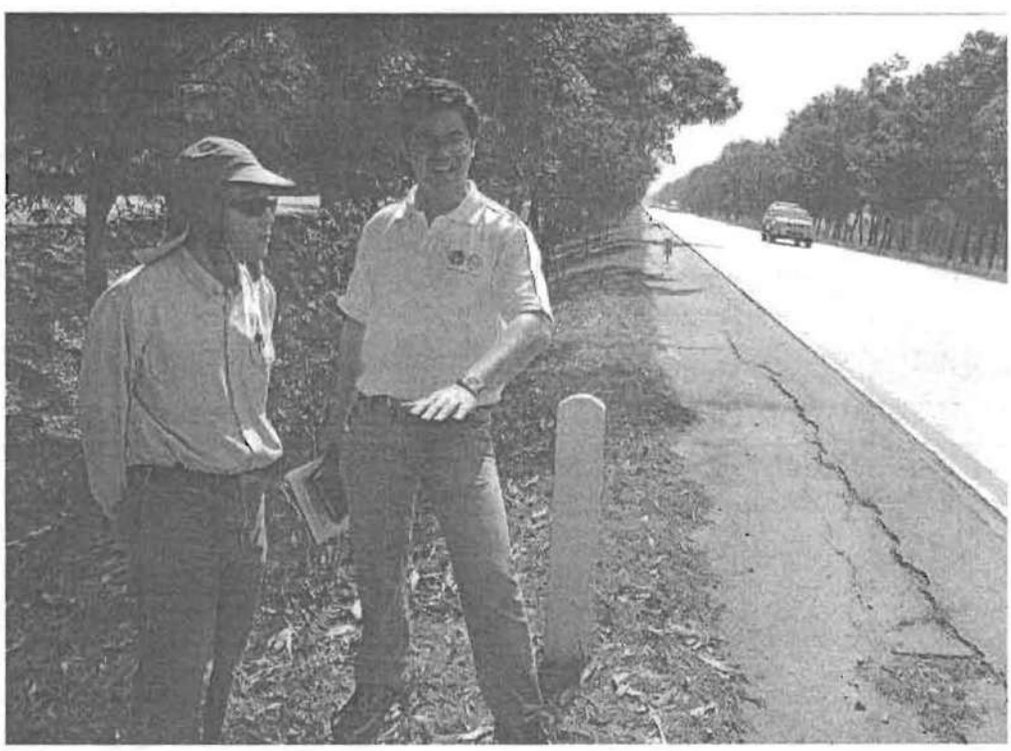
● ตำแหน่งที่ทำการสำรวจและเก็บตัวอย่างดิน

รูปที่ 3.4 ชุดดินที่ 28 กระจายอยู่ในบริเวณพื้นที่สำรวจบนทางหลวงหมายเลข 21

3.2 ทางหลวงหมายเลข 340 (อ.บางปลาม้า จ.สุพรรณบุรี)

ทางหลวงหมายเลข 340 เริ่มต้นที่แยกทางหลวงพิเศษหมายเลข 9 ไปสิ้นสุดที่ทางหลวงหมายเลข 1 ที่ จ.ชัยนาท ก่อสร้างเมื่อปีพ.ศ. 2522 มีผิวทางเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาด 4 ช่องจราจร ไหล่ทางแอสฟัลต์คอนกรีต ด้านในกว้าง 1.50 เมตร ด้านนอกกว้าง 2.50 เมตร สำหรับจุดที่ทำการสำรวจอยู่ใน จ.สุพรรณบุรีระหว่างกม. 81+250 ถึง กม.81+350 ดังรูปที่ 3.5

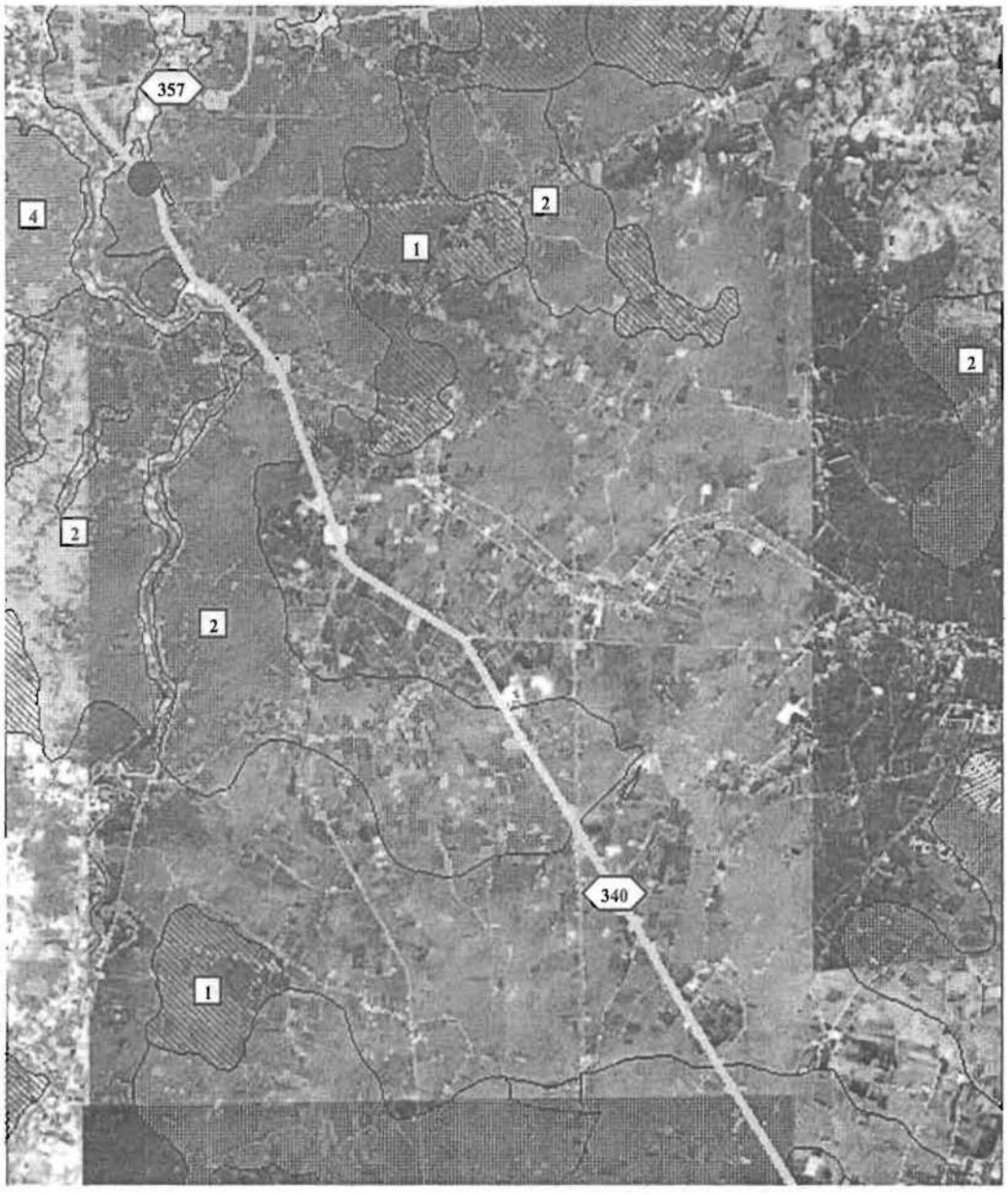
จากข้อมูลชุดดินแสดงให้เห็นว่า บริเวณที่ทำการสำรวจและเก็บตัวอย่างดินนั้น มีชุดดินที่ 2 กระจายอยู่ในบริเวณพื้นที่สำรวจ ดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.5 ทางหลวงหมายเลข 340 (อ.บางปลาม้า จ.สุพรรณบุรี) ระหว่างกม.81+250 – กม.81+350

3.3 ทางหลวงหมายเลข 347 (อ.บางปะอิน จ.พระนครศรีอยุธยา)

ทางหลวงหมายเลข 347 เริ่มจากแยกทางหลวงหมายเลข 346 (ปทุมธานี) ไปสิ้นสุดที่เทศบาลเมืองลพบุรี ระยะทางประมาณ 67 กิโลเมตร มีผิวทางเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาด 4 ช่องจราจร ไหล่ทางเป็นแอสฟัลต์คอนกรีต ด้านในกว้าง 1.50 เมตร ด้านนอกกว้าง 2.50 เมตร สำหรับจุดที่ทำการสำรวจอยู่ในบริเวณ จ.พระนครศรีอยุธยา ระหว่างกม.31+750 ถึง กม.31+850 ดังรูปที่ 3.7

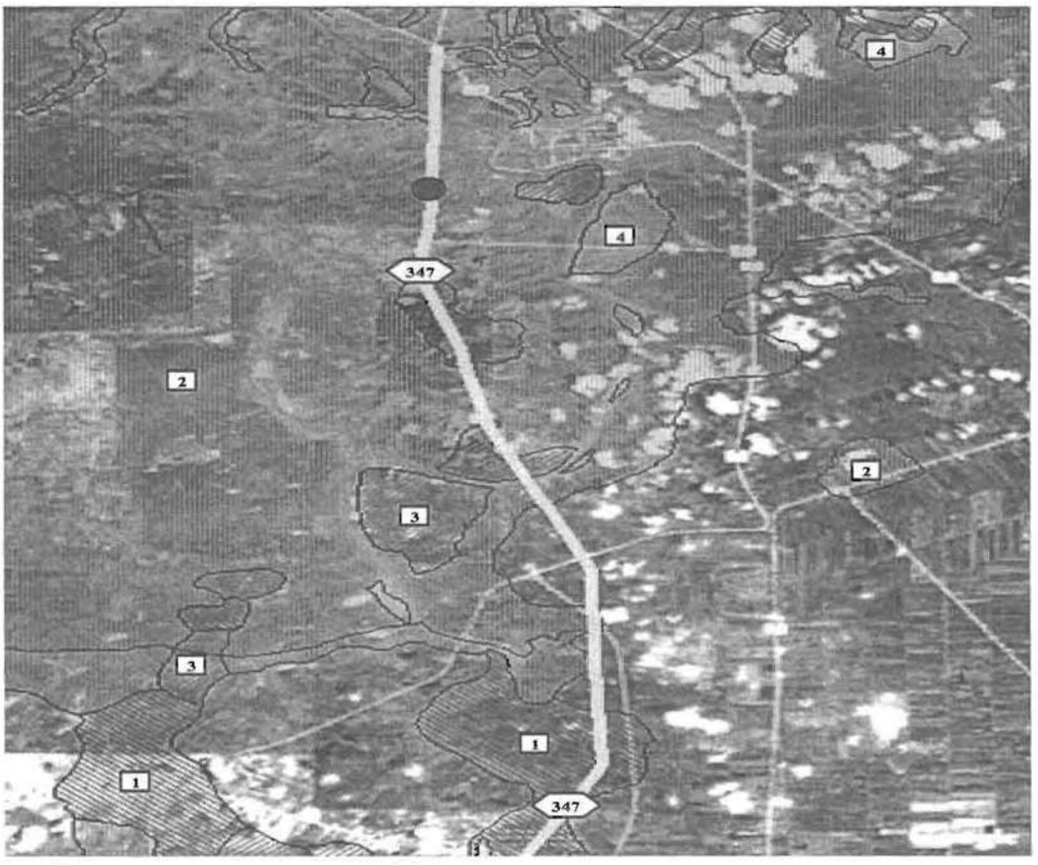


● ตำแหน่งที่ทำการสำรวจและเก็บตัวอย่างดิน

รูปที่ 3.6 ชุดดินที่ 2 กระจายอยู่ในบริเวณพื้นที่สำรวจบนทางหลวงหมายเลข 340

จากข้อมูลชุดดินแสดงให้เห็นว่า บริเวณที่ทำการสำรวจและเก็บตัวอย่างดินนั้น มีชุดดินที่ 2 กระจายอยู่ในบริเวณพื้นที่สำรวจ ดังแสดงในรูปที่ 3.8

รูปที่ 3.7 ทางหลวงหมายเลข 347 (อ.บางปะอิน จ.พระนครศรีอยุธยา) ระหว่างกม.31+750 – กม.31+850



● ตำแหน่งที่ทำการสำรวจและเก็บตัวอย่างดิน

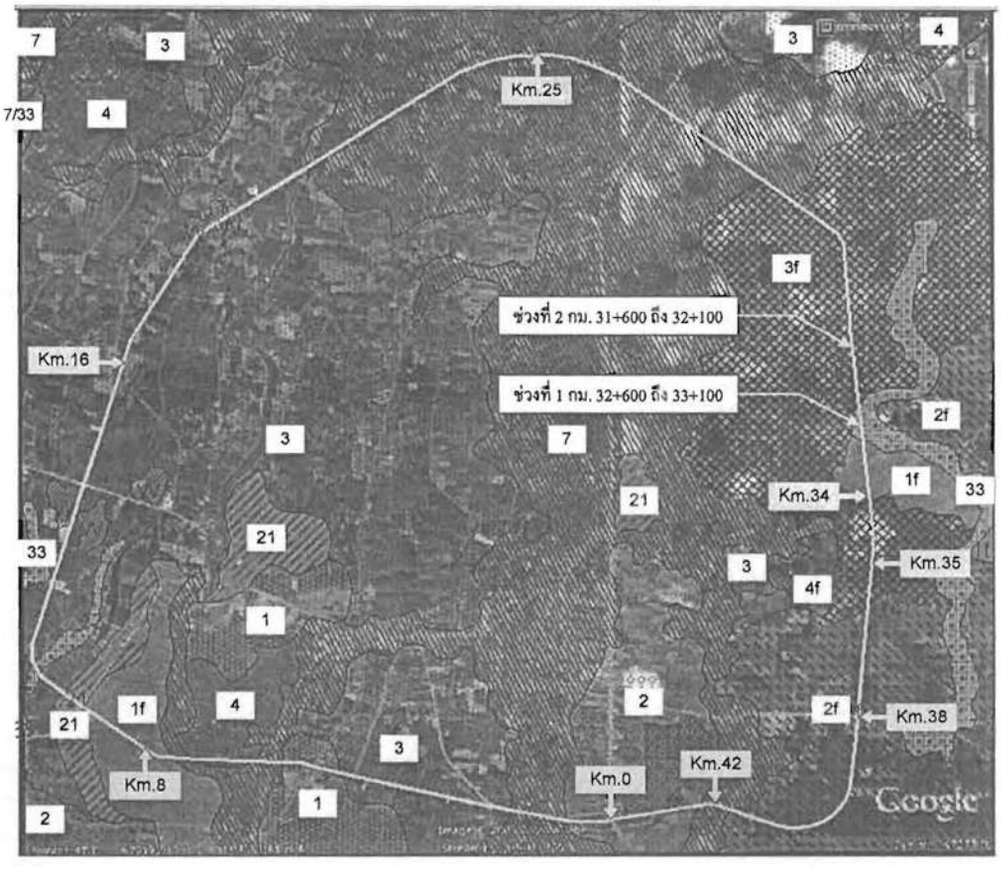
รูปที่ 3.8 ชุดดินที่ 2 กระจายอยู่ในบริเวณพื้นที่สำรวจบนทางหลวงหมายเลข 347

3.4 ทางหลวงหมายเลข 357 (สายเลี่ยงเมืองสุพรรณบุรี)

ทางหลวงหมายเลข 357 (สายเลี่ยงเมืองสุพรรณบุรี) มีลักษณะเป็นวงแหวน ระยะทางประมาณ 42 กิโลเมตร มีผิวทางเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาด 4 ช่องจราจร ไหล่ทางเป็นแอสฟัลต์คอนกรีต ด้านในกว้าง 1.50 เมตร ด้านนอกกว้าง 2.50 เมตร สำหรับจุดที่ทำการสำรวจอยู่ระหว่างกม.32+600 ถึง กม.33+100 ดังรูปที่ 3.9

จากข้อมูลชุดดินแสดงให้เห็นว่า บริเวณที่ทำการสำรวจและเก็บตัวอย่างดินนั้น มีชุดดินที่ 3 กระจายอยู่ในบริเวณพื้นที่สำรวจ ดังแสดงในรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.9 ทางหลวงหมายเลข 357 (สายเลี่ยงเมือง จ.สุพรรณบุรี) ระหว่างกม.32+600 – กม.33+100



รูปที่ 3.10 ชุดดินที่ 1, 2 และ 3 กระจายอยู่ในบริเวณพื้นที่สำรวจบนทางหลวงหมายเลข 357

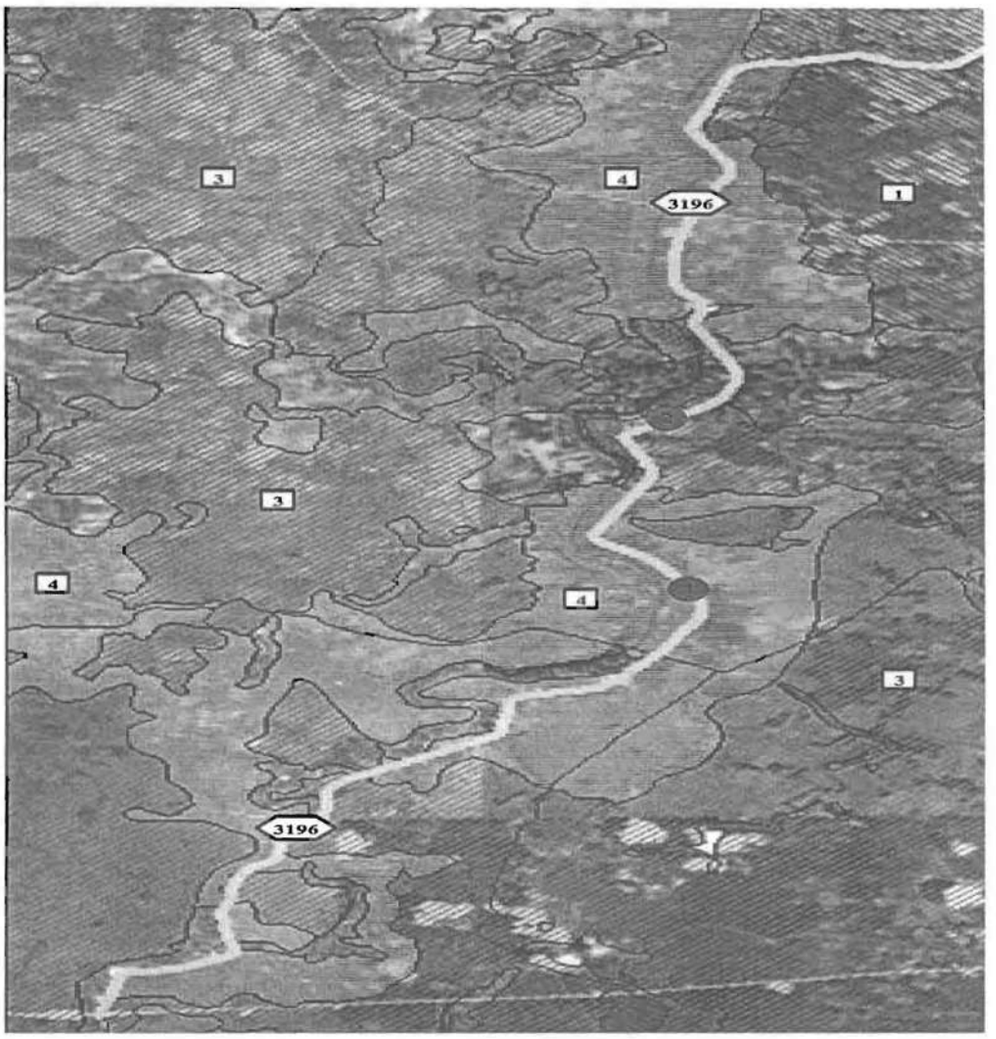
3.5 ทางหลวงหมายเลข 3196 (อ.บ้านหมี่ จ.ลพบุรี)

ทางหลวงหมายเลข 3196 เริ่มจากแยกทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1 (ดงพลับ) ไปสิ้นสุดทางหลวงหมายเลข 3267 และทางหลวงหมายเลข 347 มีผิวทางเป็นแอสฟัลต์คอนกรีต ขนาด 2 ช่องจราจร ไหล่ทางด้านในและด้านนอกกว้าง 2.00 เมตร สำหรับจุดที่ทำการสำรวจมี 2 ช่วง คือ ระหว่างกม.55+000 ถึง กม. 55+100 และระหว่างกม.65+450 ถึง กม.65+550 ดังรูปที่ 3.11 และ 3.12 ตามลำดับ

จากข้อมูลชุดดินแสดงให้เห็นว่า บริเวณที่ทำการสำรวจและเก็บตัวอย่างดินนั้น มีชุดดินที่ 3 และ 4 กระจายอยู่ในพื้นที่สำรวจ ดังแสดงในรูปที่ 3.13

รูปที่ 3.11 ทางหลวงหมายเลข 3196 (อ.บ้านหมี่ จ.ลพบุรี) ระหว่างกม.55+000 – กม.55+100

รูปที่ 3.12 ทางหลวงหมายเลข 3196 (อ.บ้านหมี่ จ.ลพบุรี) ระหว่างกม.65+450 – กม.65+550



● ตำแหน่งที่ทำการสำรวจและเก็บตัวอย่างดิน

รูปที่ 3.13 ชุดดินที่ 3 และ 4 กระจายอยู่ในพื้นที่สำรวจบนทางหลวงหมายเลข 3196

บทที่ 4

ผลการศึกษาทางหลวงหมายเลข 357

จากข้อมูลสภาพความเสียหายของไหล่ทางหลวงจำนวน 5 สายทางตามที่ได้กล่าวมานั้น การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้เลือกทางหลวงหมายเลข 357 เป็นตัวแทนกรณีศึกษาเพื่อวิเคราะห์หากลไกและสาเหตุของการเกิดรอยแตกตามยาวและทรุดตัวบริเวณไหล่ทางหลวงในพื้นที่ภาคกลาง โดยมีเหตุผลในการเลือกดังต่อไปนี้

(1) รอยแตกตามยาวและทรุดตัวของไหล่ทางยังคงดำเนินอยู่

(2) รอยแตกตามยาวและทรุดตัวเกิดเป็นแนวยาวต่อเนื่อง

(3) ความเสียหายที่เกิดขึ้นมีความรุนแรง และมีแนวโน้มเกิดความเสียหายในอนาคต

(4) ไหล่ทางเป็นแอสฟัลต์คอนกรีต

(5) ทางหลวงก่อสร้างแล้วเสร็จไม่นาน (ไม่เกิน 4 ปี)

4.1 รายละเอียดพื้นที่ศึกษา

ทางหลวงหมายเลข 357 (สายเลี่ยงเมืองสุพรรณบุรี) สร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาการเดินทางและแก้ไขปัญหาการจราจรที่คับคั่งในตัวเมือง ทางหลวงสายนี้มีลักษณะเป็นวงแหวน ระยะทางประมาณ 42 กิโลเมตร

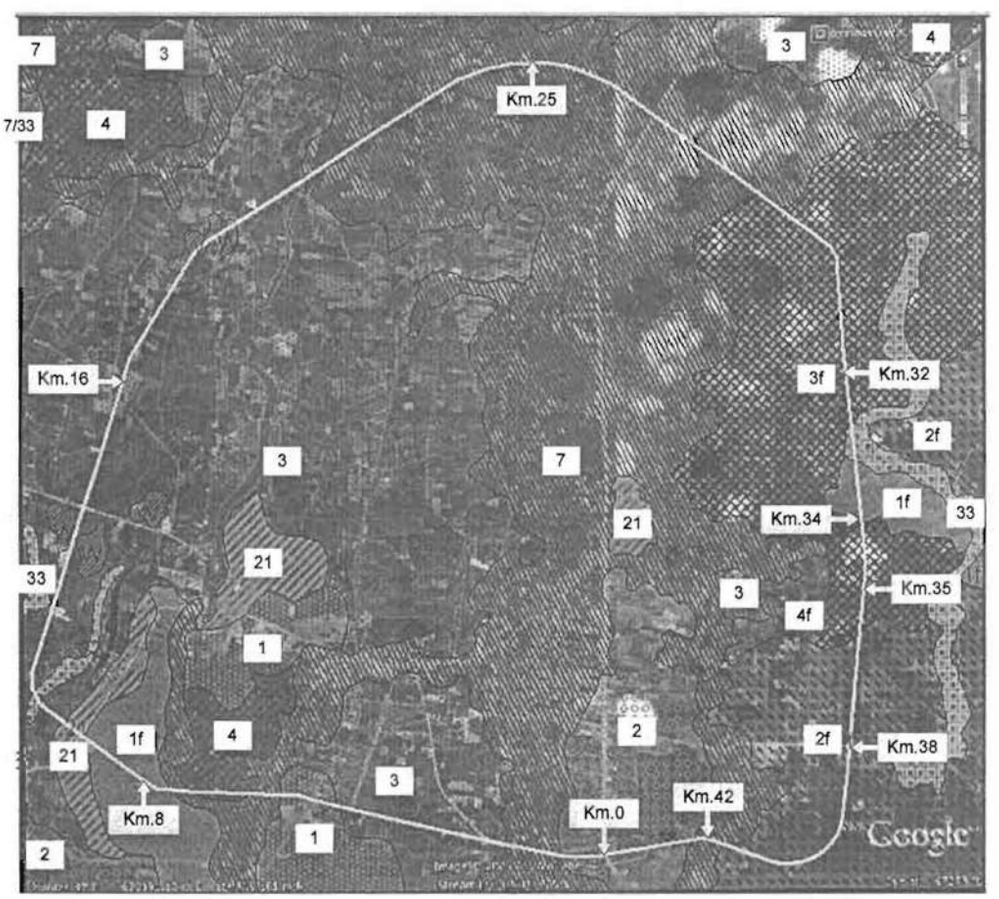
พื้นที่ทำการศึกษาประกอบด้วย แปลงศึกษาที่ 1 (บริเวณที่พบรอยแตกระดับรุนแรงมาก) อยู่ระหว่างกม.32+600 ถึง กม.33+100 และแปลงศึกษาที่ 2 (บริเวณที่พบรอยแตกระดับรุนแรงน้อย) อยู่ระหว่างกม.31+600 ถึง กม.32+100 ซึ่งทั้งสองแปลงอยู่ในโครงการก่อสร้างทางเลี่ยงเมืองสุพรรณบุรีสาย 357 ตอน 3 (ส่วนที่ 2) ระหว่างกม. 31+050 ถึง กม.33+150 เริ่มต้นสัญญาก่อสร้างเมื่อวันที่ 19 มีนาคม พ.ศ.2548 และสิ้นสุดสัญญาเมื่อวันที่ 13 มีนาคม พ.ศ.2549 ปัจจุบันได้หมดระยะเวลาประกันผลงานแล้ว

ลักษณะภูมิประเทศของโครงการฯ เป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำ สภาพชั้นดินเป็นดินที่เกิดจากการตกตะกอนในแม่น้ำ พื้นที่ก่อสร้างส่วนใหญ่เป็นทุ่งนาและมีน้ำขัง ดินเดิมเป็นดินเหนียวปนทราย หน้าดินเป็นดินสีดำ มีคุณสมบัติการยุบตัวค่อนข้างสูง และมีคุณสมบัติการรับน้ำหนักค่อนข้างต่ำ

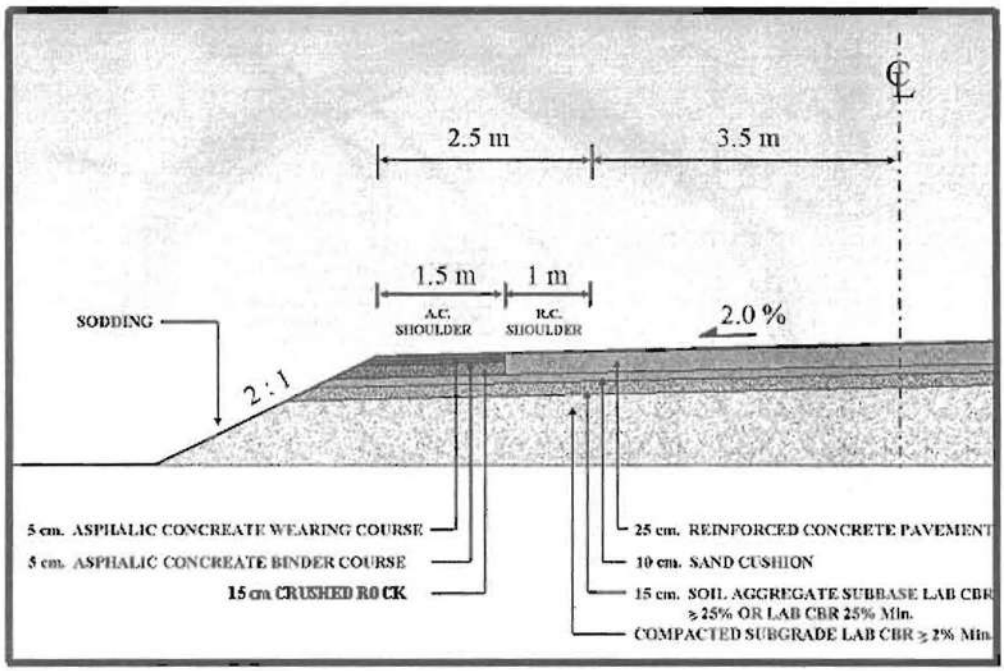
ข้อมูลชุดดินบริเวณโครงการฯ จำแนกตามระบบอนุกรมวิธานของดิน ครอบคลุมทั้ง 6 ชุดดิน ได้แก่ ชุดดินที่ 1, 2, 3, 7, 21, และ 33 ดังแสดงในรูปที่ 4.1 โดยชุดดินที่ 1, 2 และ 3 มีลักษณะพฤติกรรมเป็น

ดินเวอร์ทิซอลล์ ซึ่งมีคุณสมบัติการยืดหดตัวสูงเมื่อปริมาณความชื้นในดินเปลี่ยนแปลง ดังนั้นการนำดินชุดนี้มาใช้เป็นวัสดุถมคันทางอาจก่อให้เกิดปัญหารอยแตกและทรุดตัวตามมาได้

ทางหลวงหมายเลข 357 (สายเลี่ยงเมืองสุพรรณบุรี) เป็นโครงสร้างมาตรฐานชั้นทางพิเศษ ผิวทางคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 25 เซนติเมตร ขนาด 4 ช่องจราจร กว้างช่องละ 3.50 เมตร ความชัน 2% เกาะกลางเป็นร่องระบายน้ำ (Depressed Median) กว้าง 5.25-17.00 เมตร ไหล่ทางเป็นแอสฟัลต์คอนกรีตหนา 10 เซนติเมตร ไหล่ทางด้านนอกกว้าง 2.50 เมตร ไหล่ทางด้านในกว้าง 1.50 เมตร ไหล่ทางทั้งสองด้านมีความลาดชัน 2 ต่อ 1 รูปที่ 4.2 แสดงรูปตัดของโครงสร้างชั้นทาง



รูปที่ 4.1 แสดงรายละเอียดชุดดินจำแนกตามระบบอนุกรมวิธานของดินบริเวณทางหลวงหมายเลข 357 (สายเลี่ยงเมืองสุพรรณบุรี)



รูปที่ 4.2 แสดงรูปตัดของโครงสร้างชั้นทาง ทางหลวงหมายเลข 357 (สายเลี่ยงเมืองสุพรรณบุรี)

4.2 สภาพความเสียหายของไหล่ทางหลวงหมายเลข 357

ผลการสำรวจและประเมินสภาพความเสียหายของไหล่ทางหลวงหมายเลข 357 ตามหลักเกณฑ์จากคู่มือตรวจสอบและประเมินสภาพความเสียหายของผิวทางของกรมทางหลวง (2550) สามารถแบ่งระดับความรุนแรงได้ดังนี้

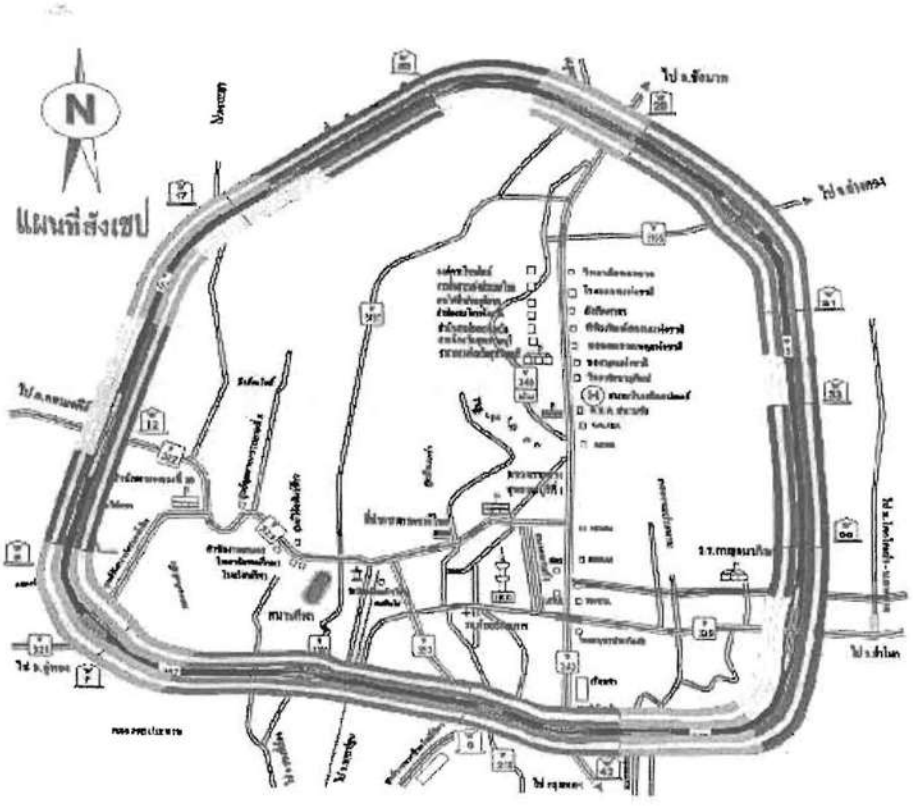
1) ไหล่ทางทรุดตัว ระดับความรุนแรงมีดังนี้

ต่ำ = แผ่นคอนกรีตและไหล่ทางมีระดับต่างกันโดยเฉลี่ยระหว่าง 6-12 มิลลิเมตร, ปานกลาง = แผ่นคอนกรีตและไหล่ทางมีระดับต่างกันโดยเฉลี่ยระหว่าง 12-25 มิลลิเมตร, สูง = แผ่นคอนกรีตและไหล่ทางมีระดับต่างกันโดยเฉลี่ยมากกว่า 25 มิลลิเมตร

2) ไหล่ทางแยกตัว ระดับความรุนแรงมีดังนี้

ต่ำ = แผ่นคอนกรีตและไหล่ทางแยกตัวออกจากกันไม่เกิน 3 มิลลิเมตร, ปานกลาง = แผ่นคอนกรีตและไหล่ทางแยกตัวออกจากกันระหว่าง 3 ถึง 9 มิลลิเมตร, สูง = แผ่นคอนกรีตและไหล่ทางแยกตัวออกจากกันมากกว่า 9 มิลลิเมตร

ผลการประเมินสภาพความเสียหายของไหล่ทางและระดับความรุนแรงแสดงไว้ในรูปที่ 4.3

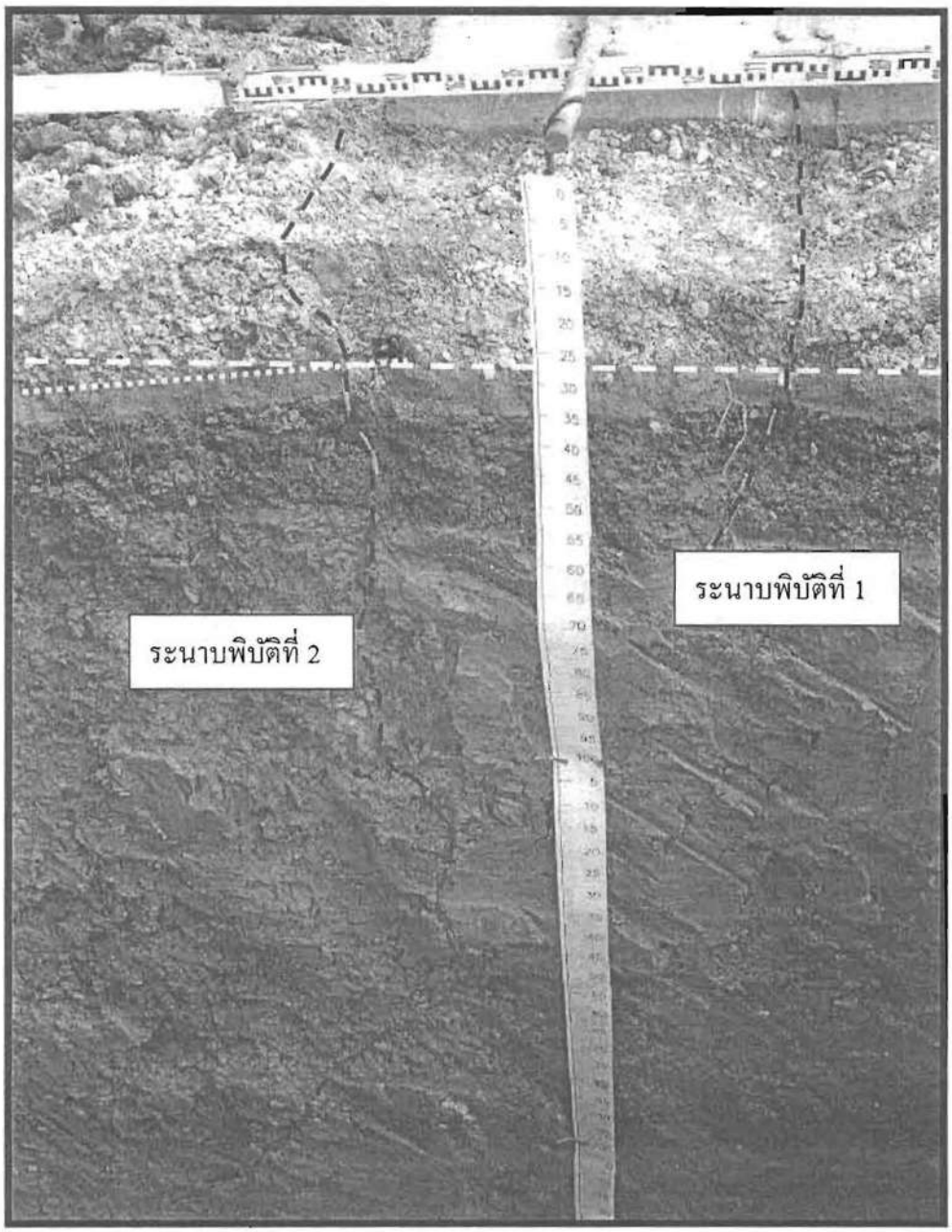


รูปที่ 4.3 สภาพความเสียหายของไหล่ทางหลวงหมายเลข 357 (สายเลี่ยงเมืองสุพรรณบุรี)

4.3 ผลการขุดหลุมทดสอบบริเวณไหล่ทางหลวงหมายเลข 357

ผลการขุดหลุมทดสอบของแปลงศึกษาที่ 1 พบระนาบพิบัติจำนวน 2 แห่ง ดังนี้

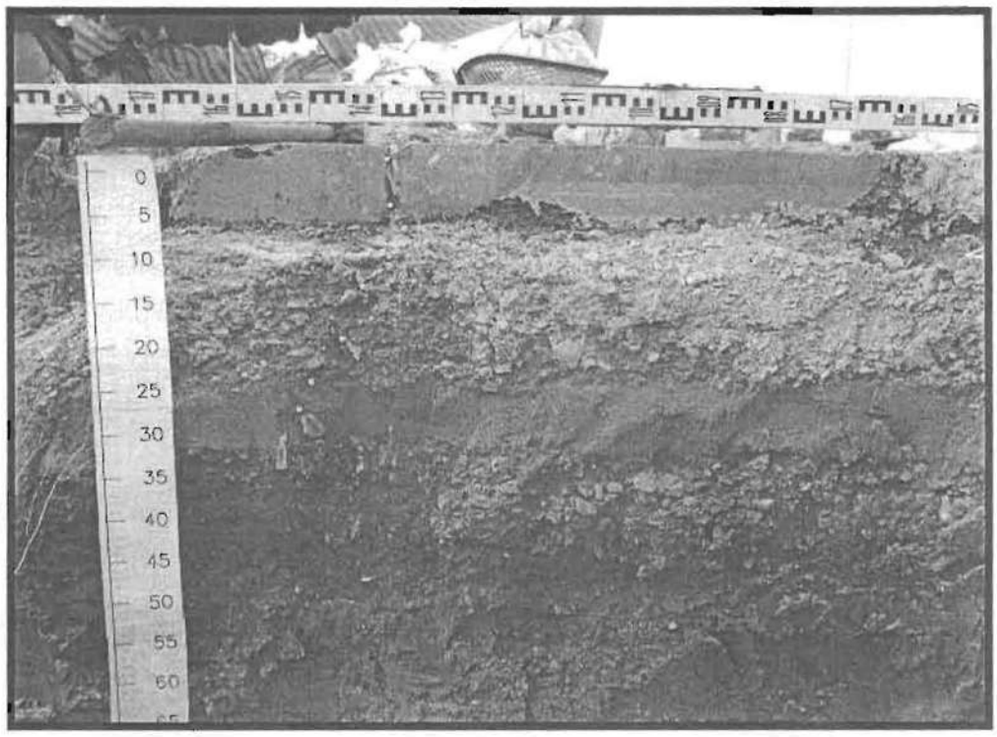
ระนาบพิบัติที่ 1 อยู่ระหว่างรอยต่อระหว่างแผ่นคอนกรีตกับไหล่ทางแอสฟัลต์คอนกรีต วงพิบัติกินลึกลงไปประมาณ 0.50 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ตำแหน่งและความลึกของระนาบพิบัติในแปลงศึกษาที่ 1

ระนาบพิบัติที่ 2 เริ่มจากขอบไหล่ทางแอสฟัลต์คอนกรีต วงพิบัติกินลึกลงไปประมาณ 2 เมตร ปลายวงพิบัติสิ้นสุดที่ชั้นดินถมคันทาง ดังแสดงในรูปที่ 4.4 นอกจากนี้ยังพบการทรุดตัวของลาดไหล่คันทาง สังเกตได้จากระนาบผิวบนของชั้นทรายรองแผ่นพื้นคอนกรีต (Sand Cushion) เริ่มหักลงที่ปลายไหล่ทางแอสฟัลต์คอนกรีตและสังเกตมีการซึมของน้ำผ่านระนาบพิบัติดังกล่าว

ผลจากการขุดหลุมทดสอบของแปลงศึกษาที่ 2 พบระนาบพิบัติเพียงแห่งเดียว โดยวงพิบัติกินลึกถึง 0.35 เมตร และมีรัศมีประมาณ 0.54 เมตร (ปลาย วงพิบัติสิ้นสุดในขอบล่างของชั้นทรายรองแผ่นพื้นคอนกรีต) ดังแสดงในรูปที่ 4.5 นอกจากนี้ยังสังเกตเห็นการทรุดตัวของลาดไหล่คันทางจากระนาบผิวบนของชั้นทรายรองแผ่นพื้นคอนกรีตด้วย



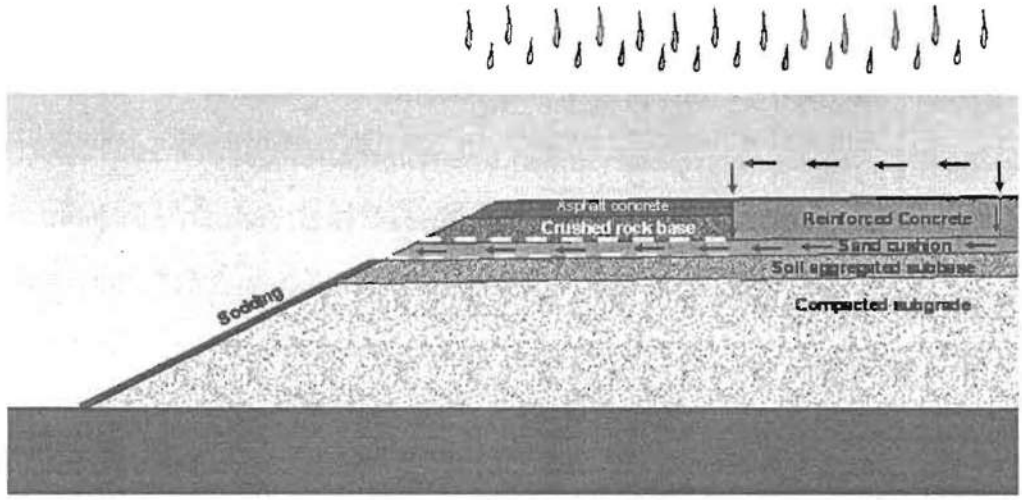
รูปที่ 4.5 ตำแหน่งและความลึกของระนาบพิบัติของแปลงศึกษาที่ 2

4.4 สมมติฐานความเสียหาย

จากผลการเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นและผลการตรวจสอบสภาพความเสียหายของโครงการฯ สามารถตั้งสมมติฐานความเสียหายได้ดังนี้

4.4.1 กรณีชั้นทรายรองแผ่นพื้นคอนกรีตเคลื่อนตัว

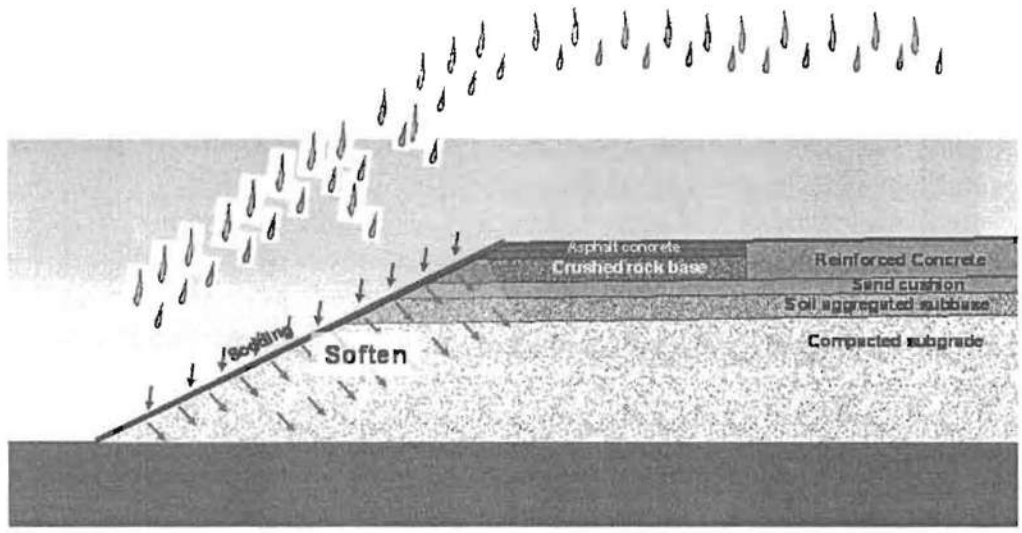
สมมติฐานชั้นทรายรองแผ่นพื้นคอนกรีต (Sand Cushion) เคลื่อนตัว อาจมีสาเหตุเกิดจากน้ำฝนที่ไหลซึมผ่านรอยต่อระหว่างแผ่นคอนกรีตที่ยาแนวไม่สมบูรณ์ลงสู่ชั้นทรายรองแผ่นพื้นคอนกรีต หนา 0.10 เมตร ซึ่งอยู่ใต้ไหล่ทางแอสฟัลต์คอนกรีตและแผ่นคอนกรีตดังรูปที่ 4.6 น้ำฝนที่ไหลซึมลงในชั้นทรายอย่างต่อเนื่อง อาจทำให้ชั้นทรายเกิดการเคลื่อนตัวแล้วส่งผลให้รอยต่อระหว่างไหล่ทางแอสฟัลต์คอนกรีตกับแผ่นคอนกรีตขยายได้



รูปที่ 4.6 สมมติฐานความเสียหายเนื่องจากชั้นทรายรองแผ่นพื้นคอนกรีตเคลื่อนตัว

4.4.2 กรณีดินถมคันทางเคลื่อนตัว

สมมติฐานดินถมคันทางเคลื่อนตัว อาจมีสาเหตุเกิดจากน้ำฝนที่ไหลซึมลงลาดคันทางผ่านชั้นดินปลูกหญ้า (Clay Sodding) ดังรูปที่ 4.7 ลงสู่ชั้นดินถมคันทาง ทำให้ดินถมคันทางอ่อนตัว กำลังรับแรงเฉือนลดลง และเกิดการเคลื่อนตัว ซึ่งแนวการเคลื่อนตัวนั้นเกิดได้ทั้งวงพิบัติที่มีขนาดเล็ก เกิดตามขอบไหล่ทาง หรือวงพิบัติที่มีขนาดใหญ่ รุกรามถึงแผ่นพื้นคอนกรีต



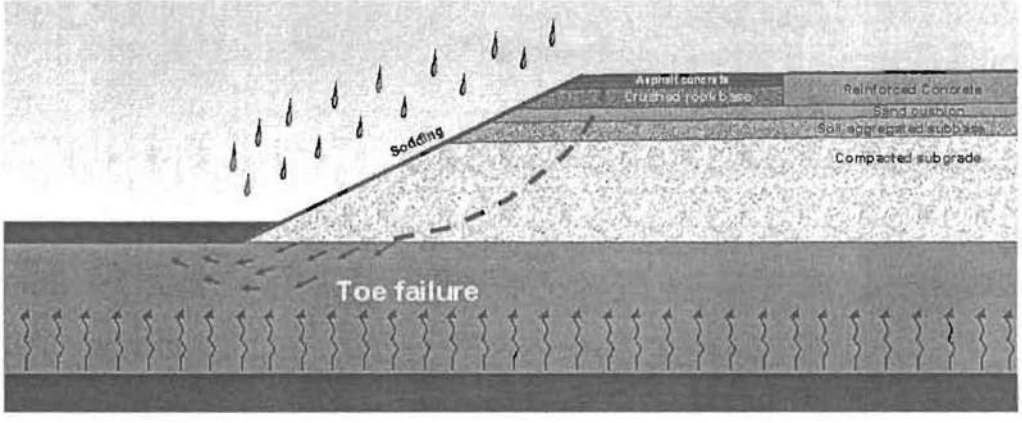
รูปที่ 4.7 สมมติฐานความเสียหายเนื่องจากดินถมคันทางเคลื่อนตัว

4.4.3 กรณีดินใต้คันทางอ่อนตัว

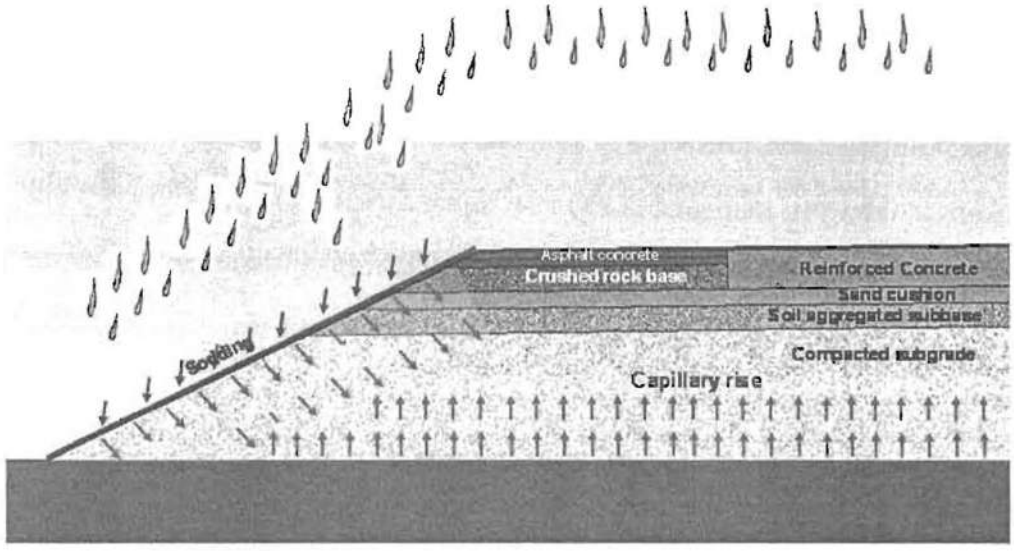
สมมติฐานดินใต้คันทางอ่อนตัวอาจมีสาเหตุเกิดจากพื้นที่เดิมของโครงการฯเป็นพื้นที่ปลูกข้าว ซึ่งเป็นดินเหนียวที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่อการเกษตร แต่อาจมีคุณสมบัติทางวิศวกรรมไม่เหมาะสม เมื่อมีน้ำฝนไหลซึมลงสู่ลาดคันทาง ประกอบกับปริมาณน้ำท่วมขังข้างทาง, ระดับน้ำใต้ดินสูงขึ้น และอิทธิพลของแรงดันน้ำด้านลบ ทำให้ปริมาณความชื้นในดินสูงขึ้น และดินใต้คันทางมีกำลังรับแรงเฉือนลดลง ดังแสดงในรูปที่ 4.8 การวิบัติของดินใต้คันทาง ซึ่งรับน้ำหนักของคันทางดินถมสูงประมาณ 2.5 เมตรนั้น อาจเกิดวงวิบัติขนาดใหญ่ที่ส่งผลต่อการเกิดรอยแตกรุกรามถึงแผ่นคอนกรีต

4.4.4 กรณีดินถมคันทางเกิดการยืดหดตัวสูง

สมมติฐานดินถมคันทางเกิดการยืดหดตัวสูงอาจมีสาเหตุเกิดจากดินถมคันทางเป็นดินยืดหดตัว (Expansive Soils) ซึ่งมีพฤติกรรมการบวมตัวและหดตัวได้เมื่อปริมาณความชื้นในดินเปลี่ยนแปลง จากข้อมูลการแบ่งชนิดดิน โดยกรมพัฒนาที่ดิน พื้นที่บริเวณดังกล่าวเป็นดินเวอร์ทิซอลส์ ซึ่งมีพฤติกรรมการยืดหดตัวสูง จึงมีความเป็นไปได้ที่ดินถมคันทางเป็นดินชนิดดังกล่าว และก่อให้เกิดความเสียหายต่อไหล่ทาง ดังแสดงในรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.8 สมมุติฐานความเสียหายเนื่องจากดินใต้คันทางอ่อนตัว



รูปที่ 4.9 สมมุติฐานความเสียหายเนื่องจากดินถมคันทางเกิดการยืดหดตัวสูง

4.5 ผลการสำรวจและทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ

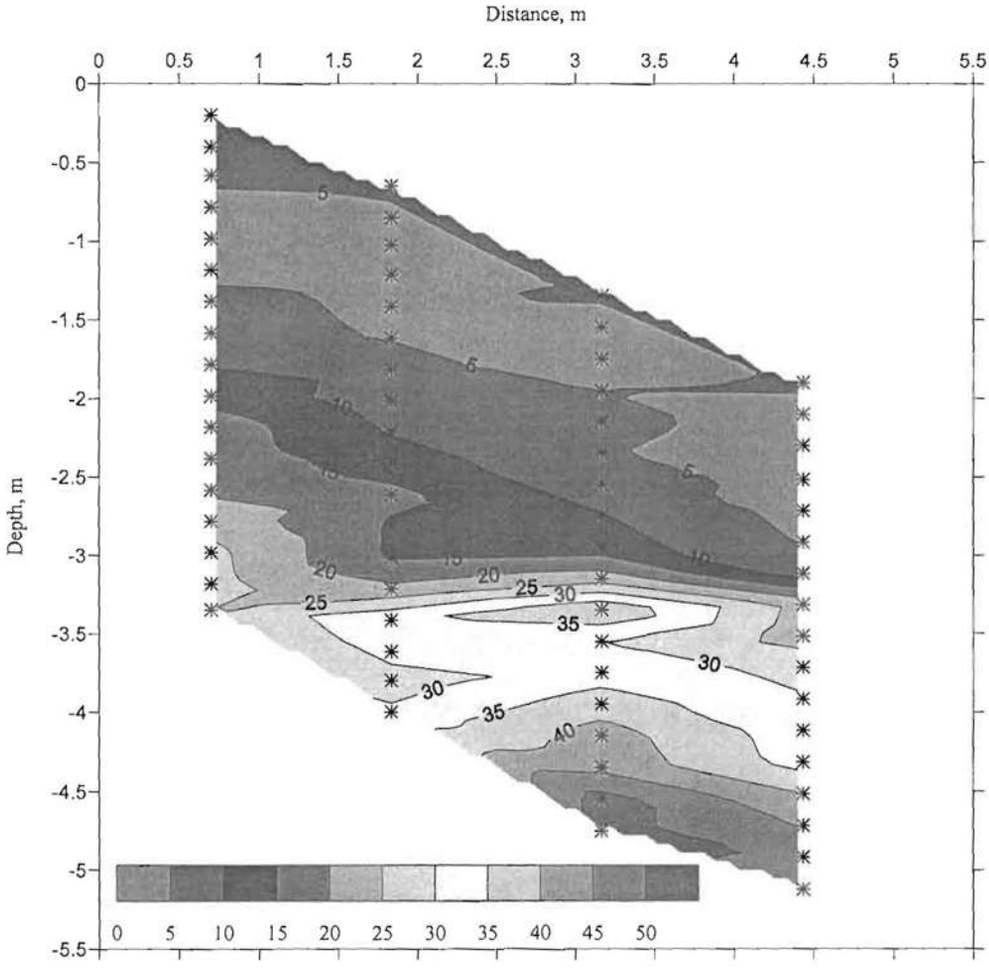
4.5.1 วัสดุคันทางและชั้นดินเดิม

ผลการเจาะสำรวจและทดสอบชั้นดินบริเวณไหล่ทางของแปลงศึกษาที่ 1 (บริเวณที่พบรอยแตกระดับรุนแรงมาก) ระหว่างกม.32+600 ถึง กม.33+100 จำนวน 2 หลุม พบว่าดินถมคันทางเป็นชั้นดินเหนียวแข็ง (CL-CH) มีค่าความแน่นรวม 1.85 t/m^3, ปริมาณความชื้นในดิน 23-27%, ดัชนีพลาสติกซิตี้ 25-31% และค่า N-SPT 10 blows/ft ใต้ชั้นดินถมคันทางเป็นดินเดิม ประกอบด้วยชั้น Stiff Clay (CH) หนา 2.50 เมตร, ชั้น Very Stiff Clay (CL-CH) หนา 3.00 เมตร, ชั้น Medium Dense Silty Sand (SM) หนา 2.50 เมตร, ชั้น Dense Silty Sand (SP-SM) หนา 2.50 เมตร และชั้น Hard Clay (CL-CH) หนามากกว่า 5.00 เมตร ตามลำดับ ค่าระดับน้ำใต้ดินเฉลี่ยช่วงที่ศึกษาประมาณ 3.40 เมตร (MSL)

ผลการเจาะสำรวจและทดสอบชั้นดินบริเวณไหล่ทางของแปลงศึกษาที่ 2 (บริเวณที่พบรอยแตกระดับรุนแรงน้อย) ระหว่างกม.31+600 ถึง กม.32+100 จำนวน 2 หลุม พบว่าดินถมคันทางเป็นชั้นดินเหนียวแข็ง (CL) มีค่าความแน่นรวม 2.14 t/m^3, ปริมาณความชื้นในดิน 15-23%, ดัชนีพลาสติกซิตี้ 16-23% และค่า N-SPT 34 blows/ft ใต้ชั้นดินถมคันทางเป็นดินเดิม ประกอบด้วยชั้น Stiff Clay (CH) หนา 3.00 เมตร, ชั้น Very Stiff Clay (CH) หนา 2.50 เมตร, ชั้น Medium Dense Silty Sand (SM, SP-SM) หนา 5.0 เมตร, ชั้น Very Stiff Clay (CH) หนา 1.00 เมตร, ชั้น Hard Clay (CL) หนา 3.50 เมตร และชั้น Very Dense Silty Sand (SM) หนามากกว่า 4.00 เมตร ตามลำดับ ค่าระดับน้ำใต้ดินเฉลี่ยช่วงที่ศึกษาประมาณ 2.70 เมตร (MSL)

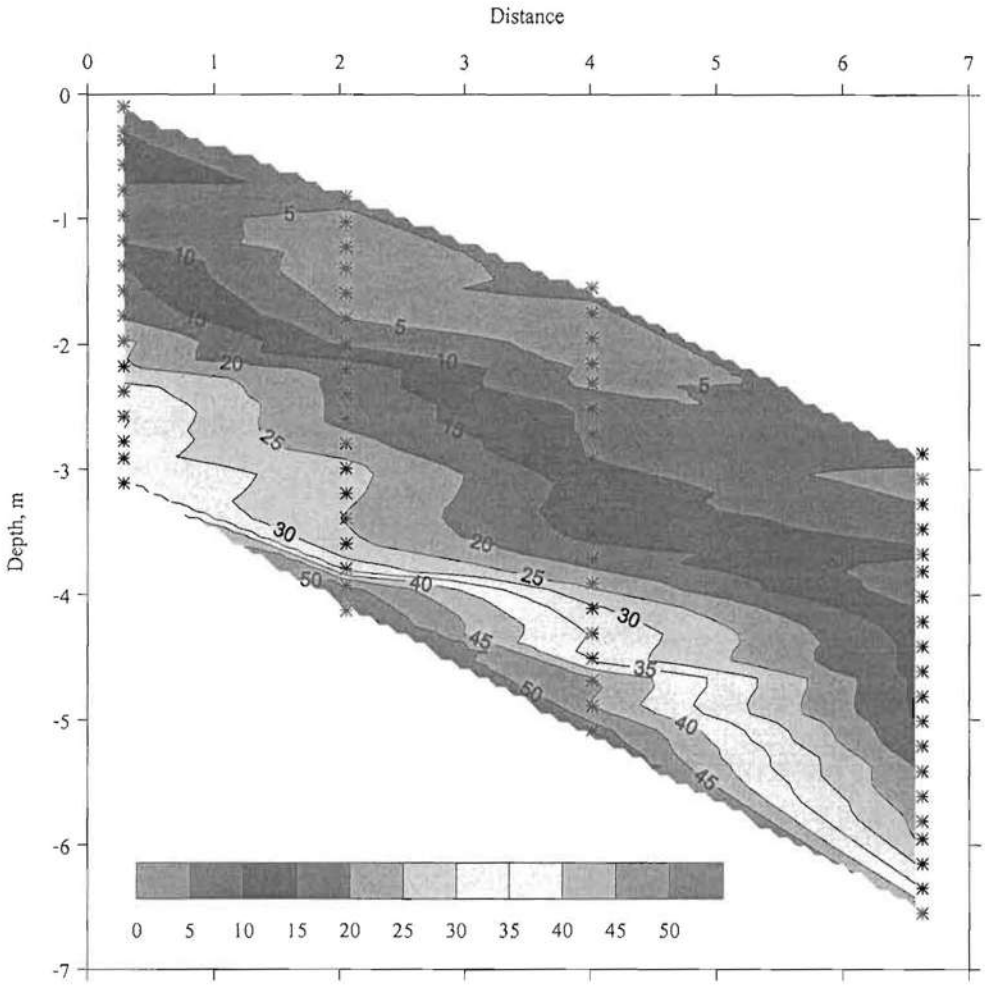
ผลการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนในที่ (Field Vane Shear, $S_{U\ (FV)}$) ที่ความลึก 2-3 เมตรจากระดับหลังคันทางพบว่า ค่ากำลังรับแรงเฉือนของดินถมคันทางของแปลงศึกษาที่ 1 มีค่า 3.5 t/m^2 และค่ากำลังรับแรงเฉือนของดินถมคันทางของแปลงศึกษาที่ 2 มีค่า 6.5 t/m^2 ตามลำดับ

ผลการการทดสอบ Kunzelstab (KPT) ของวัสดุลาดคันทางบริเวณแปลงศึกษาที่ 1 และ 2 แสดงในรูปที่ 4.10 และ 4.11 ตามลำดับ ค่า KPT มีแนวโน้มขนานไปกับลาดคันทางและเพิ่มขึ้นตามความลึกจากระดับผิวดิน โดยความสัมพันธ์ระหว่างค่า KPT กับระดับความแข็งแรงของดินเหนียวสรุปไว้ในตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.10 ค่า KPT ของวัสดุลาดคันทางบริเวณแปลงศึกษาที่ 1

จากรูปที่ 4.10 และ 4.11 แสดงให้เห็นว่า ค่า KPT ของวัสดุลาดคันทางของแปลงศึกษาที่ 1 น้อยกว่าค่า KPT ของวัสดุลาดคันทางของแปลงศึกษาที่ 2นอกจากนี้แปลงศึกษาที่ 1 ยังมีชั้นดิน Very Soft หนากว่าแปลงศึกษาที่ 2 เช่นกัน



รูปที่ 4.11 ค่า KPT ของวัสดุลาดคันทางบริเวณแปลงศึกษาที่ 2

ตารางที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า KPT กับระดับความแข็งแรงของดินเหนียว (EGAT, 1980)

KPT (blows/20 cm)	Consistency
0–3	Very Soft
3–6	Soft
6–14	Medium Stiff
14–27	Stiff
27–55	Very Stiff
> 55	Hard

4.5.2 วัสดุโครงสร้างชั้นทาง

ผลการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุโครงสร้างชั้นทาง ได้แก่ ชั้นพื้นทางหินคลุก, ชั้นทรายรองแผ่นพื้นคอนกรีต, ชั้นรองพื้นทาง และชั้นดินถมคันทาง พบว่า ค่า CBR ของวัสดุชั้นทางต่างๆ ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมทางหลวง ยกเว้นเฉพาะวัสดุชั้นหินคลุกบริเวณไหล่ทางซึ่งมีค่า CBR ต่ำกว่าเกณฑ์ข้อกำหนด ค่าความแน่นแห้งของวัสดุชั้นทางต่างๆ สูงกว่าร้อยละ 95 ของค่าความแน่นแห้งสูงสุด ผลการทดสอบความแน่นในสนามบริเวณไหล่ทางขณะดำเนินการขุดหลุมทดสอบ (Test Pit) พบว่าเปอร์เซ็นต์การบดอัดมีค่าใกล้เคียง 100% แต่อย่างไรก็ตามเปอร์เซ็นต์การบดอัดวัสดุของแปลงศึกษาที่ 1 ต่ำกว่าแปลงศึกษาที่ 2

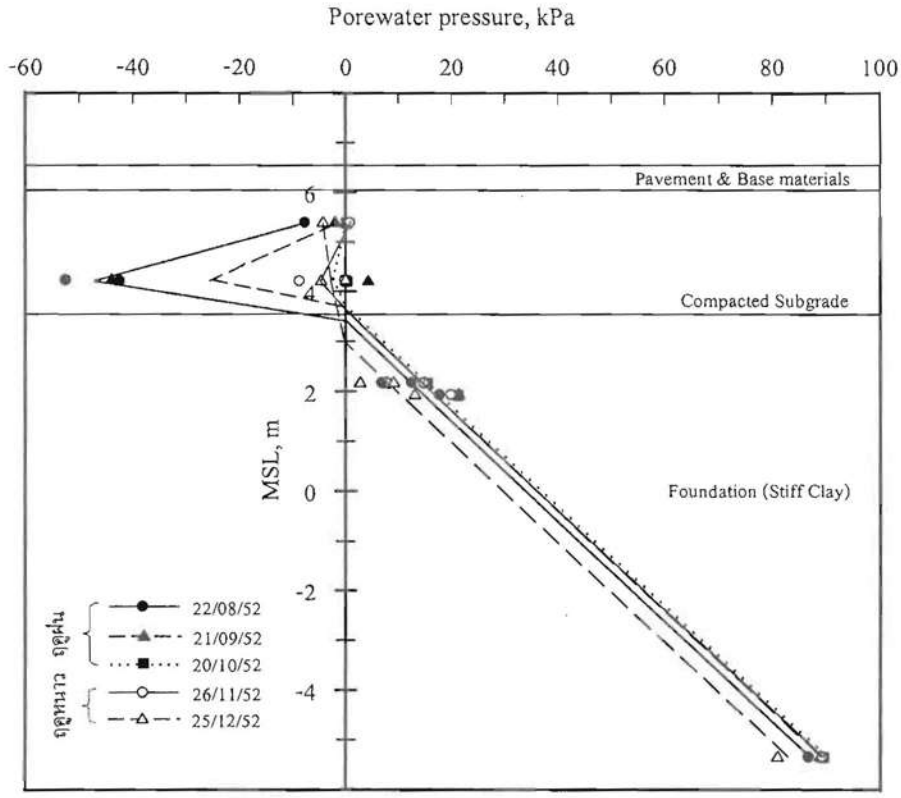
ผลการตรวจสอบระดับการยืดหดตัวของดิน พบว่าวัสดุดินถมคันทางของแปลงศึกษาที่ 1 มีโอกาสยืดหดตัวอยู่ในเกณฑ์สูงถึงสูงมาก เนื่องจากดินมีปริมาณดินเหนียว (< 2 μm) เท่ากับ 40%, ค่าดัชนีพลาสติกซิตี้เท่ากับ 30% และค่า Swelling Pressure เท่ากับ 88 kPa ขณะที่วัสดุดินถมคันทางของแปลงศึกษาที่ 2 มีโอกาสยืดหดตัวอยู่ในเกณฑ์ปานกลางถึงสูง เนื่องจากดินมีปริมาณดินเหนียวเท่ากับ 30%, ดัชนีพลาสติกซิตี้เท่ากับ 21% และค่า Swelling Pressure เท่ากับ 50 kPa

4.6 ผลการติดตามและตรวจวัดพฤติกรรมของคันทาง

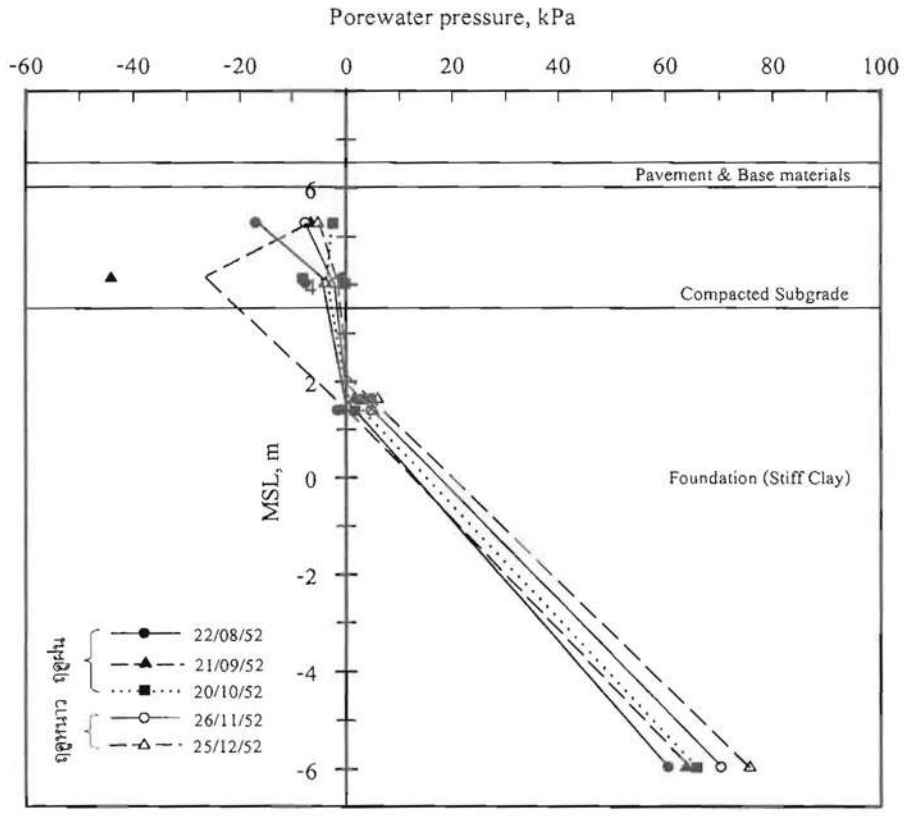
รายการเครื่องมือตรวจวัดทางธรณีเทคนิคในสนาม ประกอบด้วย (1) Electrical Piezometer จำนวน 6 ชุด, (2) Tensiometer จำนวน 8 ชุด, (3) Observation Well จำนวน 2 ชุด, (4) Vertical Inclinometer จำนวน 2 ชุด, (5) Surface Settlement Point จำนวน 84 จุด

4.6.1 แรงดันน้ำใต้ดิน

การตรวจวัดแรงดันน้ำใต้ดินได้ดำเนินการทุก 1 เดือน เป็นจำนวนทั้งสิ้น 4 ครั้ง นับจากการติดตั้งแล้วเสร็จ ข้อมูลการตรวจวัดแรงดันน้ำใต้ดินของแปลงศึกษาที่ 1 และ 2 แสดงดังรูปที่ 4.12 และ 4.13 ตามลำดับ ค่าแรงดันน้ำใต้ดินในคันทางเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาตรวจวัด



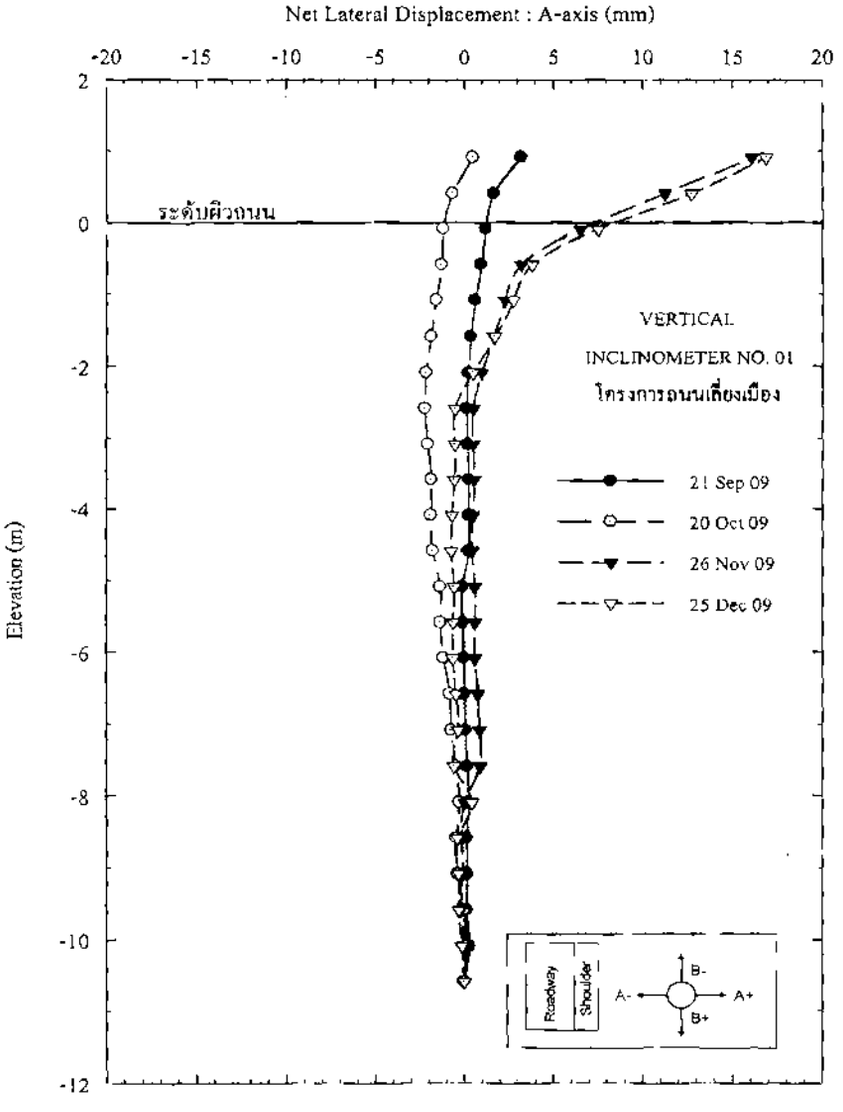
รูปที่ 4.12 ค่าแรงดันน้ำใต้ดินของแปลงศึกษาที่ 1



รูปที่ 4.13 ค่าแรงดันน้ำใต้ดินของแปลงศึกษาที่ 2

4.6.2 การเคลื่อนตัวของคันทาง

ผลการตรวจวัดการเคลื่อนตัวบริเวณไหล่ทาง พบว่าภายในระยะเวลา 4 เดือน คันทางของแปลงศึกษาที่ 1 มีการเคลื่อนตัวด้านข้างประมาณ 8 มิลลิเมตร ซึ่งการเคลื่อนตัวเกิดขึ้นเฉพาะในชั้นวัสดุคันทาง ชั้นดินฐานรากไม่ตรวจพบการเคลื่อนตัวดังแสดงในรูปที่ 4.14 ทั้งนี้ไม่ตรวจพบการเคลื่อนตัวของคันทางของแปลงศึกษาที่ 2



รูปที่ 4.14 ผลการตรวจวัดค่าการเคลื่อนตัวด้านข้างของแปลงศึกษาที่ 1

4.6.3 การทรุดตัวของคันทาง

ค่าระดับหมุดวัดการทรุดตัวเมื่อเทียบกับค่าระดับแบบก่อสร้าง พบว่าความแตกต่างของค่าระดับน้อยมาก จำเป็นต้องทำการสำรวจระดับหมุดวัดการทรุดตัวต่อไปในระยะยาว

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะแนวทางการแก้ไขป้องกันปัญหา

5.1 สรุปผลการศึกษา

รอยแตกตามยาวและทรุดตัวของไหล่ทางหลวงในพื้นที่ภาคกลาง เป็นปัญหาที่พบบนทางหลวงที่มีไหล่ทางเป็นผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต โดยมีสาเหตุเกิดจากหลายปัจจัย ได้แก่ (1) คุณสมบัติและชั้นดินใต้คันทางเป็นดินอ่อน, (2) วัสดุถมคันทางมีคุณสมบัติยืดหดตัวสูง, (3) รูปแบบคันทางไม่สอดคล้องกับคุณสมบัติของชั้นดินฐานราก, (4) รูปแบบวิธีการก่อสร้างขยายคันทางที่ไม่ได้มาตรฐาน, (5) การกำหนดแนวการระบายน้ำไม่เหมาะสม, (6) งานควบคุมการก่อสร้างซึ่งไม่ตระหนักถึงความสำคัญของไหล่ทาง, (7) ปริมาณการจราจรและปริมาณน้ำหนักรถบรรทุกที่เพิ่มขึ้นกว่าการออกแบบ, (8) การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นในดินถมคันทางเนื่องจากปริมาณน้ำฝนในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง เป็นต้น

จากผลการรวบรวมข้อมูลการซ่อมบำรุงทางและการสำรวจภาคสนาม ผู้ศึกษาได้ทำการคัดเลือกทางหลวงซึ่งเกิดปัญหาไหล่ทางแตกตามยาวและทรุดตัวในพื้นที่ภาคกลาง จำนวน 5 สายทาง ดังนี้ (1) ทางหลวงหมายเลข 21 (อ.พัฒนานิคม ถึง อ.ชัยบาดาล จ.ลพบุรี), (2) ทางหลวงหมายเลข 340 (อ.บางปลาม้า จ.สุพรรณบุรี), (3) ทางหลวงหมายเลข 347 (อ.บางปะอิน จ.พระนครศรีอยุธยา), (4) ทางหลวงหมายเลข 357 (สายเลี่ยงเมืองสุพรรณบุรี) และ (5) ทางหลวงหมายเลข 3196 (อ.บ้านหมี่ จ.ลพบุรี) สภาพความเสียหายบริเวณไหล่ทางหลวงทั้ง 5 สายทาง มีลักษณะเป็นรอยแตกตามยาวขนานไปตามแนวถนน (Longitudinal หรือ Edge Cracking) ระดับความรุนแรงปานกลางถึงระดับสูง และอาจมีการทรุดตัวร่วมด้วย

การศึกษานี้ได้คัดเลือกทางหลวงหมายเลข 357 (สายเลี่ยงเมืองสุพรรณบุรี) เป็นตัวแทนกรณีศึกษาเชิงลึกเพื่อวิเคราะห์หากลไกและสาเหตุความเสียหายที่เกิดขึ้นบริเวณไหล่ทางหลวงในพื้นที่ภาคกลาง ขั้นตอนการดำเนินการศึกษาประกอบด้วย การศึกษาและรวบรวมข้อมูลงานก่อสร้าง การสำรวจสภาพความเสียหายบริเวณไหล่ทาง การเจาะสำรวจชั้นดิน การขุดหลุมทดสอบ การทดสอบคุณสมบัติของดินภาคสนามและในห้องปฏิบัติการ การติดตั้งและดำเนินการตรวจวัดด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดพฤติกรรมทางธรณีเทคนิค

ผลการเปรียบเทียบระหว่างแปลงศึกษาที่ 1 (บริเวณที่พบรอยแตกระดับรุนแรงมาก) อยู่ระหว่างกม.32+600 ถึง กม.33+100 และแปลงศึกษาที่ 2 (บริเวณที่พบรอยแตกระดับรุนแรงน้อย) อยู่ระหว่างกม.31+600 ถึง กม.32+100 บนทางหลวงหมายเลข 357 พบว่าวัสดุถมคันทางเป็นดินเหนียวมีค่าดัชนีพลาสติกซิตี้สูง สามารถเกิดการยืดหดตัวได้เมื่อปริมาณความชื้นในดินเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้เกิดรอยแตกบนผิวลาดดิน

น้ำฝนสามารถไหลซึมผ่านลงไปได้ เมื่อผ่านฤดูฝนและฤดูแล้งสลับกันหลายครั้ง ลาดดินจึงเกิดความเครียดสะสม กำลังรับแรงเฉือนของดินลดลง เป็นสาเหตุของการเคลื่อนตัวและเกิดรอยแตก

ผลการสำรวจภาคสนามทั้ง 5 สายทาง ประกอบผลการศึกษาเชิงลึกทางหลวงหมายเลข 357 (สายเลี่ยงเมืองสุพรรณบุรี) สรุปได้ว่า สาเหตุของรอยแตกตามยาวและทรุดตัวของไหล่ทางหลวงในพื้นที่ภาคกลางน่าจะเกิดจาก 2 ปัจจัยสำคัญ คือ

1. คุณสมบัติของวัสดุดินถมคันทาง เป็นดินเหนียวประเภท CL-CH มีค่าดัชนีพลาสติกซิตี้สูง สามารถเกิดการยืดหดตัวได้เมื่อปริมาณความชื้นในดินเปลี่ยนแปลง ดินดังกล่าวพบมากในพื้นที่ภาคกลาง เมื่อนำมาใช้เป็นวัสดุถมคันทาง แม้ได้ผ่านการตรวจสอบควบคุมคุณภาพแล้วว่ามีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานข้อกำหนด แต่เนื่องจากผลของกระบวนการเปียกสลับแห้งตามฤดูกาล ดินถมคันทางจึงเกิดการยืดหดตัวสลับกัน ทำให้เกิดความเครียดสะสม กำลังรับแรงเฉือนของดินลดลงจนเกิดการเคลื่อนตัวและเกิดรอยแตกในที่สุด

2. ขั้นตอนการควบคุมการก่อสร้างงานลาดคันทาง ไม่ตระหนักถึงความสำคัญของเทคนิควิธีการก่อสร้าง รวมถึงการตรวจสอบควบคุมคุณภาพขณะก่อสร้างลาดคันทาง เนื่องจากรายการละเอียดและข้อกำหนดการก่อสร้างทางไม่ได้ระบุไว้ชัดเจน

5.2 แนวทางการแก้ไขป้องกันปัญหา

แนวทางการแก้ไขป้องกันปัญหารอยแตกตามยาว (Longitudinal หรือ Edge Crack) และทรุดตัวบริเวณไหล่ทาง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ให้ดำเนินการขุดรื้อไหล่ทางออกจนพ้นระดับความลึกของความเสียหาย แล้วจึงทำการบดอัดไหล่ทางขึ้นมาใหม่ โดยเลือกใช้วัสดุที่มีกำลังรับแรงเฉือนที่ดี เช่น ดินทรายซึ่งมีค่ามุมเสียดทานภายในสูง

2. ในกรณีจำเป็นต้องใช้ดินเดิมซึ่งมีโอกาสเกิดการยืดหดตัว ควรนำดินไปปรับปรุงคุณภาพก่อนเพื่อเพิ่มกำลังรับแรงเฉือนของดินในระยะยาว โดยวิธีการแก้ไขสรุปไว้ในตารางที่ 5.1

3. ดำเนินการตรวจสอบและซ่อมวัสดุยารอยต่อระหว่างไหล่ทางแอสฟัลต์คอนกรีตกับแผ่นพื้นคอนกรีต รวมทั้งรอยต่อระหว่างแผ่นพื้นคอนกรีต เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำไหลซึมลงสู่วัสดุถมคันทางด้านล่าง

4. หากตรวจพบรอยแตกควรรีบดำเนินการซ่อมแซมทันที เพื่อป้องกันการวิบัติของดินคันทางเนื่องจากการไหลซึมของน้ำ

5.ควรดำเนินการตรวจสอบคุณภาพการบดทับดินขณะก่อสร้างโดยเฉพาะบริเวณลาดคันทาง โดยการหยั่งความลึกด้วยเครื่องมือ Dynamic Cone Penetration

6.เนื่องจากต้นไม้บางชนิดสามารถดูดน้ำในดินไปใช้ในปริมาณมาก ทำให้เกิดการคายน้ำได้สูง ดินจึงสูญเสียความชื้นมาก นอกจากนี้ระหว่างฝนตกหรือการรดน้ำต้นไม้ น้ำสามารถไหลซึมลงสู่ชั้นดินอย่างรวดเร็วตามแนวรากและรอยแตกระแหง ดินในบริเวณดังกล่าวจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงความชื้นได้มาก เป็นเหตุให้กำลังรับแรงเฉือนของดินลดลงจนอยู่ในสภาวะ Fully Soften ได้ ดังนั้นวิธีการลดผลกระทบดังกล่าวอาจทำได้โดยการคัดเลือกชนิดพันธุ์ไม้ที่จะนำมาปลูก ศึกษาวิธีและเทคนิคการปลูก ระยะห่างในการปลูก ระยะเวลาการรดน้ำอย่างเหมาะสม เป็นต้น

5.3 ปรับปรุงมาตรฐานและข้อกำหนด

ควรดำเนินการปรับปรุงรายการละเอียดและข้อกำหนดการก่อสร้างทางหลวง (Specifications for Highway Construction) เล่มที่ 1 ดังต่อไปนี้

- ปรับปรุงข้อ 2.3.1 งานดินถมคันทาง โดยเพิ่มข้อกำหนดคุณสมบัติของวัสดุ ให้มีค่า Liquid Limit ไม่เกินร้อยละ 40 และ มีค่า Plasticity Index ไม่เกินร้อยละ 20 ทั้งนี้รายละเอียดการปรับปรุงรายการละเอียดและข้อกำหนดการก่อสร้างทางหลวงได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก โดยแสดงด้วยตัวพิมพ์หนาและขีดเส้นใต้
- เพิ่มการตรวจสอบวัสดุยารอยต่อ (JOINT SEALING INSPECTION) ในหัวข้อ 4.9.5 หรือจัดทำรายการตรวจสอบวัสดุยารอยต่อสำหรับงานถนนปอร์ตแลนด์ซีเมนต์คอนกรีต สำหรับวิศวกรควบคุม อาทิ Checklist Series: Joint Sealing Portland Cement Concrete Pavements (Federal Highway Administration, USA)

ตารางที่ 5.1 วิธีการแก้ไขปัญหาดินยืดหดตัวสูง (Expansive Soils) (Day, 1999)

วิธีการ	ลักษณะสำคัญและข้อพิจารณา
แทนที่ด้วยวัสดุใหม่ Remove & Replace	- ต้องมีแหล่งวัสดุประเภท Non-Expansive ที่หาได้ง่าย หรือเหมาะสมในด้านราคา - เมื่อใช้วัสดุประเภทดินเม็ดหยาบ ต้องระมัดระวังเรื่องการระบายน้ำเช่นกัน เนื่องจากน้ำสามารถซึมเข้าไปขังในวัสดุได้รวดเร็ว
ปูนขาว Lime Treatment	- สารอินทรีย์ ซัลเฟตต่างๆ และสารประกอบจากแร่เหล็ก อาจลดการเกิดปฏิกิริยา พอซโซลานิก (Pozzolanic) ของปูนขาว - ยิปซัม และปุ๋ยแอมโมเนีย จะเพิ่มความต้องการใช้ปูนขาวของดิน - ดินจำพวก Calcareous และ Alkaline ทำปฏิกิริยาได้ดีกับปูนขาว - ดินที่ระบายน้ำได้ไม่ดี จะทำปฏิกิริยากับปูนขาวได้ดีกว่าดินที่ระบายน้ำได้ดี - โดยทั่วไป ปูนขาว 2-10% สามารถปรับปรุงดินที่ทำปฏิกิริยาได้ดี แต่จำเป็นจะต้องมีการทดสอบเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมเป็นกรณีๆ ไป - ความลึกในการผสมมักจะจำกัดอยู่ที่ 30-45 เซนติเมตร - ปูนขาวก่อนผสม อาจอยู่ในสภาวะแห้งหรือผสมน้ำก็ได้ แต่จะต้องมีปริมาณน้ำที่มากพอเมื่อทำการผสม - ถ้าเว้นระยะเวลาระหว่างการเติมปูนขาว และการผสมขั้นสุดท้ายจะช่วยทำให้ทำงานได้ง่ายขึ้นและช่วยปรับปรุงคุณภาพการบดอัด - ต้องมีการควบคุมคุณภาพระหว่างการบดวัสดุให้ละเอียด การผสมวัสดุ และการบดอัด - ดินที่ปรับปรุงโดยปูนขาว อาจสูญเสียกำลังได้เมื่อแช่น้ำเนื่องจากปูนขาวถูกชะออกไป จึงต้องระมัดระวังเรื่องการสัมผัสกับน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน - วิธีการเจาะหลุมแล้วปล่อยให้น้ำปูนขาวแพร่กระจายสู่ดินมักจะไม่มีประสิทธิภาพ ยกเว้นกรณีที่ดินมีรอยแตกกระจายไปทั่วมวลดิน - การอัดฉีดน้ำปูนขาวโดยใช้แรงดันอาจจะเหมาะสมในการปรับปรุงดินในระดับลึกซึ่งเป็นกรณีที่ไม่สามารถผสมดินและปูนขาวในที่ได้

ตารางที่ 5.1 (ต่อ)

วิธีการ	ลักษณะสำคัญและข้อพิจารณา
ซีเมนต์ Cement Treatment	-ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ 4-6% สามารถลดการยืดหดตัวของดินเหนียวได้ในลักษณะเดียวกับปูนขาว แต่การใช้ซีเมนต์จะลดการหดตัวของดินได้ดีกว่า - วิธีการผสมในที่จะคล้ายคลึงกับปูนขาว แต่จะต้องใช้ระยะเวลาระหว่างการผสมและการบดอัดที่น้อยกว่า - ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์อาจมีประสิทธิภาพด้อยกว่าปูนขาว เมื่อใช้ปรับปรุงดินเหนียวที่มีดัชนีพลาสติกซิตี้สูง - ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์อาจมีประสิทธิภาพดีกว่าปูนขาว เมื่อใช้ปรับปรุงดินที่ไม่ทำปฏิกิริยากับปูนขาว - ดินที่ปรับปรุงด้วยซีเมนต์อาจมีกำลังเพิ่มขึ้นสูงกว่า - ดินที่ปรับปรุงโดยใช้ซีเมนต์อาจเกิดรอยแตกร้าวได้ง่าย และควรมีการตรวจสอบก่อนใช้
เถ้าลอย Fly Ash	- เพิ่มปฏิกิริยา Pozzolanic ของดินทรายแป้ง - ปรับปรุงขนาดคละของอนุภาคดิน
สารอินทรีย์ Organic Compounds	- วิธีการสเปรย์หรือฉีดลงในดินอาจไม่มีประสิทธิภาพมากเนื่องจากอัตราการแพร่สู่ดินเหนียวมีค่าต่ำ - สารประกอบอินทรีย์ที่ใช้ทั่วไป จะไม่ละลายน้ำ สามารถทำปฏิกิริยาได้รวดเร็วและไม่คืนสู่สภาพเดิม - การใช้สารอินทรีย์อาจไม่มีประสิทธิภาพมากไปกว่าการใช้ปูนขาว แต่ราคาอาจสูงกว่า

เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรธรณี. (2552). ธรณีวิทยาประเทศไทย. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมทางหลวง. (2550). คู่มือตรวจสอบและประเมินสภาพความเสียหายของผิวทาง. สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ และ สำนักบริหารบำรุงทาง. กรมทางหลวง.

ยงยุทธ แต้ศิริ, ปรนิก จิตต์อารีกุล และ จีรกุล บุญคำ. (2547). การแก้ไขความเสียหายบริเวณไหล่ทาง. การสัมมนาเจ้าหน้าที่วิเคราะห์วิจัย. สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนางานทาง. กรมทางหลวง.

Day, R. W. (1999). Geotechnical and Foundation Engineering, Design and Construction, McGraw-Hill.

EGAT. (1980). Subsoils investigation for 230 KV. Banpong 2 - Srinagarins dam, Transmission line.

Take, W. A. (2003). The influence of seasonal moisture cycles on clay slopes. Ph.D. Dissertation, University of Cambridge, London.

Take, W. A. and Bolton, M. D. (2004). Identification of seasonal slope behavior mechanisms from centrifuge case studies. Advances in geotechnical engineering, The Skempton Conference Volume 2. Thomas Telford.

Bjerrum, L. (1967). Progressive failure in slopes of overconsolidated plastic clay and clay shales. Journal of Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE, Vol. 93, No. 5, pp. 3-49.

Mesri, G. and Shanien, M. (2003). Residual shear strength mobilized in first-time slope failure. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol. 129, No. 1, ASCE, pp. 12-31.

Stark, T.D., Choi, H., and McCone, S. (2005). Drained shear strength parameter for analysis of landslides. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol. 131, No. 5, ASCE, pp. 575-588.

Skempton, A. W. and Hutchinson, J. N. (1969). Stability of natural slopes and embankment foundation. Proceedings of the 7th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, State-of-the-Art Volume, Mexico City, pp. 291-340.

Skempton, A. W. (1977). Slope stability of cutting in Brown London clay. Proceedings of the 9th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 3, pp. 261-270.

ภาคผนวก ก

ร่างปรับปรุงรายการละเอียดและข้อกำหนดการก่อสร้างทางหลวง

2.3 งานถมคันทาง (EMBANKMENT)

2.3.1 งานดินถมคันทาง (EARTH EMBANKMENT)

หมายถึง การก่อสร้างถมคันทาง และการตัดลาดคันทางเดิมเป็นแบบขั้นบันได (Benching) เพื่อถมขยายคันทาง รวมทั้งการกลบแต่งหลุมบ่อต่าง ๆ ที่ไม่ได้ระบุเป็นงาน รายการอื่น โดยการจัดหาดินหรือวัสดุอื่นใดที่มีคุณภาพถูกต้องตามข้อกำหนด จากแหล่งที่ได้รับความเห็นชอบแล้วมาถมเป็นคันทาง โดยการเกลี่ยแต่งและบดทับให้ได้แนว ระดับ และรูปร่างตามที่แสดงไว้ในแบบ

2.3.1.1 วัสดุ

ดิน หรือวัสดุอื่นใด ต้องเป็นวัสดุที่ปราศจากหน้าดิน และวัชพืช จากแหล่งที่ได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว ส่วนที่จับตัวกันเป็นก้อนหรือยึดเกาะกันมีขนาดโตกว่า 50 มิลลิเมตร จะต้องกำจัดออกไปหรือทำให้แตกและผสมเข้าด้วยกันให้มีลักษณะสม่ำเสมอ

ในกรณีที่ไม่ได้ระบุคุณสมบัติไว้เป็นอย่างอื่น วัสดุที่ใช้ทำชั้นดินถมคันทางจะต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

(1) มีค่า CBR เมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 109 "วิธีการทดลองหาค่า CBR" ไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้ในแบบ ที่ความแน่นแห้งของการบดอัดร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตาม ทล.-ท. 107 "วิธีการทดลอง Compaction Test แบบมาตรฐาน"[1]

(2) มีค่าการขยายตัว เมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 109 "วิธีการทดลองหาค่า CBR" ไม่เกินร้อยละ 4 ที่ความแน่นแห้งของการบดอัดร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตาม ทล.-ท. 107 "วิธีการทดลอง Compaction Test แบบมาตรฐาน"[2]

---

[1] ***แก้ไขจาก ตาม ทล.-ท. 107 "วิธีการทดลอง Compaction Test แบบมาตรฐาน" เป็น ตาม ทล.-ท. 108 "วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน"***

(ที่มา : แนวทางการปรับปรุงมาตรฐาน รายการละเอียดและข้อกำหนดงานก่อสร้างกรมทางหลวง, สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง)

[2] ***แก้ไขจาก ตาม ทล.-ท. 107 "วิธีการทดลอง Compaction Test แบบมาตรฐาน" เป็น ตาม ทล.-ท. 108 "วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน"***

(ที่มา : แนวทางการปรับปรุงมาตรฐาน รายการละเอียดและข้อกำหนดงานก่อสร้างกรมทางหลวง, สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง)

(3) มีค่า Liquid Limit เมื่อทดลองตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท. 102 "วิธีการทดลองหาค่า Liquid Limit (LL) ของดิน" ไม่เกินร้อยละ 40

(4) มีค่า Plasticity Index เมื่อทดลองตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท. 103 "วิธีการทดลองหาค่า Plastic Limit (PL) และ Plasticity Index (PI) ของดิน" ไม่เกินร้อยละ 20

ในกรณีที่ไม่สามารถหาวัสดุดินถมคันทางในท้องถิ่นที่มีคุณสมบัติครบถ้วนตามข้อกำหนดข้างต้น ได้ ผู้รับจ้างสามารถใช้วัสดุที่มีอยู่ในท้องถิ่นนำมาปรับปรุงคุณภาพเป็นวัสดุชั้นดินถมคันทางที่มีคุณสมบัติเป็นไปตามหัวข้อ 2.5.1 ถึง 2.5.2 ได้ โดยผู้รับจ้างจะต้องขอรับอนุญาตให้ใช้ได้จากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อน[3]

2.3.1.2 เครื่องจักรและเครื่องมือ

ก่อนเริ่มงานผู้รับจ้างจะต้องเตรียมเครื่องจักรและเครื่องมือต่าง ๆ ที่จำเป็นจะต้องใช้ในการดำเนินงานทางด้านวัสดุและการก่อสร้างไว้ให้พร้อมที่หน้างาน ทั้งนี้ต้องเป็น แบบ ขนาด และอยู่ในสภาพที่ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

2.3.1.3 วิธีการก่อสร้าง

2.3.1.3.1 การเตรียมการก่อนการก่อสร้าง

(1) การเตรียมวัสดุ

ดินจากแหล่งที่ผ่านการทดสอบคุณภาพว่าใช้ได้แล้ว และเตรียมที่จะนำมาใช้งานชั้นดินถมคันทาง หากไม่ได้นำมาลงบนดินเดิมหรือคันทางเดิมที่ได้เตรียมไว้โดยตรงให้กอง (Stockpile) ไว้เป็นกอง ๆ ในปริมาณที่พอสมควร บริเวณที่เตรียมไว้กองวัสดุ จะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงาน โดยปราศจากสิ่งไม่พึงประสงค์ต่างๆ

(2) การเตรียมพื้นที่ก่อสร้าง

ก่อนเริ่มงานดินถมคันทาง ผู้รับจ้างจะต้องเตรียมพร้อมในด้านต่างๆ เช่น เครื่องจักรและเครื่องมือในการทำงาน และเครื่องหมายควบคุมการจราจร ที่เกี่ยวกับการก่อสร้าง ทั้งนี้จะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว

---

[3] ***ที่มา : แนวทางการปรับปรุงมาตรฐาน รายการละเอียดและข้อกำหนดงานก่อสร้างกรมทางหลวง, สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง***

ผู้รับจ้างจะต้องเกลี่ยและกลบแต่งหลุมบ่อที่มีอยู่เดิม หรือส่วนที่เกิดจากการถางป่าและขุดตอ แล้วบดทับให้แน่นและเรียบร้อย ก่อนที่จะเริ่มงานดินถมคันทาง

ดินเดิมหรือลาดคันทางของถนนเดิม ซึ่งอยู่ต่ำกว่าระดับคันทางที่จะทำการก่อสร้างใหม่น้อยกว่า 1 เมตร ตามแบบ หลังจากกำจัดสิ่งไม่พึงประสงค์ต่าง ๆ ออกหมดแล้ว หรือหลังจากไถคราดผิวทางเดิมแล้ว จะต้องทำการบดทับชั้น 150 มิลลิเมตรสุดท้าย วัดจากระดับดินเดิม หรือผิวถนนเดิมลงไปให้ได้ความแน่นแห้งของการบดทับไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลอง ตาม ทล.-ท. 107 "วิธีการทดลอง Compaction Test แบบมาตรฐาน"[4]

ถ้ามิได้กำหนดไว้ในแบบเป็นอย่างอื่น ทางเดิมที่ยังไม่มีผิวถาวรและต้องการจะถมคันทางให้สูงขึ้นอีกไม่เกิน 300 มิลลิเมตร จะต้องไถคราดผิวทางเดิมไม่น้อยกว่า 150 มิลลิเมตรแล้ว บดทับรวมไปพร้อมกับชั้นใหม่ของชั้นดินถมคันทางนั้น ความหนาของชั้นที่ไถคราดรวบกับวัสดุใหม่จะต้องไม่เกินความหนาแต่ละชั้นที่กำหนดไว้ ตามข้อ 2.3.1.3.3

ในกรณีที่จะก่อสร้างคันทางตามลาดเชิงเขาหรือจะทำการก่อสร้างขยายคันทางใหม่บนคันทางเดิม ให้ตัดลาดเชิงเขาหรือลาดคันทางเดิมเป็นแบบขั้นบันได จากปลายเชิงลาดจนถึงขอบไหล่ทาง ให้เกลี่ยแผ่วัสดุสม่ำเสมอในแนวราบ มีความกว้างพอที่เครื่องมือบดทับที่เหมาะสมลงไปทำงานได้ โดยกำหนดว่าให้ดำเนินการก่อสร้างเป็นชั้น ๆ โดยให้มีความหนาแต่ละชั้นตาม ข้อ 2.3.1.3.3

การเตรียมการก่อนการสร้างนี้ ให้ถือเป็นส่วนหนึ่งของงานดินถมคันทาง โดยจะไม่วัดจ่ายค่างานให้

2.3.1.3.2 การก่อสร้าง

ภายหลังจากที่ได้ดำเนินการตามข้อ 2.3.1.3.1 แล้ว ให้ราดน้ำชั้นดินเดิมหรือคันทางเดิมที่ได้เตรียมไว้แล้วให้เปียกชื้นสม่ำเสมอโดยทั่วตลอด ใช้เครื่องจักรที่เหมาะสมขนดินไปปูบนชั้นที่ได้เตรียมไว้ แล้วตีแผ่ เกลี่ย วัสดุ คลุกเคล้า ผสมน้ำ โดยที่ประมาณว่าให้มีปริมาณน้ำที่ Optimum Moisture Content ± 3% หลังจากเกลี่ยแต่งดินจนได้ที่แล้วให้ทำการบดทับทันทีด้วยเครื่องมือบดทับที่เหมาะสมบดทับทั่วผิวหน้าอย่างสม่ำเสมอ จนได้ความแน่นตลอดความหนาตามข้อกำหนด

---

[4] ***แก้ไขจาก ตาม ทล.-ท. 107 "วิธีการทดลอง Compaction Test แบบมาตรฐาน" เป็น ตาม ทล.-ท. 108 "วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน"***

(ที่มา : แนวทางการปรับปรุงมาตรฐาน รายการละเอียดและข้อกำหนดงานก่อสร้างกรมทางหลวง, สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง)

การดำเนินการก่อสร้างดังที่ได้กล่าวมาแล้วนี้ ให้ทำเป็นชั้น ๆ โดยให้มีความหนาของแต่ละชั้นตามข้อ 2.3.1.3.3 หากผู้รับจ้างไม่สามารถจะทำการก่อสร้างตามวิธีดังกล่าวได้และประสงค์จะดำเนินวิธีการอื่นใด จะต้องได้รับความเห็นชอบจากกรมทางหลวงก่อน และเมื่อได้ก่อสร้างจนเสร็จขั้นสุดท้ายแล้วให้เกลี่ยดินจนได้แนว ระดับ ความลาด ขนาด และรูปตัดตามที่ได้แสดงไว้ในแบบ ไม่มีหลุมบ่อหรือวัสดุที่หลุดหลวมไม่แน่นอยู่บนผิว

ส่วนของคันทางที่อยู่ติดข้างท่อหรือคอสะพาน หรือบริเวณใดก็ตามที่เครื่องมือบดทับขนาดใหญ่ไม่สามารถจะเข้าไปบดทับได้ทั่วถึง ให้ใช้เครื่องมือบดทับขนาดเล็กที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นว่าเหมาะสมเข้าไปทำการบดทับแทน และให้ทำการก่อสร้างเป็นชั้น ๆ ตามข้อ 2.3.1.3.3

2.3.1.3.3 การควบคุมคุณภาพขณะก่อสร้าง

การก่อสร้างชั้นดินถมคันทางให้ก่อสร้างเป็นชั้น ๆ โดยให้มีความหนาหลังบดทับชั้นละไม่เกิน 150 มิลลิเมตร

ผู้รับจ้างอาจก่อสร้างชั้นดินถมคันทางให้มีความหนาแต่ละชั้นเกินกว่า 150 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 200 มิลลิเมตร ก็ได้ ทั้งนี้ต้องแสดงรายการเครื่องจักรและเครื่องมือที่เหมาะสม แสดงวิธีการปฏิบัติงาน และต้องก่อสร้างแปลงทดลองยาวประมาณ 200–500 เมตร เพื่อตรวจสอบคุณภาพ หากพบว่าระหว่างการก่อสร้างมีปัญหาเกี่ยวกับความแน่นของดินถมคันทางส่วนบน และส่วนล่างไม่ได้ตามข้อกำหนด นายช่างผู้ควบคุมงานอาจพิจารณาระงับการก่อสร้างดินถมคันทางหนาชั้นละมากกว่า 150 มิลลิเมตร

นายช่างผู้ควบคุมงานจะตรวจสอบคุณภาพหลังการผสมคลุกเคล้าแล้ว หากพบว่าตอนใดคุณภาพไม่ถูกต้องตามข้อกำหนด ผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไขจนได้วัสดุที่มีคุณภาพถูกต้อง

2.3.1.3.4 การบำรุงรักษาและการเปิดจราจร

หลังจากการก่อสร้างเสร็จและคุณภาพผ่านข้อกำหนดทุกอย่างแล้ว ในกรณีที่ผู้รับจ้างยังไม่ทำการก่อสร้างชั้นทางในชั้นถัดไป ถ้าต้องการเปิดให้การจราจรผ่านในฤดูฝนควรใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะใช้ทำชั้นทางในชั้นถัดไป เช่น วัสดุมวลรวม ปิดทับหน้าไว้เพื่อป้องกันดินถมคันทางเสียหาย ถูกทำลายเป็นร่องล้อและบวม[5]

---

[5] ***(เพิ่มข้อความ) รวมทั้งจะต้องจัดให้มีระบบระบายน้ำจากผิวทางและข้างทาง เพื่อป้องกันดินถมคันทางเสียหาย***

(ที่มา : แนวทางการปรับปรุงมาตรฐาน รายการละเอียดและข้อกำหนดงานก่อสร้างกรมทางหลวง, สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง)

ค่าใช้จ่ายในการนี้ ผู้รับจ้างต้องเป็นผู้รับผิดชอบทั้งสิ้น

2.3.1.4 การตรวจสอบ

2.3.1.4.1 การตรวจสอบค่าระดับ

งานดินถมคันทางที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วจะต้องมีรูปร่างราบเรียบตามแบบโดยเมื่อทำการตรวจสอบด้วยบรรทัดตรง ยาว 3.00 เมตร ทั้งตามแนวขนานและตั้งฉากกับแนวศูนย์กลางทางมีความแตกต่างได้ไม่เกิน 10 มิลลิเมตร และมีค่าระดับแตกต่างไปจากค่าระดับที่แสดงไว้ในแบบได้ไม่เกิน 15 มิลลิเมตร การตรวจสอบค่าระดับให้ทำทุกระยะ 25 เมตรหรือน้อยกว่าตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร ตอนใดที่ผิดไปจากนี้ให้แก้ไข โดยการปาดออก หรือรื้อแล้วก่อสร้างใหม่

2.3.1.4.2 การทดสอบความแน่นของการบดทับ

งานดินถมคันทาง จะต้องทำการบดทับให้ได้ความแน่นแห้งสม่ำเสมอตลอด ไม่น้อยกว่า 1.44 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และไม่ต่ำกว่าร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลอง ตัวอย่างดินเก็บจากหน้างานในสนาม หลังจากคลุกเคล้า ผสมและปูลงบนถนนแล้วตามทล.-ท. 107 "วิธีการทดลอง Compaction Test แบบมาตรฐาน"[6]

การทดสอบความแน่นของการบดทับ ให้ดำเนินการทดสอบตาม ทล.-ท. 603 "วิธีการทดลองหาค่าความแน่นของวัสดุในสนามโดยใช้ทราย" ทุกระยะประมาณ 100 เมตร ต่อ 1 ช่องจราจร หรือประมาณพื้นที่ 700 ตารางเมตร ต่อ 1 หลุมตัวอย่าง

2.3.1.5 การวัดปริมาณงานและการจ่ายค่างาน

2.3.1.5.1 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดและการคำนวณหาปริมาณงานของดินถมคันทางนั้น ให้วัดปริมาณเป็น ปริมาตร โดยวัดเนื้องานจากระดับก่อนที่จะทำงานถางป่า ขุดตอ หรือการเกลี่ยแต่งคันทางเดิมหรือการตัดลาดคันทางเดิมเป็น

---

[6] *แก้ไขจาก ตาม ทล.-ท. 107 "วิธีการทดลอง Compaction Test แบบมาตรฐาน" เป็น ตาม ทล.-ท. 108 "วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน"*

(ที่มา : แนวทางการปรับปรุงมาตรฐาน รายการละเอียดและข้อกำหนดงานก่อสร้างกรมทางหลวง, สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง)

แบบขั้นบันไดเพื่อขยายคันทางและหาพื้นที่หน้าตัดด้วยวิธีคูณไขว้[7] และใช้วิธีเฉลี่ยพื้นที่หน้าตัดในการคำนวณหาปริมาตรของงานดินถมคันทาง โดยใช้ระยะทางตามแนวศูนย์กลางทาง โดยทั่วไปให้ใช้พื้นที่หน้าตัดทุกระดับ 25 เมตร แต่หากเป็นงานในภูมิประเทศเป็นภูเขาหรือต้องการความละเอียดในการคำนวณมากขึ้นระยะทางอาจลดลงเป็น 12.50 เมตร หรือ 5.00 เมตร ตามดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน ทั้งนี้ให้หักปริมาตรส่วนที่ถูกแทนที่ด้วยท่อกลม ท่อเหลี่ยม และสิ่งสาธารณูปโภคต่างๆ ออก ปริมาณงานมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

กรณีงานดินถมคันทางแทนที่งานขุดบริเวณดินอ่อน ให้คำนวณจากความกว้าง ยาวและลึกตามที่ทำการก่อสร้าง

2.3.1.5.2 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงานและอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อย ตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

---

[7] *(เพิ่มข้อความ) หรือใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการคำนวณที่สามารถแสดงรายละเอียดในการคำนวณได้อย่างชัดเจน*

(ที่มา : แนวทางการปรับปรุงมาตรฐาน รายการละเอียดและข้อกำหนดงานก่อสร้างกรมทางหลวง, สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง)

รายงานวิจัยฉบับที่ : วพ. 297 สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง

ผู้เขียน : ดร.อัคคพัฒน์ สว่างสุรีย์, ดร.บารเมศ วรรธนะภูติ, ผศ.ดร.อภินิติ โชติสังกาศ

ชื่อเรื่อง : ปัญหาและแนวทางแก้ไขรอยแตกตามยาวและทรุดตัวบริเวณไหล่ทางหลวงในพื้นที่ภาคกลาง

บทคัดย่อ : ปัญหารอยแตกตามยาวและทรุดตัวของไหล่ทางหลวงในพื้นที่ภาคกลางเป็นความเสียหายที่พบได้บ่อยครั้งบนทางหลวงที่มีไหล่ทางเป็นผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต การศึกษานี้ได้ทำการคัดเลือกทางหลวงซึ่งเกิดปัญหาไหล่ทางแตกตามยาวและทรุดตัวในพื้นที่ภาคกลาง จำนวน 5 สายทาง ได้แก่ ทางหลวงหมายเลข 21 จ.ลพบุรี, ทางหลวงหมายเลข 3196 จ.ลพบุรี, ทางหลวงหมายเลข 340 จ.สุพรรณบุรี, ทางหลวงหมายเลข 357 จ.สุพรรณบุรี และทางหลวงหมายเลข 347 จ.พระนครศรีอยุธยา โดยคัดเลือกทางหลวงหมายเลข 357 เป็นตัวแทนกรณีศึกษาเชิงลึกเพื่อวิเคราะห์หากลไกและสาเหตุความเสียหายที่เกิดขึ้นบริเวณไหล่ทางหลวงในพื้นที่ภาคกลาง ขั้นตอนการดำเนินการศึกษาประกอบด้วย การศึกษาและรวบรวมข้อมูลงานก่อสร้าง การสำรวจสภาพความเสียหายบริเวณไหล่ทาง การเจาะสำรวจชั้นดิน การขุดหลุมทดสอบ การทดสอบคุณสมบัติของดินภาคสนามและในห้องปฏิบัติการ การติดตั้งและดำเนินการตรวจวัดด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดพฤติกรรมทางธรณีเทคนิค

ศัพท์สำคัญ : รอยแตกตามยาว, การทรุดตัว, ไหล่ทางแอสฟัลต์คอนกรีต, ดินถมคันทาง, การยืดหดตัว

ทล. วพ/ว/2554/ท.

ISSN 0125-8044