

ผลงานลำดับที่ ๑

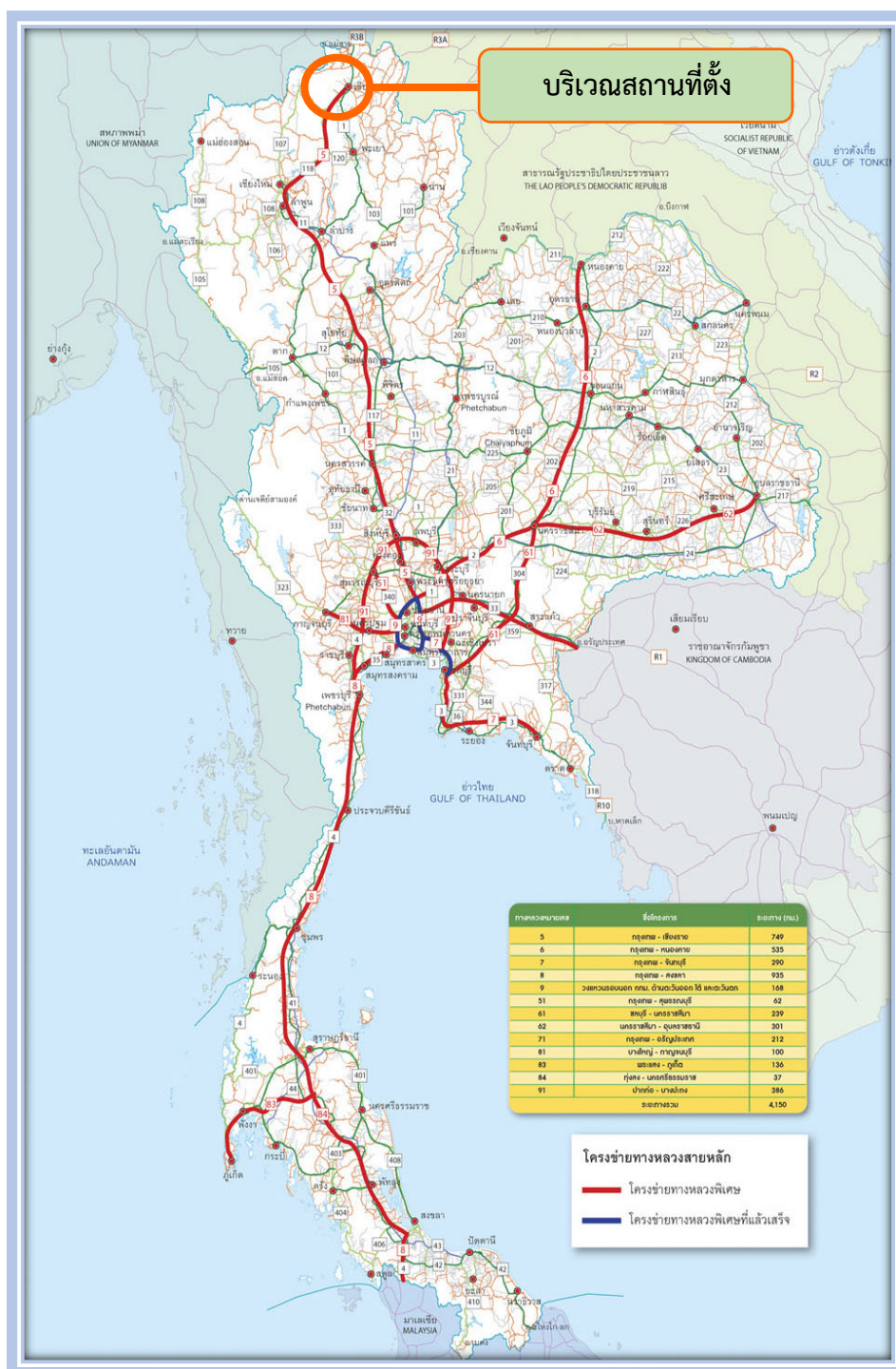
การแก้ไขปัญหาค้นทางเกิดการอ่อนตัว เนื่องจากน้ำใต้ดิน
สายทางเลี้ยวเมืองเชียงราย ส่วนที่ ๒

แบบแสดงรายละเอียดการเสนอผลงาน

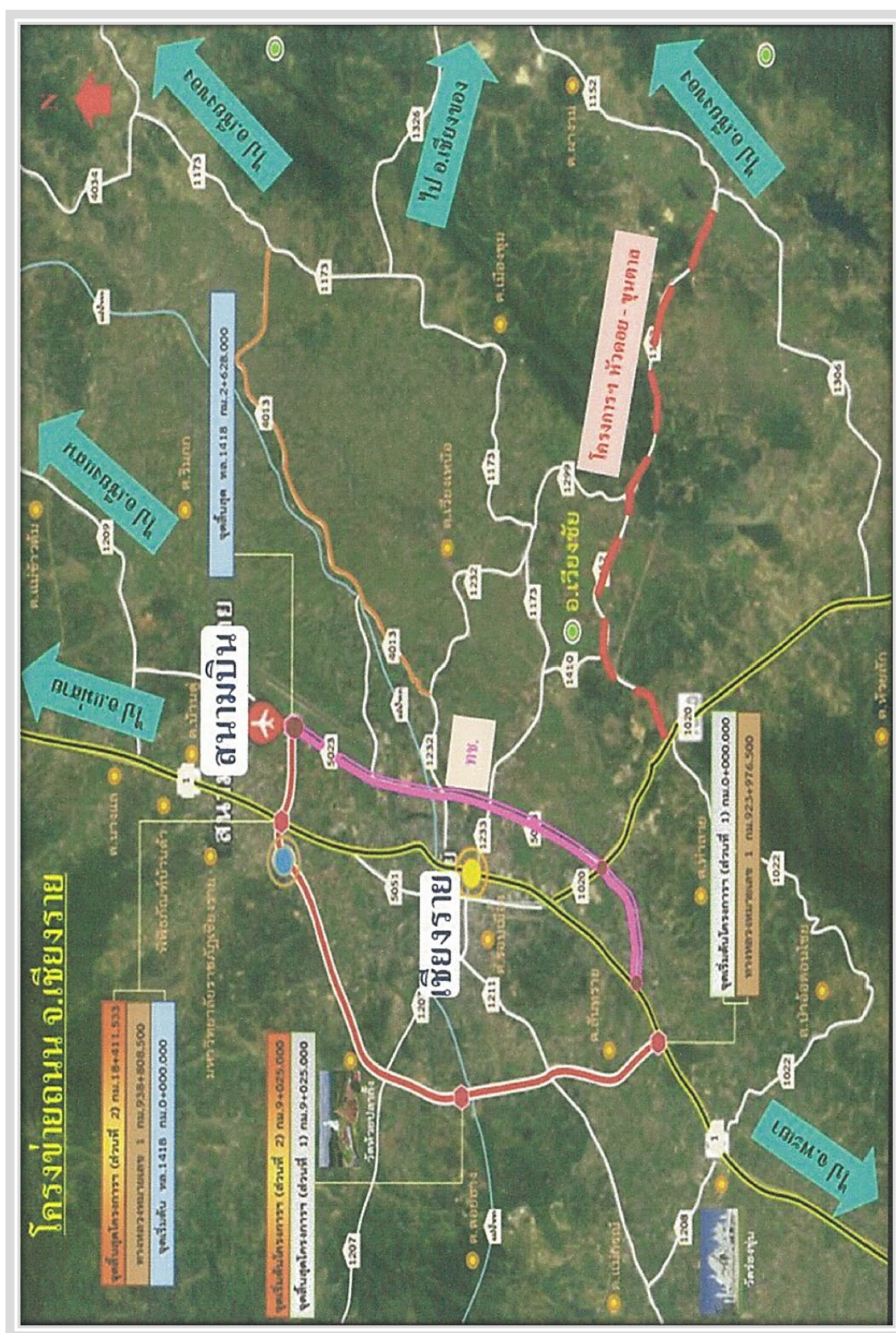
ผลงานลำดับที่ ๑

๑. เรื่อง

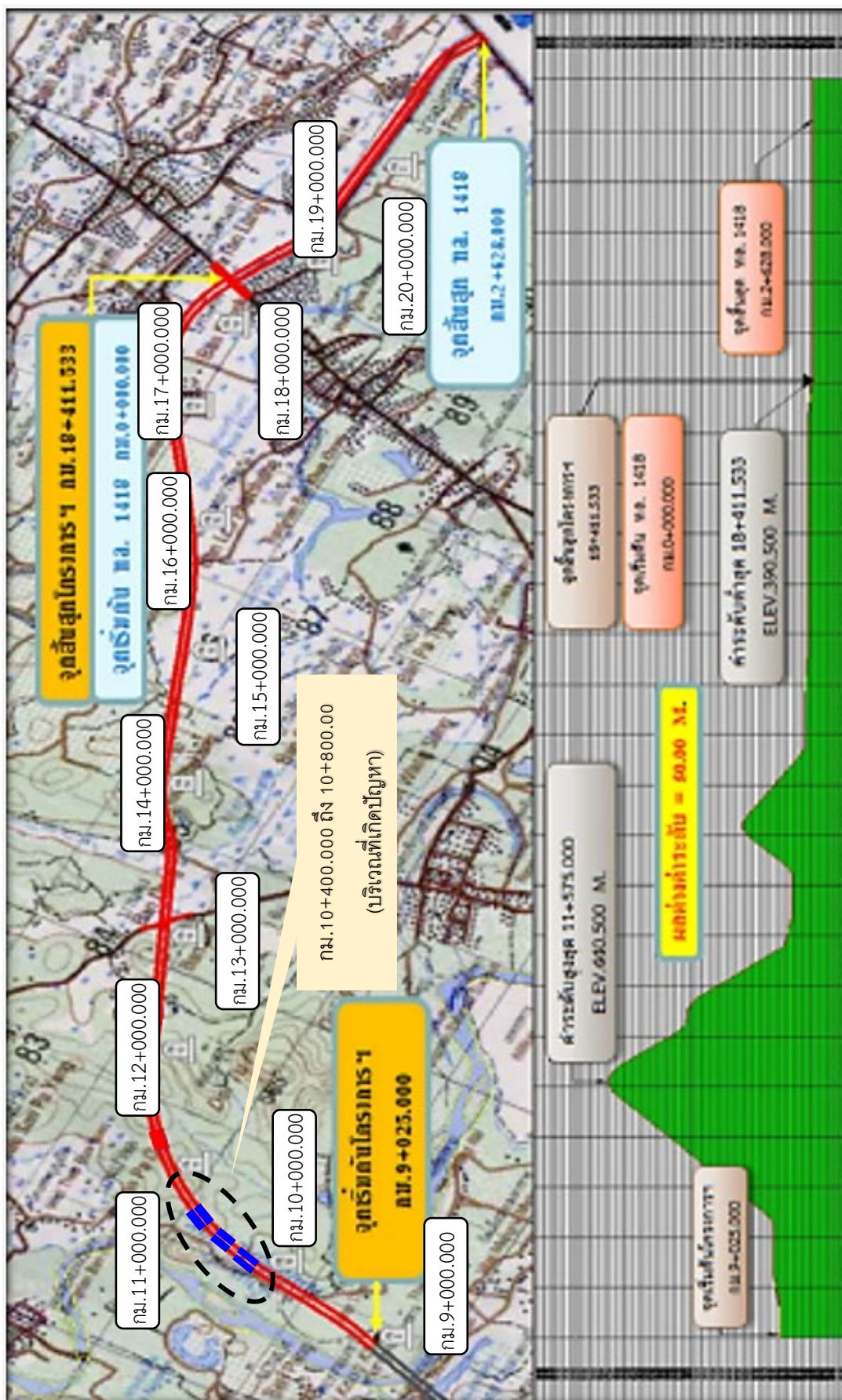
การแก้ไขปัญหาคันทางเกิดการอ่อนตัว เนื่องจากน้ำใต้ดินสายทางเลี้ยงเมืองเชียงราย ส่วนที่ ๒



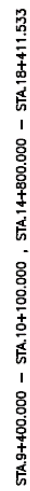
แผนที่แนวก่อสร้างทาง



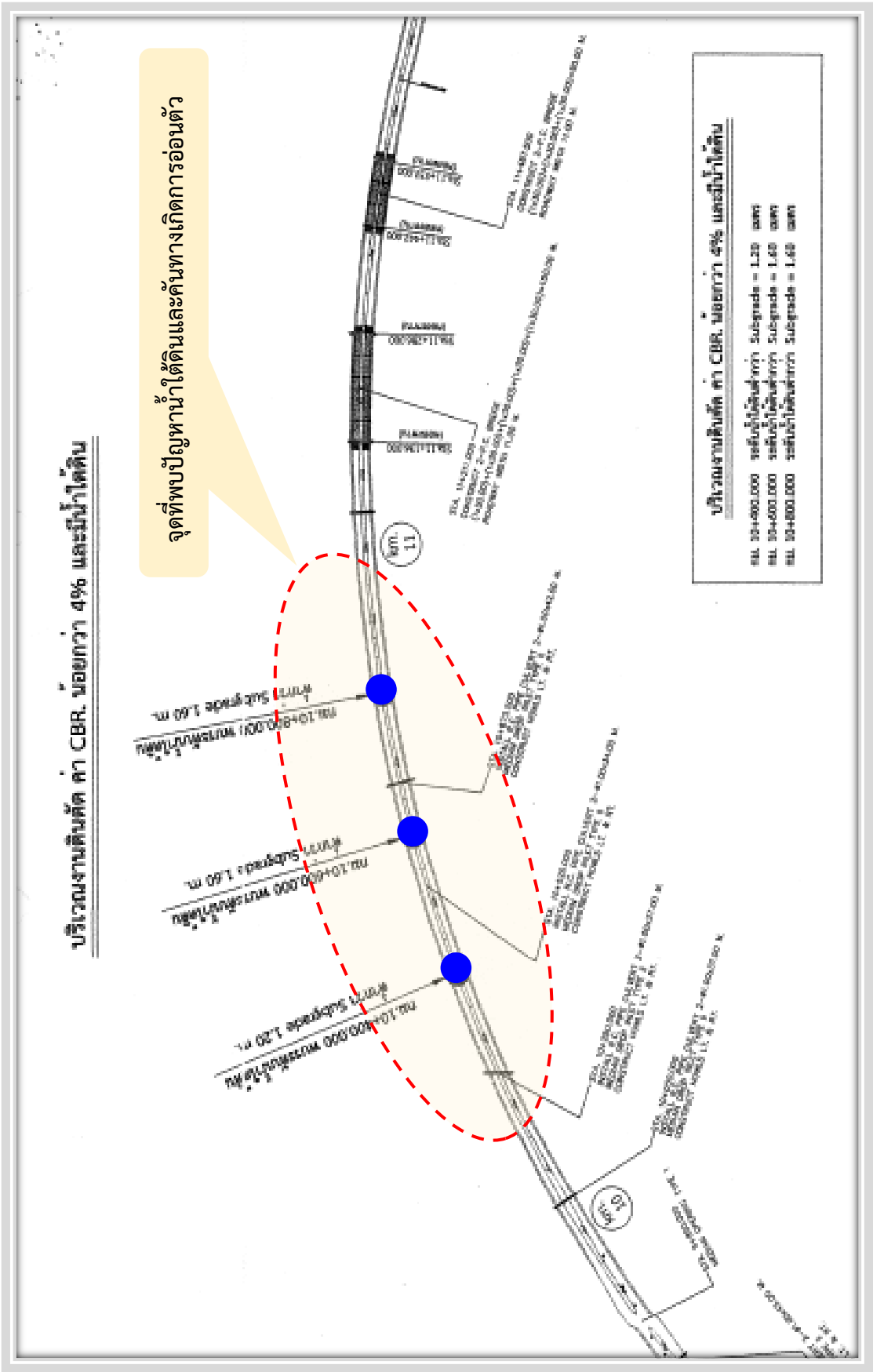
แผนผังเชิง



แผนที่แนวทางและระดับ



รูปตัดได้โครงสร้างชั้นทางทั่วไป



บริเวณที่เกิดปัญหาค้นทางอ่อนตัว

๒. ระยะเวลาการดำเนินการ

ระยะเวลาเริ่มปฏิบัติงาน ปี พ.ศ. ๒๕๖๑ (เดือนเมษายน - เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๖๑)

๓. ความรู้ ความชำนาญงาน หรือความเชี่ยวชาญและประสบการณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน

โครงการก่อสร้างสายทางเลี่ยงเมืองเชียงราย ส่วนที่ ๒ รวมทางหลวงหมายเลข ๑๔๑๘ (ทางเข้าสนามบินนานาชาติแม่ฟ้าหลวง) ได้รับงบประมาณการก่อสร้างในปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๘ เป็นโครงการก่อสร้างแนวทางตัดใหม่ มาตรฐานทางชั้นพิเศษ ๔ ช่องจราจร (ไปกลับข้างละ ๒ ช่องจราจร) เพื่อพัฒนาระบบทางหลวงในปัจจุบันให้มีประสิทธิภาพในการรองรับปริมาณการจราจรที่เพิ่มขึ้นตามแผนขับเคลื่อนการวางโครงสร้างพื้นฐานที่จำเป็น เพื่อรองรับการพัฒนาสู่อนาคต สนับสนุนการขนส่งแบบต่อเนื่องจากประเทศเพื่อนบ้านในอนาคต ผิวทางเป็นแบบแอสฟัลต์คอนกรีต ๒ ชั้น หนาชั้นละ ๕ เซนติเมตร ผิวจราจรกว้างช่องละ ๓.๕๐ เมตร ไหล่ทางด้านนอกกว้าง ๒.๕๐ เมตร และด้านในกว้าง ๑.๕๐ เมตร ชั้นพื้นทางเป็นหินคลุกหนา ๓๕ เซนติเมตร ชั้นวัสดุคัดเลือก “ก” หนา ๒๐ เซนติเมตร เกาะกลางแบบ Depressed Median กว้าง ๙.๕๐ เมตร ระยะทางยาวประมาณ ๙.๓๘๖ กิโลเมตร ส่วนทางหลวงหมายเลข ๑๔๑๘ (ทางเข้าสนามบินนานาชาติแม่ฟ้าหลวง) เป็นงานบูรณะทางเดิม ๔ ช่องจราจร (ไปกลับข้างละ ๒ ช่องจราจร) ผิวทางเป็นแอสฟัลต์คอนกรีต ๒ ชั้น หนาชั้นละ ๕ เซนติเมตร ผิวจราจรกว้างช่องละ ๓.๕๐ เมตร ไหล่ทางด้านนอกกว้าง ๒.๐๐ เมตร ชั้นพื้นทางเป็น Cement Modified Crushed Rock Base หนา ๒๐ เซนติเมตร ชั้นรองพื้นทางเป็น Pavement Recycling หนา ๑๕ เซนติเมตร เกาะกลางแบบ Raised Median กว้าง ๓.๖๐ เมตร ระยะทางยาวประมาณ ๒.๖๒๘ กิโลเมตร และมีงานก่อสร้างสะพาน คสล. ผิวจราจรกว้าง ๑๑.๕๐ เมตร ขอบทางกว้างข้างละ ๐.๕๐ เมตร จำนวน ๓ แห่ง (สะพานคู่) ดังนี้

๑. กม.๑๑+๒๑๑.๐๐๐ ขนาด (๕*๓๐.๐๐) = ๑๕๐.๐๐ ม.

๒. กม.๑๑+๔๘๗.๕๐๐ ขนาด (๓*๓๐.๐๐) = ๙๐.๐๐๐ ม.

๓. กม.๑๒+๑๔๔.๐๐๐ ขนาด (๕*๓๐.๐๐) = ๑๕๐.๐๐ ม.

ปัญหาการอ่อนตัวของคันทางที่เกิดขึ้น สาเหตุเกิดจากแรงดันน้ำใต้ดินช่วงที่ก่อสร้างตัดผ่านภูเขา ซึ่งบริเวณช่วงดังกล่าวเป็นภูเขาสลับหุบเขาซ้อนกัน ลักษณะงานก่อสร้างเป็นงานดินตัด (Earth Excavation) ความลึกของดินตัดประมาณ ๔ - ๑๖ เมตร จากความรู้และประสบการณ์ของผู้ขอประเมินที่ได้ทำงานในด้านก่อสร้างทาง ทำให้ทราบว่าการอ่อนตัวของคันทางเกิดจากแรงดันของน้ำใต้ดินที่ไหลผ่านบริเวณดังกล่าว ดังนั้น การวิเคราะห์สาเหตุที่เกิดขึ้นต้องใช้ความรู้ทางด้านปฐพีกลศาสตร์เข้ามาช่วยโดยการประยุกต์ความรู้ทางด้านตาข่ายการไหลของน้ำในดินจากที่สูงไหลลงสู่ที่ต่ำ ร่วมกับการตรวจสอบแรงประสิทธิผลของดินเพื่อตรวจพฤติกรรมการไหลของน้ำในดินบริเวณที่เกิดปัญหาดังกล่าว

เมื่อทราบสาเหตุของปัญหาแล้ว ผู้ขอประเมินได้พิจารณาเลือกแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น โดยแนวทางเลือกที่พิจารณามี ๒ แนวทางคือ แนวทางที่ ๑ ก่อสร้างชั้นระบายน้ำ (Porous Layer) โดยหลักการของชั้นระบายน้ำ คือ การแทรกชั้นวัสดุที่มีคุณสมบัติในการระบายน้ำเข้าไปในตัวคันทางก่อนดำเนินการก่อสร้างโครงสร้างชั้นทาง โดยกำหนดให้ชั้นระบายน้ำอยู่ในระดับสูงสุดของระดับน้ำใต้ดิน เพื่อให้ น้ำใต้ดินที่ซึมผ่านขึ้นมาไหลเข้าสู่ชั้นระบายน้ำ (Porous Layer) และไหลออกสู่ระบบระบายน้ำด้านข้าง (Sub Drain) และแนวทางที่ ๒ การติดตั้งระบบสูบน้ำ (Wellpoint System) รอบบริเวณคันทางในช่วงที่มีปัญหาระดับน้ำใต้ดินสูง โดยมีระยะทางทั้งสองฝั่งรวมกันประมาณ ๑ กิโลเมตร เป็นการเจาะฝังท่อบริเวณลาดดินตัด และติดตั้งเครื่องสูบน้ำเพื่อสูบน้ำใต้ดินที่มีทิศทางการไหลจากหุบเขาทั้งสองด้านออก เพื่อลดระดับน้ำใต้ดินให้ต่ำลงจากระดับเดิมเพื่อลดแรงดันน้ำใต้ดินไม่ให้ส่งผลทำให้โครงสร้างชั้นทางเกิดความเสียหาย โดยระบบสูบน้ำดังกล่าวมีความเหมาะสม

ในการลดระดับน้ำใต้ดิน เนื่องจากความสามารถในการลดระดับน้ำใต้ดินจะขึ้นอยู่กับกำลังของปั๊มสูบน้ำ แนวทางการแก้ไขปัญหานี้ทั้ง ๒ แนวทาง ต้องใช้ความรู้ทางด้านปฐพีกลศาสตร์และชลศาสตร์มาบูรณาการเข้าด้วยกันเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น โดยการคำนวณอัตราการไหลของน้ำใต้ดินที่ไหลมาบรรจบกันบริเวณใต้โครงสร้างชั้นทางให้เพียงพอจนไม่เกิดการไหลย้อนขึ้นไปหาโครงสร้างชั้นทางด้านบน และการป้องกันการอุดตันของวัสดุ เนื่องจากการระบายน้ำใต้ดินต้องอาศัยวัสดุที่มีคุณสมบัติการไหลผ่านที่ดี ดังนั้น จึงต้องมีการคัดเลือกและตรวจสอบคุณสมบัติของวัสดุก่อนที่จะนำมาใช้ เมื่อได้วัสดุที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการแก้ไขปัญหาลแล้ว จากนั้นอาศัยประสบการณ์และความเชี่ยวชาญของผู้ขอประเมินในการพิจารณาคัดเลือกแนวทางการแก้ไขปัญหานั้นที่เหมาะสมที่สุด เพื่อนำมาใช้ในการก่อสร้างต่อไป จากการเปรียบเทียบข้อดี - ข้อเสียของทั้ง ๒ แนวทางพบว่า แนวทางที่ ๑ มีความเหมาะสมมากกว่าแนวทางที่ ๒ เมื่อได้แนวทางในการแก้ไขปัญหาลแล้ว ผู้ขอประเมินได้คำนวณปริมาณงาน และค่างานที่จะใช้ในการก่อสร้างชั้นระบายน้ำ (Porous Layer) ในเบื้องต้น พร้อมคำนวณปริมาณงานและค่างานรวมทั้งโครงการ (รวมค่างานก่อสร้างชั้นระบายน้ำ (Porous Layer) ด้วยแล้ว) และพิจารณาปรับลดปริมาณงานและค่างานรายการก่อสร้างบางรายการลง เพื่อให้ค่างานการก่อสร้างรวมของโครงการให้อยู่ในวงเงินตามสัญญา เพื่อเตรียมข้อมูลในการขออนุมัติถัวจ่ายค่างานหลังจากดำเนินการแก้ไขสัญญาแล้วเสร็จต่อไป

๔. สรุปสาระสำคัญ ขั้นตอนการดำเนินการ และเป้าหมายของงาน

การดำเนินการแก้ไขปัญหาค้นทางเกิดการอ่อนตัว เนื่องจากน้ำใต้ดินเมื่อโครงการฯ ขุดตัดดินจนถึงระดับก่อสร้างที่ต้องการพบว่า วัสดุชั้นดินเดิมมีคุณภาพไม่ได้ตามข้อกำหนด และเมื่อทำการขุดตัดลงไปอีก ๕๐ มิลลิเมตร พร้อมทำการบดอัดพบว่า ค้นทางเกิดการอ่อนตัวและวัสดุมีลักษณะความชื้นในดินสูง จากปัญหาดังกล่าวได้ดำเนินการตรวจสอบและแก้ไข ดังนี้

๔.๑ ลงพื้นที่เพื่อรับฟังข้อมูล และตรวจสอบสภาพพื้นที่ในสนามร่วมกับโครงการฯ ตลอดจนตรวจสอบลักษณะภูมิประเทศบริเวณโดยรอบเพื่อเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์หาสาเหตุและแนวทางการแก้ไข และสั่งการให้โครงการฯ ขุดบ่อ (Test Pit) จำนวน ๓ จุด เพื่อสังเกตระดับน้ำใต้ดินเป็นเวลา ๗ วัน

๔.๒ ศึกษาแบบก่อสร้าง แผนที่แนวทางและระดับ (Plan & Profile) รูปตัดโครงสร้างชั้นทาง (Typical Cross Section) ช่วงดังกล่าวเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์หาสาเหตุ และแนวทางการแก้ไข

๔.๓ วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาจากข้อมูลต่าง ๆ เมื่อทราบสาเหตุการอ่อนตัวของค้นทางแล้ว ทำการตรวจวัดระดับน้ำใต้ดินบริเวณที่ค้นทางอ่อนตัว เพื่อให้มั่นใจว่าระดับน้ำใต้ดินที่สูงขึ้นไม่ได้เกิดจากปริมาณน้ำฝน หรือจากปัจจัยอื่น ๆ

๔.๔ พิจารณาแนวทางแก้ไข เพื่อเลือกแนวทางที่เหมาะสม

๔.๕ ประสานผู้ออกแบบ เพื่อตรวจสอบสภาพพื้นที่ในสนามและนำเสนอแนวทางแก้ไข เพื่อขอแก้ไขแบบตามระเบียบต่อไป

๔.๖ คำนวณปริมาณงานและค่างานที่จะใช้ในการก่อสร้างชั้นระบายน้ำ (Porous Layer) ในเบื้องต้น พร้อมคำนวณปริมาณงานและค่างานรวมทั้งโครงการ (รวมค่างานก่อสร้างชั้นระบายน้ำ (Porous Layer) ด้วยแล้ว) และพิจารณาปรับลดปริมาณงานและค่างานรายการก่อสร้างบางรายการลง เพื่อให้ค่างานการก่อสร้างรวมของโครงการให้อยู่ในวงเงินตามสัญญา เพื่อเตรียมข้อมูลในการขออนุมัติถัวจ่ายค่างาน หลังจากดำเนินการแก้ไขสัญญาแล้วเสร็จต่อไป

๔.๗ เสนอเรื่องการแก้ไขรูปแบบการก่อสร้างผ่านคณะกรรมการตรวจการจ้างไปยังสำนักเจ้าของงาน เพื่อเสนอไปยังผู้ออกแบบพิจารณาแก้ไขแบบ และแก้ไขสัญญาต่อไป

๕. ผลสำเร็จของงาน (เชิงปริมาณ/คุณภาพ)

โครงการก่อสร้างสายทางเลียบเมืองเชียงราย ส่วนที่ ๒ รวมทางหลวงหมายเลข ๑๔๑๘ (ทางเข้าสนามบินนานาชาติแม่ฟ้าหลวง) เป็นโครงการก่อสร้างทางเลียบเมืองเชียงราย ซึ่งแนวก่อสร้าง (Construction Line) เป็นแนวทางตัดใหม่ลักษณะภูมิประเทศที่แนวทางตัดผ่านจะเป็นภูเขา สลับเนินเขาและที่ราบ ซึ่งการก่อสร้างมีโอกาที่จะพบปัญหาน้ำใต้ดินที่เป็นสาเหตุทำให้คันทางเกิดความเสียหายที่จะต้องหาทางแก้ไขเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาหลังจากการก่อสร้างแล้วเสร็จ ดังนั้น แนวทางการแก้ไขปัญหาดังกล่าวเป็นวิธีการแก้ปัญหาที่สามารถดำเนินการก่อสร้างได้สะดวกและรวดเร็ว ใช้งบประมาณไม่สูงมากแก้ไขปัญหาได้อย่างถาวร เมื่อก่อสร้างแล้วเสร็จและเปิดการจราจรแล้วพบว่า ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตและโครงสร้างชั้นทางช่วงที่คันทางเกิดการอ่อนตัวไม่เกิดความเสียหายแต่อย่างใด สามารถใช้งานได้จนถึงปัจจุบัน

๖. การนำไปใช้ประโยชน์/ผลกระทบ

ปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นปัญหาที่อาจจะพบเจอได้ในบางโครงการฯ ซึ่งสภาพพื้นที่ส่วนใหญ่จะมีลักษณะภูมิประเทศที่เป็นภูเขา หรือเป็นร่องเขาที่มีระดับน้ำใต้ดินสูง การแก้ไขปัญหาดังกล่าวเป็นแนวทางการแก้ไขที่สะดวก และการก่อสร้างไม่ซับซ้อนสามารถแก้ปัญหาคันทางเกิดการอ่อนตัวเนื่องจากน้ำใต้ดินได้อย่างถาวร ซึ่งในปัจจุบันสภาพผิวจราจรยังอยู่ในสภาพใช้งานได้ดี ไม่มีความเสียหายเกิดขึ้นแต่อย่างใด ดังนั้น โครงการก่อสร้างที่มีปัญหาลักษณะดังกล่าว สามารถใช้เป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาได้

๗. ความยุ่งยากและซับซ้อนในการดำเนินการ

โครงการก่อสร้างสายทางเลียบเมืองเชียงราย ส่วนที่ ๒ เป็นโครงการก่อสร้างทางเลียบเมืองเชียงราย ซึ่งแนวก่อสร้าง (Construction Line) เป็นแนวทางตัดใหม่ลักษณะภูมิประเทศที่แนวทางตัดผ่านเป็นพื้นที่ป่าไม้ผ่านเนินเขาสลับภูเขา และพื้นที่ราบ ดังรูปที่ ๑ และรูปที่ ๒



รูปที่ ๑ เนินเขาสลับ พื้นที่ราบ ที่แนวคันทางตัดผ่าน



รูปที่ ๒ ร่องไหล่เขาที่แนวคันทางตัดผ่าน

จากการก่อสร้างของโครงการฯ ช่วง กม.๑๐+๔๐๐.๐๐๐ - กม.๑๐+๘๐๐.๐๐๐ พบปัญหาในขณะดำเนินการก่อสร้าง คือ นายช่างควบคุมงานสังเกตเห็นการอ่อนตัว (Soft) ของคันทางบริเวณที่เครื่องจักรกำลังทำการบดอัดวัสดุฐานราก **ดังรูปที่ ๓ และรูปที่ ๔** กล่าวคือ ลักษณะการก่อสร้างช่วงดังกล่าวเป็นงานดินตัด (Earth Excavation) ขั้นตอนการก่อสร้างจะต้องตัดดินเดิมออกจนถึงระดับงานดิน (Finished Subgrade) แล้วเก็บตัวอย่างวัสดุที่ระดับงานดิน (Finished Subgrade) เพื่อทดสอบหาคุณสมบัติของดินเดิม **ดังรูปที่ ๕ และรูปที่ ๖**



รูปที่ ๓ บริเวณที่พบการอ่อนตัวหลังการบดอัดดินฐานราก บริเวณ กม. ๑๐+๔๐๐.๐๐๐



รูปที่ ๔ บริเวณที่พบการอ่อนตัวหลังการบดอัดดินฐานราก บริเวณ กม. ๑๐+๔๕๐.๐๐๐



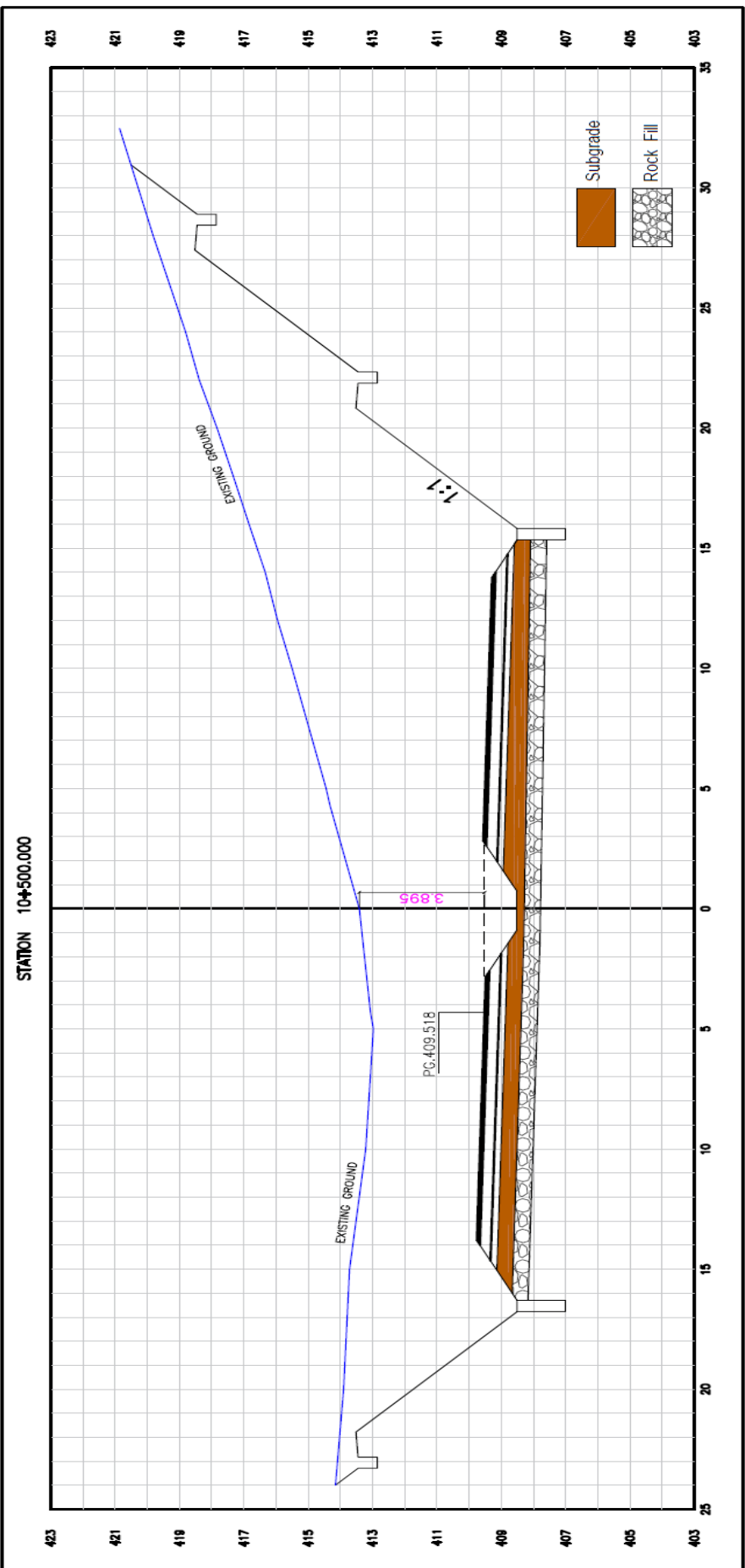
รูปที่ ๕ เก็บตัวอย่างวัสดุที่ระดับงานดินบริเวณ กม.๑๐+๔๘๐.๐๐๐ ไปทดสอบในห้องปฏิบัติการ



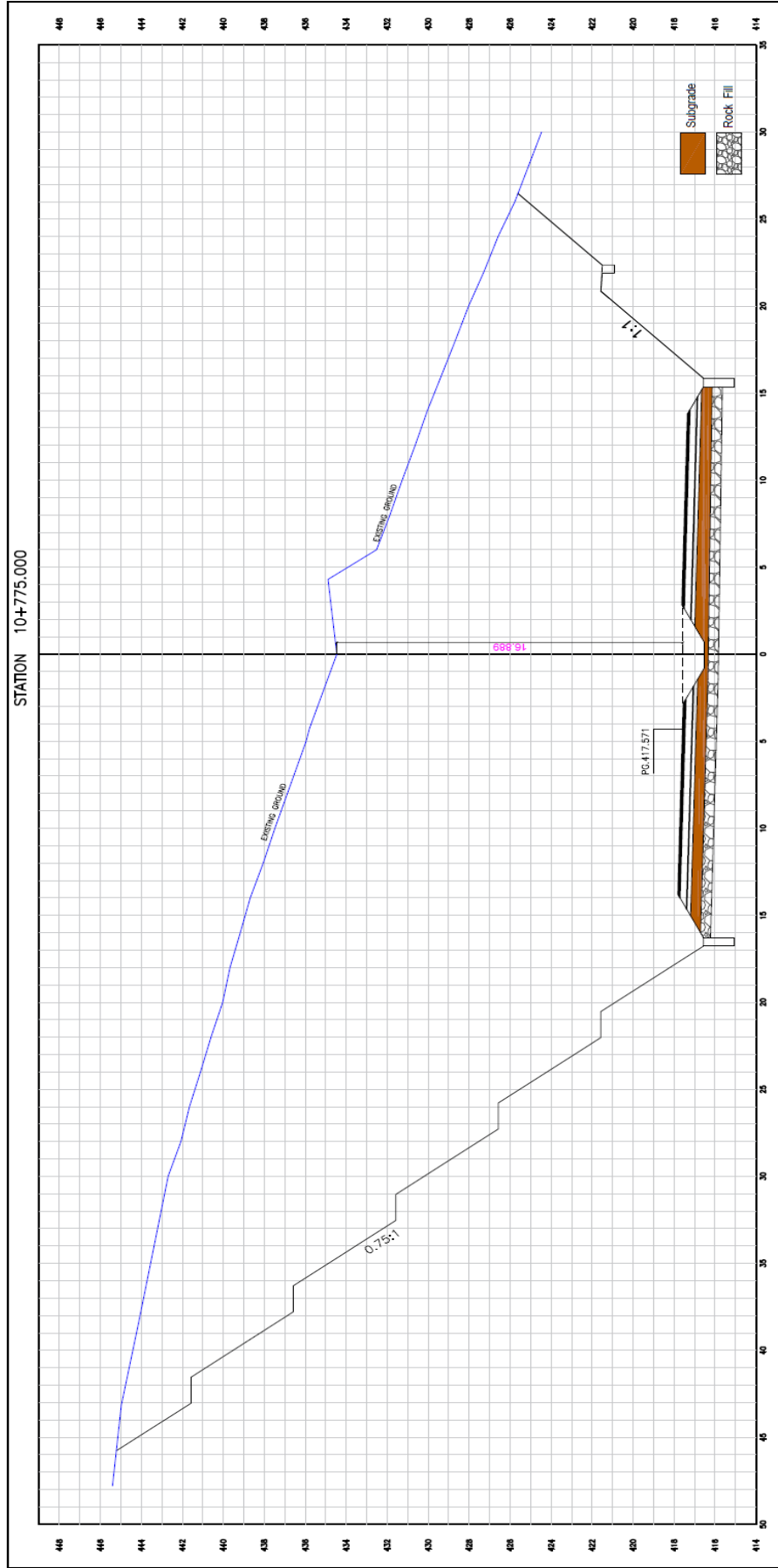
รูปที่ ๖ เก็บตัวอย่างวัสดุที่ระดับงานดินบริเวณ กม.๑๐+๕๒๕.๐๐๐ ไปทดสอบในห้องปฏิบัติการ

จากผลการทดลองหาคุณสมบัติของวัสดุดินเดิมมีค่า C.B.R. น้อยกว่า ๔% (ค่า C.B.R. วัสดุดินถมไม่น้อยกว่า ๔%) ตามข้อกำหนดให้ตัดลงไปอีก ๑๕ เซนติเมตร แล้วขุดคู้ (Scarify) ลึก ๑๕ เซนติเมตร แล้วคลุกเคล้าเกลี่ยแต่ง และบดทับให้ได้รูปร่าง ระดับ แนว และความแน่น ตามที่กำหนดในแบบ ขณะดำเนินการก่อสร้างนายช่างควบคุมงาน สังเกตเห็นคันทางบริเวณดังกล่าวเกิดการอ่อนตัว (Soft) เป็นร่องล้อ และมีน้ำซึมขึ้นมาที่ระดับงานดิน (Finished Subgrade) เนื่องจากการบดอัดดิน จึงสั่งการให้ผู้รับจ้างหยุดการทำงานในช่วงดังกล่าวเพื่อหาสาเหตุต่อไป

จากนั้นนายช่างโครงการฯ ได้แจ้งปัญหาที่เกิดขึ้นให้ผู้ขอประเมินทราบในฐานะวิศวกรควบคุมโครงการฯ (Area Engineer) เพื่อขอคำปรึกษาและหาแนวทางในการแก้ไข ผู้ขอประเมินจึงได้ลงพื้นที่เพื่อรับฟังข้อมูลและตรวจสอบสภาพพื้นที่ในสนามร่วมกับโครงการฯ และรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เพื่อใช้ประกอบการพิจารณาแก้ไขปัญหา ดังกล่าว ซึ่งจากการตรวจสอบสภาพพื้นที่ในสนาม ช่วง กม.๑๐+๐๐๐.๐๐๐ - กม.๑๑+๐๐๐.๐๐๐ และพื้นที่บริเวณ โดยรอบพบว่า บริเวณช่วงดังกล่าวเป็นภูเขาสลับหุบเขาซ้อนกัน ลักษณะงานก่อสร้างเป็นงานดินตัด (Earth Excavation) ความลึกของดินตัดประมาณ ๔ - ๑๖ เมตร ดังรูปที่ ๗ และรูปที่ ๘

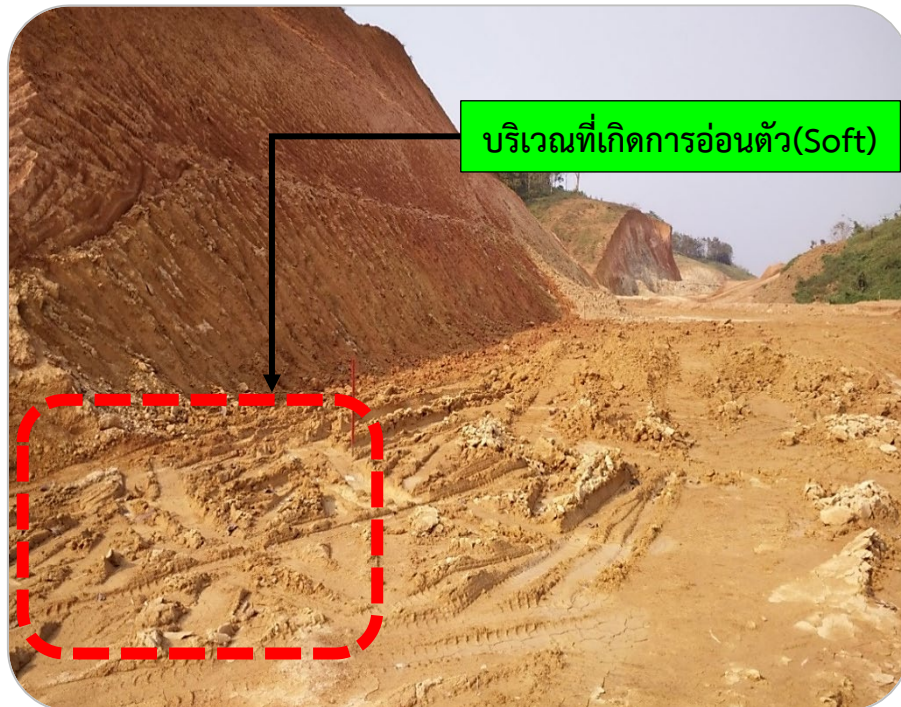


รูปที่ ๗ ระดับหน้าตัดดินเดิม กม.๑๐+๕๐.๐๐๐



รูปที่ ๘ ระดับหน้าตัดดินเดิม กม.๑๐+๗๗๕.๐๐๐

ผู้ขอประเมินได้เดินสำรวจบริเวณโดยรอบพบว่า บริเวณพื้นของคันทางมีความชันสูง เปียกชุ่มจากน้ำใต้ดินที่ซึมขึ้นมา **ดังรูปที่ ๙** และบริเวณ Back Slope มีคราบน้ำและมีความชันสูง จนเกิดเป็นตะไคร่น้ำสีเขียว **ดังรูปที่ ๑๐** เป็นน้ำที่ไหลซึมออกมาจากการสะสมในลาดดินตัด (Back Slope)



รูปที่ ๙ การอ่อนตัวของชั้นดินเดิม บริเวณ กม.๑๐+๔๐๐.๐๐๐



รูปที่ ๑๐ ลาดดินตัดที่ดินมีสภาพอึดตัว บริเวณ กม.๑๐+๖๐๐.๐๐๐

จากนั้นผู้ขอประเมินได้สั่งการให้นายช่างโครงการฯ ขุดบ่อสังเกต (Test Pit) จำนวน ๓ บ่อ ที่บริเวณ กม.๑๐+๔๐๐.๐๐๐, ๑๐+๖๐๐.๐๐๐ และ ๑๐+๘๐๐.๐๐๐ เพื่อสังเกตระดับน้ำใต้ดิน (Water Table) ดังรูปที่ ๑๑ ถึง รูปที่ ๑๓ และรอเวลาประมาณ ๒ วัน จึงตรวจสอบระดับของน้ำในบ่อสังเกตพบว่าระดับน้ำใต้ดิน (Water Table) อยู่ต่ำกว่าระดับชั้นงานดิน (Subgrade) ที่ความลึก ๑.๒๐, ๑.๖๐ และ ๑.๖๐ เมตร ตามลำดับ ดังรูปที่ ๑๔ และรูปที่ ๑๕



รูปที่ ๑๑ บ่อสังเกตระดับน้ำใต้ดิน กม.๑๐+๔๐๐.๐๐๐



รูปที่ ๑๒ บ่อสังเกตระดับน้ำใต้ดิน กม.๑๐+๖๐๐.๐๐๐



รูปที่ ๑๓ บ่อสังเกตระดับน้ำใต้ดิน กม.๑๐+๘๐๐.๐๐๐



รูปที่ ๑๔ ระดับน้ำในบ่อสังเกตระดับน้ำหลังการขุดเปิดทิ้งไว้ ๗ วัน บริเวณ กม.๑๐+๔๐๐.๐๐

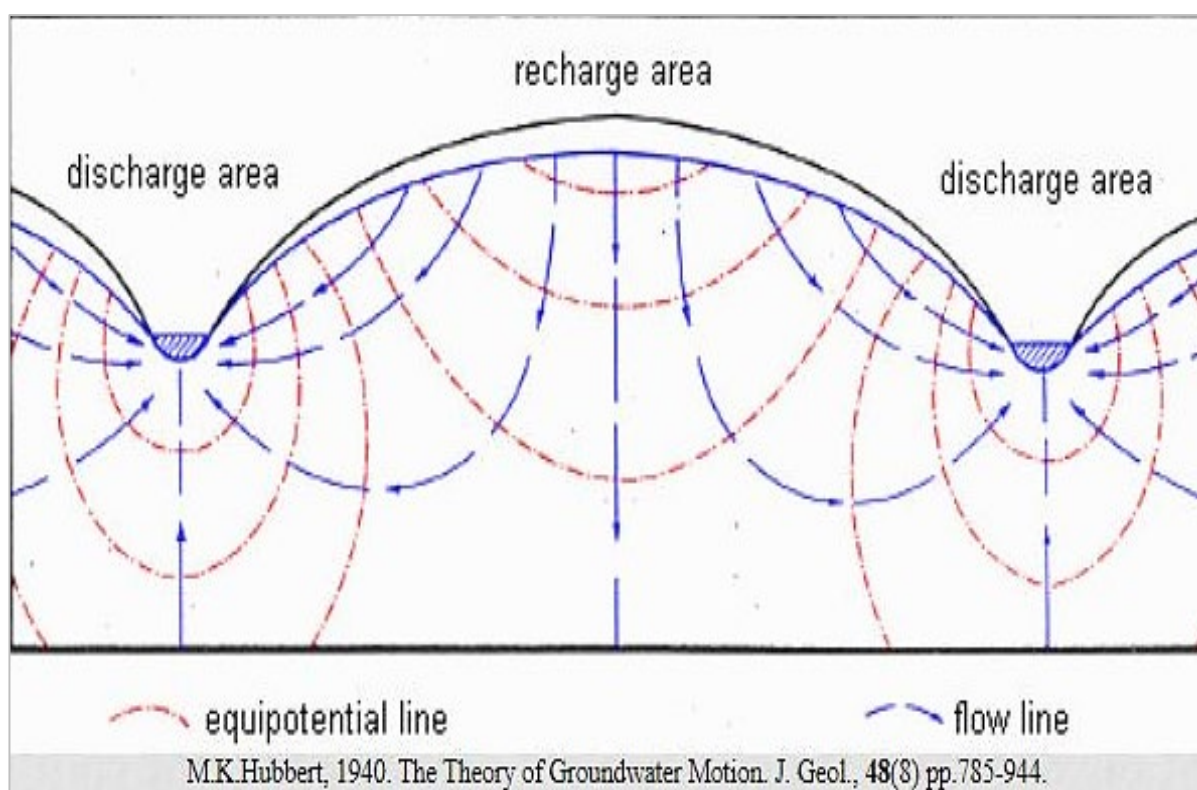


รูปที่ ๑๕ ระดับน้ำในบ่อสังเกตระดับน้ำหลังการขุดเปิดทิ้งไว้ ๗ วัน บริเวณ กม.๑๐+๘๐๐.๐๐

๘. ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินการ

เมื่อพบว่าระดับน้ำใต้ดินอยู่ที่ความลึกดังกล่าว ผู้ขอประเมินได้ให้โครงการฯ ตรวจสอบระดับน้ำใต้ดิน (Water Table) เป็นเวลา ๗ วัน เพื่อตรวจวัดความสูงของระดับน้ำใต้ดิน (Water Table) อีกครั้ง เพื่อให้มั่นใจว่าระดับน้ำใต้ดินที่สูงขึ้น ไม่ได้เกิดจากปริมาณน้ำฝนหรือจากปัจจัยอื่น ๆ จากการตรวจวัดพบว่าระดับน้ำใต้ดินมีระดับคงที่ จากปัญหาที่เกิดขึ้นและการตรวจสอบสภาพพื้นที่ในสนาม และผลทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินเดิม สามารถสรุปสาเหตุของคันทางเกิดการอ่อนตัวได้ ดังนี้

๑. ลักษณะพื้นที่ก่อสร้างบริเวณที่คันทางเกิดการอ่อนตัวมีลักษณะเป็นภูเขาสลับเนินเขาที่แนวก่อสร้างของโครงการฯ ตัดผ่าน ลักษณะการก่อสร้างเป็นงานดินตัด (Earth Excavation) มีความลึกประมาณ ๔ - ๑๖ เมตร ตามธรรมชาติของน้ำใต้ผิวดินที่สะสมอยู่ในภูเขาจะไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ ดังรูปที่ ๑๖ ซึ่งสังเกตได้จากบริเวณลาดดินตัด (Back Slope) จะมีความชื้นที่ผิวน้ำสูง และมีรอยตะไคร่น้ำเกิดขึ้นแล้วไหลมารวมกันเป็นน้ำใต้ดิน (Water Table)



รูปที่ ๑๖ การไหลของน้ำใต้ดินบริเวณที่เป็นภูเขา

๒. จากข้อมูลการทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินเดิมพบว่า เป็นดินประเภท A-๗-๖ โดยมีค่า
 ฝ่าตะแกรงเบอร์ ๒๐๐ เท่ากับ ๗๗.๘๐%, ค่า LL เท่ากับ ๖๕.๑ %, ค่า PI เท่ากับ ๓๕.๓% **ดังรูปที่ ๑๗**
 ซึ่งเป็นดินเหนียวปนตะกอนทราย จัดเป็นดินเม็ดละเอียดมีคุณสมบัติในการระบายน้ำต่ำ และเปลี่ยนแปลงสถานะ
 ได้รวดเร็วเมื่อมีปริมาณน้ำสะสมในมวลดินเพิ่มสูงขึ้นส่งผลทำให้ความสามารถในการรับกำลังของดินลดลง

[illegible]

รูปที่ ๑๗ ผลการทดสอบคุณสมบัติเดิม

๓. การทำงานของเครื่องจักรในบริเวณดังกล่าว แรงกระทำของเครื่องจักรที่ถ่ายทอดลงในชั้นดินทำให้เกิดแรงดันที่ไปดันน้ำใต้ดินให้ไหลซึมขึ้นมาในชั้นดินเดิมแล้วสะสมอยู่ในชั้นดินเดิม เนื่องจากดินเดิมเป็นดินเหนียวปนตะกอนทรายเป็นดินที่มีเม็ดละเอียดมีคุณสมบัติในการระบายน้ำต่ำ น้ำที่ไหลซึมเข้ามาในชั้นดินจึงระบายออกจากมวลดินได้ช้า ส่งผลให้แรงดันประสิทธิผลของดินลดลง เมื่อชั้นดินเดิมได้รับน้ำหนักบรรทุกทุกที่มากระทำจึงไม่สามารถรับน้ำหนักได้ ทำให้เกิดการอ่อนตัว (Soft) ของคันทาง และเป็นร่องล้อ หรือสามารถอธิบายได้ว่าแรงดันน้ำใต้ดินส่งผลให้แรงดันประสิทธิผลของดินลดลง ซึ่งสามารถอธิบายได้จากสมการ

$$\sigma = \sigma' + u \dots\dots\dots(๑)$$

แรงดันดินในแนวดิ่งทั้งหมด (σ)

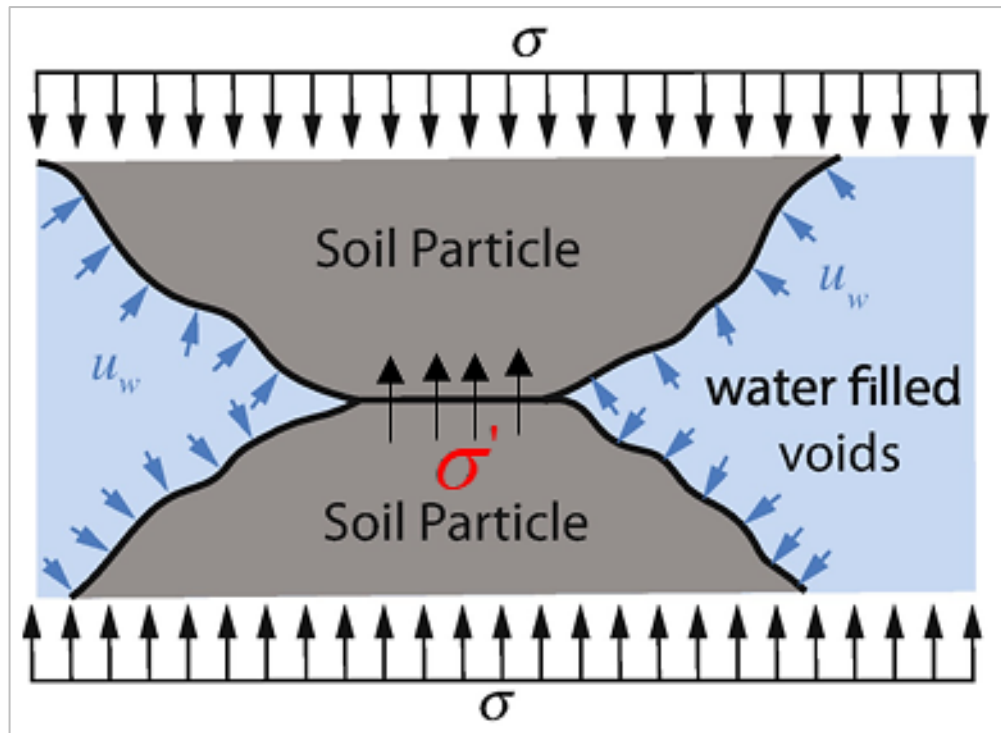
แรงดันดินประสิทธิผล (σ')

แรงดันน้ำ (u)

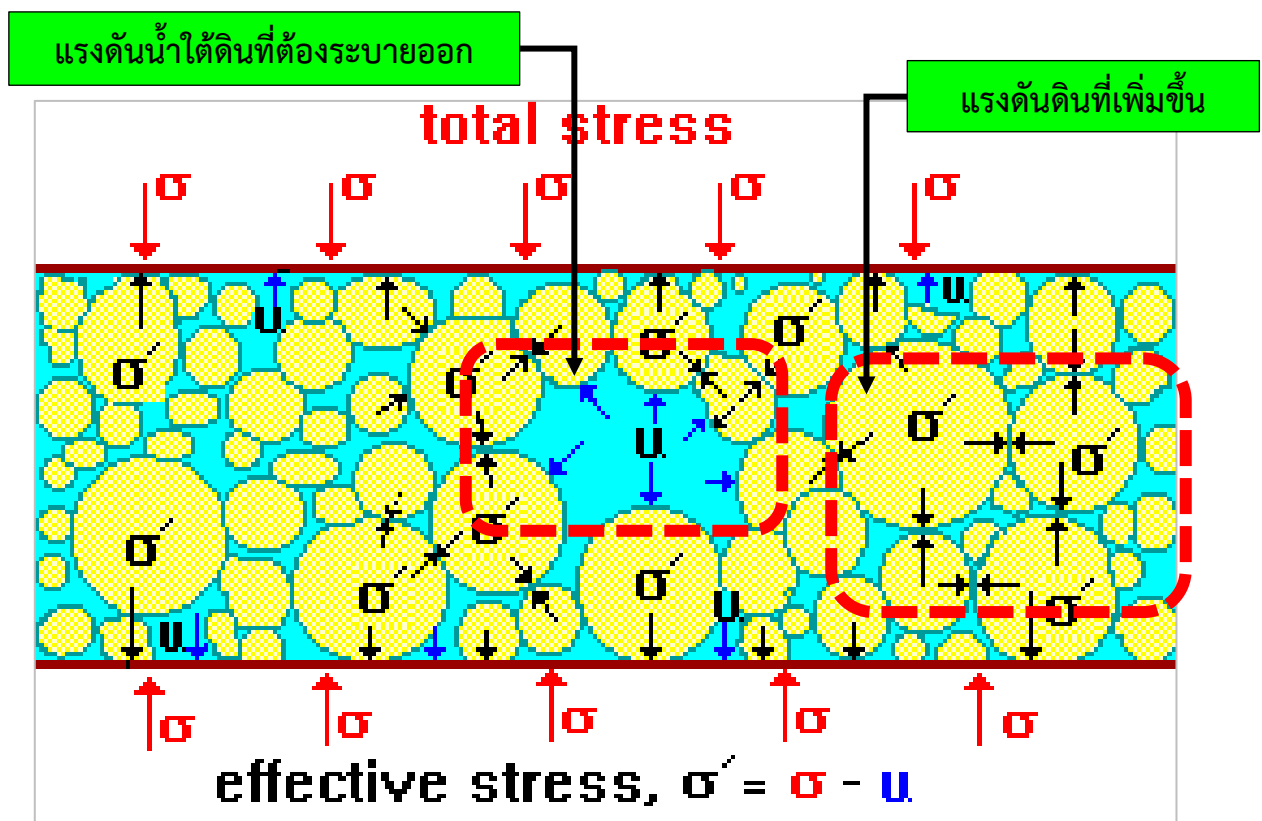
จากสมการที่ (๑) จะเห็นได้ว่าแรงดันน้ำที่สูงขึ้นทำให้แรงดันประสิทธิผล (Effective Stress) ของดินลดลง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของแรงดันประสิทธิผลของดินจะส่งผลให้คุณสมบัติทางกลของดินเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากความสามารถในการรับน้ำหนักของดินจะขึ้นอยู่กับการถ่ายแรงแระหว่างพื้นที่สัมผัสระหว่างอนุภาคเม็ดดินสามารถอธิบายได้ ดังรูปที่ ๑๘ (a) ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำใต้ดินที่สูงขึ้นในบริเวณ กม.๑๐+๔๐๐.๐๐๐ ถึง กม.๑๐+๘๐๐.๐๐๐ ส่งผลให้แรงตึงผิวของอนุภาคดินลดลง ทำให้ความสามารถในการรับน้ำหนักของชั้นดินเดิมลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อทำการก่อสร้างโครงสร้างคันทาง และมีแรงกระทำจากการบดอัดดินของเครื่องจักรมากระทำขณะทำการบดอัด จึงส่งผลให้เกิดการทะลักของน้ำใต้ดิน (Pumping) ซึ่งเป็นสาเหตุการอ่อนตัวของคันทาง

แนวทางในการแก้ไข

จากข้อสรุปสาเหตุของปัญหาทำให้ทราบว่าสาเหตุของปัญหา คือ น้ำใต้ดินที่ไหลซึมเข้ามาในชั้นดินเดิมเนื่องจากมีแรงดันน้ำใต้ดินที่สูงขึ้น ทำให้คันทางเกิดการอ่อนตัวเมื่อรับน้ำหนักบรรทุก ผู้ขอประเมินได้พิจารณาแนวทางในการแก้ไข โดยหาวิธีการลดระดับแรงดันน้ำใต้ดินลงเพื่อไม่ให้น้ำใต้ดินไหลซึมเข้าไปในชั้นดินเดิมส่งผลทำให้หน่วยแรงประสิทธิผลระหว่างอนุภาคเม็ดดินเพิ่มสูงขึ้น ดังรูปที่ ๑๘ (b)



(a)



(b)

รูปที่ ๑๘ (a) การเปลี่ยนแปลงหน่วยแรงของอนุภาคเม็ดดิน
(b) การกระจายแรงดันน้ำส่วนเกินในอนุภาคดิน

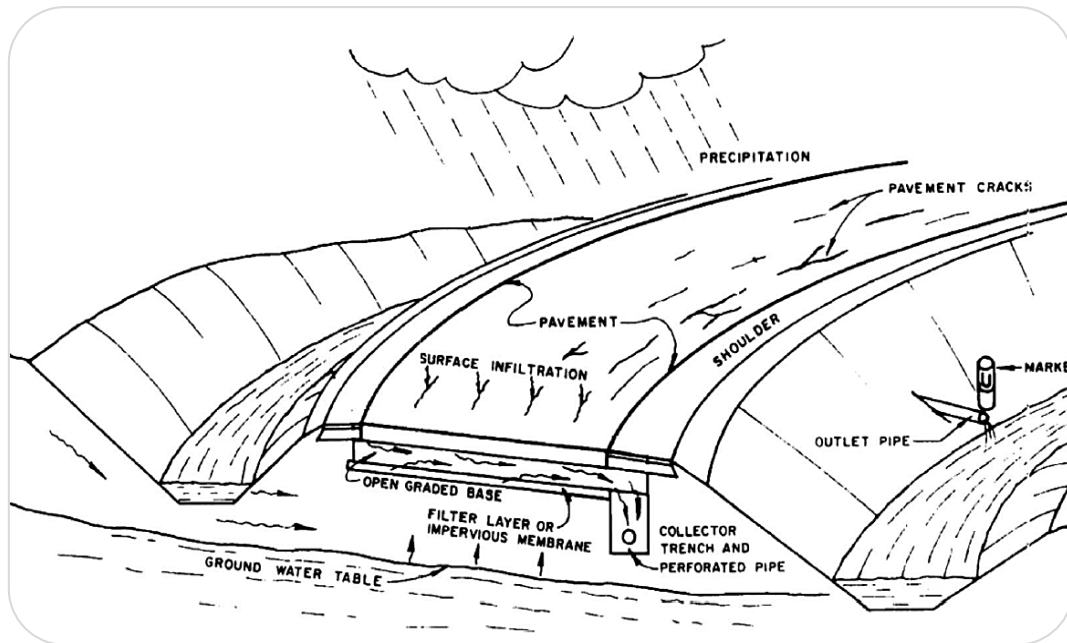
ผู้ออกประเมินได้พิจารณาแนวทางในการแก้ไขที่สามารถแก้ปัญหาดังกล่าว ซึ่งมี ๒ แนวทาง ดังนี้

แนวทางที่ ๑

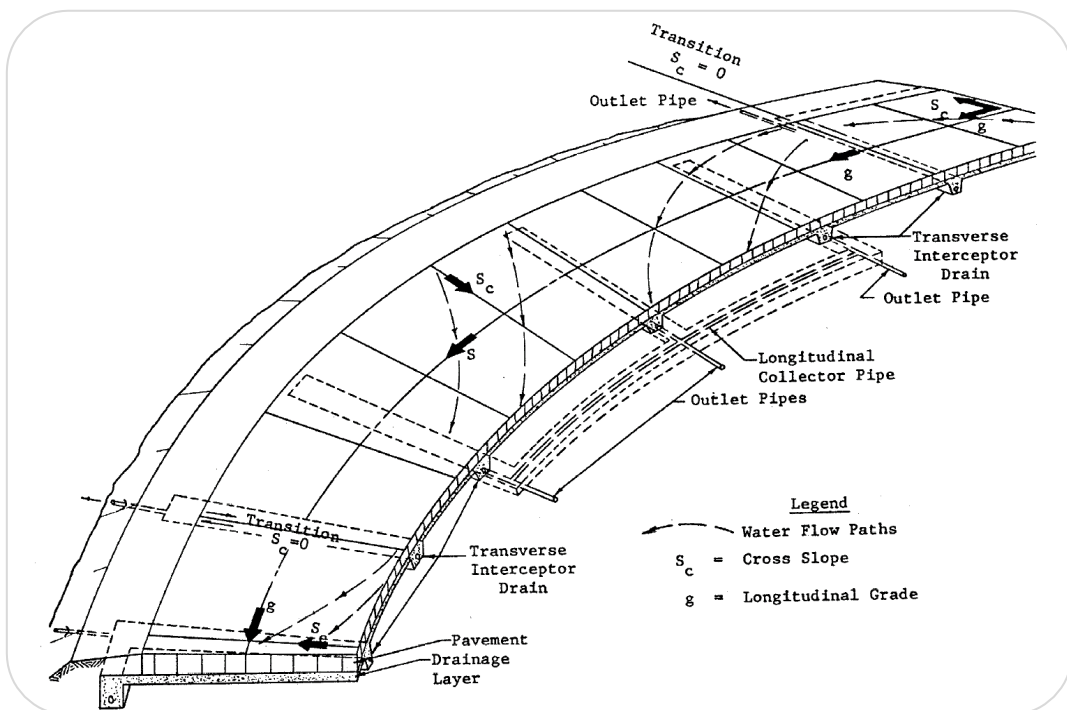
ก่อสร้างชั้นระบายน้ำ (Porous Layer) โดยหลักการของชั้นระบายน้ำ คือ การแทรกชั้นวัสดุที่มีคุณสมบัติในการระบายน้ำเข้าไปในตัวคันทางก่อนดำเนินการก่อสร้างโครงสร้างชั้นทาง โดยกำหนดให้ชั้นระบายน้ำอยู่ในระดับสูงสุดของระดับน้ำใต้ดิน เพื่อให้ น้ำใต้ดินที่ซึมผ่านขึ้นมาไหลเข้าสู่ชั้นระบายน้ำ และไหลออกสู่ระบบระบายน้ำด้านข้าง (Sub Drain) **ดังรูปที่ ๑๙ (a)** ซึ่งมีหน้าที่รับน้ำจากชั้นระบายน้ำ (Porous Layer) และไหลออกสู่ร่องน้ำตามธรรมชาติ **ดังรูปที่ ๑๙ (b)** ใช้ความหนาของชั้นระบายน้ำเท่ากับ ๕๐ เซนติเมตร และใช้ความลึกของระบบระบายน้ำด้านข้าง (Sub Drain) เท่ากับ ๑.๒๕ เมตร การแก้ไขปัญหาระดับน้ำใต้ดินด้วยวิธีการก่อสร้างชั้นระบายน้ำจะต้องทำการก่อสร้างตลอดหน้าตัดคันทางเฉพาะบริเวณที่มีปัญหาระดับน้ำใต้ดินสูงเพื่อป้องกันระดับน้ำใต้ดินไหลเข้าสู่โครงสร้างชั้นทาง ดังนั้น การแก้ไขปัญหาดังกล่าวด้วยวิธีการก่อสร้างชั้นระบายน้ำเป็นวิธีที่สามารถดำเนินการก่อสร้างได้สะดวกรวดเร็ว และใช้งบประมาณในการแก้ไขปัญหามิสูงมาก เนื่องจากวัสดุที่มีคุณสมบัติการระบายน้ำสามารถหาได้ง่าย และผู้รับจ้างจะต้องจัดหาวัสดุสำหรับการก่อสร้างของโครงการฯ อยู่แล้ว ดังนั้น สามารถใช้วัสดุดังกล่าวร่วมกับวัสดุอื่นได้ เช่น ใช้หินผสมทรายหยาบ หรือทรายผสมหินปลายตะแกรง ซึ่งสามารถหาได้ในพื้นที่โครงการฯ

แนวทางที่ ๒

การติดตั้งระบบสูบน้ำ (Wellpoint System) รอบบริเวณคันทางในช่วงที่มีปัญหาระดับน้ำใต้ดินสูง โดยมีระยะทางทั้งสองฝั่งรวมกันประมาณ ๑ กิโลเมตร เป็นการเจาะฝังท่อบริเวณลาดดินตัด และติดตั้งเครื่องสูบน้ำเพื่อสูบน้ำใต้ดินที่มีทิศทางการไหลจากหุบเขาทั้งสองด้านออก **ดังรูปที่ ๒๐ (a)** เพื่อลดระดับน้ำใต้ดินให้ต่ำลงจากระดับเดิม เพื่อลดแรงดันน้ำใต้ดินไม่ให้ส่งผลทำให้โครงสร้างชั้นทางเกิดความเสียหาย โดยระบบสูบน้ำดังกล่าวมีความเหมาะสมในการลดระดับน้ำใต้ดิน เนื่องจากความสามารถในการลดระดับน้ำใต้ดินจะขึ้นอยู่กับกำลังของปั๊มสูบน้ำ **ดังรูปที่ ๒๐ (b)** แต่อย่างไรก็ตามการติดตั้งระบบสูบน้ำมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการค่อนข้างสูง และจำเป็นจะต้องมีการบำรุงรักษาอยู่ตลอดเวลา การใช้งานทางหลวงเป็นงานก่อสร้างที่ใช้งานในระยะยาว อาจก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาสูงขึ้นเมื่อมีการใช้งานระยะยาว

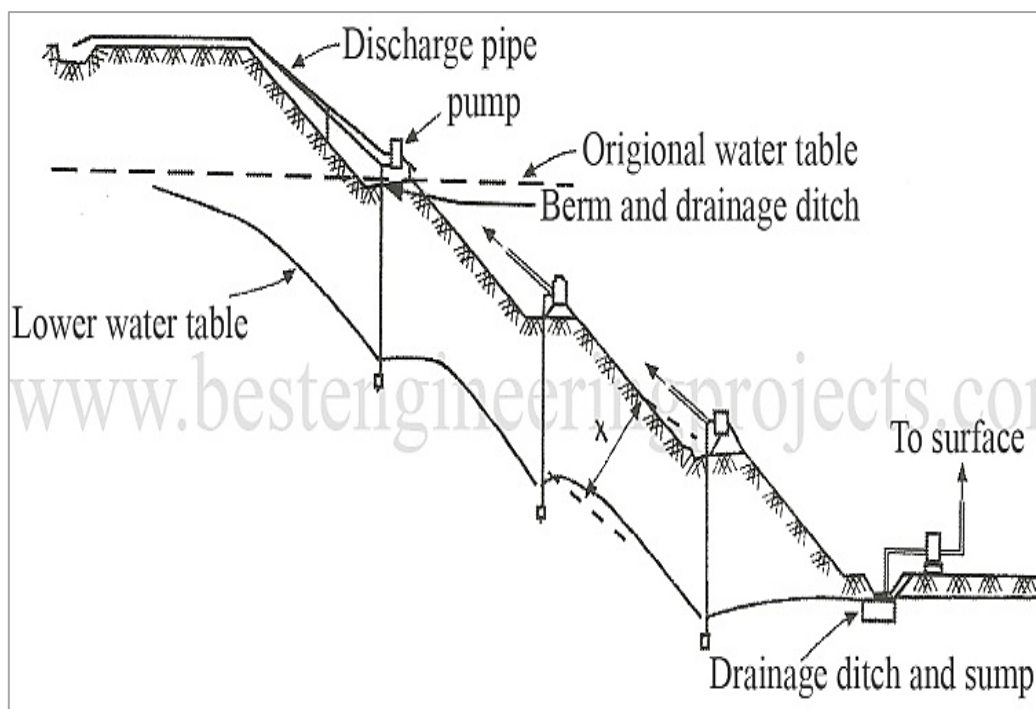


(a)

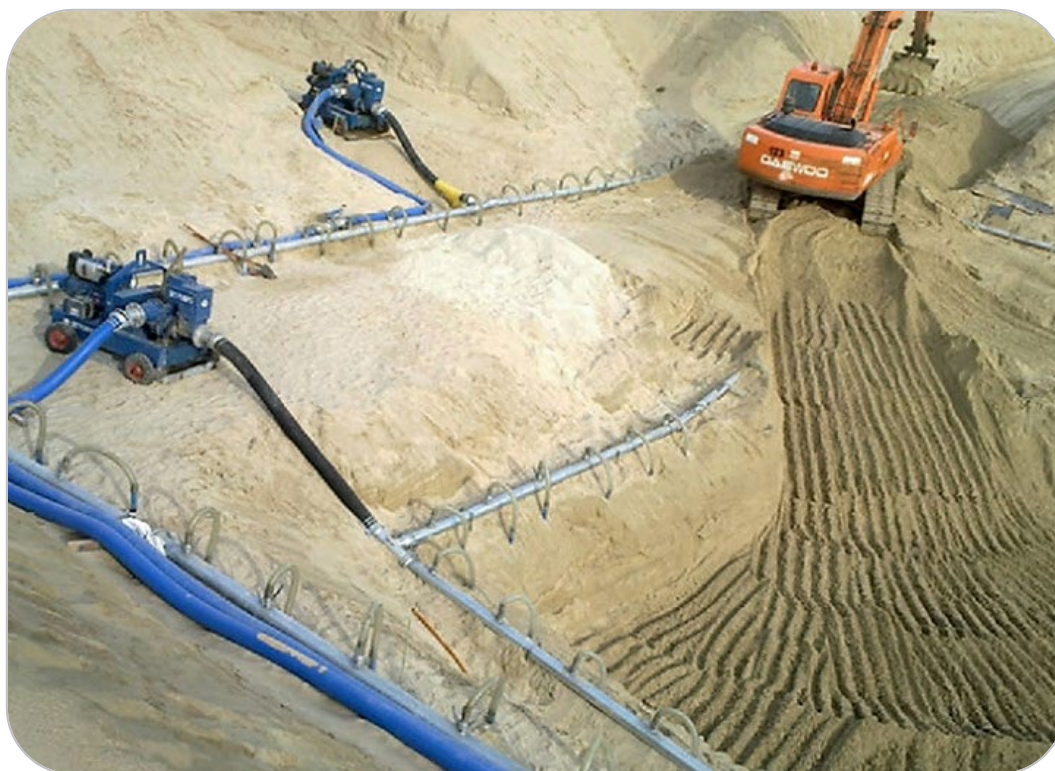


(b)

รูปที่ ๑๙ (a) การไหลของน้ำใต้ดินผ่านชั้นระบายน้ำและระบบระบายน้ำใต้ดิน
(b) การไหลของน้ำใต้ดินสู่ลำรางธรรมชาติ



(a)



(b)

รูปที่ ๒๐ (a) หลักการติดตั้งระบบสูบน้ำใต้ดินด้วยระบบ Wellpoint system
 (b) การใช้ระบบสูบน้ำใต้ดิน Wellpoint system

จากแนวทางการแก้ไขปัญหทั้ง ๒ แนวทาง จะเห็นได้ว่าทั้ง ๒ แนวทางสามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้ สามารถสรุปข้อดีข้อเสียได้ดังนี้

แนวทางที่ ๑

- | | |
|----------------|--|
| ข้อดี | ๑. การก่อสร้างมีความสะดวก รวดเร็วเนื่องจากรูปแบบการก่อสร้างไม่ซับซ้อน
๒. วัสดุในการก่อสร้างจัดหาง่าย เนื่องจากเป็นวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างของโครงการอยู่แล้ว
๓. ค่าก่อสร้างไม่สูงมาก
๔. หลังการก่อสร้างแล้วเสร็จไม่มีค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษา |
| ข้อเสีย | ๑. ขณะทำการก่อสร้างชั้นระบายน้ำ (Porous Layer) จะต้องระมัดระวังให้ระบบระบายน้ำมีความต่อเนื่องกับระบบระบายน้ำข้างทาง (Sub Drain) เพื่อระบายน้ำลงสู่ลำรางตามธรรมชาติ |

แนวทางที่ ๒

- | | |
|----------------|--|
| ข้อดี | ๑. สามารถควบคุมระดับน้ำได้ดินได้ ด้วยการควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำ
๒. สามารถระบายน้ำในชั้นดินที่มีค่าการซึมผ่านต่ำได้ เนื่องจากการดูดน้ำด้วยระบบสุญญากาศ |
| ข้อเสีย | ๑. ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาระบบสูง เนื่องจากต้องบำรุงรักษาตลอดอายุการใช้งาน
๒. ต้องคอยตรวจสอบการทำงานของเครื่องสูบน้ำเป็นประจำ เนื่องจากจะต้องสูบน้ำเพื่อควบคุมระดับน้ำได้ดินไม่ให้สูงขึ้นจนทำให้เกิดความเสียหาย
๓. ค่าก่อสร้างสูง เนื่องจากการติดตั้งต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทาง และใช้ปั๊มน้ำหลายตัว
๔. ขาดผู้เชี่ยวชาญในการใช้งาน และดูแลระบบในระยะยาว
๕. การลดระดับด้วยวิธีนี้จำเป็นต้องเดินระบบอยู่ตลอดเวลา หากเกิดเหตุขัดข้องระดับน้ำได้ดินจะสูงขึ้น จนเกิดความเสียหายต่อโครงสร้างชั้นทางเป็นอย่างมาก |

จากการเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียแนวทางแก้ไขทั้ง ๒ แนวทางแล้ว จะเห็นว่าแนวทางที่ ๑ เป็นแนวทางที่มีความเหมาะสมที่สุด เมื่อได้แนวทางในการแก้ไขแล้วผู้ขอประเมินได้ประสานผู้ออกแบบ และผู้เชี่ยวชาญจากสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ เพื่อหาข้อสรุปแนวทางในการแก้ไข และเสนอเรื่องขอแก้ไขแบบต่อไป ผู้ขอประเมินได้ร่วมประชุมกับผู้ออกแบบ ผู้เชี่ยวชาญ โครงการฯ และผู้รับจ้าง พร้อมชี้แจงรายละเอียดของปัญหาที่เกิดขึ้น จากนั้นได้ร่วมกันตรวจสอบสภาพพื้นที่ในสนามและบริเวณใกล้เคียง ดังรูปที่ ๒๑ และรูปที่ ๒๒ เพื่อเป็นข้อมูลในการพิจารณา



รูปที่ ๒๑ ผู้เชี่ยวชาญจากสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ



รูปที่ ๒๒ ผู้เชี่ยวชาญจากสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ

จากนั้นได้กลับไปประชุมร่วมกันที่สำนักงานควบคุมโครงการฯ เพื่อหาแนวทางในการแก้ไข ผู้ขอประเมินได้เสนอแนวทางในการแก้ไขตามรายละเอียดข้างต้น จนได้ข้อสรุปแนวทางในการแก้ไขตามแนวทางที่ ๑ ซึ่งเป็นแนวทางที่ดีที่สุด หลังจากได้ข้อสรุปโครงการฯ จึงได้เสนอเรื่องเพื่อขอแก้ไขแบบต่อไป

การดำเนินการแก้ไขปัญหาค้นทางเกิดการอ่อนตัว เนื่องจากน้ำใต้ดินตามแนวทางที่ผู้ขอประเมินนำเสนอมีรายละเอียดที่จะต้องคำนวณคุณสมบัติวัสดุ และรูปแบบที่ใช้ในการก่อสร้าง และมีประเด็นที่จะต้องพิจารณาดำเนินการก่อสร้างเพิ่มเติมเพื่อให้การแก้ไขปัญหามีความสมบูรณ์มากขึ้นมีรายละเอียด ดังนี้

๑. คำนวณความหนาของชั้นระบายน้ำ (Porous Layer) และพิจารณาใช้วัสดุของชั้นระบายน้ำ

การวิเคราะห์การไหลของน้ำใต้ดินภายใต้แรงดัน (Artesian Flow หรือ Confined Flow) สามารถอธิบายได้จากกฎของดาร์ซี (Darcy's Law) ซึ่งเป็นวิธีคำนวณอัตราการไหลซึมของน้ำใต้ดิน (Seepage Flow Rate) ผ่านดินที่มีความอิ่มตัวด้วยน้ำ (Saturated Soils) วิธีดังกล่าวนิยมใช้คำนวณหาความจุของชั้นระบายน้ำใต้ดิน ซึ่งมีสมการดังนี้

$$v = k i \dots\dots\dots (๒)$$

v = ความเร็วของการไหลของน้ำใต้ดินผ่านวัสดุ (Discharge Velocity)

k = ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำของวัสดุ

i = ความชันทางชลศาสตร์

ความเร็วของการไหลของน้ำใต้ดินสามารถนำไปคำนวณอัตราการไหลซึมของน้ำใต้ดินผ่านวัสดุได้ดังสมการ

$$q = v A = k i A \dots\dots\dots (๓)$$

q = อัตราการไหลของน้ำใต้ดินภายใต้แรงดันต่อหนึ่งหน่วยเวลา

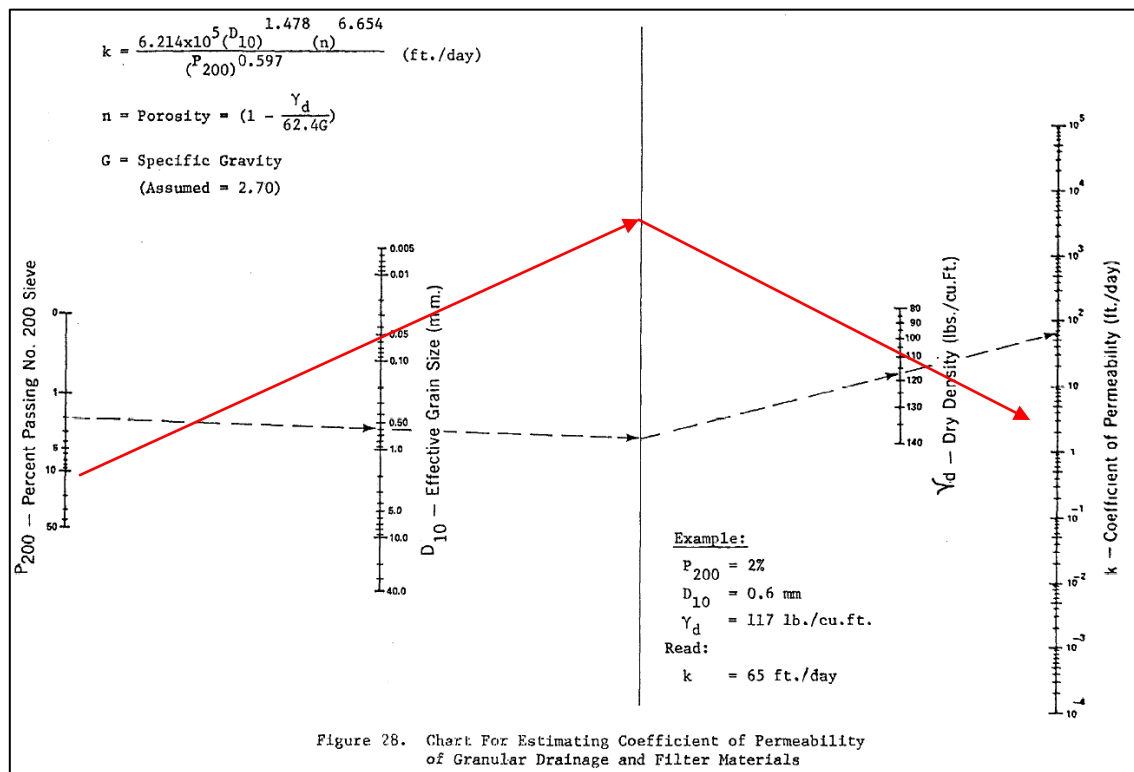
A = พื้นที่หน้าตัดตั้งฉากการไหลของน้ำใต้ดิน

ผู้ขอประเมินได้นำผลการทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของชั้นดินเดิมมาพิจารณา ซึ่งพบว่าเป็นดินประเภท A-๗-๖ ซึ่งมีส่วนผ่านตะแกรงเบอร์ ๒๐๐ เท่ากับ ๗๗.๘๐%, ค่า LL เท่ากับ ๖๕.๑๐, ค่า PI เท่ากับ ๓๕.๓๐ ซึ่งเป็นดินเหนียวปนตะกอนทรายจัดเป็นดินเม็ดละเอียดมีคุณสมบัติในการระบายน้ำต่ำ จึงกำหนดให้สัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำ (k) เท่ากับ ๒.๐x๑๐^{-๖} ฟุต/วัน เนื่องจากโครงการไม่มีการตรวจวัดแรงดันน้ำใต้ดิน (Piezometer) จึงกำหนดให้ค่าความชันทางชลศาสตร์ (i) เท่ากับ ๑ ซึ่งเป็นค่าที่สูงมากพอที่จะนำมาใช้ในการคำนวณ และมีพื้นที่หน้าตัดการไหลเท่ากับหน้าตัดโครงสร้างชั้นทาง (A) โดยคิดที่ความยาว ๑๑๓.๖๗ ฟุต ดังนั้น สามารถคำนวณได้จาก

$$q = ๒.๐ \times ๑๐^{-๖} \times ๑ \times ๑๑๓.๖๗$$

$$q = ๒.๒๗๓ \times ๑๐^{-๔} \text{ ลูกบาศก์ฟุต/วัน}$$

พบว่าอัตราการไหลของน้ำใต้ดินที่จะซึมผ่านชั้นนี้มีค่าประมาณ 2.27×10^{-4} ลูกบาศก์ฟุต/วัน และเมื่อกำหนดให้วัสดุที่ใช้ในการสร้างมีขนาดที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 เท่ากับ 20 % และกำหนดให้ขนาดวัสดุที่มีขนาดเล็กกว่า 0.075 มิลลิเมตร เท่ากับ 10% (D_{10}) เพื่อเป็นส่วนเผื่อในการควบคุมการก่อสร้าง ขณะลงวัสดุในชั้นระบายน้ำ และค่าความหนาแน่นแห้ง 117 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต จากการกำหนดคุณสมบัติของวัสดุ และนำไปหาความสัมพันธ์ ดังรูปที่ ๒๓



รูปที่ ๒๓ ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนขนาดคละ และอัตราการไหลของชั้นระบายน้ำ

ทำให้ทราบค่าสัมประสิทธิ์การไหลผ่านของชั้นวัสดุกรอง (k_d) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.47 ฟุต/วัน จากนั้นนำค่าที่ได้ไปหาความหนาของชั้นระบายน้ำ (Porous Layer) ดังรูปที่ ๒๔ จากความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของชั้นระบายน้ำและอัตราการไหล ทำให้ทราบความหนาของชั้นระบายน้ำที่จะนำมาใช้แก้ไขปัญหาระดับน้ำใต้ดินสูง โดย

$$P = q_n / k_d \dots \dots \dots (๔)$$

q_n = อัตราการไหลของน้ำใต้ดินที่จะซึมผ่าน

k_d = สัมประสิทธิ์การซึมผ่านของวัสดุกรอง

$$P = 2.27 \times 10^{-4} / 0.47$$

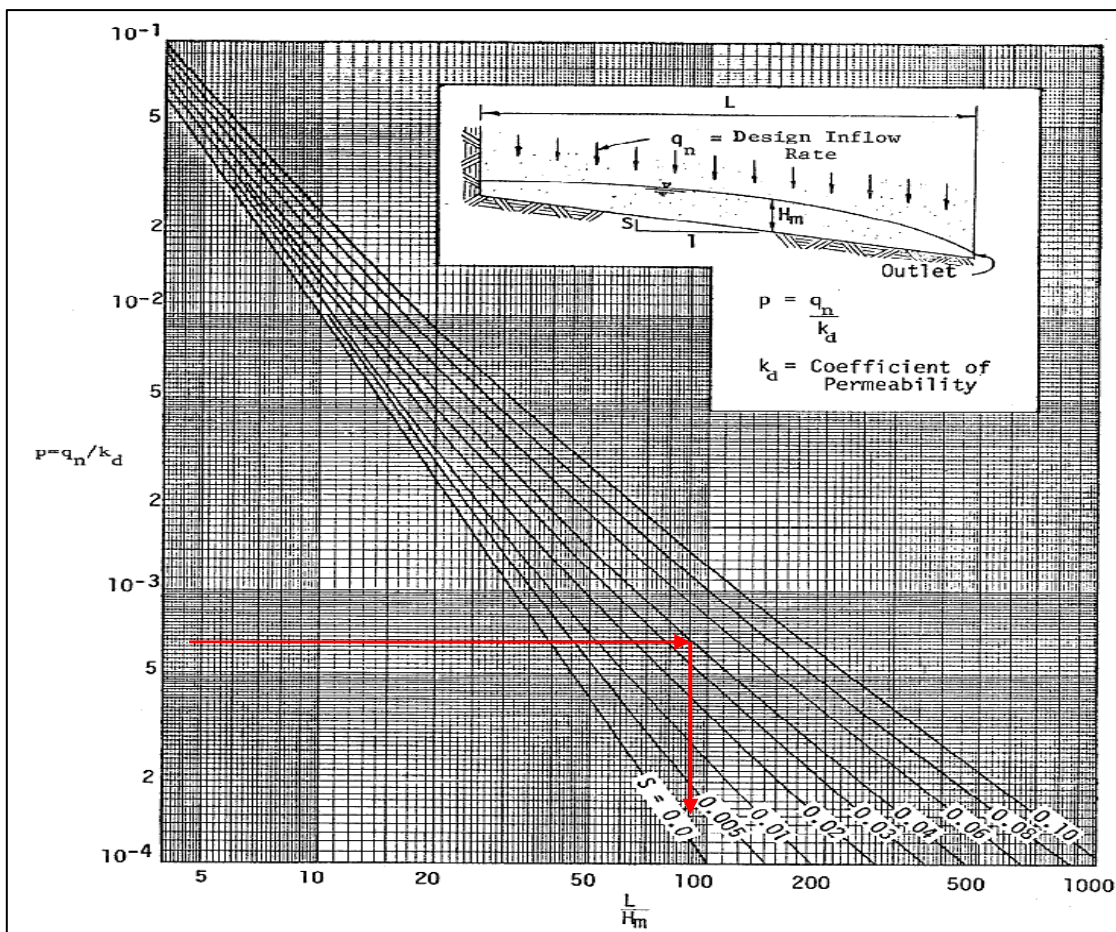
$$P = 4.83 \times 10^{-4} \text{ ตารางฟุต}$$

จากความสัมพันธ์ของกราฟที่ความชันเท่ากับ ๒.๕๐ % มีค่าคงที่เท่ากับ

$$(L/H_m) = ๑๐๓$$

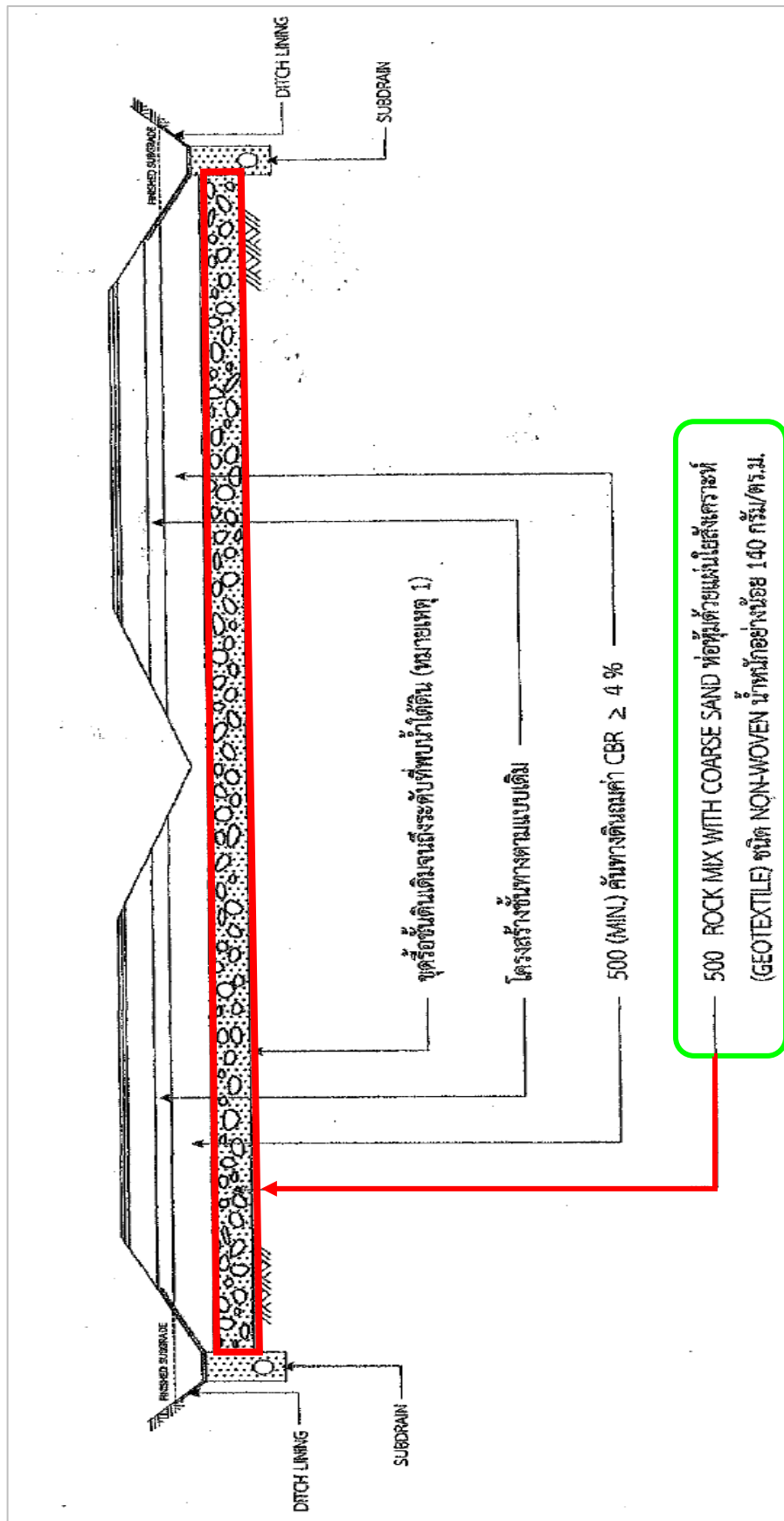
$$(๑๑๓.๖๗/ H_m) = ๑๐๓$$

$$H_m = ๑.๑๐๔ \text{ ฟุต (๓๓.๑๒ เซนติเมตร)}$$



รูปที่ ๒๔ ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหล และความหนาของชั้นระบายน้ำ

ผู้ขอประเมินพิจารณาเรื่องความปลอดภัยในการใช้งานระยะยาว และป้องกันการอุดตันของตัววัสดุในชั้นระบายน้ำ จึงกำหนดให้ใช้ความหนาเท่ากับ ๕๐ เซนติเมตร คิดเป็นอัตราส่วนความปลอดภัยเท่ากับ ๑.๕๑ เท่า ดังรูปที่ ๒๕ โดยประกอบด้วยวัสดุหินผสมทราย และห่อหุ้มด้วยแผ่นวัสดุโพลีเอทิลีน เพื่อมีความสามารถในการระบายน้ำ และสามารถรับน้ำหนักของโครงสร้างชั้นทางได้



รูปที่ ๒๕ รูปตัดแสดงโครงสร้างชั้นระบายน้ำ (Porous Layer)

ในการก่อสร้างชั้นระบายน้ำ (Porous Layer) เริ่มจากการขุดเปิดชั้นดินไต่คันทางตลอดหน้าตัดให้ถึงระดับน้ำไต่ดิน ดังรูปที่ ๒๖ การขุดเปิดถึงระดับชั้นที่มีการไหลของน้ำไต่ดินสามารถสังเกตได้จากการซึมขึ้นของน้ำ จะต้องมีการซึมขึ้นมาตลอดหน้าตัดที่ขุดเปิดอย่างชัดเจน ดังรูปที่ ๒๗



รูปที่ ๒๖ ขุดเปิดดินจนถึงระดับชั้นที่จะลงวัสดุระบายน้ำ (Porous Layer)



รูปที่ ๒๗ การไหลซึมของน้ำไต่ดิน

เป็นการหลีกเลี่ยงการอ่อนตัวของดินคันทางที่อาจเกิดขึ้นได้หลังจากลงวัสดุโครงสร้างชั้นทาง ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญเป็นอย่างยิ่งก่อนดำเนินการก่อสร้างขั้นตอนต่อไป หลังจากขุดเปิดจนได้ระดับที่กำหนด แล้วปูแผ่นวัสดุใยสังเคราะห์ (Geotextile) ก่อนลงวัสดุพูน (Porous Material) **ดังรูปที่ ๒๘** เพื่อแยกชั้นวัสดุ ไม่ให้เกิดการจมตัวไปผสมกับชั้นดินเดิมขณะทำการบดอัด ซึ่งจะส่งผลให้อัตราการไหลของชั้นระบายน้ำลดลง ขณะเดียวกันการบดอัดวัสดุในชั้นระบายน้ำเป็นหินผสมทรายหยาบ ซึ่งมีความแหลมคมของวัสดุอาจส่งผลให้แผ่นวัสดุใยสังเคราะห์ (Geotextile) เกิดการฉีกขาดได้ ดังนั้น การเลือกชนิดและความหนาของแผ่นใยสังเคราะห์จะต้องมีคุณสมบัติที่เพียงพอในการรับแรงเฉือนทะเลลขณะบดอัดด้วย การคัดเลือกวัสดุระบายน้ำ ที่นำมาใช้ในการก่อสร้างชั้นระบายน้ำจะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติการรับน้ำหนักโครงสร้างชั้นทาง และรวมไปถึง การอุดตันของวัสดุ (Clogged) โดยวัสดุที่นำมาใช้จะต้องมีการขัดตัวกันระหว่างอนุภาค (Inter locking) ที่เหมาะสม และเพื่อป้องกันการอุดตันของวัสดุ ดังนั้น วัสดุที่นำมาใช้ในการก่อสร้างจะต้องพิจารณาค่า D_{15} และ D_{50} โดย

D_{15} = คือขนาดของเม็ดดิน ที่ดินจะมีขนาดเล็กกว่าขนาดนี้ จำนวน ๑๕ %

D_{50} = คือขนาดของเม็ดดิน ที่ดินจะมีขนาดเล็กกว่าขนาดนี้ จำนวน ๕๐ %

เมื่อน้ำใต้ผิวดินไหลจากดินที่มีอนุภาคละเอียดไปสู่ดินที่มีอนุภาคใหญ่กว่า จึงทำให้เกิดการชะล้างดิน เม็ดละเอียดไปอุดช่องว่างของดินเม็ดหยาบ จึงจำเป็นต้องป้องกันชั้นระบายน้ำด้วย Filter วัสดุที่ใช้ทำ Filter มีข้อกำหนด ดังนี้

$$(D_{15})_{\text{Filter}} \leq 5(D_{85})_{\text{protected soil}}$$

$$(D_{15})_{\text{Filter}} \geq 5(D_{15})_{\text{protected soil}}$$

$$(D_{50})_{\text{Filter}} \leq 25(D_{50})_{\text{protected soil}}$$

$$(D_5)_{\text{Filter}} \geq 0.075 \text{ mm.}$$

จากผลการทดสอบการกระจายตัวของวัสดุชั้นดินเดิม และนำไปหาความสัมพันธ์ในแผนภูมิ สามารถกำหนดขนาดวัสดุได้ ดังนี้

$$(D_{15})_F \leq 5(0.075)_S = 0.375 \text{ mm}$$

$$(D_{15})_F \geq 5(0.075)_S = 0.375 \text{ mm}$$

$$(D_{50})_F \leq 25(0.075)_S = 1.875 \text{ mm}$$



รูปที่ ๒๘ การปูแผ่นวัสดุโพลิเอทิลีนเพื่อแยกชั้นวัสดุ

จากขนาดวัสดุที่ต้องการ จึงกำหนดอยู่ในช่วงกรวดผสมทราย มีเม็ดละเอียดปนบ้างหรือไม่มีเลย (GW) ถึงทรายปนกรวดมีเม็ดละเอียดปนบ้างหรือไม่มีเลย (SW) ดังนั้น การลงวัสดุผู้ควบคุมงานจะต้องคอยสังเกตวัสดุที่มีขนาดใหญ่และจับกันเป็นก้อน ดังรูปที่ ๒๙



รูปที่ ๒๙ การลงวัสดุชั้นระบายน้ำ (Porous Layer)

โดยวัสดุเหล่านี้ส่งผลต่อการเรียงตัวของวัสดุในชั้นระบายน้ำ ซึ่งส่งผลให้อัตราส่วนช่องว่างไม่เป็นไปตามที่กำหนด และอาจทำให้แผ่นใยสังเคราะห์ฉีกขาดจนส่งผลกระทบให้เกิดการรั่วไหลของวัสดุได้ ดังนั้นในการบดอัดวัสดุชั้นระบายน้ำที่มีความหนา ๕๐ เซนติเมตร ซึ่งจะต้องทำการบดอัดทีละชั้นโดยชั้นละไม่เกิน ๑๕ เซนติเมตร **ดังรูปที่ ๓๐** เพื่อให้ได้ความแน่นที่ต้องการ และไม่เกิดการทรุดตัวของชั้นทางในระยะยาวเมื่อเปิดใช้งาน เมื่อบดอัดชั้นระบายน้ำจนได้ความหนาที่กำหนดแล้ว จะต้องทำการปูแผ่นใยวัสดุสังเคราะห์ปิดทับด้านบนก่อนการบดอัดชั้นโครงสร้างต่อไป ซึ่งขั้นตอนการปิดทับต้องตรวจสอบระยะการซ้อนทับของแผ่นใยสังเคราะห์ให้มีความยาวที่มากพอ (ประมาณ ๓๐ เซนติเมตร) เพื่อป้องกันการเลื่อนไถลของแผ่นใยสังเคราะห์ขณะดำเนินการก่อสร้างชั้นถัดไป **ดังรูปที่ ๓๑**



รูปที่ ๓๐ การบดอัดวัสดุชั้นระบายน้ำ (Porous Layer)



รูปที่ ๓๑ การปูวัสดุแผ่นใยสังเคราะห์ก่อนบดอัดโครงสร้างชั้นทาง

เมื่อดำเนินการก่อสร้างชั้นระบายน้ำ (Porous Layer) แล้วเสร็จก็สามารถดำเนินการก่อสร้างโครงสร้างชั้นทางต่อไป โดยไม่เกิดการอ่อนตัวของคันทาง และไม่เกิดการซึมของน้ำขึ้นมาบนโครงสร้างชั้นทาง ดังรูปที่ ๓๒ และ รูปที่ ๓๓



รูปที่ ๓๒ การบดอัดโครงสร้างชั้นทางหลังจากการบดอัดชั้นระบายน้ำ (Porous Layer)



รูปที่ ๓๓ การบดอัดโครงสร้างชั้นทางหลังจากการบดอัดชั้นระบายน้ำ (Porous Layer)

๒. คำนวณความสูงของระบบระบายน้ำข้างทาง (Sub Drain) และพิจารณาการใช้วัสดุระบบระบายน้ำข้างทาง

ระบบรวบรวมน้ำใต้ดิน (Collection System) หรือร่องดักน้ำและระบายน้ำใต้ดิน (Subdrain) เป็นการระบายน้ำใต้ดินออกสู่ลำรางธรรมชาติ หรือระบายทิ้งไปตามลาดคันทาง โดยอาศัยท่อที่ทำการเจาะรู และฝังลงไปในดิน เพื่อลำเลียงน้ำใต้ดินโครงสร้างชั้นทางออกไปยังจุดระบายน้ำ ปัจจัยที่มีต้องคำนึงในการออกแบบ ได้แก่

๑) ประเภทท่อที่ใช้ในการลำเลียงน้ำใต้ดิน

๒) ตำแหน่งและความลึกของแนวท่อลำเลียง

๓) การเลือกขนาดท่อที่เหมาะสมในการไหลของน้ำใต้ดิน และไม่เกิดการอุดตัน ดังนั้น ในการออกแบบร่องดักน้ำสามารถหาได้จากความสัมพันธ์ของกราฟขนาดท่อและอัตราการไหล **ดังรูปที่ ๓๔** โดยปริมาณการไหลที่ใช้ในการคำนวณหาขนาดท่อที่ใช้ฝังในร่องดักน้ำสามารถหาได้จากสมการ

$$q_d = q_n \times L \dots\dots\dots(๕)$$

q_d = ปริมาณน้ำที่ไหลภายในท่อของร่องดักน้ำ

q_n = ปริมาณการไหลทั้งหมดจากชั้นระบายน้ำ และปริมาณการไหลจากลาดตัด

L = ความกว้างของหน้าตัดชั้นระบายน้ำ

$$q_d = ๒.๒๗๓ \times ๑๐^{-๔} \times ๑๑๓.๖๗$$

$$q_d = ๐.๐๒๕๘ \text{ ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาทีต่อฟุต}$$

จากข้อมูลที่มีทั้งหมด และปริมาณการไหลที่ได้จากการคำนวณค่า q_d ที่ได้จากการคำนวณไปหาขนาดท่อจากกราฟความสัมพันธ์ขนาดท่อ และอัตราการไหลจากกราฟค่า q_d ต่ำสุดเท่ากับ ๑๐ ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาทีต่อฟุต ผู้ขอประเมินจึงได้กำหนดให้ค่า q_d เท่ากับ ๑๐ ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาทีต่อฟุต และมีระยะห่างของจุดรับน้ำสู่ลำรางธรรมชาติ (L_o) มีค่าเท่ากับ ๖๖๖.๖๗ ฟุต ซึ่งระบายลงบ่อพักที่ กม.๑๐+๐๕๐.๐๐๐ และ กม.๑๐+๒๕๐.๐๐๐ **ดังรูปที่ ๓๕** โดยความชันของท่อกำหนดให้เท่ากับ ๒%

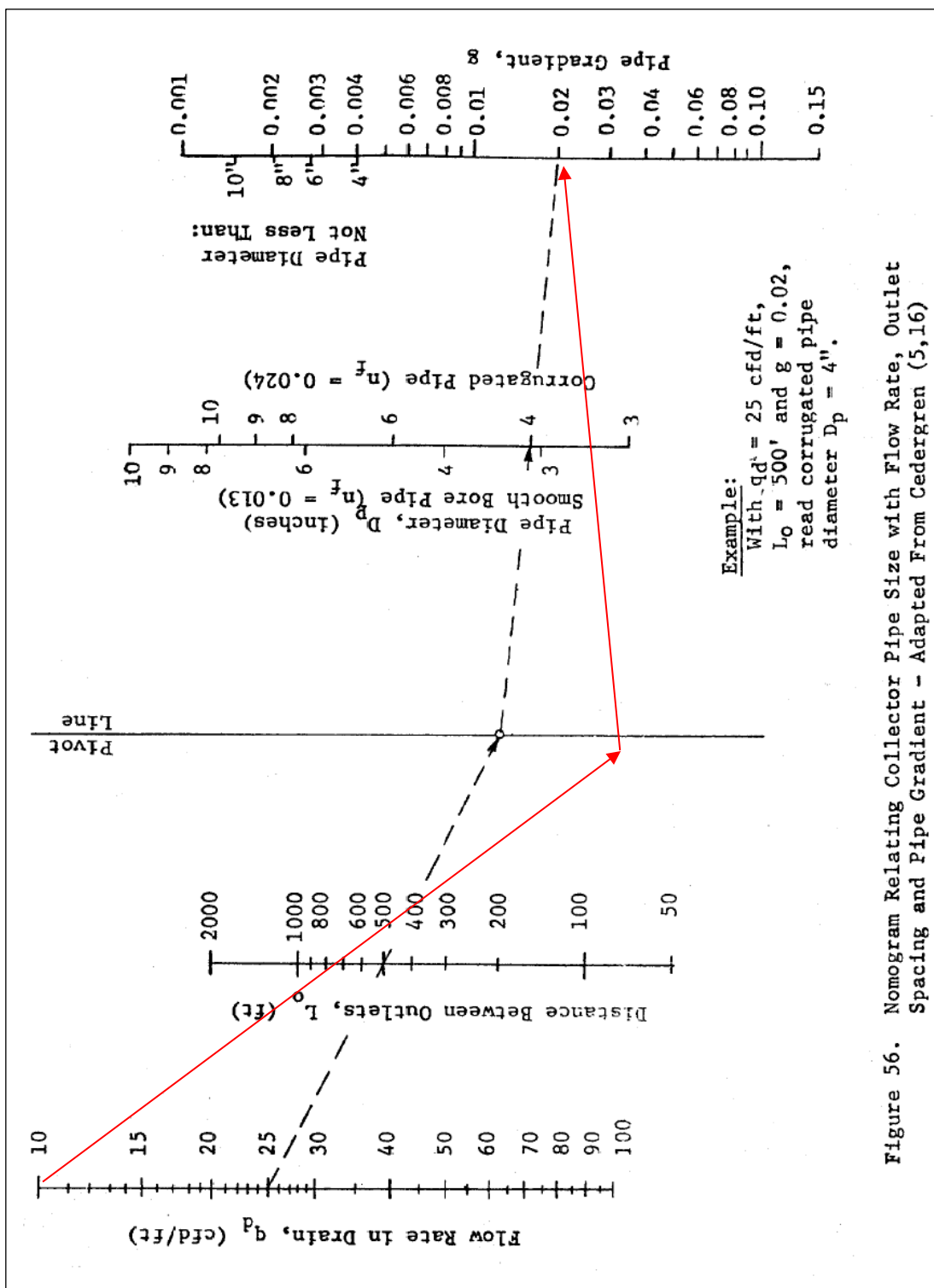
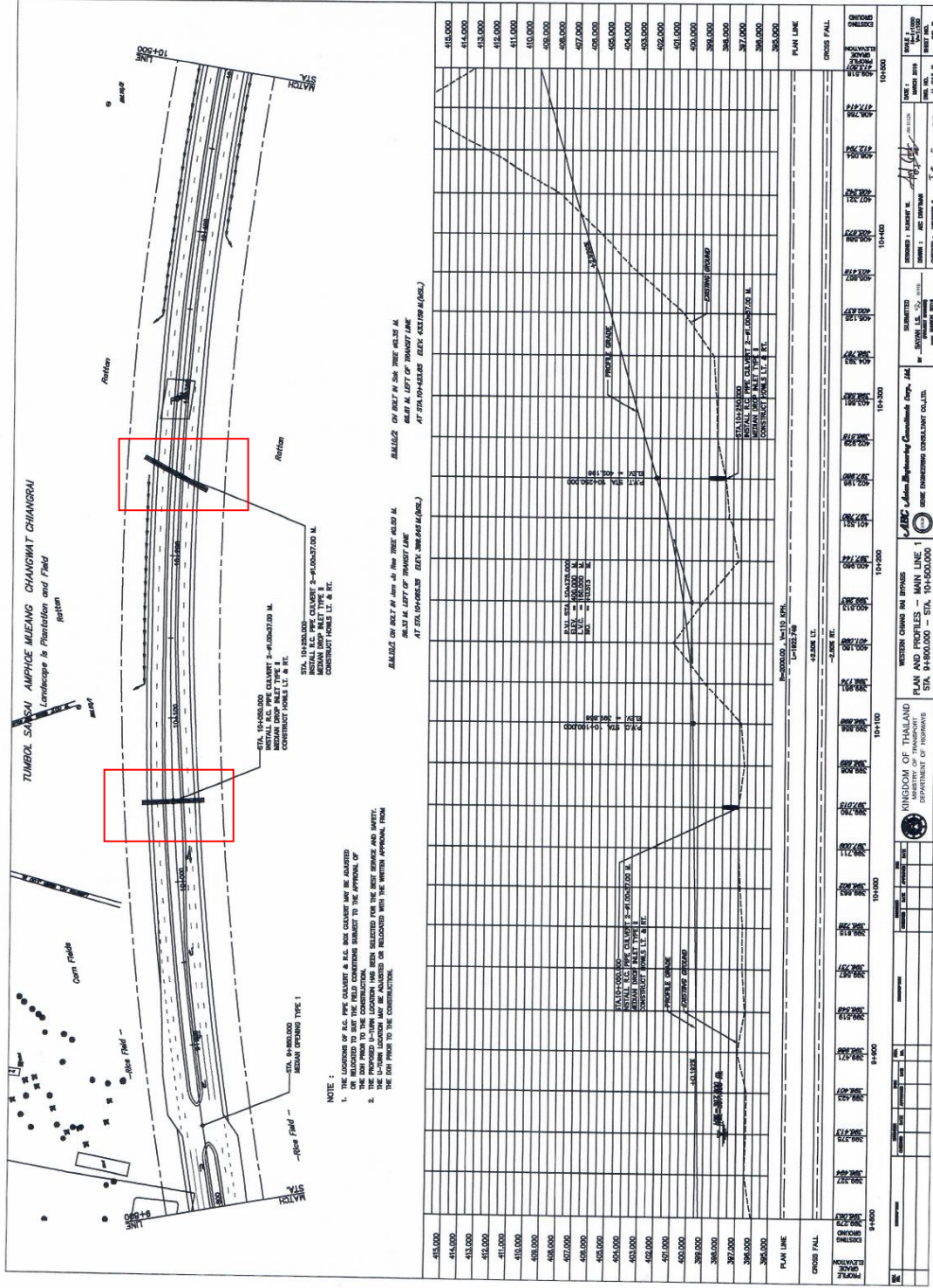


Figure 56. Nomogram Relating Collector Pipe Size with Flow Rate, Outlet Spacing and Pipe Gradient - Adapted From Cedergren (5,16)

รูปที่ ๓๔ ความสัมพันธ์ของกราฟขนาดท่อและอัตราการไหลของร่องค้ำน้ำ (Sub Drain)



รูปที่ ๓๕ จุฑระบายน้ำใต้ดินที่ไหลมาจากร่องน้ำ

เมื่อนำข้อมูลทั้งหมดไปหาขนาดท่อในร่องดักน้ำ จากความสัมพันธ์ของกราฟที่กล่าวมาข้างต้นพบว่า ท่อที่ใช้มีขนาด ๓.๒ นิ้ว หรือ ๘.๑๓ เซนติเมตร เมื่อทราบขนาดท่อแล้ว ผู้ขอประเมินได้กำหนดให้วัสดุที่ใช้ถม ในร่องดักน้ำเป็นกรวดผสมทรายมีเม็ดละเอียดปนบ้างหรือไม่มีเลย (GW) ถึงทรายปนกรวดมีเม็ดละเอียด ปนบ้างหรือไม่มีเลย (SW) ซึ่งสามารถหาได้ง่ายในบริเวณนั้น ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของวัสดุ GW, SW อยู่ระหว่าง ๑.๔ - ๑๓๗ ฟุตต่อวัน ผู้ขอประเมินจึงกำหนดให้ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านมีค่าเท่ากับ ๑๕ ฟุตต่อวัน นำข้อมูลดังกล่าวไปหาขนาดหน้าตัดของร่องดักน้ำจากสมการ

$$K_t = q_d / ๒b \dots\dots\dots(๕)$$

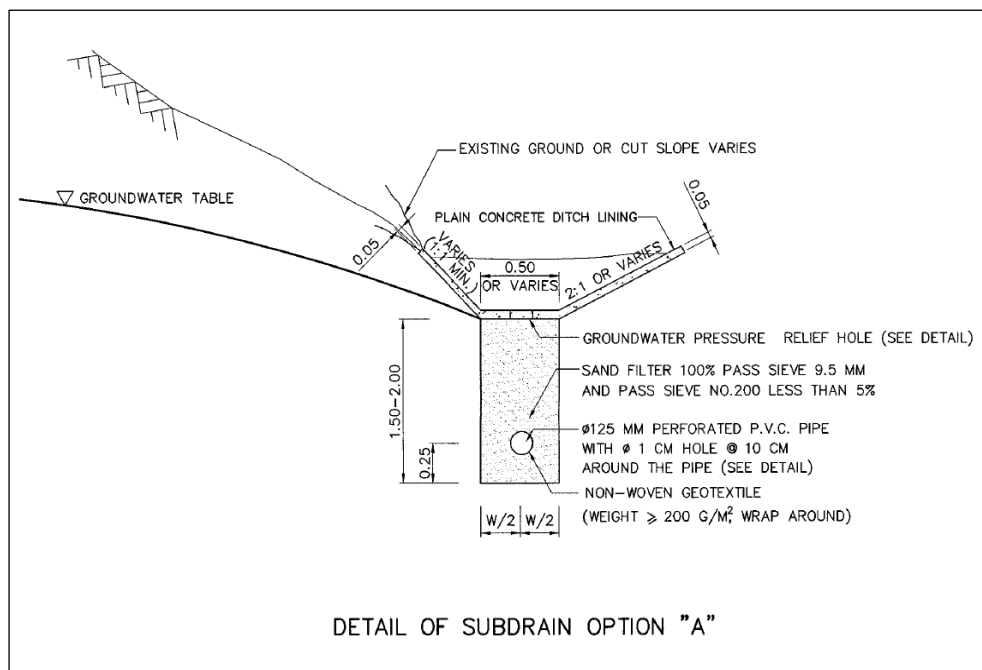
K_t = ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของวัสดุถม

b = ความกว้างที่ครึ่งหนึ่งของร่องดักน้ำ

๑๕ = ๑๐/๒b

b = ๐.๓๓ ฟุต

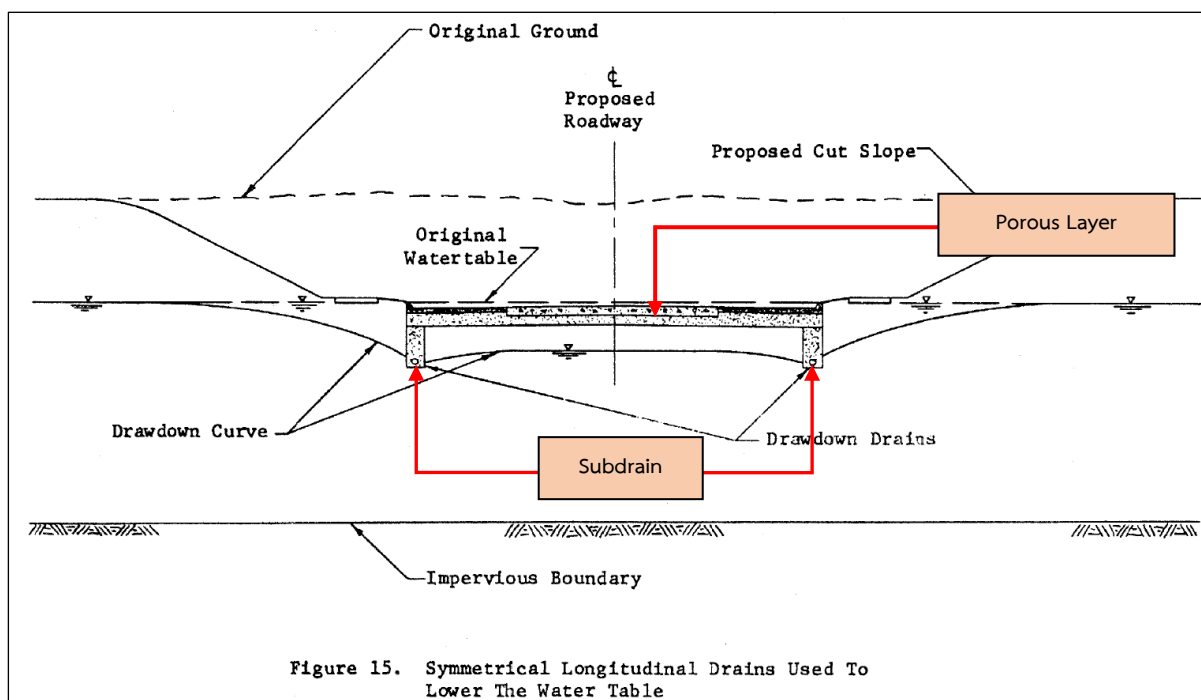
จากการแทนค่าในสมการพบว่า ความกว้างของร่องดักน้ำมีค่าเท่ากับ ๐.๖๗ ฟุต หรือ ๒๐ เซนติเมตร และกำหนดให้ความสูงมีค่า ๒ เท่าของความกว้างเท่ากับ ๔๐ เซนติเมตร ผู้ขอรับประเมินได้พิจารณาเพื่อยืดอายุ การใช้งานจึงให้เพิ่มขนาดเป็น ๒ เท่า โดยมีความกว้างเท่ากับ ๔๐ เซนติเมตร และสูง ๘๐ เซนติเมตร ซึ่งขนาด ของร่องดักน้ำดังกล่าวมีขนาดใกล้เคียงกับขนาดที่ระบุในแบบมาตรฐานของกรมทางหลวง ดังรูปที่ ๓๖ จึงให้ใช้รูปแบบร่องดักน้ำประเภท A ในการก่อสร้างจะต้องมีความจุมากพอที่รับจะรับน้ำจากชั้นระบายน้ำ และด้านลาดตัด (Back Slope)



รูปที่ ๓๖ รูปแบบร่องดักน้ำประเภท A (Subdrain Option A)

๓. พิจารณาการก่อสร้างชั้นระบายน้ำ (Porous Layer) ร่วมกับระบบระบายน้ำข้างทาง (Sub Drain)

การเพิ่มชั้นระบายน้ำ และระบบระบายน้ำใต้ดิน (Sub Drain) บริเวณปลายลาดดินตัดของคันทางทั้งสองข้างตามรูปแบบที่โครงการฯ ได้ปรับแก้ เป็นการช่วยระบายน้ำด้านลาดดินตัด และได้โครงสร้างชั้นทาง **ดังรูปที่ ๓๗** โดยน้ำใต้ดินที่อยู่ใต้โครงสร้างชั้นทางจะถูกดักไว้ด้วยชั้นระบายน้ำ (Porous Layer) โดยมีร่องดักน้ำ (Sub Drain) ทำหน้าที่เก็บน้ำที่ไหลเข้ามา ๒ ทิศทาง ได้แก่ ๑) น้ำใต้ดินจากใต้โครงสร้างชั้นทาง ๒) น้ำใต้ดินบริเวณปลายลาดดินตัด ซึ่งน้ำที่ไหลมารวมกันจะไหลตามความชันของท่อในร่องดักน้ำไปยังบ่อพักตามจุดต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ในแบบ และไหลออกสู่ลำรางธรรมชาติต่อไป



รูปที่ ๓๗ การควบคุมระดับน้ำใต้ดินด้วยชั้นระบายน้ำ (Porous Layer) ร่วมกับร่องดักน้ำ (Sub Drain)

ในการก่อสร้างระบบระบายน้ำใต้ดินเริ่มจากจุดเปิดร่องบริเวณปลายลาดดินตัดทั้งสองด้านให้ถึงระดับที่กำหนด และเซาะดินด้านบนให้หมดเพื่อให้ น้ำใต้ดินสามารถไหลเข้าร่องดักน้ำได้ **ดังรูปที่ ๓๘ และรูปที่ ๓๙** จากการขุดเปิดสามารถสังเกตเห็นบริเวณท้องร่องที่ทำการขุดเปิดมีการซึมของน้ำใต้ดินขึ้นมา ดังนั้น ความยุ่งยากในการทำงาน คือ การวางระบบท่อ PVC. ขนาด ๑๒๕ มิลลิเมตร และมีช่องเปิดกว้าง ๑ เซนติเมตร ทุกระยะ ๑๐ เซนติเมตร โดยรอบ และห่อหุ้มด้วยแผ่นใยสังเคราะห์ขนาด ๒๐๐ กรัม/ตารางเมตร โดยไม่ให้วัสดุที่มีขนาดละเอียดเกินไปประสงค์เข้าไปผสมกับขนาดละเอียดที่ใช้ในการระบายน้ำ ซึ่งแก้ไขด้วยการวางแผ่นใยสังเคราะห์รองพื้นก่อนลงวัสดุที่คัดเลือก จากนั้นเป็นการติดตั้งท่อระบายน้ำใต้ดิน โดยอาศัยหลักการซึมผ่านของน้ำเข้ามาในระบบระบายน้ำใต้ดิน ดังนั้น ท่อที่ใช้น้ำจะต้องเจาะรูให้มีจุดรับน้ำที่มากพอ และกรอวัสดุที่มีการคัดเลือกโดยรอบท่อ PVC. และห่อคลุมด้วยแผ่นใยสังเคราะห์แล้วดำเนินการถมกลับด้วยวัสดุตามมาตรฐานกำหนด **ดังรูปที่ ๔๐ และรูปที่ ๔๑** เมื่อโครงการฯ ดำเนินก่อสร้างชั้นระบายน้ำ (Porous Layer) และระบบระบายน้ำใต้ดิน (Sub Drain) แล้วเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงดำเนินการบดอัดโครงสร้างชั้นทาง และโครงสร้างอื่น ๆ ตามรูปแบบคู่สัญญาต่อไป



รูปที่ ๓๘ การขุดเปิดบริเวณปลายลาดดินตัดเพื่อก่อสร้าง SUBDRAIN



รูปที่ ๓๙ การขุดเปิดบริเวณปลายลาดดินตัดเพื่อก่อสร้าง SUBDRAIN



รูปที่ ๔๐ การติดตั้งท่อระบายน้ำและวัสดุที่ใช้ในการระบายน้ำ (Sub Drain)

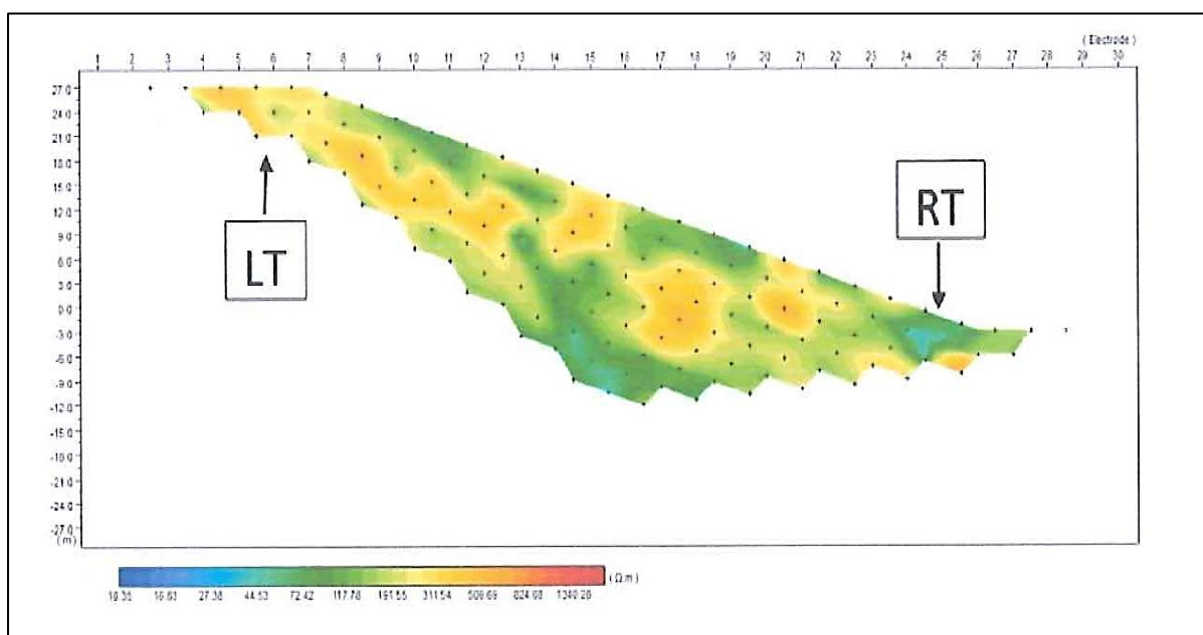


รูปที่ ๔๑ การติดตั้งท่อรับระบายน้ำและวัสดุที่ใช้ในการระบายน้ำ (Sub Drain)

๔. พิจารณาก่อสร้าง Shot Crete และก่อสร้างท่อระบายน้ำแนวนอน (Horizontal Drain)

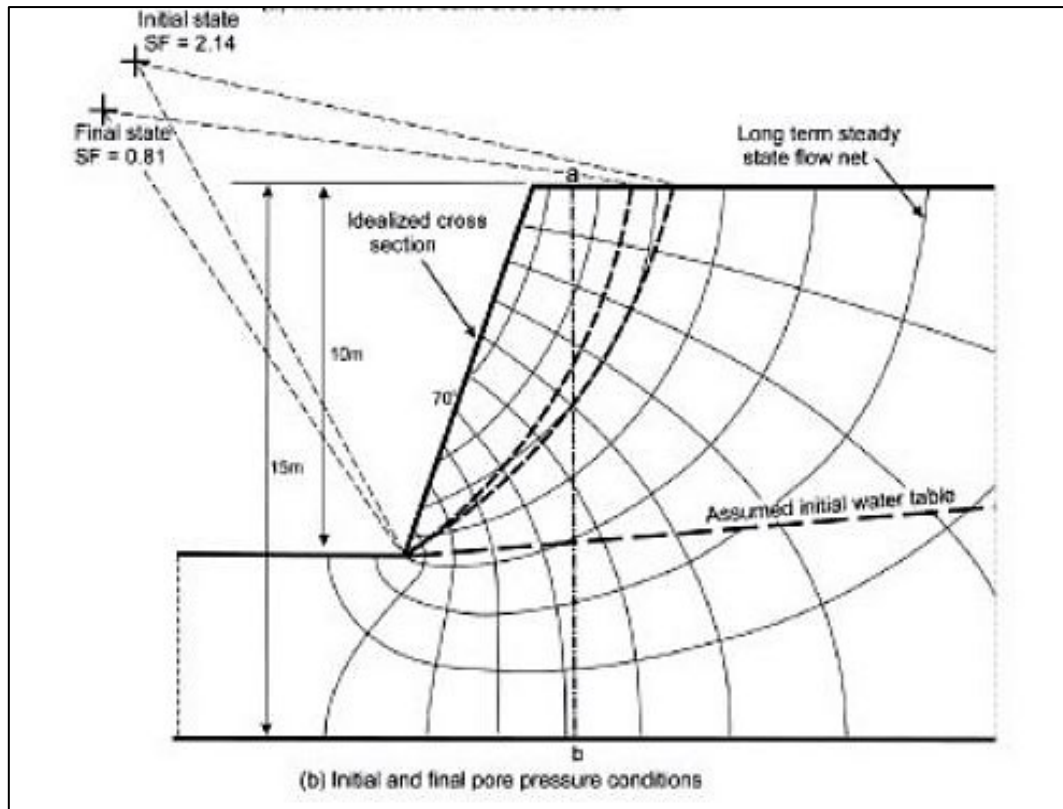
จากการสำรวจสภาพชั้นดินบนบริเวณดังกล่าวพบว่าเป็นดินตะกอนปนทรายมีความแข็งมาก (ML และ MH) แต่อาจถูกกัดเซาะได้หากถูกกัดเซาะด้วยน้ำฝนโดยตรง ซึ่งอาจทำให้พื้นผิวของลาดดินตัดได้รับความเสียหายเป็นร่องลึก และมีดินไหลลงไปปิดทับร่องน้ำได้ ซึ่งมีความเสี่ยงที่จะให้ลาดดินตัดเกิดความเสียหายหลังจากก่อสร้างแล้ว

จากการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธี Resistivity บริเวณดังกล่าวพบว่า พื้นที่ทั้งหมดของแนวสำรวจประกอบไปด้วยดินตะกอนปนทรายที่มีความชุ่มน้ำตั้งแต่ ๒ - ๘ เมตร ดังรูปที่ ๔๒ ซึ่งมีความเสี่ยงที่จะพบน้ำใต้ดินได้มาก

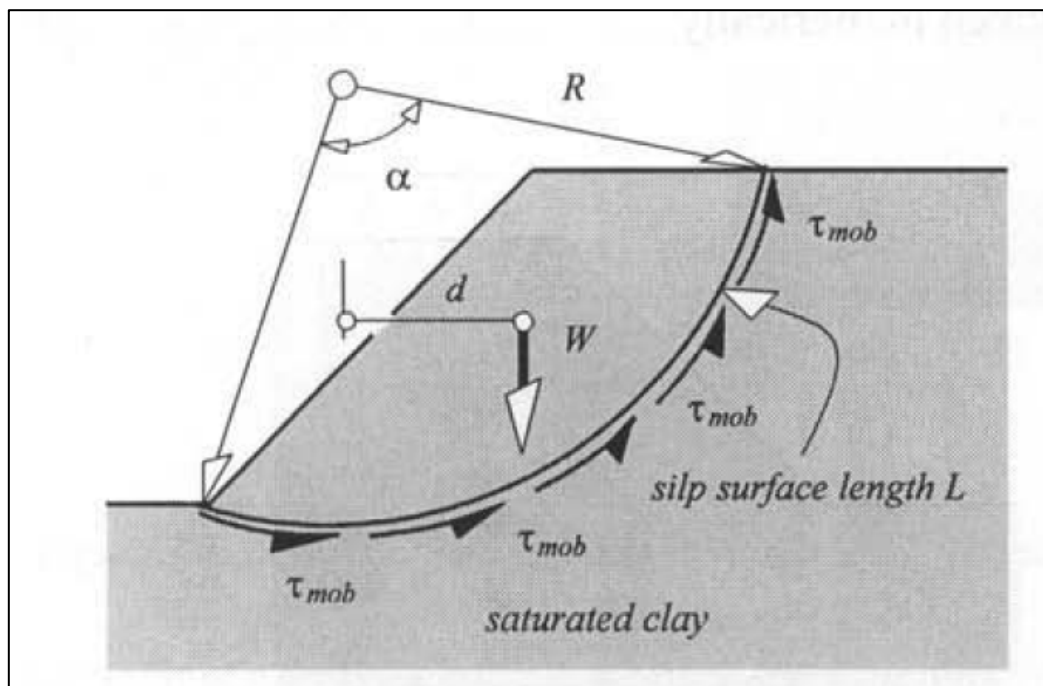


รูปที่ ๔๒ ผลการตรวจสอบสภาพชั้นดินโดยวิธี Resistivity ของลาดดินตัด
บริเวณ กม.๑๐+๔๐๐.๐๐ ถึง ๑๑+๐๐๐.๐๐

ดินที่มีสภาพอิ่มตัวส่งผลกระทบโดยตรงกับเสถียรภาพของลาดดินตัด (Back Slope) เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณลาดดินตัด เนื่องจากการไหลของน้ำใต้ดินจะมีจุดรวมตัวอยู่บริเวณปลายลาดดินตัด (Toe Slope) จากตาข่ายการไหลของน้ำใต้ดิน ดังรูปที่ ๔๓ โดยมีจุดรวมตัวอยู่บริเวณด้านล่าง ซึ่งเป็นจุดที่โครงการฯ ทำการตัดถนนผ่าน และมีงานดินตัดผ่านหุบเขาทั้งสองฝั่ง ส่งผลให้เสถียรภาพของลาดดินตัดต่ำลง เนื่องจากแรงกระทำของดินในระนาบการวิบัติของดินสูงขึ้น ดังรูปที่ ๔๔

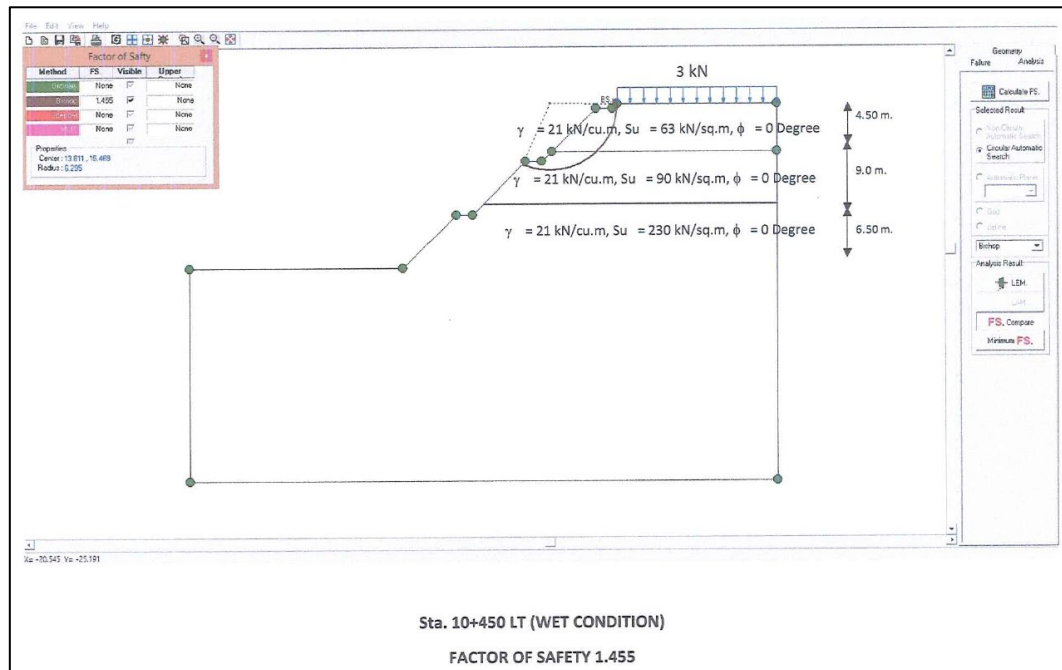


รูปที่ ๔๓ ตาข่ายการไหลของน้ำใต้ดินบริเวณลาดดินตัด

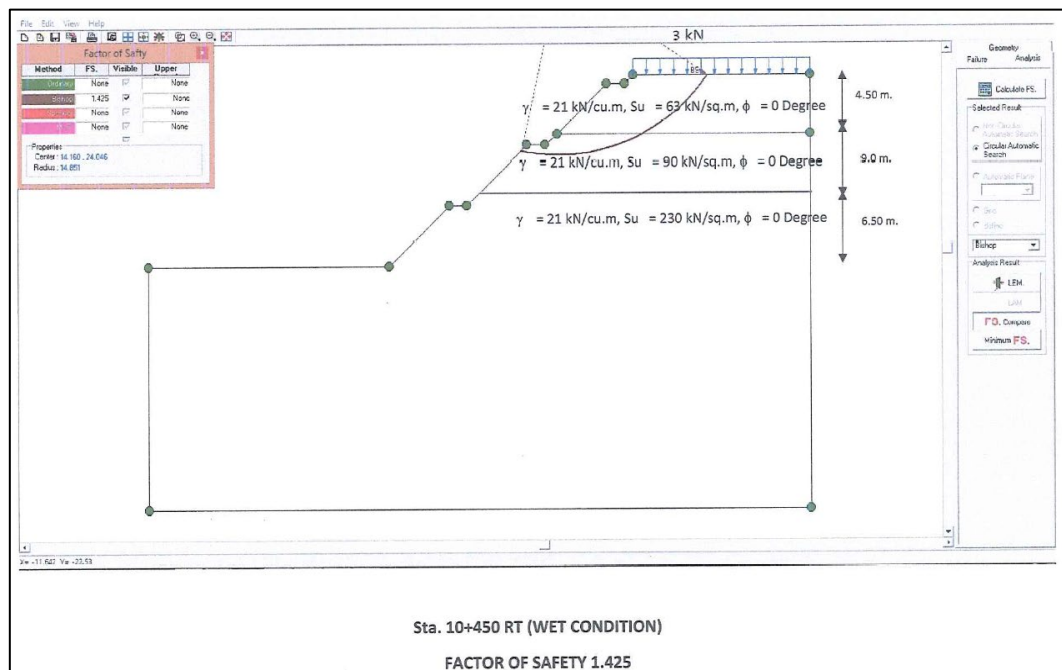


รูปที่ ๔๔ แรงต้านภายในลาดดินตัดและแรงกระทำจากน้ำหนักของมวลดิน

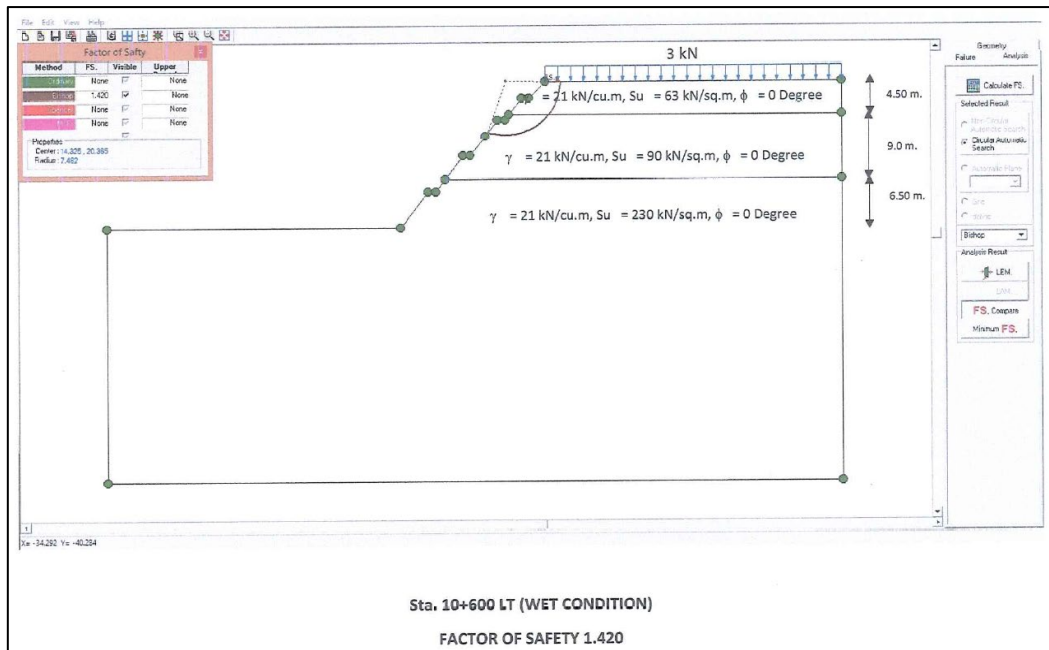
จากผลการวิเคราะห์อัตราส่วนความปลอดภัยของลาดดินตัดบริเวณ กม.๑๐+๔๕๐.๐๐ ถึง ๑๑+๐๐๐.๐๐ ในกรณีวิกฤตสูงสุดที่อาจเกิดขึ้นได้ คือ กรณีลาดดินตัดอ้อมตัวด้วยน้ำ เพื่อประเมินความปลอดภัยของโครงการฯ หากดำเนินการก่อสร้างตามรูปแบบเดิม จากการตรวจสอบพบว่าลาดดินตัดมีอัตราส่วนความปลอดภัยอยู่ในช่วง ๑.๓๕ - ๑.๔๕ ซึ่งค่อนข้างต่ำ ดังรูปที่ ๔๕ ถึง รูปที่ ๔๘



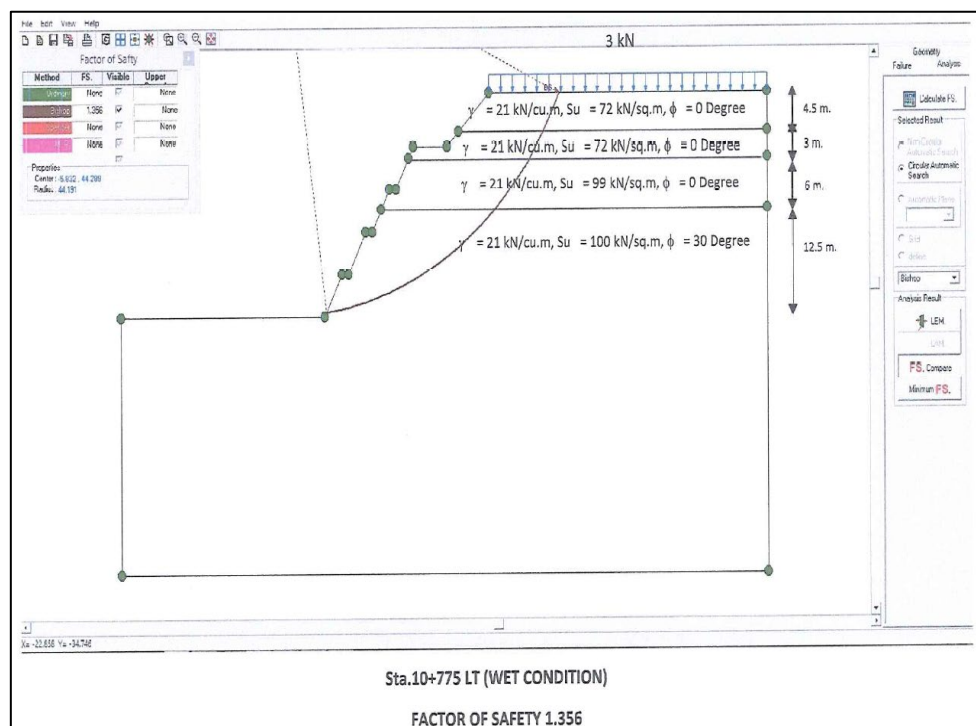
รูปที่ ๔๕ การวิเคราะห์เสถียรภาพลาดดินตัด กม. ๑๐+๔๕๐.๐๐ Lt. ก่อนใส่ท่อระบายแนวราบ



รูปที่ ๔๖ การวิเคราะห์เสถียรภาพลาดดินตัด กม. ๑๐+๔๕๐.๐๐ Rt. ก่อนใส่ท่อระบายแนวราบ

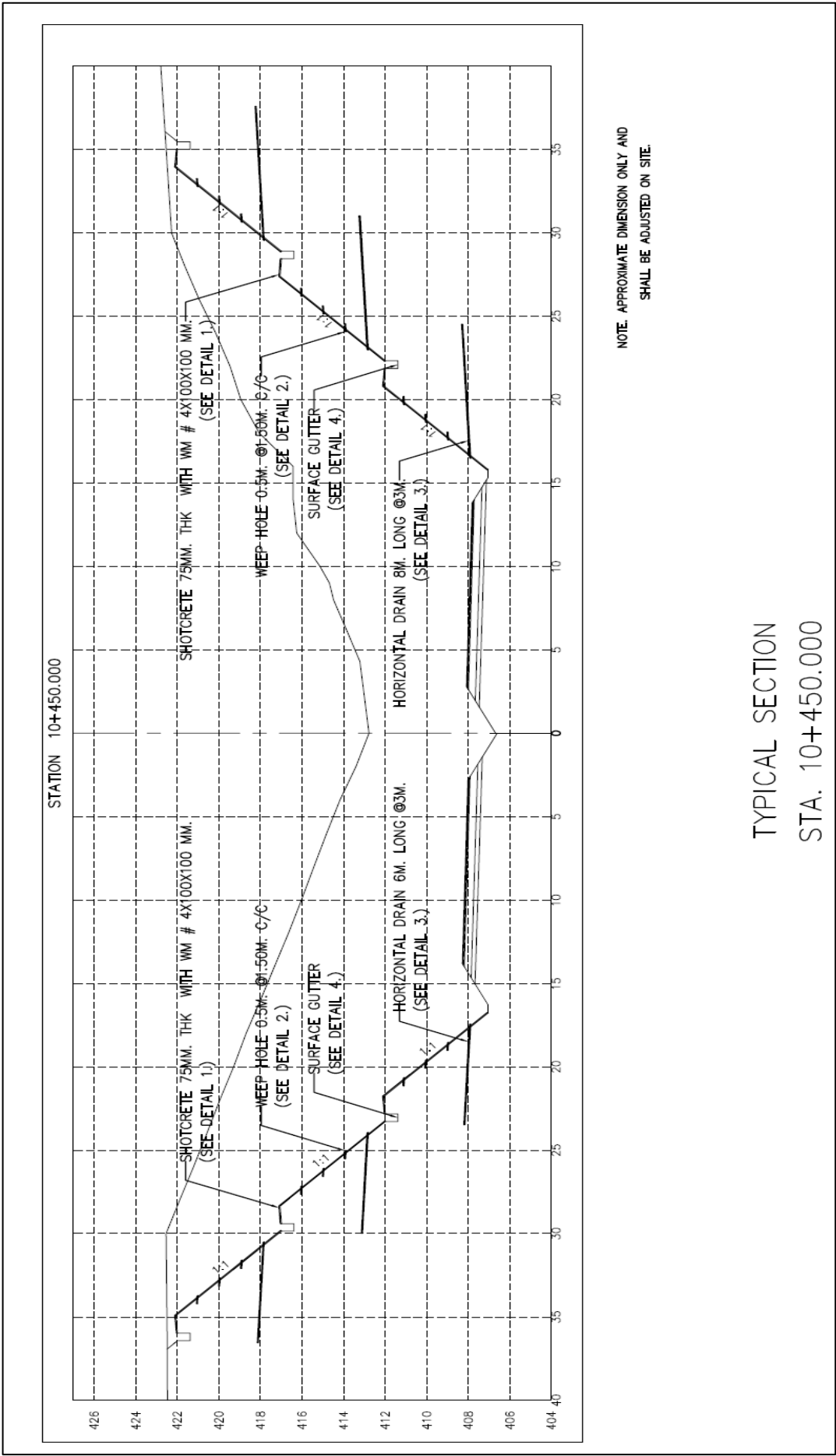


รูปที่ ๔๗ การวิเคราะห์เสถียรภาพลาดดินตัด กม. ๑๐+๖๐๐ Lt. ก่อนใส่ท่อระบายแนวนราบ



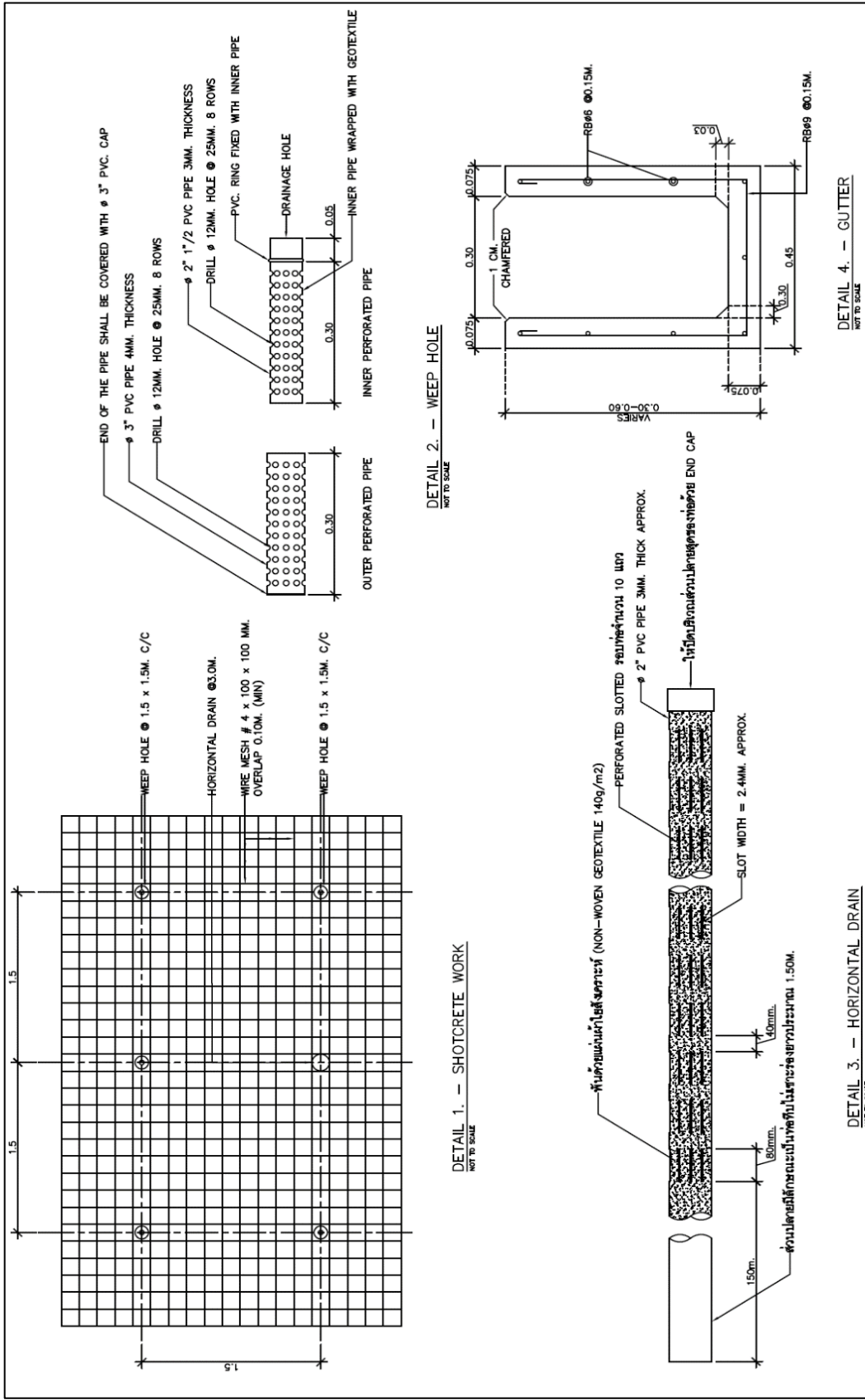
รูปที่ ๔๘ การวิเคราะห์เสถียรภาพลาดดินตัด กม. ๑๐+๗๗๕ Lt. ก่อนใส่ท่อระบายแนวนราบ

ดังนั้น ผู้ขอประเมินพิจารณาให้ติดตั้งท่อระบายน้ำในแนวนราบ (Horizontal Drain) ในพื้นที่ดังกล่าว เพื่อช่วยควบคุมระดับน้ำใต้ดิน และเพิ่มเสถียรภาพของลาดตัด ดังรูปที่ ๔๙ โดยใช้ท่อ PVC ขนาด ๒.๕ นิ้ว และเสาเข็ม ยาว ๘ เซนติเมตร ช่องเปิดกว้าง ๒.๔ มิลลิเมตร และห่อหุ้มด้วยผ้าใยสังเคราะห์ด้วยการติดตั้งท่อระบายน้ำในแนวนราบ (Horizontal Drain) และคาดหน้าด้วยคอนกรีต (Shotcrete) ดังรูปที่ ๕๐



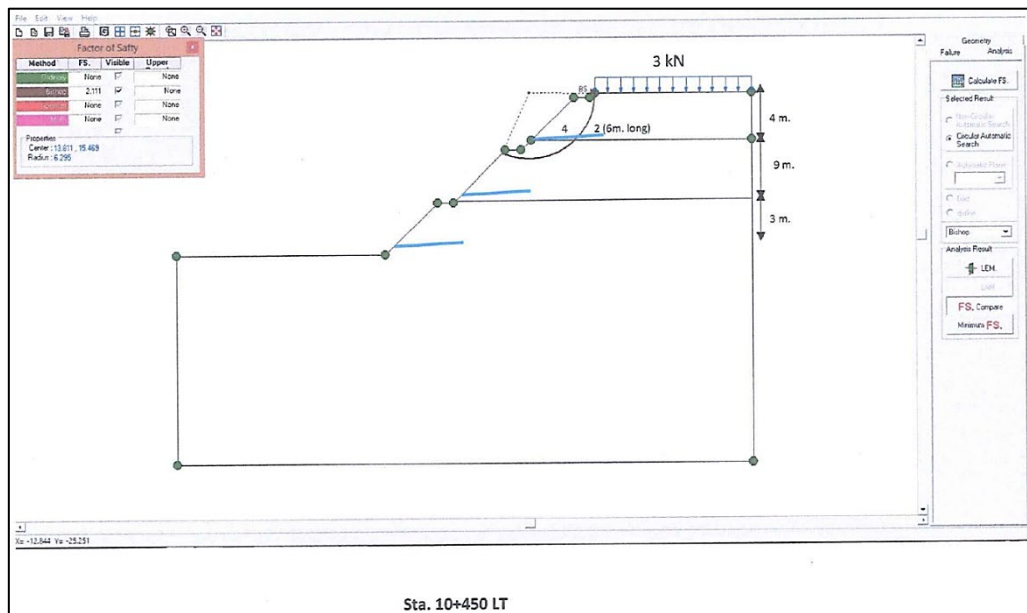
TYPICAL SECTION
STA. 10+450.000

รูปที่ ๔๙ การควบคุมระดับน้ำใต้ดินด้วยการติดตั้งท่อระบายน้ำในแนวราบ (Horizontal Drain) และดาดหน้าด้วยคอนกรีต (Shotcrete)

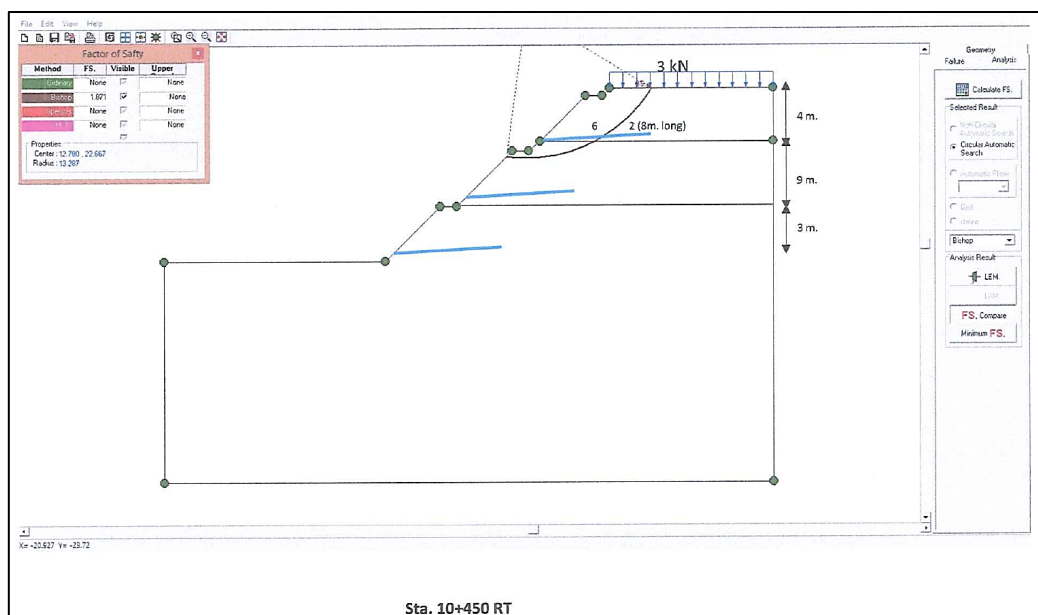


รูปที่ ๕๐ รายละเอียดการติดตั้งท่อระบายน้ำแนวนอน (Horizontal Drain)

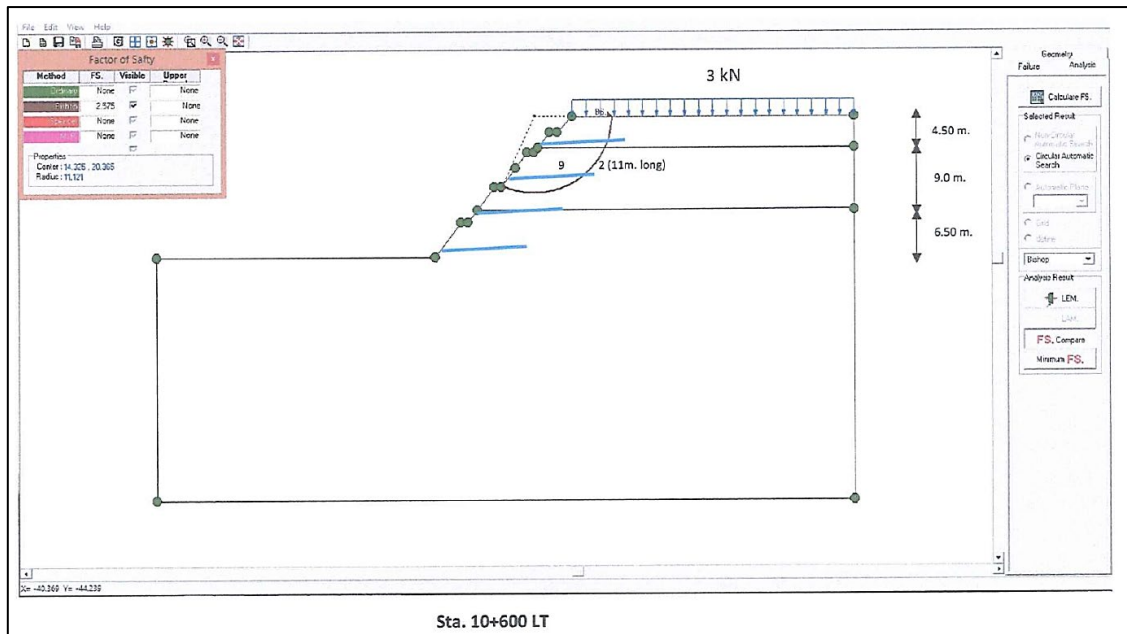
การติดตั้งระบบท่อดังกล่าวส่งผลให้มวลดินบริเวณลาดดินตัดมีสภาพอึดตัวของน้ำลดลง และเมื่อทำการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินตัด หลังการติดตั้งท่อระบายน้ำพบว่า อัตราส่วนความปลอดภัยมีค่ามากกว่า ๑.๘ ดังรูปที่ ๕๑ ถึง รูปที่ ๕๔ ซึ่งค่าอัตราส่วนความปลอดภัยดังกล่าวมีค่ามากพอสำหรับการก่อสร้าง แต่เนื่องจากบริเวณดังกล่าวมีสภาพเป็นดินตะกอนแข็ง มีความเสี่ยงให้ลาดดินตัดบริเวณดังกล่าวเกิดการกัดเซาะจากน้ำที่ไหลผ่านบริเวณลาดดินตัดได้ ผู้ขอประเมินจึงกำหนดให้ก่อสร้างวัสดุทับน้ำประเภทคอนกรีตพ่น (Shotcrete) บริเวณที่เกิดปัญหาน้ำใต้ดินที่มีรายการค่างานตามสัญญาอยู่แล้ว ซึ่งสามารถป้องกันการกัดเซาะของน้ำที่ไหลผ่านลาดดินตัด และน้ำใต้ดินที่ไหลออกจากท่อระบายน้ำในแนวราบได้



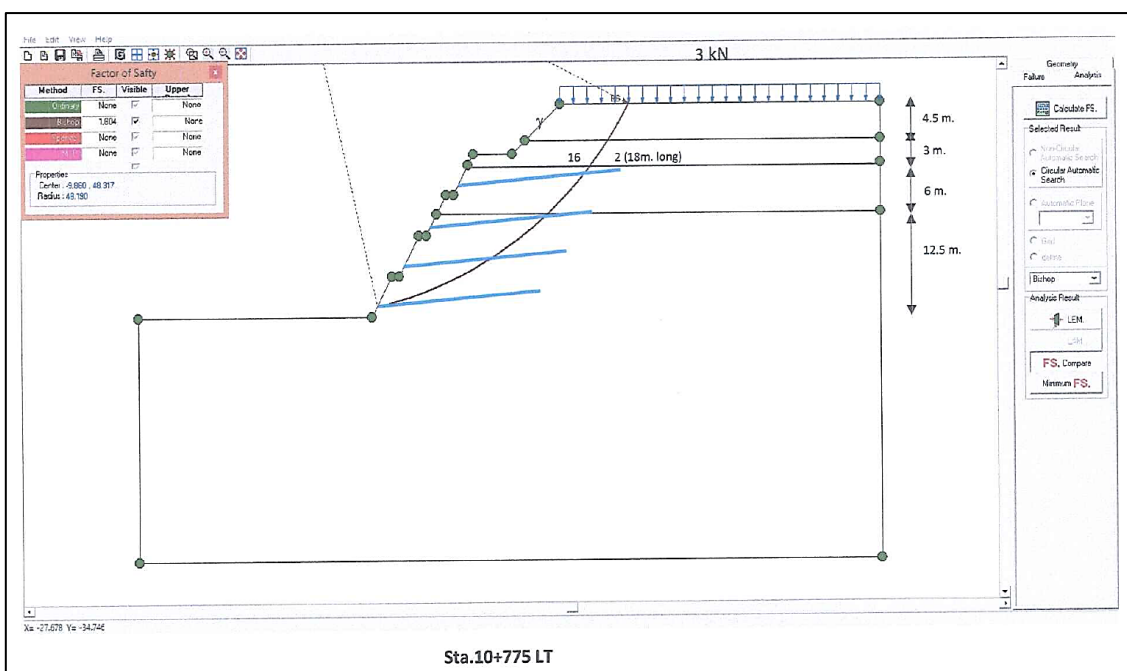
รูปที่ ๕๑ การวิเคราะห์เสถียรภาพลาดดินตัด กม. ๑๐+๔๕๐ Lt. หลังใส่ท่อระบายแนวราบ



รูปที่ ๕๒ การวิเคราะห์เสถียรภาพลาดดินตัด กม. ๑๐+๔๕๐ Rt. หลังใส่ท่อระบายแนวราบ



รูปที่ ๕๓ การวิเคราะห์เสถียรภาพลาดดินตัด กม. ๑๐+๖๐๐ Lt. หลังใส่ท่อระบายแนวราบ



รูปที่ ๕๔ การวิเคราะห์เสถียรภาพลาดดินตัด กม. ๑๐+๗๗๕ Lt. หลังใส่ท่อระบายแนวราบ

การติดตั้งท่อระบายน้ำแนวราบในลาดดินตัด โดยใช้หัวเจาะโรตารีชนิดปรับองศาได้ โดยเจาะเข้าไปในดินจนได้ความลึกตามที่ออกแบบ จากนั้นดำเนินการเสียบท่อ PVC ที่เจาะร่องลงไปในรูที่ได้เจาะไว้ ดังรูปที่ ๕๕



รูปที่ ๕๕ การติดตั้งท่อระบายน้ำในแนวนราบ (Horizontal Drain)

เมื่อตรวจสอบความเรียบร้อยของท่อระบายน้ำในแนวนราบแล้ว ติดตั้งตะแกรงเหล็ก และพ่นคอนกรีตบาง ๆ ในชั้นที่หนึ่ง ดังรูปที่ ๕๖ ปล่อยให้วัจนคอนกรีตเริ่มแข็งตัวหมาด ๆ พอที่คอนกรีตชั้นถัดไปสามารถเกาะตัวได้ จึงเริ่มทำการพ่นคอนกรีตชั้นที่ ๒ ให้ได้ความหนาตามแบบระบุ ดังรูปที่ ๕๗ และรูปที่ ๕๘



รูปที่ ๕๖ ติดตั้งตะแกรงเหล็ก และพ่นคอนกรีตชั้นที่ ๑



รูปที่ ๕๗ ฟันคอนกรีตชั้นที่ ๒



รูปที่ ๕๘ ฟันคอนกรีตชั้นที่ ๒

จากการดำเนินการแก้ไขปัญาที่เกิดขึ้นพบว่า คั่นทางบริเวณ กม.๑๐+๔๐๐.๐๐๐ ถึง กม.๑๐+๘๐๐.๐๐๐ มีปัญหาระดับน้ำใต้ดินสูง ซึ่งสามารถลดระดับน้ำใต้ดินได้ดี ส่งผลให้คั่นทางมีความแข็งแรงตามมาตรฐานกำหนดของกรมทางหลวง ดังรูปที่ ๕๙ ถึงรูปที่ ๖๒ รวมถึงการแก้ไขปัญหาด้วยแนวทางดังกล่าว สามารถเพิ่มเสถียรภาพให้กับลาดชันดินตัดทั้งสองข้าง ส่งผลให้คั่นทางบริเวณดังกล่าวมีความปลอดภัยในการใช้ทางสามารถเปิดใช้งานได้ทันตามเวลาที่กำหนดของคู่สัญญา



รูปที่ ๕๙ จุดเริ่มต้นถนนที่เกิดปัญหาการอ่อนตัวของคันทาง เมื่อก่อสร้างแล้วเสร็จ



รูปที่ ๖๐ ถนนบริเวณ กม.๑๐+๔๐๐.๐๐๐ เมื่อก่อสร้างแล้วเสร็จ



รูปที่ ๖๑ ถนนบริเวณ กม.๑๐+๖๐๐.๐๐๐ เมื่อก่อสร้างแล้วเสร็จ



รูปที่ ๖๒ ถนนบริเวณ กม.๑๐+๘๐๐.๐๐๐ เมื่อก่อสร้างแล้วเสร็จ

หลังเปิดการใช้งานของถนนบริเวณดังกล่าวเป็นระยะเวลาประมาณ ๔ ปี (ปัจจุบัน) ได้ทำการตรวจสอบบริเวณที่เกิดปัญหาพบว่า คันทางมีความแข็งแรงไม่พบบรอยร้าวที่ผิวจราจร และเมื่อสังเกตบริเวณลาดดินตัดไม่พบการหลุดร่อนหรือรอยร้าวบริเวณผิวหน้าคอนกรีต ดังรูปที่ ๖๓ ถึง รูปที่ ๖๖ ซึ่งสามารถบ่งบอกได้ว่า บริเวณดังกล่าวไม่เกิดปัญหาการอ่อนตัวของคันทางเนื่องจากแรงดันน้ำในชั้นดิน



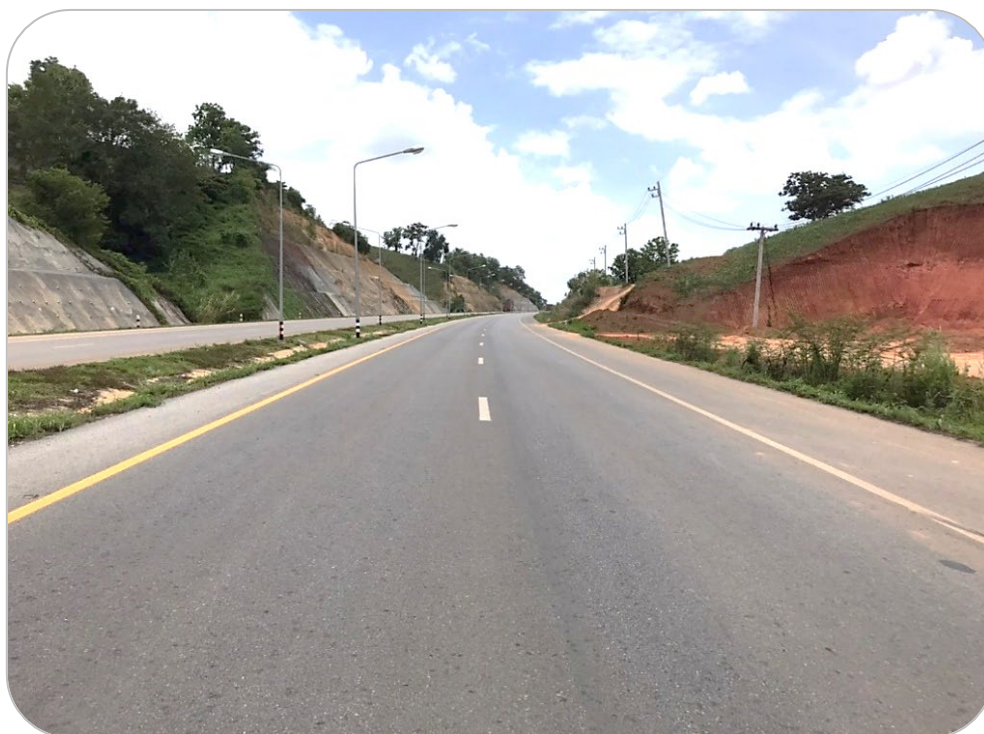
รูปที่ ๖๓ ถนนบริเวณ กม.๑๐+๔๐๐.๐๐๐ เมื่อวันที่ ๑๒ กันยายน ๒๕๖๕



รูปที่ ๖๔ ถนนบริเวณ กม.๑๐+๔๐๐.๐๐๐ เมื่อวันที่ ๑๒ กันยายน ๒๕๖๕



รูปที่ ๖๕ ถนนบริเวณ กม.๑๐+๖๐๐.๐๐๐ เมื่อวันที่ ๑๒ กันยายน ๒๕๖๕



รูปที่ ๖๖ ถนนบริเวณ กม.๑๐+๖๐๐.๐๐๐ เมื่อวันที่ ๑๒ กันยายน ๒๕๖๕

๙. ข้อเสนอแนะ

โครงการฯ ที่มีลักษณะงานก่อสร้างผ่านบริเวณภูเขาสลับที่ราบ ควรตรวจสอบรูปแบบก่อสร้าง และควรเก็บข้อมูลภาคสนามให้ครบถ้วน โดยเฉพาะอย่างยิ่งทิศทางการไหลของลำรางธรรมชาติ และทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินบริเวณภูเขาสู่ที่ราบ เพื่อนำมาตรวจสอบผลกระทบที่เกิดขึ้นกับโครงการฯ รวมถึงตรวจสอบว่าแบบก่อสร้างที่ได้มานั้น มีความสอดคล้องกับสภาพหน้างาน หรือสามารถก่อสร้างได้ตามรูปแบบหรือไม่ ซึ่งถ้าพบปัญหาควรรับหาแนวทางการแก้ไขก่อนที่จะให้ผู้รับจ้างดำเนินการก่อสร้างไปตามรูปแบบแล้วเกิดปัญหาตามมาทีหลัง เพราะถ้าเกิดปัญหาขึ้นแล้วจะทำให้การแก้ไขเป็นไปด้วยความยากลำบาก หรืออาจจะแก้ไขอะไรไม่ได้ ซึ่งอาจเกิดผลกระทบกับชุมชนที่อาศัยอยู่บริเวณนั้นได้ และควรทำความเข้าใจถึงปัญหาในสายทางนั้น ๆ อย่างแท้จริง เพื่อให้เกิดประโยชน์กับทางราชการ และประชาชนผู้ใช้ทางสูงสุด

๑๐. การเผยแพร่ผลงาน

....<http://www.roadcon๑.com/>.....

๑๑. ผู้มีส่วนร่วมในผลงาน

๑) นายอภิสิทธิ์ หาญณรงค์ ตำแหน่ง นายช่างโยธาอาวุโส สัดส่วนผลงาน ๒๐%

ขอรับรองว่าผลงานดังกล่าวข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ

ลงชื่อ.....

(นายมานิตย์ สุคติศิริอุดม)

ผู้ขอประเมิน

ขอรับรองว่าสัดส่วนการดำเนินการข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ

รายชื่อผู้มีส่วนร่วมในผลงาน	ลายมือชื่อ
นายอภิสิทธิ์ หาญณรงค์	

ได้ตรวจสอบแล้วขอรับรองว่าผลงานดังกล่าวข้างต้นถูกต้องตรงกับความเป็นจริงทุกประการ

(ลงชื่อ).....

(นายสว่าง บุรณธนาณิก)

ผู้อำนวยการสำนักก่อสร้างทางที่ ๑

หมายเหตุ คำรับรองจากผู้บังคับบัญชาอย่างน้อยสองระดับ คือ ผู้บังคับบัญชาที่กำกับดูแล และผู้บังคับบัญชาที่เหนือขึ้นไปอีกหนึ่งระดับ เว้นแต่ในกรณีที่ผู้บังคับบัญชาดังกล่าวเป็นบุคคลคนเดียว ก็ให้มีคำรับรองหนึ่งระดับได้