การแก้ปัญหาลาดคันทางวิบัติโดยวิธีชีววิศวกรรมปฐพี กรณีศึกษา ถนนทางหลวงชนบท กจ.4088 กม 16+700 อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี

SLOPE STABILIZATION USING BIOENGINEERING TECHNIQUE: A CASE STUDY OF RURAL ROAD 4088 KM 16+700, THONGPAPOOM, KANCHANABURI PROVINCE.

ประกิต ไชยศรี[1,*], อภินิติ โชติสังกาศ[2], สรวิศ สุภเวชย์[3], พิสิฐ ศรีวรานันท์[4], อิชย์ ศิริประเสริฐ[5] และ ไกรสิทธิ์ หวานเสร็จ[6]

[1] วิศวกรโยธาชำนาญการ กรมทางหลวงชนบท

[2] รองศาสตราจารย์ สาขาวิศวกรรมปฐพี ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[3] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิศวกรรมสำรวจฯ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[4] ผู้อำนวยการสำนักงานทางหลวงชนบท กรมทางหลวงชนบท

[5] ผู้อำนวยการกลุ่มวิชาการและถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมทางหลวงชนบท

[6] นิสิตปริญญาโท สาขาวิศวกรรมโครงสร้างพื้นฐานและการบริหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[*]Corresponding author address: pagith_punch@hotmail.com

บทคัดย่อ

ลาดคันทางของถนนบริเวณพื้นที่อุทยานส่วนใหญ่เกิดการวิบัติระดับตื้นหรือเกิดการชะล้างพังทลายของหน้าดิน โดยสาเหตุหลักเกิดจากการไหลบ่าของน้ำผิวดิน และระบบระบายน้ำของถนนไม่มีประสิทธิภาพประกอบกับมีแรงดันของน้ำใต้ผิวดินเพิ่มสูงขึ้นช่วงฝนตกหนัก บทความนี้นำเสนอการออกแบบโดยวิธีชีววิศวกรรมปฐพี ได้แก่การใช้กระสอบแบบมีปีก ร่วมกับแถวเสาเข็มเหล็กสกรู พร้อมกับไม้ปักชำลึก ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถก่อสร้างได้ง่าย ดำเนินงานได้โดยไม่ต้องใช้เครื่องจักรหนัก มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย และสามารถฟื้นฟูความเสียหายของสภาพลาดคันทางที่กลมกลืนกับลักษณะตามธรรมชาติได้เร็ว จึงเหมาะสมกับการดำเนินงานในพื้นที่อุทยาน รวมถึงยังเน้นการใช้แรงงานที่ชำนาญในงานปลูกพืชพรรณเป็นการกระตุ้นเศรษฐกิจฐานราก ในการศึกษานี้ยังได้ทำการติดตามพฤติกรรมของลาดคันทางโครงสร้างชีววิศวกรรม เมื่อก่อสร้างแล้วเสร็จ โดยอุปกรณ์วัดความชื้น แรงดันน้ำ และการเอียงตัวของเสาเข็มสกรู เพื่อยืนยันประสิทธิภาพความมั่นคงแข็งแรงเสถียรภาพลาดคันทางในระยะยาว

คำสำคัญ: *ชีววิศวกรรมปฐพี, ลาดคันทาง, เสถียรภาพของลาด, กระสอบมีปีก*

Abstract

Many side slope of rural roads in national park areas suffered from shallow landslide and soil erosion as a results of excessive runoff and inefficient drainage system leading to high pore-water pressure during prolonged heavy rainfall. This paper presents a design of bio-engineered slope using flapped soil bags with rows of screw piles and live stakes. This method can be constructed relatively easily without heavy equipment, with low environmental impact, and fast rehabilitation of natural environment which is suitable for national park. Bio-engineering work also employs local workers with suitable skills in planting which can be thought of as a foundation economic stimulus. This study also investigates the bio-engineered slope behaviour after completion by means of instrumentations including soil moisture sensor, tensiometer and tilting of screw piles to check the long term performance.

Keywords: *Soil bioengineering, side slope, slope stability, flapped soil bag*

1. บทนำ

พื้นที่ถนน กจ.4088 แยกทางหลวงหมายเลข 3272 – บ้านอีต่อง อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี มักเกิดผลกระทบจากเหตุภัยพิบัติ ดินถล่มบริเวณเชิงเขาและไหล่ทางเกิดการทรุดตัวหลายแห่ง โดยมีสาเหตุเนื่องจากฝนตกหนักเกิดการกัดเซาะชะล้างพังทลายของลาด โดยในช่วงเดือนมิถุนายน 2559 ประชาชนในพื้นที่เกิดความเดือดร้อนในการสัญจรไปมาจากปัญหาดังกล่าว จึงได้ร้องขอให้กรมทางหลวงชนบททำการปรับปรุง ซ่อมแซมถนน โดยทำหนังสือผ่านหน่วยงานสำนักราชเลขาธิการ ต่อมาแขวงทางหลวงชนบทกาญจนบุรี จึงได้ขอรับการสนับสนุนงบประมาณถนนโครงข่ายทางหลวงชนบทที่ประสบอุทกภัยตามบันทึกด่วน สำนักบำรุงทาง ขอให้เร่งสำรวจ ออกแบบ ประมาณราคาเพื่อขอรับการสนับสนุนฟื้นฟูอุทกภัยเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ถนนโครงข่ายนี้มีผลกระทบอย่างมากเมื่อฝนตกหนักจะเกิดการเคลื่อนตัวของดินและหินด้านบนเขาเข้าทับถมถนนเสียหายและเกิดการกัดเซาะของไหล่ทาง ซึ่งทำให้เกิดอันตรายต่อการสัญจรในบทความนี้ผู้แต่งได้สรุปขั้นตอนการสำรวจออกแบบ แก้ไขการชะล้างพังทลายของคันทาง การก่อสร้าง

รวมถึงการศึกษาติดตามตรวจวัดพฤติกรรมของลาดดินที่ปรับปรุงเสถียรภาพแล้วเสร็จ

1.1. สภาพความเสียหาย

บริเวณพื้นที่โครงการตั้งอยู่ในถนนทางหลวงชนบท กจ.4088 แยกทางหลวงหมายเลข 3272 – บ้านอีต่อง อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ช่วง กม.ที่ 16+700 ลาดคันทางฝั่งขวาของถนนเกิดการวิบัติ ถนนทรุดตัวเกิดความเสียหายต่อโครงสร้างทาง เนื่องจากมีฝนตกหนักอย่างต่อเนื่องในช่วงเดือนมิถุนายน 2559 ถึงเดือนตุลาคม 2559 ดังแสดงในรูปที่ 1

รูปที่ 1 ความเสียหายของลาดคันทางบริเวณพื้นที่โครงการ

1.2. แนวทางการพิจารณาแก้ไขปัญหา

จากการสำรวจค่าระดับพื้นที่โครงการ การสำรวจภูมิประเทศด้วยอากาศยานไร้คนขับ การเจาะสำรวจดิน และสำรวจพฤติกรรมของน้ำใต้ดิน พบว่าการพังทลายของลาดคันทางเกิดจากการกัดเซาะของน้ำผิวดิน ลาดคันทางมีความเสียหายระดับตื้น (Shallow landslide) ไม่เกิน 1-2 เมตร เท่านั้น ผู้ออกแบบจึงเลือกวิธีที่เหมาะกับสภาพพื้นที่ งบประมาณ เทคโนโลยีการก่อสร้างและการบำรุงรักษาที่ปฏิบัติได้จริง เพื่อให้ลาดดินมั่นคงในระยะยาวและสวยงามสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมนั้น จึงนำการประยุกต์ใช้พืชพรรณต่าง ๆ ร่วมกับโครงสร้างทางวิศวกรรม หรือที่เรียกว่าชีววิศวกรรมปฐพี (Soil bio-engineering) [1] มาเลือกใช้เป็นแนวทางที่เป็นวิธีชีววิศวกรรมในการแก้ปัญหา

เมื่อพิจารณาถึงข้อจำกัดของเขตทางของถนนบริเวณเชิงเขาที่มีธรรมชาติที่สมบูรณ์นั้นการออกแบบต้องคำนึงการรักษาสภาพสิ่งแวดล้อมในพื้นที่สำคัญอย่างมาก และเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ผู้ออกแบบได้คำนึงถึงการจ้างแรงงานในพื้นที่เพื่อการกระตุ้นเศรษฐกิจฐานราก เนื่องจากงานโครงสร้างชีววิศวกรรมปฐพีสามารถก่อสร้างได้ง่ายโดยไม่มีปัญหาเรื่องการทำงานของเครื่องจักรหนักและเน้นการใช้แรงงานที่ชำนาญในงานปลูกพืชพรรณ จากสภาพความเสียหายการวิเคราะห์ว่าลาดคันทางเป็นระดับตื้นที่เกิดการกัดเซาะจากน้ำผิวดินและมีพื้นที่ Slope ที่ความชัน 1:1 ซึ่งยากลำบากต่อการนำเครื่องจักรหนักเข้าทำงานได้นั้น โดยการออกแบบโครงสร้างในระบบชีววิศวกรรมปฐพี เลือกใช้กระสอบแบบมีปีกปิดผิวหน้าและเสาเข็มเหล็กสกรูในการต้านทานแรงดันดินด้านข้างเพื่อรองรับน้ำหนักโครงสร้างทางและเพื่อเสริมเสถียรภาพของลาดฝั่งหน้า (Side slope) ซึ่งตรวจสอบความปลอดภัยด้วยการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดโดยทั่วไป ซึ่งกำหนดค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (Safety Factor) มากกว่า 1.3 - 1.5

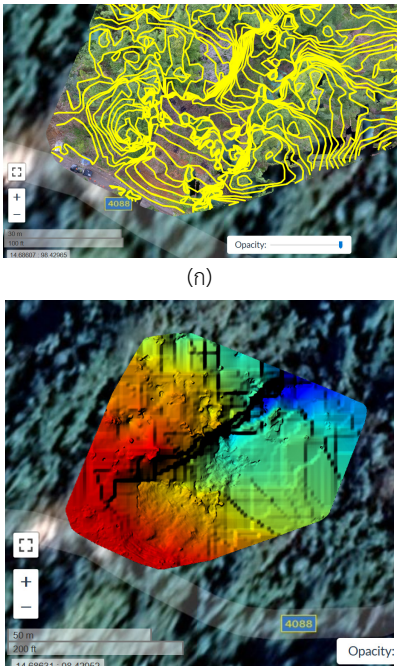
ตารางที่ 1 แสดงจุดเด่นและข้อจำกัดของแนวทางการแก้ไขเสถียรภาพ 3 แนวทางได้แก่ 1) กำแพงกันดินเสริมแรง (MSE wall) 2) การตัดและถมดินไหล่เขา และ 3) ชีววิศวกรรมปฐพี เปรียบเทียบงบประมาณของแต่ละรูปแบบเป็นสัดส่วนกับแนวทางที่ 3 พบว่าแนวทางที่ 1) กำแพงกันดินเสริมแรงเป็นวิธีที่เหมาะสมหากคันทางเกิดการกัดเซาะรุนแรงจนกระทั่งพื้นผิวจราจรเสียหายเป็นบริเวณกว้างจำเป็นต้องสร้างคันดินขึ้นใหม่ โครงสร้างมีความยืดหยุ่นเมื่อเทียบกับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไป แต่มีข้อจำกัดคืองบประมาณค่อนข้างสูง และสำหรับแนวทางที่ 2) การตัดและถมดินไหล่เขาเพื่อลดความชัน ซึ่งจะก่อให้เกิดการรบกวนต่อสภาพแวดล้อมมาก มักไม่ได้รับอนุญาตให้ดำเนินการได้ในเขตอุทยาน สำหรับแนวทางที่ 3) การเสริมเสถียรภาพโดยวิธีชีววิศวกรรมปฐพี หรือการใช้พืชพรรณผสมผสานกับโครงสร้างทางวิศวกรรม ในกรณีศึกษานี้เป็นการใช้กระสอบแบบมีปีกร่วมกับเสาเข็มเหล็กสกรู เป็นวิธีซึ่งดึงจุดเด่นของวิธีพืชพรรณซึ่งกลมกลืนกับสภาพแวดล้อม กับเทคนิคทางวิศวกรรมซึ่งมีการรบกวนต่อสภาพแวดล้อมน้อย อีกทั้งงบประมาณที่ใช้ยังน้อยกว่ารูปแบบที่ 1 และ 2

รูปแบบ	จุดเด่น	ข้อจำกัด	สัดส่วนของงบประมาณโดยประมาณ
1.กำแพงกันดินเสริมเหล็ก (MSE WALL)	เหมาะสมในการสร้างคันดินขึ้นใหม่ในกรณีที่การพิบัติรุนแรงแล้วโครงสร้างมีความยืดหยุ่นเมื่อเทียบกับคอนกรีตเสริมเหล็ก	1.ไม่สามารถทำงานได้ในพื้นที่ที่จำกัดและมีความลาดชันสูง 2.งบประมาณสูง	5.6 เท่า
2.ตัดและถมดินไหล่เขา (Cut and fill)	เป็นการปรับความลาดชันโดยใช้วัสดุในพื้นที่	ในการตัดเขา เกิดการรบกวนต่อสภาพแวดล้อมมาก	3.7 เท่า

รูปแบบ	จุดเด่น	ข้อจำกัด	สัดส่วนของงบประมาณโดยประมาณ
3.ชีววิศวกรรมปฐพี	กลมกลืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ลาดชันจะมีเสถียรภาพเพิ่มขึ้นตามเวลาเมื่อพืชพรรณเติบโตขึ้น	อาจไม่สามารถแก้ปัญหาความเสียหายระดับลึกได้	1 เท่า

2. การสำรวจเก็บข้อมูลทางวิศวกรรม

2.1. การสำรวจภูมิประเทศ



(ก)

(ข)

(ค)

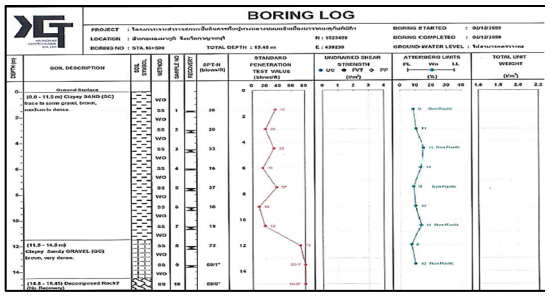
รูปที่ 2 ลักษณะภูมิประเทศของลาดก่อนการปรับปรุงเสถียรภาพ จากการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ (ก) เส้นชั้นความสูง (ข) Terrain model (ค) แบบจำลองสามมิติ เฉพาะส่วนลาดที่ไม่มีพืชปกคลุม

การสำรวจภูมิประเทศในเบื้องต้นได้ใช้วิธีการสำรวจด้วยกล้องสำรวจ Total station อย่างไรก็ดีเนื่องจากพื้นที่มีความลาดชันสูง การสำรวจอย่างละเอียดเป็นไปด้วยความยากลำบาก พร้อมทั้งเมื่อระยะเวลาผ่านไป เมื่อการกัดเซาะลาดดินเพิ่มเติม ลักษณะภูมิประเทศก็จะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา การสำรวจใหม่จึงมักมีความยุ่งยากตามมา ในการศึกษานี้จึงได้ประยุกต์เทคโนโลยีการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAV) บินสำรวจ ตามหลัก Photogrammetry ซึ่งดำเนินการได้รวดเร็วกว่า ผลการวิเคราะห์ลักษณะภูมิประเทศแสดงดังรูปที่ 2 จุดเด่นของวิธีสำรวจภูมิประเทศด้วย UAV นี้คือสามารถดำเนินการได้รวดเร็ว เหมาะสมกับงานแก้ไขเสถียรภาพโดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีการชะล้างพังทลาย อย่างไรก็ดี ข้อจำกัดของวิธีสำรวจด้วย UAV คือหากมีพืชปกคลุมจะทำให้การแปลผลภูมิประเทศนำเอายอดต้นไม้มาเป็นผิวดิน จึงอาจคลาดเคลื่อนได้ แต่สำหรับบริเวณซึ่งมีการชะล้างพังทลาย ลาดดินจะปราศจากพืชปกคลุม ดังนั้นพื้นผิวดินที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค Photogrammetry จึงมีความถูกต้องเพียงพอสำหรับการออกแบบแก้ไขเสถียรภาพของลาด ดังแสดงผลในรูปที่ 2

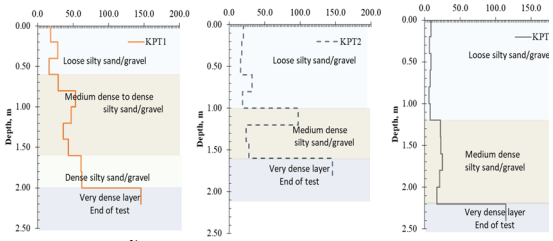
2.2. การเจาะสำรวจชั้นดินบริเวณพื้นที่เสียหาย

ผลการเจาะสำรวจและตอกหยั่งชั้นดินบริเวณโครงการเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ของดินและงานฐานรากทางวิศวกรรม ด้วยวิธี Standard Penetration test (SPT) และวิธี Kunzelstab Penetration Test แสดงดังรูปที่ 3 และ 4 จากผลการทดสอบ SPT พบว่า จากผิวดินลงไปถึงระดับความลึก 11.5 เมตรเป็นชั้นทรายปนตะกอน (SM) แน่น (Dense) มีค่า N_{SPT} 10-37 ครั้งต่อฟุต ค่าความชื้นธรรมชาติ (Wn) 9-15% ไม่สามารถหาขีดจำกัดความเหนียวได้ (Non Plastic)

ในการออกแบบด้วยวิธีชีววิศวกรรมปฐพี จะเป็นการประเมินการพิบัติระดับตื้นจึงได้ทดสอบตอกหยั่ง Kunzelstab Penetration Test อีกครั้งเพื่อยืนยันระดับความลึกของเสาเข็มเหล็กสกรูที่จะใช้ ผลดังแสดงดังรูปที่ 4 ซึ่งสามารถนำไปกำหนดความลึกของเสาเข็มในเบื้องต้นที่ 2.5 เมตร



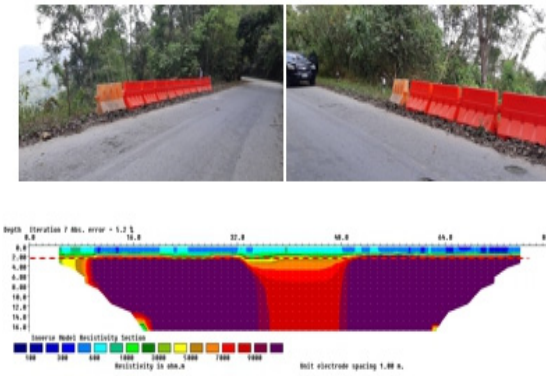
รูปที่ 3 ผลเจาะสำรวจดินโดยการตอกหยั่งด้วยวิธี SPT บริเวณพื้นที่โครงการ



รูปที่ 4 ผลชั้นดินของกม.16+700 จากการทดสอบ Kunzelstab

2.3 การทดสอบชั้นดินด้วยวิธีธรณีฟิสิกส์ (RESISTIVITY TEST)

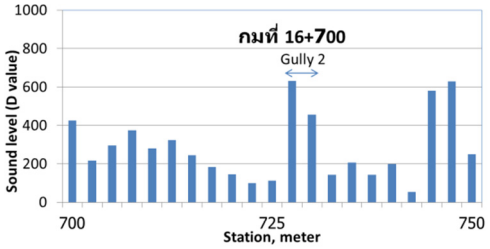
เพื่อประเมินความสม่ำเสมอของหน้าตัดดินตลอดความยาว ได้มีการดำเนินการสำรวจชั้นดินด้วยวิธีธรณีฟิสิกส์ ใช้เทคนิค RESISTIVITY ผลดังแสดงในรูปที่ 5 จาก MODEL RESISTIVITY SECTION พบว่าที่ระดับความลึก 2.0 ม. ลงไป เป็นหินดานที่คาดว่ามีความแข็งแรงสูง (ความต้านทานไฟฟ้า > 3000 OHM.M) รองรับใต้ถนน ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบ Kunzelstab Penetration Test



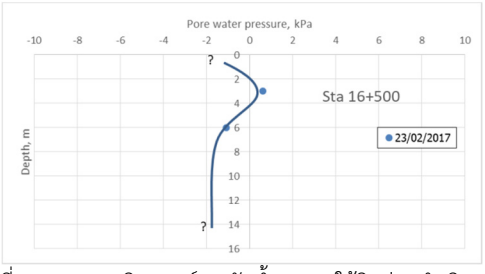
รูปที่ 5 ผลการสำรวจความต้านทานไฟฟ้าของดินในสนาม

2.4 ข้อมูลการสำรวจแรงดันน้ำใต้ดิน

การสำรวจน้ำใต้ดินในเบื้องต้น ได้ใช้เทคนิค Groundwater Aeration Sound (GAS) [2] ประเมินการไหลของน้ำใต้ดิน ผลการสำรวจในสภาวะก่อนการปรับปรุงแก้ไข พบเสียงน้ำใต้ดินชัดเจนที่บริเวณกม 16+725 ถึง 16+730 ดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งสอดคล้องกับร่องรอยการกัดเซาะ เป็นการยืนยันกลไกการพิบัติเนื่องจากน้ำใต้ดินรวมถึงน้ำผิวดิน นอกจากนั้นยังได้ตรวจวัดแรงดันน้ำใต้ดินในช่องว่างโดยติดตั้งอุปกรณ์ Tensiometer ที่ความลึก 3.00 เมตร และ 6.00 เมตร และทำการตรวจวัดระดับน้ำใต้ดิน (Observation well) ที่ความลึก 12.00 เมตร ณ บริเวณไหล่ทาง จากผลการตรวจวัดค่าระดับแรงดันน้ำใต้ดิน ณ ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นช่วงฤดูแล้ง แต่พบแรงดันน้ำประมาณ 0.6 kPa ที่ความลึก 3 เมตร ในขณะที่ความลึก 6 เมตร พบแรงดันน้ำติดลบ แสดงถึงสภาวะดินไม่อิ่มน้ำที่ระดับลึกลงไป แสดงให้เห็นว่า หากฝนตกสะสมการวิบัติลาดคันทางน่าจะเกิดในบริเวณที่แรงดันน้ำใต้ดินมีค่าสูงในช่วงผิวดินถึงความลึกประมาณ 3 เมตร



รูปที่ 6 ผลการสำรวจเสียงน้ำใต้ดินด้วยวิธี (Ground water aeration survey)



รูปที่ 7 ผลการวิเคราะห์แรงดันน้ำใต้ดินก่อนดำเนินการก่อสร้าง

3. การออกแบบและวิเคราะห์แบบจำลอง

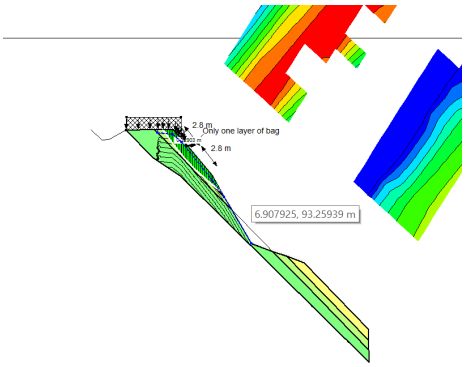
3.1. ปัญหาที่เกิดขึ้น

เนื่องจากพื้นที่โครงการมีเขตทางที่จำกัด ซึ่งด้านฝั่งซ้ายทาง (Back Slope) ไม่สามารถที่จะเบี่ยงแนวถนนหรือตัดถนนเข้าไปได้ เพราะเป็นเนินเขาป่าไม้สมบูรณ์ (ลุ่มน้ำ 1A) ในเขตอุทยานแห่งชาติทองผาภูมิ ดังนั้นต้องทำการพิจารณาเลือกรูปแบบวิธีก่อสร้างที่เหมาะสมกับพื้นที่และก่อสร้างได้ในพื้นที่ที่จำกัด จากการสำรวจพบว่าเป็นปัญหาการชะล้างพังทลายของลาดจากน้ำใต้ดินและน้ำผิวดิน มีลักษณะเป็นร่องการกัดเซาะ (Erosion bowl) ซึ่งยังไม่เกิดความเสียหายถึงผิวชั้นทาง จึงยังไม่จำเป็นต้องบดอัดคันทางขึ้นใหม่ สามารถแก้ไขโดยเสริมโครงสร้างแบบเสาเข็มเหล็กสกรูเป็นแถวเพื่อเพิ่มเสถียรภาพของลาดและป้องกันการกัดเซาะโดยการเรียงกระสอบแบบมีปีก [3] ร่วมกับการใช้ไม้ปักชำและต้นกล้าไม้เรียงระหว่างกระสอบเพื่อให้รากต้นไม้ช่วยเสริมความมั่นคงของลาดได้ต่อไปในระยะยาว

3.2. การวิเคราะห์เสถียรภาพของลาด

การวิเคราะห์เสถียรภาพของโครงสร้างกันดินจะถูกทำการวิเคราะห์เสถียรภาพทั้งระบบด้วยวิธี Limit Equilibrium Method เพื่อหาหน้าตัดของการพังทลายที่มีค่าอัตราส่วนความปลอดภัยต่ำสุด ซึ่งใช้ตัวแปรด้านล่างในการคำนวณ ในขั้นตอนการก่อสร้างจำเป็นต้องคำนึงถึงความสามารถในการทำงานได้ของเครื่องจักรทั้งระยะการทำงาน และน้ำหนักของเครื่องจักร

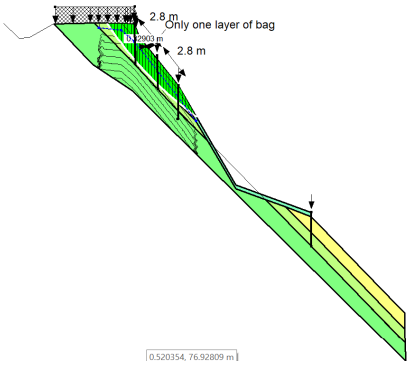
เริ่มจากการประเมินเสถียรภาพของลาดดินแบบ Limited Equilibrium Method ด้วยโปรแกรม Slope W โดยการจำลองดังรูปที่ 8 ซึ่งพบว่าอัตราส่วนความปลอดภัย (FS) มีค่าเท่ากับ 1.032 ซึ่งไม่ปลอดภัยต่อเสถียรภาพ



รูปที่ 8 การวิเคราะห์เสถียรภาพเดิมก่อนการปรับปรุง

เมื่อนำรูปแบบที่ได้ออกแบบเบื้องต้นมาคำนวณเสถียรภาพดำเนินขั้นตอนการออกแบบเสริมเสถียรภาพโดยจะพิจารณาช่วงที่มีความชันลาดสูงสุดจากการเก็บค่าระดับ (Cross section) และนำมาออกแบบ ในรูปแบบการวางกระสอบแบบมีปีกยาวลงไป 24 เมตร และ เสริมแรงด้วยเข็มเหล็กสกรูไฟล์ น้ำหนักบรรทุกทางข้างประลัย (Hu) มีค่าเท่ากับ 6.17 kN ออกแบบให้มีระยะระหว่างเสาเข็มที่ 0.5 เมตร ทั้งหมด 4 แถวซึ่ง 3 แถวแรกห่างกันแถวละ 3 เมตร และแถวสุดท้ายห่างพื้นถนน 20 เมตร

จากการวิเคราะห์เสถียรภาพโดยรวมด้วยวิธี LEM ด้วยโปรแกรม Slope W ของแบบจำลองแสดงดังรูปที่ 9 โดยพบว่าอัตราส่วนความปลอดภัยมีค่าเท่ากับ 1.308 > 1.3 ซึ่งถือว่ามีความปลอดภัยต่อเสถียรภาพ



รูปที่ 9 การวิเคราะห์เสถียรภาพภายหลังการปรับปรุง 16+700

4. การดำเนินการก่อสร้าง

การก่อสร้างแก้ไขคันทางทรุดตัวบริเวณพื้นที่ศึกษา มีความเสี่ยงเป็นอย่างมากในการเกิดอันตรายในขณะดำเนินการก่อสร้าง เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวตั้งอยู่บนเชิงเขาสูง มีพื้นที่หน้างานจำกัด อีกทั้ง พื้นที่ดังกล่าวยังมีปริมาณฝนสะสมที่สูง ผู้ควบคุมงานต้องมีการบริหารจัดการการก่อสร้างอย่างรัดกุม และติดตั้งป้ายเตือนระหว่างการก่อสร้างให้เห็นชัดเจนเพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุขณะดำเนินการก่อสร้าง รูปที่ 10 แสดงลักษณะการติดตั้งเสาเข็มเหล็กสกรู ซึ่งสามารถดำเนินการโดยใช้ระบบไฮดรอลิกซ์ติดตั้งกับรถบรรทุกหรือแบบ Hand-drive ซึ่งสามารถใช้แรงงานคนเพียงสองคน และสะดวกต่อการทำงานในบริเวณลาดชันด้านล่าง

เมื่อติดตั้งเสาเข็มเหล็กแล้วเสร็จ จึงเริ่มงานเรียงกระสอบแบบมีปีก โดยจะต้องเรียงต้นกล้าไม้และไม้ปักชำได้แก่ ทองหลางป่า และมะกอกน้ำ ระหว่างกระสอบ ซึ่งเป็นไม้ท้องถิ่นในพื้นที่ พร้อมใส่วัสดุโพลิเมอร์อุ้มน้ำ เพื่อช่วยให้กล้าไม้สามารถเติบโตได้ภายหลังจากปัญหาหน้างาน พบว่าการทำงานในพื้นที่ลาดชันเป็นไปได้ยากลำบาก คนงานต้องมีความชำนาญในการทำงานเฉพาะด้านในการติดตั้งเสาเข็มสกรูและการวางกระสอบแบบมีปีก รวมทั้งสภาพร่างกายที่พร้อมในการทำงานตลอดเวลา ในส่วนการบริหารจัดการหน้างานนั้นทางผู้ควบคุมงานต้องตระหนักเรื่องความปลอดภัยในการทำงานอย่างเคร่งครัด

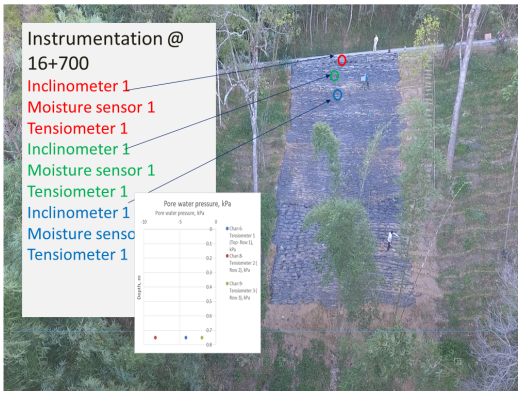
5. การตรวจวัดพฤติกรรมของลาดคันทางหลังการก่อสร้าง

ถึงแม้ว่าค่าความปลอดภัยจากการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดคันทางถนนจากการวิเคราะห์โมเดลมีค่าสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ แต่ในระหว่างการใช้งานอาจมีการเปลี่ยนแปลงสภาวะแรงดันน้ำความชื้นในดิน ซึ่งอาจส่งผลต่อการใช้งานและความมั่นคงแข็งแรงของลาด ในโครงการนี้จึงมีการศึกษาพฤติกรรมของทางลาดถนนในระยะยาวโดยการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดและตำแหน่งติดตั้ง ดังรูปที่ 13 ประกอบไปด้วย Inclinometer ซึ่งวัดการเอียงตัวของหัวเสาเข็มเหล็กสกรู เพื่อประเมินการเคลื่อนตัวของลาดดินโดยรวม และ Tensiometer เพื่อวัดแรงดันน้ำในช่องว่างดินทั้งค่าบวกและค่าลบ และ Moisture sensor

รูปที่ 10 ขณะทำการติดตั้งเสาเข็มสกรู

รูปที่ 11 ขณะทำการวางกระสอบแบบมีปีก

รูปที่ 12 กระสอบมีปีกที่เรียงแล้วเสร็จ

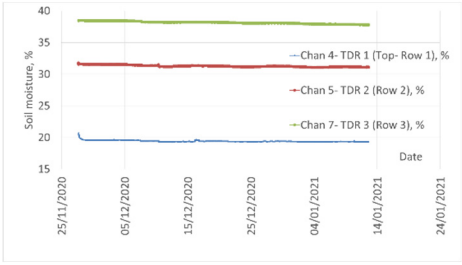


รูปที่ 13 รูปตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์

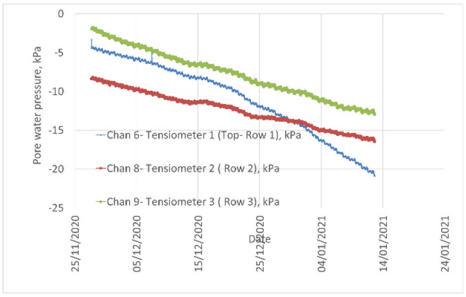
5.1. ผลการตรวจวัดเบื้องต้น

ผลการตรวจวัดแสดงในรูปที่ 14 ซึ่งเป็นค่าในช่วงฤดูแล้งตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2563 ถึง มกราคม 2564 พบว่าค่าแรงดันน้ำมีค่าติดลบ หรือลาดดินอยู่ในสภาวะไม่อิ่มน้ำ ค่าความชื้นมีค่าสูงชุดบริเวณด้านล่างของลาดชัน สำหรับการเคลื่อนตัวของหัวเสาเข็มเหล็กพบว่ามีการเคลื่อนตัวน้อยมาก ความละเอียดของอุปกรณ์วัดการเอียงตัวอยู่ที่ ±0.01 องศา

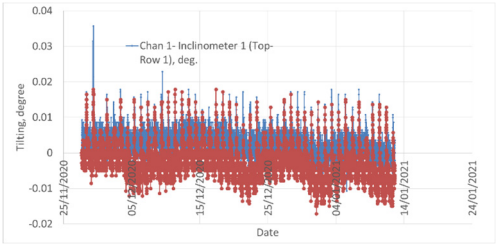
นอกจากการตรวจวัดพฤติกรรมของลาดดินแล้ว ยังตรวจสอบการเติบโตของไม้ปักชำและกล้าไม้ที่ได้ติดตั้ง พบว่ามีอัตรารอด



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 14 ผลการตรวจวัดเบื้องต้น ก) Soil moisture ข) Pore-water pressure ค) Tilting

6. บทสรุป

บทความนี้นำเสนอกรณีศึกษาการสำรวจและออกแบบแก้ไขการชะล้างพังทลายของลาดคันทางถนนบริเวณเชิงเขา ที่เกิดการกัดเซาะจากน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินทำให้เกิดการพังทลายระดับตื้น โดยประยุกต์ใช้การออกแบบด้วยวิธีชีววิศวกรรมปฐพี ที่มีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมประกอบด้วยการเรียงกระสอบแบบมีปีก ร่วมกับไม้ปักชำและกล้าไม้ และเสาเข็มเหล็กแบบสกรูลึก 2.5 เมตร เรียงเป็นแถวเพื่อเสริมเสถียรภาพและค้ำยันกระสอบที่บริเวณฐาน รวมถึงดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดเพื่อศึกษาพฤติกรรมในระยะยาวของ

ลาดคันทางถนน พบว่าแรงดันน้ำมีค่าติดลบและความชื้นมีค่าสูงบริเวณใกล้ฐานของลาด และการเคลื่อนตัวยังมีค่าน้อยมากเนื่องจากยังอยู่ในช่วงฤดูแล้ง ทั้งนี้จำเป็นต้องมีการติดตามผลการตรวจวัดต่อไปในช่วงฤดูฝนต่อไปในระยะยาว

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณ เจ้าหน้าที่กรมทางหลวงชนบทและผู้ที่เกี่ยวข้องในการทำงานครั้งนี้ สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ ครอบครัว ที่คอยเป็นกำลังใจและเป็นที่รักยิ่ง

8. เอกสารอ้างอิง

[1] อภินิติ โชติสังกาศ (2556) *ชีววิศวกรรมปฐพี เพื่อควบคุมการชะล้างพังทลายของลาดและดินถล่ม*.หจก.พรีวัน, กรุงเทพฯ จำนวน 264 หน้า ISBN: 978-616-91792-1-4

[2] อภินิติ โชติสังกาศ, ไกรโรจน์ มหรรณพกุล และ นิพนธ์ ธีระชัยกุลพานิช (2558) เทคโนโลยีสำรวจการไหลซึมน้ำใต้ดินด้วยโดยประมาณ 30-40% เสียงในงานวิศวกรรมปฐพี เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 20 วันที่ 8-10 กรกฎาคม 2558 จ. ชลบุรี

[3] อภินิติ โชติสังกาศ, ดำเนิน เชียงพันธุ์, ไกรโรจน์ มหรรณพกุล, อธิจิต สุขปัญญา, นรินทร์ หรรษชัยนันท์, เจนพล พลังธนสุกิจ, และ วรากร ไม้เรียง (2562) การเสริมเสถียรภาพลาดตลิ่งโดยวิธีชีววิศวกรรมปฐพี กรณีศึกษาบ้านผามูบ อ.ลับแล จ.อุตรดิตถ์. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 24 วันที่ 10-12 กรกฎาคม 2562 จ.อุดรธานี จัดโดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท.) และ สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หน้า 1441-1447 https://www.ncce24.org/qr/qrcode.php