

การปรับปรุงเสถียรภาพของคันทางที่สร้างด้วยดินกระจายตัวด้วยปูนขาว กรณีศึกษาถนน นพ 3017 อ.ศรีสงคราม จ.นครพนม

Improvement of Slope Stability in Embankments Constructed with Dispersive Soil Using Lime Stabilization: A Cases Study Road No.3017, Srisongkram, Nakhonphanom

ผศ.ดร.ก้องรัฐ นกแก้ว^{1*}, รศ.ดร.อภินิติ โชติสังกา² นายสุรศักดิ์ ไกรพินิจ³

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม

² ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

³ แขวงทางหลวงชนบทนครพนม กรมทางหลวงชนบท

*Corresponding author; E-mail address:kongrat@npu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการเสริมเสถียรภาพคันทางบนถนนหมายเลข นพ 3017 อำเภอศรีสงคราม จังหวัดนครพนม ซึ่งสร้างผ่านพื้นที่น้ำท่วมถึง สูง 4 เมตร และประสบปัญหาการทรุดตัวและแตกร้าวหลังก่อสร้าง จากการสำรวจพบว่าดินฐานรากมีกำลังต่ำและมีความชื้นสูง รวมถึงดินถมมีลักษณะกระจายตัวปานกลาง คณะวิจัยจึงเสนอใช้ปูนขาว 2% เพื่อเพิ่มกำลังต้านทานแรงเฉือนของดินและลดการกระจายตัวของดินถม พร้อมปกป้องผิวลาดด้วยกระสอบมีปีก ผลการทดสอบพบว่าค่าเสถียรภาพของคันทางเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และได้เสนอแนวทางนี้ต่อกรมทางหลวงชนบทเพื่อการปรับปรุงต่อไป

คำสำคัญ: ปรับปรุงเสถียรภาพของลาดดิน, ดินกระจายตัว, การปรับปรุงคุณภาพดินด้วยปูนขาว,

Abstract

This article presents the stabilization of an embankment on Highway No. NP 3 017 in Si Songkhrum District, Nakhon Phanom Province. The embankment, constructed in a flood-prone area with a height of 4 meters, experienced subsidence and cracking after construction. Soil investigations revealed that the foundation soil had low strength and high moisture content, while the fill soil was classified as moderate dispersive soil. The research team proposed stabilizing the embankment using 2% lime to increase shear strength and reduce the degree of dispersive. In addition, the flipped soil bag was used to protect the slope surface. Test results showed a significant improvement in the embankment's stability, and this approach has been recommended to the Department of Rural Roads for further implementation.

Keywords: Slope stabilization, Dispersive soil, Lime stabilization

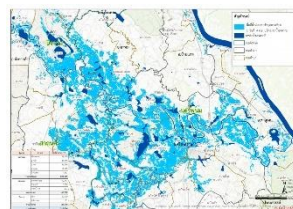
1. บทนำ

ถนนทางหลวงชนบท นครพนม หมายเลข 3017 (นพ.3017) เป็นถนนสายหลักที่พาดผ่าน ตำบลหาดแพง อำเภอศรีสงครามจังหวัดนครพนม โดยตัวถนนพาดผ่านพื้นที่ป่าทุ่งป่าทามหรือป่าที่มีน้ำท่วมซ้ำซากในลุ่มน้ำศรีสงคราม ในแต่ละปีจะมีกระแสน้ำเอ่อล้นจากแม่น้ำสงครามในช่วงเดือน

สิงหาคมถึงเดือนตุลาคมใช้ระยะเวลาประมาณ 2-3 เดือน ทำให้ถนน นพ. 3017 และถนนสายอื่น ๆ ที่ตัดผ่านพื้นที่ดังกล่าวนี้ต้องทำหน้าที่เป็นคันกันน้ำในทุกปีระหว่างที่มีน้ำท่วมดังแสดงใน รูปที่ 1 ก่อให้เกิดการการทรุดตัวและพังทลายของถนนในหลายจุดจำเป็นต้องซ่อมแซมและเปลี่ยนงบประมาณในทุก ๆ ปี

เนื่องจากพบการพิบัติของถนนอันเนื่องมาจากการสูงขึ้นของน้ำในแม่น้ำศรีสงครามเป็นจำนวนมาก(ถนน นพ.3008 นพ.3010 นพ.3023 นพ. 3047 นพ.4059) [1] ในปี 2562 กลุ่มปฐพีวิศวกรรม สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนา กรมทางหลวงชนบทได้สำรวจความเสียหายและการทรุดตัวโดยทดสอบโครงสร้างด้วยวิธี (Resistivity Survey Test) และพบว่าความเสียหายส่วนใหญ่เกิดขึ้นบริเวณที่คันทางมีความสูง 3-5 m และพบการอ่อนตัวจากชั้นดินที่บดอัดแล้วและมักพบร่องรอยของการกัดเซาะถนนเนื่องจากน้ำที่ท่วมขังด้านข้างลาดถนน นอกจากนี้จากการเจาะสำรวจดิน[2] พบว่าบริเวณรอยต่อระหว่างดินเดิมและดินถมดินจะมีความแข็งแรงต่ำกว่าปกติ (SPT<6) เมื่อเทียบกับชั้นดินบดอัด(SPT อยู่ระหว่าง 10-15) คาดว่าเกิดขึ้นเนื่องจากการบดอัดไม่ดีพอทางสำนักวิเคราะห์วิจัยกรมทางหลวงชนบทจึงได้แนะนำให้มีการซ่อมแซมด้วยการรื้อบดอัดใหม่ รวมถึงมีการเสริมแรงด้วยเส้นใยสังเคราะห์ (Geotextile) และตอกเสาเข็มในบางส่วน สำหรับบริเวณที่คันทางสูงก็ให้มีการปรับลาดคันทาง (Brem) เข้าช่วย

เนื่องจากงบประมาณจำกัดแขวงทางหลวงชนบทจึงได้เลือกวิธีการรื้อและบดอัดคันทางใหม่โดยเลือกเส้นทาง นพ.3017 เป็นเส้นทางแก้ไขปัญหาด้านแบบและหลังก่อสร้างเสร็จก็ยังคงพบความเสียหายของทางโดยเฉพาะพบร่องการกัดเซาะที่ขอบคล้ายกับการกัดเซาะคันทางสร้างจากดินกระจายตัว



รูปที่ 1 แผนที่น้ำท่วมในปี พ.ศ. 2561 (Gisda) น้ำท่วมในเขตลุ่มน้ำสงคราม

บทความนี้นำเสนอการวิเคราะห์และปรับปรุงเสถียรภาพของคันทางที่สร้างด้วยดินกระจายตัวด้วยปูนขาวร่วมกับกระสอบมีปีกโดยทำการเก็บตัวอย่างดินและทดสอบตัวอย่างจากถนน นพ 3017 จังหวัดนครพนม ผลการวิเคราะห์ที่ได้จะถูกพัฒนาเพื่อเป็นแบบก่อสร้างในการปรับปรุง

เสถียรภาพและเสนอของบประมาณจากการทางหลวงชนบทเพื่อซ่อมแซมถนนที่เสียหายอันเนื่องมาจากน้ำล้นจากแม่น้ำสงครามในเขตจังหวัดนครพนมต่อไป

2. การสำรวจสภาพปัญหาแปลงศึกษา ถนน นพ.3017 จังหวัดนครพนม

2.1 สภาพปัญหาและข้อมูลพื้นฐาน

แปลงศึกษาทางหลวงชนบท นพ.3017 เป็นถนนที่ได้รับผลกระทบจากการล้นเอ่อของแม่น้ำสงครามเป็นประจำ มีระดับท่วมต่ำกว่าผิวทางประมาณ 1 m เป็นระยะเวลาประมาณ 2-3 เดือน โดยที่ตั้งของถนน นพ.3017 สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2 พบว่าถนนอยู่ไม่ห่างจากแม่น้ำสงครามและยังมีลำคลองอ้วนซึ่งเป็นลำคลองขนาดเล็กขนานบอยู่ฝั่งตรงกันข้ามภาพถ่ายทางอากาศที่ถูกถ่ายโดยอากาศยานไร้คนขับถูกนำมาสร้างเป็นแบบจำลอง 3 มิติและรูปตัดของคันทางที่วิเคราะห์จากโปรแกรม Photogrammetry ดังแสดงในรูปที่ 3 จากการสำรวจพบว่าคันทางโดยทั่วไปมีความสูงประมาณ 3-5 m โดยความชันของคันทาง(V:H)อยู่ระหว่าง 1:1.5 ถึง 1:2 พบร่องรอยของการกัดเซาะทั้งสองข้างเป็นจำนวนมากโดยความลึกของร่องกัดเซาะทั้งสองข้างอยู่ระหว่าง 10 cm – 60 cm โดยเฉพาะ กม.ที่ 3-4 พบความเสียหายเนื่องจากถนนยุบตัวบริเวณโครงสร้างระบายน้ำ รูปที่ 4 แสดงภาพการกัดเซาะบริเวณสองฟากของถนนที่ถ่ายด้วยอากาศยานไร้คนขับแสดงถึงดินที่นำมาใช้ในการก่อสร้างชั้นดินถม(Subgrade) มีโอกาสสูงที่จะเป็นดินกระจายตัว



รูปที่ 2 ที่ตั้งถนน นพ.3017 ต.หาดแพง อ.ศรีสงคราม จ.นครพนม(Google map)



รูปที่ 3 แบบจำลองสามมิติที่สร้างจากภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับและการวิเคราะห์รูปทรงของคันทางถนน นพ 3017



รูปที่ 4 สภาพการกัดเซาะทั้งสองข้างของถนน นพ 3017 สร้างพาดผ่านป่าบึงปทุมกลุ่มน้ำศรีสงคราม

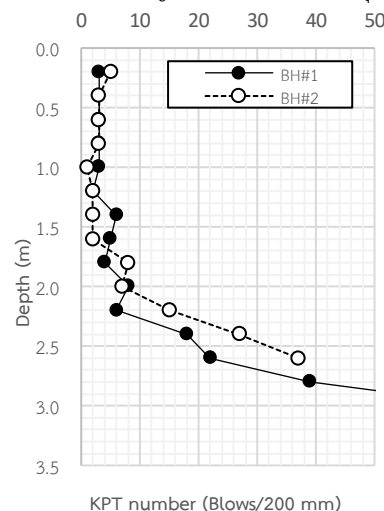
2.2 ชั้นดินและผลการทดสอบชั้นดิน

กำลังของดินในสนามได้จากการทดสอบ Kunzelstab Penetration Test (KPT) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ได้กับทุกสภาวะชั้นดินที่ทำการทดสอบ ไม่ว่าจะเป็นกลุ่มประเภทชั้นดินเม็ดละเอียด Fine Grained Soil ได้แก่ ชั้นดินเหนียว ชั้นดินตะกอนถึงกลุ่มประเภทชั้นดินเม็ดหยาบ Coarse Grained Soil ได้แก่ ชั้นทราย ชั้นกรวด แล้วนำไปแปลงเป็นค่า SPT ค่า friction angle(ϕ) ในกรณีดินทรายและค่ากำลังรับแรงอัด (Q_u) สำหรับดินเหนียวในการศึกษาครั้งนี้พบว่าชั้นดินถมได้ถูกจำแนกว่าเป็นดินเหนียวที่มีค่า Plasticity Index (PI) ต่ำ(CL) ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ค่า Standard Penetration Test (N) Kunzelstab penetration test (KPT) ค่า Compression strength (Q_u) และค่า Consistency ของดินเหนียว [3]

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ค่า Standard Penetration Test (N) Kunzelstab penetration test (KPT) ค่า Compression strength (Q_u) และค่า Consistency ของดินเหนียว [3]

N (blows/ft)	KPT (blows/20 cm)	Q_u (t/m ²)	Consistency
< 2	0 – 3	< 2.5	very soft
2 – 4	3 – 6	2.5 – 5	soft
4 – 8	6 – 14	5 – 10	medium stiff
8 – 15	14 – 27	10 – 20	stiff
15 – 30	27 – 55	20 – 40	very stiff
> 30	> 55	> 40.0	hard

ผลการทดสอบกำลังของชั้นดินด้วยวิธี KPT จำนวน 2 จุด สามารถแสดงดังรูปที่ 5 จากการทดสอบสำรวจและเก็บตัวอย่างดินพบว่า ที่ความลึก 0 – 1.5 m ค่า KPT จะอยู่ระหว่าง 1 ถึง 6 และเมื่อตรวจสอบตัวอย่างดินพบว่าดินตัวอย่างเป็นดินเหนียวอ่อนจัดเป็นชนิดอ่อนมาก(Very soft) ถึงอ่อน (Soft) มีค่า Q_u น้อยกว่า 5 t/m² หรือเทียบเป็นค่า Cohesion(c) น้อยกว่า 2.5 t/m² และที่ความลึกมากกว่า 2 m ค่า KPT จะมีค่าสูงขึ้น บ่งบอกว่าชั้นดินถมมีค่าอ่อนมากทั้งที่มีการบดอัดใหม่ โดยมีข้อสังเกตคือถนนเพิ่งผ่านการถูกน้ำท่วมอาจทำให้น้ำซึมเข้าไปในคันทางและเกิดการอ่อนตัวประกอบกับดินเหนียวในทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือมักเป็นดินกระจายตัว สิ่งนี้จะเร่งให้ปัญหาการเสถียรกำลังของดินรุนแรงมากขึ้น [4]



รูปที่ 5 ผลการทดสอบ Kunzelstab Penetration test (KPT)



เมื่อนำดินตัวอย่างทั้งสองจุดเพื่อนำมาทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานพบว่า ดินทั้งสองจุดมีค่า LL 35.42% และ 38.98% มีค่า PI 17.61% และ 21.14% มีขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 200 เท่ากับ 73% และ 69.8% จัดเป็นดินเนื้อละเอียดจำแนกดินด้วยระบบ Unified Soil Classification System (USCS) ได้เป็น Low Plasticity Clay (CL) รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบ Atterberg's Limit ค่า Grain size ของดิน และ Group Symbol ของดิน

Sample No.	Atterberg's Limit (%)			Grain size(% Finer)		Group Symbol
	PL	LL	PI	#4	#200	
1	17.81	35.42	17.61	100	73	CL
2	17.84	38.98	21.14	99.4	69.8	CL

3. ดินกระจายตัวและการปรับปรุงคุณภาพดินกระจายตัวด้วยปูนขาว

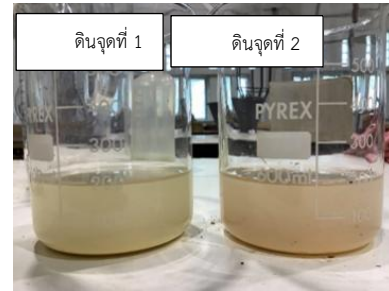
3.1 การทดสอบดินกระจายตัว

ดินกระจายตัว (Dispersive Soil) คือดินเหนียวที่เมื่อสัมผัสกับน้ำจะเกิดการแตกตัวโดยรอบของอนุภาค อนุภาคเม็ดดินจะหลุดออกจากมวลดินเกิดเป็นตะกอนดินและสารแขวนลอยที่กระจายอยู่ในน้ำโดยเกิดจากแรงผลักระหว่างอนุภาคเม็ดดินมีค่ามากกว่าแรงดูด [5] สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีกพบดินกระจายตัวได้ทั่วไปในกลุ่มตะกอนดินเหนียว ซึ่งในอดีตได้มีพบปัญหาดินกระจายตัวโครงการก่อสร้างชลประทานเป็นจำนวนมาก เช่น เขื่อนลำเชียงไกร เขื่อนห้วยสวาย เขื่อนสำราญและเขื่อนอำปูล โดยทำให้เกิดการกัดเซาะสร้างความเสียหายให้แก่โครงสร้างดินและเขื่อน [5]

ในการประเมินดินกระจายตัวเบื้องต้นด้วยการทดสอบ Crumb Test โดยการนำดินแห้งขนาดเล็กใส่ลงในบีกเกอร์ที่บรรจุน้ำกลั่นประมาณหนึ่งในสามของถ้วยแล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลงของดินในระยะเวลา 10 นาที โดยสามารถจำแนกดินกระจายตัวออกได้เป็น 4 ระดับปฏิบัติการ ดังมีคำอธิบายตามตารางที่ 3 ผลการทดลองจะเห็นได้ว่าดินตัวอย่างทั้งสองจุดสามารถเห็นความขุ่นได้ชัดเจน เมื่อเอาก่อนดินใส่ลงไปในน้ำจะมีความขุ่นเกิดขึ้นบาง ๆ ที่ภาชนะใสดิน ดังรูปที่ 6 จึงจำแนกได้ว่าดินทั้ง 2 จุด เป็นดินระดับที่ 3 มีปฏิบัติการปานกลาง (Moderately Dispersive)

ตารางที่ 3 การระดับการกระจายตัวและคำอธิบายด้วยวิธี Crumb test [5]

ระดับ	ระดับปฏิบัติการ	คำอธิบาย
1	ไม่มีปฏิบัติการ (Non-Dispersive)	ก่อนดินอาจจะมีการแตกตัว แต่น้ำไม่มีการขุ่น
2	มีปฏิบัติการเล็กน้อย (Slightly Dispersive)	น้ำมีความขุ่นบริเวณใกล้กับดินเล็กน้อย แต่น้ำบริเวณไกลตัวน้ำยังมีความใส
3	มีปฏิบัติการปานกลาง (Moderately Dispersive)	น้ำมีความขุ่นบาง พบคอลลอยด์กระจายออกจากก่อนดิน และมีความขุ่นมากบริเวณใกล้
4	มีปฏิบัติการมาก (Highly Dispersive)	น้ำมีความขุ่นมากพบคอลลอยด์หนาขุ่นตลอดภาชนะที่บรรจุ



รูปที่ 6 ตัวอย่างดินกระจายตัวจุดที่ 1 และจุดที่ 2 ที่เวลาทดสอบ 10 นาที

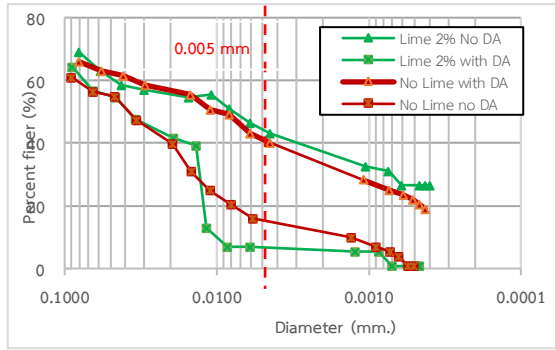
3.2 การปรับปรุงคุณภาพดินกระจายตัวด้วยปูนขาว

การใช้ปูนขาวเพื่อลดการกระจายตัวและปรับปรุงคุณสมบัติทางวิศวกรรมในงานก่อสร้างเป็นที่นิยมใช้โดยเฉพาะงานเขื่อน โดยปูนขาวจะช่วยลดการกระจายตัวของดินโดยอาศัยหลักการแลกเปลี่ยนทางประจุไฟฟ้าผ่านปฏิกิริยาไฮเดรชัน ทำให้อนุภาคดินมีแรงประจุไฟฟ้าสูงขึ้นชั้น double layer ลดลงส่งผลให้ดินจับตัวกันเป็นก้อน ซึ่งโดยทั่วไปจะผสมปูนขาวประมาณ 1%-2% ก็จะเพียงพอต่อการแก้ปัญหาดินกระจายตัว[6,7]

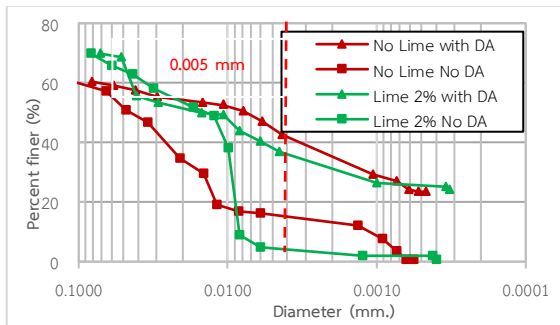
ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการผสมปูนขาวที่อัตราส่วน 2% ซึ่งเป็นค่าที่แนะนำโดย [7] เพื่อดูประสิทธิภาพการลดการกระจายตัวของดิน และทดสอบหา Degree of Dispersion ด้วยการทดสอบ Double Hydrometer เพื่อประเมินค่าความไวของดินต่อการกัดเซาะ โดยวิธีนี้ใช้เปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ของอนุภาคดินเหนียวที่มีขนาด 0.005mm. ลงไป ซึ่งกระจายตัวอยู่ในน้ำโดยถูกรบกวนทางกลน้อยที่สุดกับเปอร์เซ็นต์ของอนุภาคดินเหนียวขนาดเดียวกันที่กระจายตัวอยู่ในน้ำที่ได้เติมสารเคมีจำพวก Dispersing Agent (DA) ลงไปด้วย Degree of Dispersion(DDS) สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ [2]

$$\text{Degree of Dispersion} = \frac{\% \text{finer } 0.005 \text{ mm without DA}}{\% \text{finer } 0.005 \text{ mm with DA}} \times 100 \quad [2]$$

ผลการทดสอบการกระจายของดินด้วยวิธี Double hydrometer ของดินตัวอย่างที่ 1 และตัวอย่างที่ 2 แสดงดังรูปที่ 7 และรูปที่ 8 พบว่าดินที่ไม่ได้เติมปูนขาวจะมีค่า DDS 36% และ 38.6% (Moderately Dispersive, 34% < DDS < 67%) และหากมีการผสมปูนขาว 2% จะทำดินทั้ง 2 ตัวอย่างที่ไม่ได้เติมสารกระจายตัว (DA) ตกอย่างรวดเร็ว(มีการกระจายสารแขวนลอยตัวน้อย) ทำให้ค่า DDS ลดลงเหลือ 11.8% และ 16.9% (Nondispersive, DDS < 33%) นั่นคือการเติมปูนขาวช่วยส่งผลให้การกระจายตัวของดินลงอย่างมีนัยยะสำคัญ ตารางที่ 4 แสดง Degree of Dispersion (DDS) และระดับการกระจายตัวกรณีผสมปูนขาว 2% และไม่ผสมปูนขาว 2%



รูปที่ 7 ผลการทดสอบ Double Hydrometer ตัวอย่างที่ 1



รูปที่ 8 ผลการทดสอบ Double Hydrometer ตัวอย่างที่ 2

ตารางที่ 4 Degree of Dispersion (DDS) และระดับการกระจายตัวของดินที่ผสมปูนขาว 2% และไม่ผสมปูนขาว

รายการ	ตัวอย่างที่ 1		ตัวอย่างที่ 2	
	DDS (%)	การกระจายตัว	DDS (%)	การกระจายตัว
ไม่ผสมปูนขาว	36.0	Moderately Dispersive	38.6	Moderately Dispersive
ผสมปูนขาว 2%	11.8	Nondispersive	16.9	Nondispersive

การใส่ปูนขาวนอกจากจะเป็นการปรับปรุงการกระจายตัวของดินแล้วยังสามารถปรับปรุงคุณสมบัติด้านกำลังของดินโดยตรงผ่านกระบวนการ Lime Carbonation และกระบวนการ Cementation ในการศึกษาอิทธิพลของปูนขาวต่อค่าแรงยึดเหนี่ยว (Cohesion, c) และค่ามุมเสียดทาน (Friction Angle, ϕ) ผ่านการทดสอบกำลังแรงเฉือนแบบโดยตรง (Direct Shear Test) ตามอายุบ่มของตัวอย่างดินกระจายตัวจุดที่ 1 และจุดที่ 2 ผสมกับปูนขาว 2% และบ่มเป็นเวลา 7 วัน โดยใช้น้ำหนักกดทับในแนวตั้ง 1 kg, 2 kg, 4 kg. เทียบกับดินที่ไม่ได้รับการปรับปรุงคุณภาพ ผลทดสอบพบว่าค่าแรงยึดเหนี่ยวเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในขณะที่ค่ามุมเสียดทานจะไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ดังตารางที่ 5 ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับการทดลองของชูเดช (2551) [7] ที่ได้ทดลองกับดินเหนียวเหนียวกระจายตัวที่เก็บได้ในอ่างเก็บน้ำใช้ในพื้นที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร

ตารางที่ 5 Max Shear Strength and Normal Stress ดินจุดที่ 1,2 หลังปรับปรุงคุณภาพดิน

รายการ	ตัวอย่างที่ 1		ตัวอย่างที่ 2	
	c (kPa)	ϕ (Degree)	c (kPa)	ϕ (Degree)
ไม่ผสมปูนขาว	9.8	6.5	12.6	2.4
ผสมปูนขาว 2%	25.4	2.0	15.3	7.5

4. แนวทางการแก้ไขและการออกแบบ

ในการออกแบบคันทางเพื่อแก้ปัญหา คณะผู้วิจัยมีแนวความคิดป้องกันการกัดเซาะซึ่งเป็นปัญหาหลักดังแสดงในรูปที่ 9 ซึ่งเป็นการกัดเซาะแบบร่องลึก (ความลึกสูงสุด 60 cm) Gully ด้านข้างคันทางถนน นพ.3017 ในจุดที่ศึกษาและเพิ่มเสถียรภาพของดินด้วยการรื้อในส่วนของขอบคันทางประมาณ 1 m และทำการปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนขาว 2% ร่วมกับการใช้กระสอบมีปีกและวิธีทางชีววิศวกรรมปฐพีในบางจุด [8] โดยแบบรูปในการนำเสนอการป้องกันการกัดเซาะจากน้ำอันเนื่องมาจากปัญหาดินดินกระจายตัวโดยมีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วนได้แก่

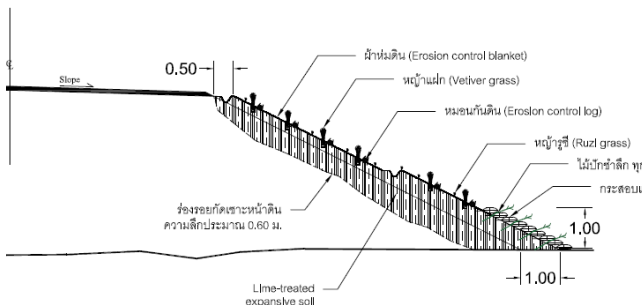
1) ใช้ดินผสมปูนขาว 2% และบดอัดแน่นที่ขอบข้างคันทางที่มีความชัน V:H เท่ากับ 1:2 ตลอดแนวยาวถนนด้วยความหนา 1 m เพื่อลดการกระจายตัวของดินและเพิ่มกำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน โดยเมื่อระดับน้ำขึ้นสูงคันทางชั้นดินผสมปูนขาวนี้จะทำหน้าที่ปกป้องดินเหนียวส่วนไม่ให้สัมผัสน้ำโดยตรง

2) ใช้กระสอบมีปีก ซึ่งผลิตจากเส้นใยพอลิเอทิลีน (HDPE) ผสมกับเส้นพลาสติกโพลิโพรพิลีน (PP) ทำให้มีความเหนียว สามารถรับแรงดึงได้สูงและมีการเติมสารป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตในเส้นใยพลาสติก เพื่อเพิ่มอายุการใช้งานของกระสอบให้ยาวนานยิ่งขึ้นกระสอบถูกออกแบบให้ปักที่ด้านข้างและด้านหลัง ในการติดตั้งเมื่อนำมาวางซ้อนทับกัน จะช่วยเพิ่มการยึดเกาะระหว่างกระสอบแต่ละใบ ทำให้โครงสร้างโดยรวมมีความแข็งแรงมาก [9] เพื่อป้องกันการกัดเซาะของน้ำที่ฐานของลาดดินที่ต้องสัมผัสกับน้ำเป็นเวลานาน ตลอดจนป้องกันการกัดเซาะอันเนื่องมาจากการไหลของน้ำที่ผิวถนน ซึ่งคันทางมีความสูงก่อให้เกิดพลังงานในการกัดเซาะที่ฐานมาก นอกจากนี้กระสอบมีปีกยังช่วยเพิ่มเสถียรภาพของลาดดินด้วย

3) ใช้วิธีชีววิศวกรรมปฐพีร่วมกับการใช้ผ้าห่มดิน (Erosion control blanket) โดยผ้าห่มดินจะช่วยคลุมดินและอนุบาลพืชขณะที่ยังเล็ก สำหรับพืชแนะนำพืชสองประเภทได้แก่หญ้าแฝกหรือหญ้าจรูสสำหรับบริเวณผิวบนของลาดที่ไม่โดนน้ำขังนาน และใช้ไม้ปักชำ เช่น เฟื่องฟ้า หรือพืชทนน้ำสำหรับส่วนกลางถึงใต้ของลาดดิน ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการแก้ปัญหาเสถียรภาพของลาดดินสำหรับกรมทางหลวงและกรมทางหลวงชนบท ในช่วงระยะ 10 ปีมานี้ [10,11,12] โดยเมื่อระยะเวลาผ่านไปจากพืชจะเจริญเติบโตและช่วยให้เสถียรภาพคันทางเพิ่มขึ้นสูงขึ้น ตลอดจนยึดเกาะดินลดปัญหาการกัดเซาะสำหรับโดยรายละเอียดของแบบดังแสดงในรูปที่ 10



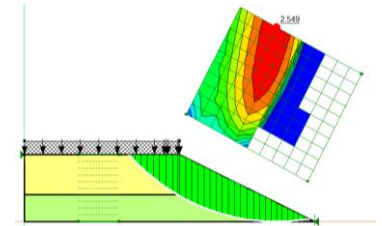
รูปที่ 9 การกัดเซาะแบบ Gully ด้านข้างคันทางถนน นพ.3017 หลังจากเปิดใช้งานได้เพียง 1 ปี



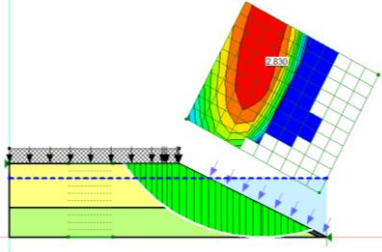
รูปที่ 10 แบบที่ใช้ในการป้องกันการกัดเซาะจากน้ำอันเนื่องมาจากปัญหาดินดิน
กระจายตัวสำหรับถนน นพ.3017

5. การวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดิน

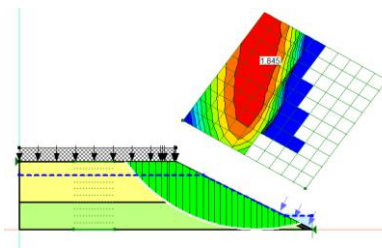
การวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดจะวิเคราะห์ด้วยวิธี Limit Equilibrium ด้วยโปรแกรม Slope-W ในกรณีก่อนและหลังการปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนขาว 2% โดยที่ยังไม่ได้พิจารณาถึงอิทธิพลของชีววิศวกรรมปฐพีในการวิเคราะห์นี้ โดยทำการวิเคราะห์ 3 กรณี ได้แก่ 1) กรณีน้ำแห้ง 2) กรณีน้ำท่วม และ 3) กรณีน้ำลดกะทันหัน จากการศึกษพบว่าก่อนปรับปรุงคุณภาพดินด้วยการใช้ปูนขาว 2% และเสริมกระสอบมีปีก ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยอยู่ระหว่าง 1.03 ถึง 1.69 แสดง F.S. ค่อนข้างต่ำ ($F.S. < 1.3$) คำนึงถึงความเสี่ยงที่จะเกิดโดยเฉพาะกรณีที่น้ำลดกะทันหัน หลังปรับปรุงด้วยปูนขาว 2% และเสริมกระสอบมีปีก ค่าเสถียรภาพ F.S. จะเพิ่มขึ้นเป็น 1.84 ถึง 2.55 ($F.S. > 1.3$) คาดว่าจะสามารถรักษาเสถียรภาพของคันทางตลอดอายุการใช้งานได้



ก.กรณีดินแห้ง ($F.S. = 2.549$)



ข.กรณีน้ำท่วม ($F.S. = 2.830$)



ค.กรณีน้ำลดกะทันหัน ($F.S. = 1.845$)

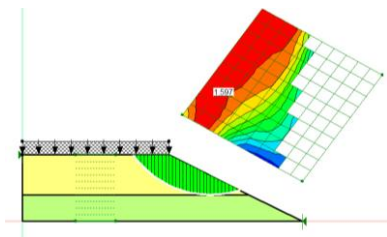
รูปที่ 12 การวิเคราะห์เสถียรภาพของคันทางหลังปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนขาว 2% และเสริมกระสอบมีปีก

6. บทสรุป

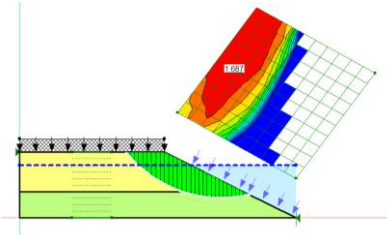
บทความนี้ นำเสนอรายงานสำรวจ การทดสอบ การวิเคราะห์เสถียรภาพและแบบรูปในการปรับปรุงเสถียรภาพและแก้ปัญหาการกระจายตัวของดิน ถนนทางหลวงชนบท นพ.3017 อำเภอศรีสงคราม จังหวัดนครพนม ซึ่งสร้างพาดผ่านป่าทุ่งป่าทามมีน้ำท่วมจากแม่น้ำสงครามทุกปี จากการศึกษพบว่าดินถมคันทางมีการกระจายตัวปานกลาง (Moderately Dispersive) ถนนมีการเสถียรภาพเมื่อขึ้นดินถมมีน้ำเข้าสู่ชั้นโครงสร้างทาง จากการศึกษพบว่าดินผสมปูนขาว 2% จะลดช่วยการกระจายตัวของดินจากระดับการกระจายตัวปานกลางสู่การเป็นดินไม่กระจายและยังทำให้ค่า Cohesion ของดินเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ทางคณะวิจัยยังได้นำแนะให้ใช้ผ้าห่มดินร่วมกับการใช้ชีววิศวกรรมปฐพีเพื่อความยั่งยืนด้วยการปลูกหญ้าแฝกหรือหญ้าที่ประกอบกับการใช้ไม้ปักชำและสำหรับบริเวณที่ต้องสัมผัสน้ำตลอดเวลาแนะนำให้เสริมด้วยกระสอบมีปีกทำให้ค่า F.S. มีค่าตั้งแต่ 1.84 ถึง 2.83 ซึ่งมากกว่าค่า 1.3 ซึ่งเป็นค่า F.S. ที่ยอมให้กรณีการวิเคราะห์ลาดดินโครงสร้างถาวร แบบรูปที่ได้ทางคณะวิจัยได้นำเสนอแนวทางหลวงชนบทจังหวัดนครพนมเพื่อจัดทำงบประมาณแก้ไขปรับปรุงต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

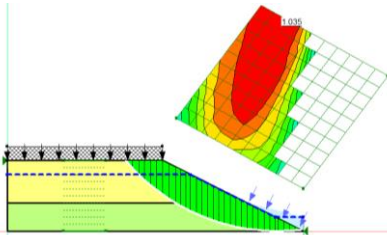
คณะวิจัยขอขอบคุณ แนวทางหลวงชนบทจังหวัดนครพนม บริษัทกรีนกรานด์โซลูชั่น ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตบางเขน และห้องปฏิบัติการสาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยนครพนม ในการอนุเคราะห์ให้ลงพื้นที่ภาคสนาม ร่วมกันทำงาน เก็บตัวอย่าง และ



ก.กรณีดินแห้ง ($F.S. = 1.597$)



ข.กรณีน้ำท่วม ($F.S. = 1.687$)



ค.กรณีน้ำลดกะทันหัน ($F.S. = 1.035$)

รูปที่ 11 การวิเคราะห์เสถียรภาพของคันทางก่อนการปรับปรุงเสถียรภาพ

อนุเคราะห์ข้อมูลในการจัดเตรียมบทความและทุนวิจัยบางส่วนสำหรับบทความนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักวิเคราะห์ วิจัยและพัฒนา กรมทางหลวงชนบท (2562). รายงานผลการสำรวจธรณีฟิสิกส์ นพ.3008 แยก ทล.212 นพ.2010 แยก ทล.22 นพ.3023 แยก ทล. 212 นพ 3047 แยก ทล.212 นพ. 4059 แยก ทล.2032, กรมทางหลวงชนบท, 22 หน้า.
- [2] บริษัท แมทเทค จำกัด (2565). รายงานผลการเจาะสำรวจดิน โครงการ เจาะสำรวจชั้นดินเพื่อการออกแบบ ถนนสาย นพ.4061 ตำบลดอนเตย อำเภอนาทม จังหวัดนครพนม. 44 หน้า.
- [3] EGAT (1980). Soil Exploration by Kunzelstab Penetration Test, Electricity Generating Authority of Thailand (EGAT)
- [4] Cole, B.A., C. Ratanasen, P. Maiklad, T.B. Liggins and S. Chirapuntu. (1977). Dispersive Clay in Irrigation Dams in Thailand, A Symposium Presented at the Seventy-ninth Annual Meeting, 27 June-2 July 1976, ASTM Special Technical Publication 623, pp. 25-41.
- [5] Sherard, J.L., L.P. Dunnigan and R.S. Decker. (1977). Some Engineering Problems with Dispersive Clays. A Symposium Presented at the Seventy-ninth Annual Meeting, 27 June-2 July 1976, ASTM Special Technical Publication 623, pp. 3-12.
- [6] Haliburton, T.A., T.M. Petry and M.L. Hayden. (1975). Identification and Treatment of Dispersive Clay Soils. U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation, Denver, Colorado.
- [7] ชูเดช ทองมิตร(2551). การศึกษาแนวทางในการแก้ปัญหาการกัดเซาะที่เกิดจากก้นกระจ่ายตัวบริเวณอ่างเก็บน้ำและถนนภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 198 หน้า.
- [8] อภินิติ โชติสังกาศ (2556). ชีวิตวิศวกรรมปฐพี เพื่อควบคุมการชะล้างพังทลายของลาดและดินถล่ม
- [9] ชิตพลวงศ์สกุลเกียรติ, อภินิติ โชติสังกาศ, อรทัย จงประทีป,และศิริประภา ปิติภัทรบูรณ์(2564).การศึกษาความคงทนของกระสอบพลาสติกแบบมีปีก. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 26, การประชุมรูปแบบออนไลน์, 23-25 มิถุนายน 2564, หน้า INF-06-1 – INF-6-6.
- [10] อภินิติ โชติสังกาศ, ดำเนิน เชียงพันธ์, ไกรโรจน์ มหรรณพกุล, อธิจิต สุขปัญญา, นรินทร์ หรรษชัยนันท์, เจนพล พลังธนสุกิจ, และ วรากร ไม้เรียง (2562) การเสริมเสถียรภาพลาดตลิ่งโดยวิธีวิศวกรรมปฐพีกรณีศึกษาบ้านผามูบ อ.ลับแล จ.อุตรดิตถ์. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 24, อุตรธานี, วันที่ 10-12 กรกฎาคม 2562.
- [11] อภินิติ โชติสังกาศ, อัศพนันท์ สว่างสุริย์, จิรโรจน์ ศุภรัตน์, เอกนรินทร์ จินะวงศ์, กุลภัทร์ พิสิษฐ์กุล, นรินทร์ หรรษชัยนันท์ (2555). พฤติกรรมการกัดเซาะและแรงดันน้ำในลาดดินคันทาง กรณีศึกษา: ทางหลวงหมายเลข 1009. กม. 42 ดอยอินทนนท์. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 17, อุตรธานี, วันที่ 9-11 พฤษภาคม 2555.
- [12] อภินิติ โชติสังกาศ, ก้องรัฐ นกแก้ว, สุรศักดิ์ ไกรพิณิจ, ทวีพงษ์ สุขสวัสดิ์, วชิรวิติ ประภัสสร, บวรพงศ์ สุขเจริญ, และ กรกช ธีญเจริญ (2567). การปรับปรุงเสถียรภาพบริเวณลาดดินคันทางด้วยเกเบียนร่วมกับวิธีวิศวกรรม กรณีศึกษาทางหลวงชนบทหมายเลข นพ. 5022 บ้านวังยาง อำเภอปลาปาก จังหวัดนครพนม. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 29, เชียงใหม่, วันที่ 29-31 พฤษภาคม 2567, หน้า GTE-03-1 – GTE-03-7.