การวิเคราะห์สาเหตุการวิบัติเชิงลาดด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ และแนวทางการปรับปรุงแก้ไข กรณีศึกษา ทางหลวงหมายเลข211 ตอนปากชม-เชียงคาน ที่ กม.153- กม.155 (บ้านหาดเบี้ย – คกไผ่)

อภิชาติ ยลวิชัย[1*] พงศกร พวงชมภู[2]
คณะวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น[1*2]
E-mail: Apichat.2523.begin@gmail.com[1*]

วันที่รับบทความ 16 กุมภาพันธ์ 2567
วันแก้ไขบทความ 5 เมษายน 2567
วันตอบรับบทความ 19 เมษายน 2567

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาสาเหตุของการวิบัติเชิงลาดของถนนทางหลวงหมายเลข211 ตอนปากชม-เชียงคาน ที่ กม.153- กม.155 (บ้านหาดเบี้ย-คกไผ่) ด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ (Finite Element Method) โดยใช้โปรแกรม Plaxis 2D พบว่าเมื่อน้ำไหลลงสู่เชิงลาดเกิดกระบวนการกัดเซาะบริเวณ Toe slope ลุกลาม เข้าสู่โครงสร้างชั้นดินจุดที่ 2 บริเวณ Fill Slope และจุดที่ 3 บริเวณ Back Slope การแก้ไขใช้วิธีการเสริมกำลังด้วยกล่องลวดตาข่ายแมทเทรส (Mattress Box) ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของเชิงลาด ด้วยโปรแกรม Plaxis 2D ได้ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยเท่ากับ 1.66 สูงกว่าที่กำหนดไว้ (Navfac Dm 7.01, 1986) ส่วนวิธีการป้องกันการกัดเซาะ (Erosion Control) เลือกใช้วัสดุแผ่นใยสังเคราะห์ (Geotextile) เพื่อเพิ่มความมั่นคง และลดความเสี่ยงต่อการกัดเซาะของเชิงลาด นอกจากนี้สามารถก่อสร้างได้ง่ายและรวดเร็ว รวมทั้งการขนส่งเข้าถึงสถานที่ก่อสร้างได้ง่าย

คำสำคัญ : การวิบัติของเชิงลาด วิธีสมดุลจำกัด วิธีไฟไนต์อิลิเมนต์

Study on Slope Failure by Finite Element Method and Remediation A Case Study of Highway No. 211 Pak Chom - Chiang Khan Section at Km. 153 - Km. 155 (Ban Hat Bia – Kok Phai)

Yonwichai Aphichat[1*] , Poungchompu Pongsagorn[2]
Faculty of Civil Engineering, Rajamangala University of Technology Isan Khon Kaen Campus[1*,2]
E – mail : Apichat.2523.begin@gmail.com

Received 16 February 2024
Revised 5 April 2024
Accepted 19 April 2024

Abstract

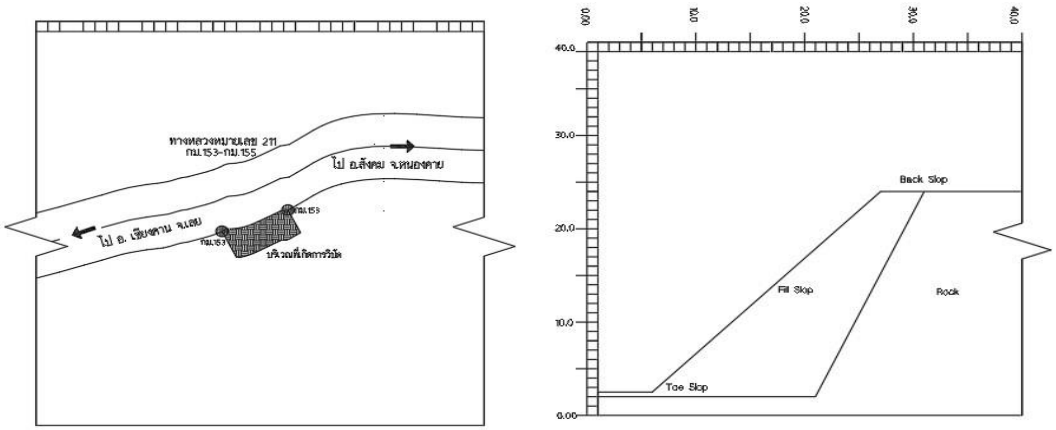
The objective of this research was to find out the causes of slope failure of Highway No. 211 Pak Chom-Chiang Khan Section at Km. 153- Km. 155 (Ban Hat Bia-Kok Phai) by Finite Element Method using the Plaxis 2D program. The findings were as follows: When the water flowed down the slope, an erosion process occurred in the toe slope area, spread into the soil structure point 2 in the fill Slope area and point 3 in the back Slope area. Remediation was based on the method of reinforcement using mattress boxes. As to the results of slope stability analysis with the Plaxis 2D program, the safety ratio was 1.66 passing the safety standard (Navfac Dm 7.01, 1986). Erosion control of the slope by using geotextile reduced water permeability, helped increase stability ,and reduced the risk of slope erosion, including easy construction and easy transport and access to the construction site.

Keywords : Slope Failure, Limit Equilibrium Method, Finite Element Method

1. บทนำ

ทางหลวงหมายเลข 211 ตอนปากชม-เชียงคาน ที่ กม.153- กม.155 (บ้านหาดเบี้ย-คกไผ่) เป็นเส้นทางหลักใช้ขนส่งสินค้าการเกษตรและสัญจรของประชาชน ระหว่างอำเภอเชียงคานกับอำเภอปากชม ซึ่งลักษณะทางกายภาพของถนนเป็นทางคดโค้งที่ตัดผ่านลาดเชิงเขา รวมทั้งไหล่ทางที่ประกอบไปด้วยภูเขาและหน้าผาค่อนข้าง สูงชัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากเกิดการชำรุด หรือเกิดความเสียหายของถนน ส่งผลให้การสัญจรมีความลำบากเพิ่มขึ้น กระทบต่อผู้ใช้รถบนถนนทางหลวงหมายเลข 211 ตอนปากชม-เชียงคาน ซึ่งจากการวิเคราะห์เบื้องต้น อาจเกิดจากลักษณะของภูมิประเทศที่มีความลาดชัน เมื่อฝนตกติดต่อกันเป็นเวลานานเสถียรภาพของเชิงลาดลดลง กฤษณะ มีลักษณะสม และ พงศกร พวงชมภู (2566) จากปัจจัยของการกัดเซาะ (สุประชา คามะนา และ พงศกร พวงชมพู. 2565) จากน้ำฝนหรือน้ำผิวดิน (ยศวัศ จันทรา และ พงศกร พวงชมพู. 2565) ดังเช่นเมื่อวันที่ 6 พฤศจิกายน 2565 ทางหลวงหมายเลข 211 ตอนปากชม-เชียงคาน ที่ กม.153- กม.155 (บ้านหาดเบี้ย - คกไผ่) ดังรูปที่ 1 และรูปที่ 2 ตามลำดับ งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสาเหตุของการวิบัติของเชิงลาด และค้นหาสาเหตุของการเกิดกระบวนการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของชั้นดินบริเวณเชิงลาดภูเขาและการสูญเสียเสถียรภาพเชิงลาดจนนำไปสู่การวิบัติของเชิงลาด เพื่อนำมาหาแนวทางป้องกันและแก้ไขให้มีความเหมาะสมกับพื้นที่ต่อไป

รูปที่ 1 แสดงตำแหน่งที่ทำการวิจัย



[ก] [ข]

รูปที่ 2 [ก] แสดงตำแหน่งที่ทำการวิจัย [ข]แสดงระยะความสูงของเชิงลาด

ปัญหาเรื่องเสถียรภาพของเชิงลาดมักเกิดขึ้น เมื่อความสมดุลของเชิงลาดสูญเสียไป (ชินนพัทธ์ มูลทาทอง และ พงศกร พวงชมพู. 2560) เสถียรภาพของเชิงลาดอาจกำหนดได้ว่าเป็นความต้านทาน แรงเฉือนภายในมวลดิน, การเลื่อนไถล, การล้มคว่ำ หรือการยุบตัว การวิเคราะห์เสถียรภาพของเชิงลาดถูกกำหนดให้เป็นอัตราส่วนของแรงต้านทาน ต่อแรงขับเคลื่อน (สุทธิศักดิ์ ศรลัมพ์. 2566) ซึ่งถูกระบุว่าอยู่ในสภาวะสมดุล เมื่อ FS = 1.00 ในขณะที่ค่าสูงกว่าจะสอดคล้องกับเชิงลาดที่เสถียร (Navfac Dm 7.01, 1986) งานวิจัยนี้เลือกใช้วิธี ไฟไนต์อิลิเมนต์ ซึ่งเป็นวิธีวิเคราะห์ทางตัวเลขที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ด้วยโปรแกรม Plaxis 2D (Program License: Pongsagorn Poungchompu. 2021) ซึ่งโปรแกรม Plaxis 2D มีหลักการค่อยๆลดกำลัง รับแรงเฉือนของดินลง หรือวิธี phi/c Reduction จนกระทั่งเกิดการวิบัติ ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยจะได้ FS =∑-Msf (at failure) โดยนำวิธีการดังกล่าวนี้มาใช้วิเคราะห์เสถียรภาพของเชิงลาดด้วยการแบ่งชั้นดิน ซึ่งมีความต่อเนื่องออกเป็น Elements ย่อยๆ ที่มี15จุดต่อ (Noded) สำหรับการเคลื่อนตัวจากนั้นคำนวณหน่วยแรงกดทับของดิน แบบจำลองใช้แบบจำลองของมอร์คูลอมบ์ (Elastic-Plastic Mohr-Coulomb) โดยพารามิเตอร์ของดินจะใช้ข้อมูลจากการทดสอบทางห้องปฏิบัติการ ที่สามารถอธิบายพฤติกรรมของดินได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน เช่นความไม่เชิงเส้น (Non-linearity) คุณสมบัติไม่เท่ากันในทุกทิศทาง (Anisotropy) ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงอย่างค่อยเป็นค่อยไปของสติฟเนส (Transition Change of Stiffness) หรือพฤติกรรมดินที่ขึ้นกับเวลา (Time-Dependence) และพบว่าการพังทลายของเชิงลาดที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ นั้นมีความสอดคล้องใกล้เคียงกับธรรมชาติ

2. วัตถุประสงค์

2.1 ศึกษาหาสาเหตุของการวิบัติของโครงสร้างเชิงลาดที่เกิดความเสียหาย บนทางหลวงหมายเลข 211 ตอนปากชม-เชียงคาน ที่ กม.153- กม.155 (บ้านหาดเบี้ย - คกไผ่)

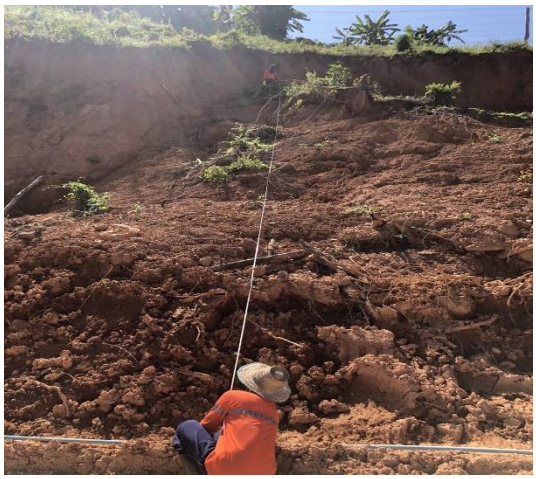
2.2 เพื่อศึกษาแนวทางการป้องกันและแก้ไขการวิบัติของเชิงลาด ที่มีความเหมาะสมทั้งด้านเศรษฐศาสตร์และด้านวิศวกรรม ให้มีความเหมาะสมกับพื้นที่

3. วิธีการวิจัย

3.1 ตั้งสมมติฐานการวิบัติของเชิงลาดโดยเริ่มจากการพิจารณาองค์ประกอบทางกายภาพ และรูปแบบของการวิบัติเชิงลาด โดยพิจารณาจากประเภทของดิน และองค์ประกอบต่างๆที่ตรวจพบในบริเวณที่เกิดการวิบัติ และปัจจัยภายนอกที่อาจจะส่งผลกระทบต่อการวิบัติ

3.2 สำรวจพื้นที่ภูมิประเทศในบริเวณที่ทำการศึกษา โดยเป็นการสำรวจมิติต่างๆของแนวการวิบัติ ได้แก่ ความกว้าง ความยาว และความลึกด้วยอุปกรณ์เทปวัดระยะและกล้องสำรวจเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการทำแบบจำลอง ดังรูปที่3 วิธีเก็บตัวอย่างดินนำไปทดสอบคุณสมบัติทางห้องปฏิบัติการ โดยการขุดบ่อทดสอบดิน (Test Pit) ทำการเก็บตัวอย่างดินที่ความลึกจากผิวดินเดิมลงไปประมาณ 1.00 เมตร – 1.50 เมตร จำนวน 3 บ่อทดสอบ ในตำแหน่งต่าง ๆ กัน ได้แก่จุดที่1 บริเวณToe Slope จุดที่2 บริเวณFill Slope จุดที่3 บริเวณBack Slope ดังรูปที่ 4

[ก]



[ข]

รูปที่ 3 [ก] แสดงตำแหน่งที่ทำการวิจัย [ข] แสดงระยะความสูงของเชิงลาด

[ก]

[ข]

รูปที่ 4 [ก]แสดงการเก็บตัวอย่างดิน [ข] แสดงจุดที่ทำการเก็บตัวอย่างดินด้วยวิธีขุดบ่อทดสอบดิน (Test Pit)

3.3 ทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานทางด้านวิศวกรรมในห้องปฏิบัติการ เนื่องจากดินที่นำมาทดสอบได้จากการขุดหลุมทดสอบ (Test Pit) ซึ่งในห้องปฏิบัติการนั้น จะเป็นการทดสอบหาคุณสมบัติพื้นฐานทางวิศวกรรมของดิน ประกอบไปด้วย

- วิเคราะห์หาขนาดเม็ดดิน ตามมาตรฐาน ASTM D422
- การบดอัด ตามมาตรฐาน Standard Proctor ASTM D698-78
- ทดสอบ Liquid Limit ตามมาตรฐาน ASTM D4318
- กำลังรับแรงเฉือนโดยตรงแบบไม่แช่น้ำ(Un-soaked Direct Shear) ตามมาตฐาน ASTM D3080
- กำลังรับแรงเฉือนโดยตรงแบบแช่น้ำ(Soaked Direct Shear) ตามมาตรฐาน ASTM D3080

3.4 วิเคราะห์เสถียรภาพของเชิงลาด ด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์โดยใช้โปรแกรม Plaxis 2D (Program License: Pongsagorn Poungchompu. 2021) โดยแบ่งการวิเคราะห์เสถียรภาพของเชิงลาด ออกเป็น 2 สภาวะ คือ สภาวะของดินที่มีความชื้นปกติซึ่งค่าที่ได้จะใกล้เคียงกับความชื้นตามธรรมชาติมีค่าความหนาแน่นสูงสุด และสภาวะของดินที่มีความชื้นสูงซึ่งค่าที่ได้จะทำให้ดินอยู่ในสภาวะวิกฤต โดยค่าคุณสมบัติของดินที่ใช้ในแบบจำลองแสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของดินที่มีความชื้นปกติที่ใช้ในแบบจำลอง (un soaked)

Parameter	Back Slope (GC)	Fill Slope (GC)	Toe Slope (CH)	Rock Granite	Gabions	Unit	Remark
Dry Density	17.4	16.6	17.1	27	22 **	kN /m^3	ผลการทดสอบ
Dry Unit Weight	17.2	16.3	17.1	27	22 **	kN /m^3	ผลการทดสอบ
Wet Unit Weight	20.2	19.83	20.1	27	22 **	kN /m^3	ผลการทดสอบ
Cohesion	25.5	24.25	13.5	55100	300 **	kN /m^2	ผลการทดสอบ
Friction angle	24.71	23.2	26.24	51	37 **	Degrees	ผลการทดสอบ
Young "s Modulus	21000	21000	21000	5000000	4.00E04**	kN /m^2	Joseph E.Boles(1989)
Posission "s ratio	0.35	0.35	0.35	0.27	0.30**	-	Kulhawyetal.1983,Budhu2000
HoriZontal parmcability	8.64 E-04	8.64 E-04	8.64 E-04	8.64E-08	8.64E+03**	m/day	Whitlow1995
Vertical parmcability	8.64 E-04	8.64 E-04	8.64 E-04	8.64E-08	8.64E+03**	m/day	Whitlow1995

**(Rock Mass Classification 1999) **

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของดินที่มีความชื้นสูงที่ใช้ในแบบจำลอง (soaked)

Parameter	Back Slope (GC)	Fill Slope (GC)	Toe Slope (CH)	Rock Granite	Gabions	Unit	Remark
Dry Density	17.4	16.6	17.4	27	22 **	kN /m^3	ผลการทดสอบ
Dry Unit Weight	17.2	16.3	17.5	27	22 **	kN /m^3	ผลการทดสอบ
Wet Unit Weight	20.2	19.8	20	27	22 **	kN /m^3	ผลการทดสอบ

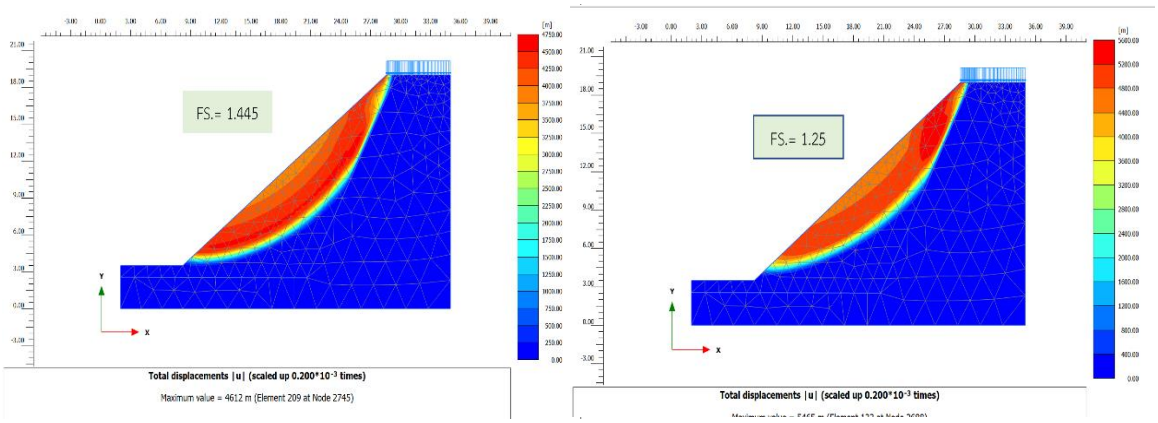
ตารางที่ 2 (ต่อ)

Parameter	Back Slope (GC)	Fill Slope (GC)	Toe Slope (CH)	Rock Granite	Gabions	Unit	Remark
Cohesion	19.3	12.7	11	55100	300 **	kN /m^2	ผลการทดสอบ
Friction angle	27.67	26.62	28.72	51	37 **	Degrees	ผลการทดสอบ
Young "s Modulus	21000	21000	21000	5.00E+06	4.00E04**	kN /m^2	Joseph E.Boles(1989)
Posission "s ratio	0.35	0.35	0.35	0.27	0.30**	-	Kulhawyetal.1983, Budhu2000
HoriZontal parmcability	8.64 E-04	8.64 E-04	8.64 E-04	8.64E-08	8.64E+03**	m/day	Whitlow1995
Vertical parmcability	8.64 E-04	8.64 E-04	8.64 E-04	8.64E-08	8.64E+03**	m/day	Whitlow1995

(Rock Mass Classification 1999)

4. ผลการวิจัย

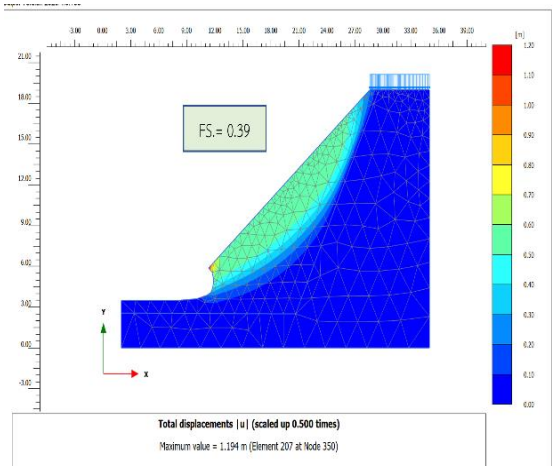
4.1 ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของเชิงลาดด้วยโปรแกรม Plaxis 2D โดยใช้ข้อมูลคุณสมบัติของดินที่มีความชื้นปกติ และคุณสมบัติของดินที่มีความชื้นสูง มีค่าอัตราส่วนความปลอดภัยเท่ากับ 1.445 และ 1.250 ตามลำดับ ดังรูปที่ 5 ซึ่งเป็นค่าอัตราส่วนความปลอดภัยมากกว่าเกณฑ์และเท่ากับเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้ที่ 1.250 (Navfac Dm 7.01, 1986)



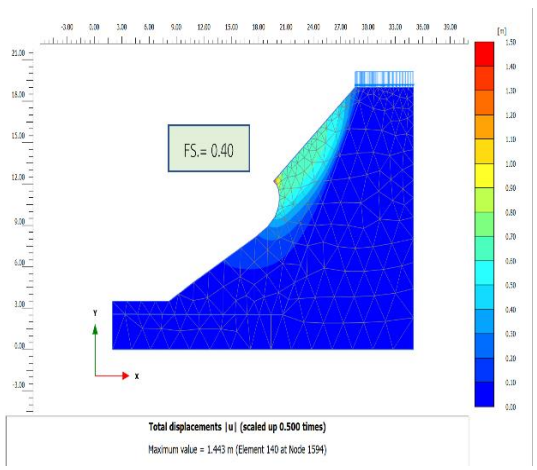
[ก] [ข]

รูปที่ 5 [ก]อัตราส่วนความปลอดภัยของดินที่มีความชื้นปกติ [ข] อัตราส่วนความปลอดภัยของดินที่มีความชื้นสูง

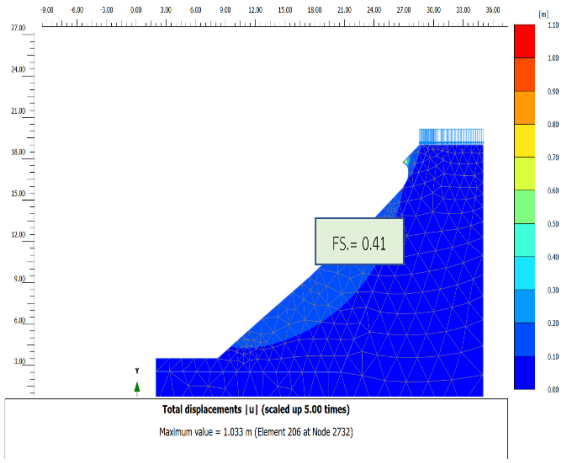
4.2 ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของเชิงลาดด้วยโปรแกรม Plaxis 2D โดยใช้ข้อมูลคุณสมบัติของดินที่มีความชื้นสูง พบว่าเมื่อน้ำที่ไหลลงสู่เชิงลาด เกิดกระบวนการกัดเซาะบริเวณ Toe slope ลุกลาม เข้าสู่โครงสร้าง ชั้นดินจุดที่ 2 บริเวณ Fill Slope และจุดที่ 3 บริเวณ Back Slope โดยมีค่าอัตราส่วนความปลอดภัยเท่ากับ 0.39, 0.40และ 0.41 ตามลำดับ เป็นค่าอัตราส่วนความปลอดภัยต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้ที่ 1.25 Navfac Dm 7.01 (1986) ดังรูปที่ 6



[ก]



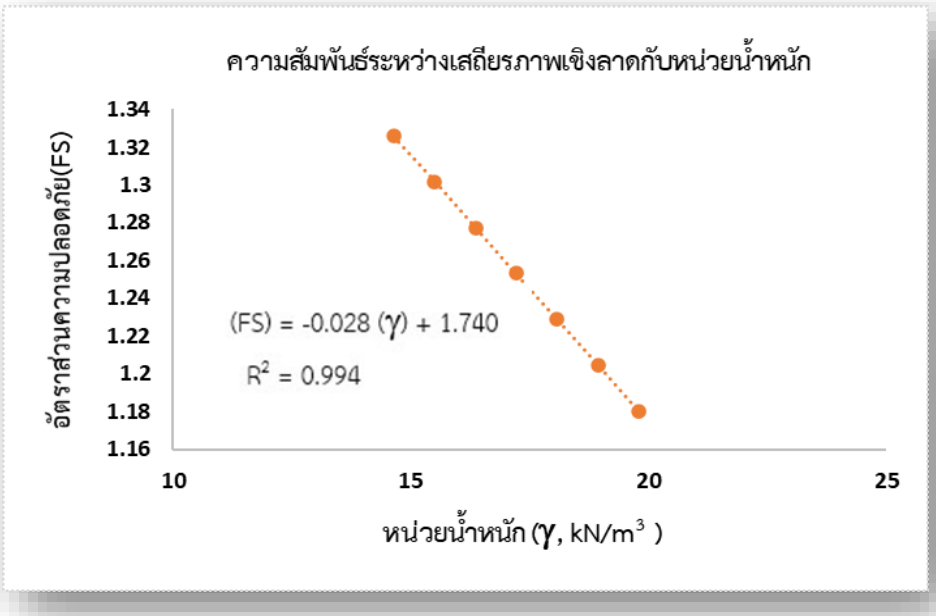
[ข]



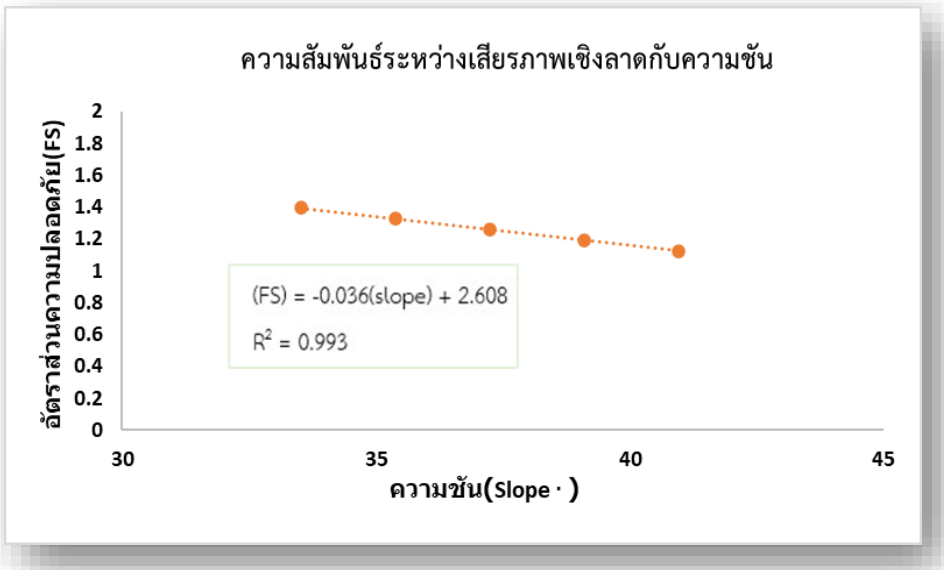
[ค]

รูปที่ 6 [ก]อัตราส่วนความปลอดภัยบริเวณ Toe Slope [ข] อัตราส่วนความปลอดภัยบริเวณ Fill Slope [ค] อัตราส่วนความปลอดภัยบริเวณ Back Slope ถูกกัดเซาะและลุกลามจากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 2 และสิ้นสุด ณ จุดที่3 ใน สภาวะดินที่มีความชื้นสูง

4.3 ศึกษาพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อการวิบัติของโครงสร้าง (Parametic Study) หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าเสถียรภาพเชิงลาด FS กับพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อการวิบัติของโครงสร้างเชิงลาด ได้แก่หน่วยน้ำหนัก(γ), ความลาดชัน (Slope) โดยทำการศึกษา (Parametic Study) ลดและเพิ่มค่าครั้งละ5เปอร์เซ็นต์จากค่ากลางที่ เป็นค่าคงที่ในภาคสนาม พบว่าเมื่อหน่วยน้ำหนักเพิ่มขึ้นค่า FS ลดลงตามสมการ FS = -0.028 (γ) + 1.740 ค่า R^2 = 0.994 ในขณะที่ความลาดชัน (Slope) เพิ่มขึ้นค่า FS ลดลง ตามสมการ FS = -0.036(slope) + 2.608 ค่าR^2 = 0.993 ดังรูปที่7 และ รูปที่8 ตามลำดับ



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างเสถียรภาพเชิงลาดกับหน่วยน้ำหนัก(Parametic Study)



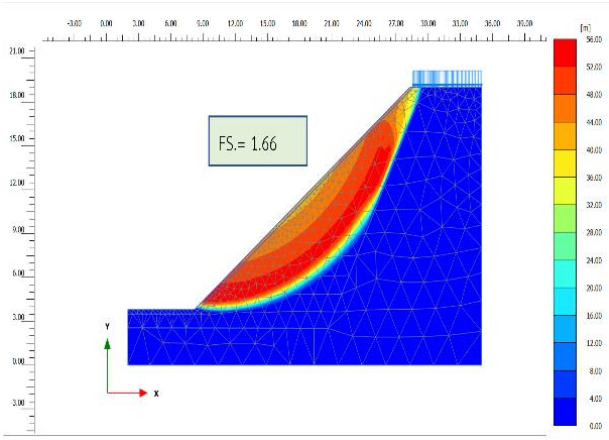
รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างเสถียรภาพเชิงลาดกับความชัน(parametic Study)

การป้องกันและปรับปรุงแก้ไขเสถียรภาพเชิงลาดบริเวณทางหลวงหมายเลข 211 ตอนปากชม-เชียงคาน ที่ กม.153- กม.155 (บ้านหาดเบี้ย - คกไผ่) พิจารณาแก้ไขด้วยวิธีเสริมกำลังโดยการใช้กล่องลวดตาข่ายแมทเทรส (Mattress Box) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป มีความเหมาะสมเนื่องจากเชิงลาดมีขนาดใหญ่และลักษณะทางธรณีเป็นหน้าผาสูงชัน และเป็นไปตามมาตรฐาน (การป้องกันการวิบัติเชิงลาดและการกัดเซาะกรมทางหลวง, 2561) และ (คู่มือการบำรุงรักษาทางหลวงเพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายและการเคลื่อนตัวของเชิงลาด กรมทางหลวง, 2551) รวมทั้งการป้องกันการซึมผ่านของน้ำด้วยแผ่นใยสังเคราะห์ (Geotextile) ตามขั้นตอนดังนี้

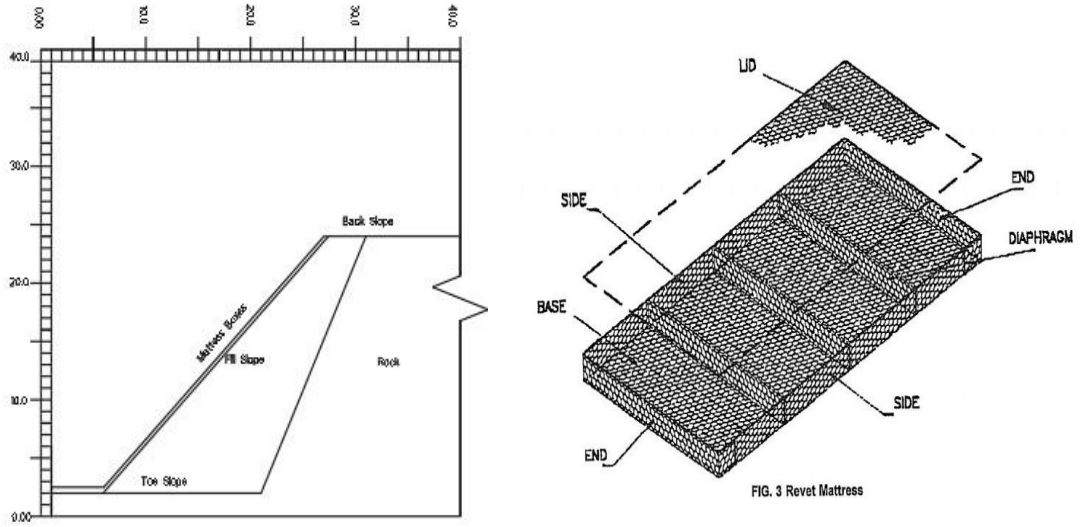
ใช้วิธีการป้องกันการซึมผ่านของน้ำด้วยแผ่นใยสังเคราะห์ผลิตจากวัสดุโพลิเมอร์สังเคราะห์ที่มีคุณสมบัติควบคุมการกัดเซาะของชั้นดินและการซึมผ่านของน้ำ (Voottipruex et al.,2013) โดยทำการวางแผ่นใยสังเคราะห์ก่อนติดตั้งกล่องลวดตาข่ายแมทเทรส เพื่อป้องกันการซึมผ่านของน้ำเข้ามาสร้างความเสียหายบริเวณระหว่างจุดเชื่อมต่อของ กล่องลวดตาข่ายแมทเทรส (Mattress Box) ดังรูปที่ 9

รูปที่ 9 การใช้งานแผ่นใยสังเคราะห์ (Geotextile)

การเสริมกำลังของเชิงลาด การแก้ไขโดยวิธีเสริมกำลังของเชิงลาดด้วยกล่องลวดตาข่ายแมทเทรส(Mattress Box) ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของเชิงลาดด้วยโปรแกรม Plaxis 2D มีค่าอัตราส่วนความปลอดภัยเท่ากับ 1.66 ดังรูปที่ 10 กล่องลวดตาข่ายแมทเทรส สร้างขึ้นจากแผ่นตาข่ายถักเป็นรูปหกเหลี่ยม ตีเกลียวคู่ด้วยลวดเหล็กทั้งชนิดเคลือบสังกะสี, เคลือบสังกะสีผสมอลูมิเนียม (Al-Zing) และเคลือบสังกะสีหุ้มพีวีซี เป็นต้น กล่องลวดตาข่ายแมทเทรส จะต้องมีแผงล่าง แผงด้านข้าง แผงด้านปลาย แผงกั้นแผ่นไดอะแฟรม และ ฝาปิด กล่องลวดตาข่าย จะถูกแบ่งเป็นช่องด้วยแผ่นไดอะแฟรม ที่ระยะ 1 เมตร ตามความยาวของกล่อง จะมีแผ่นกระบังกั้น เพื่อความแข็งแรงของกล่อง แผ่นตาข่ายแต่ละชิ้นประกอบขึ้นเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับ กล่องเกเบี้ยน แต่มีขนาดช่องตาข่าย และลวดที่ใช้เล็กกว่า การจัดวางกล่องเป็นชั้นๆหรือเป็นผืนระนาบตาม โครงสร้างเพื่อใช้ในงานป้องกันการกัดเซาะต่างๆ ทนทานต่อแรงน้ำ และเพิ่มการไหลเวียนของน้ำได้ดี ซึ่งกล่องลวดตาข่ายทำหน้าที่เป็นโครงสร้างกันดินช่วยพยุง ป้องกันการพังทลายหรือการเคลื่อนตัวของมวลดินเป็นการเพิ่มแรงต้านทานให้กับเชิงลาด ดังรูปที่ 11



รูปที่ 10 อัตราส่วนความปลอดภัยการแก้ไขโดยวิธีเสริมกำลังของเชิงลาดด้วยกล่องลวดตาข่ายแมทเทรส (Mattress Box)



[ก] [ข]

รูปที่ 11 [ก] วิธีเสริมกำลังของเชิงลาด [ข] กล่องลวดตาข่ายแมทเทรส (Mattress Box)

5. อภิปรายผลและสรุปผล

จากการศึกษาปัญหาเสถียรภาพของเชิงลาด บนทางหลวงหมายเลข211 ตอนปากชม-เชียงคาน ที่ กม.153-กม.155 (บ้านหาดเบี้ย - คกไผ่)

5.1 ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของเชิงลาดบริเวณที่ทำการศึกษาด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ โดยโปรแกรม Plaxis 2D ในสภาวะของดินที่มีความชื้นสูงซึ่งค่าที่ได้จะทำให้ดินอยู่ในสภาวะวิกฤต พบว่ามีค่าอัตราส่วนความปลอดภัยต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้ที่ 1.250 (Navfac Dm 7.01, 1986) โดยมีสาเหตุจากน้ำไหลลงสู่เชิงลาดเริ่ม

เกิดกระบวนการกัดเซาะบริเวณ Toe slope และค่อยๆลุกลามไปยังจุดที่ 2 บริเวณ Fill Slope และจุดที่ 3 บริเวณ Back Slope

5.2 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างเสถียรภาพของเชิงลาด FS กับพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อการวิบัติของเชิงลาด (parametic Study) พบว่าเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของหน่วยน้ำหนัก (γ), อัตราส่วนความปลอดภัยลดลงตามสมการ FS = -0.028 (γ)+1.74 มีค่า R^2 =0.994 และเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของความลาดชัน (Slope) อัตราส่วนความปลอดภัยลดลงตามสมการ FS = -0.036(slope) + 2.608 มีค่าR^2 = 0.993

การปรับปรุงแก้ไขและป้องกันการซึมผ่านของน้ำที่เป็นปัจจัยหลักด้วยแผ่นใยสังเคราะห์ โดยทำการวางแผ่นใยสังเคราะห์ก่อนติดตั้งกล่องลวดตาข่ายแมทเทรส เพื่อป้องกันการซึมผ่านของน้ำเข้ามาสร้างความเสียหายบริเวณระหว่างจุดเชื่อมต่อของกล่องลวดตาข่ายแมทเทรส และเสริมกำลังของเชิงลาดด้วยกล่องลวดตาข่ายแมทเทรส ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของเชิงลาดด้วยโปรแกรม Plaxis 2D ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยเท่ากับ 1.66 ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยสูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้ที่ 1.250 (Navfac Dm 7.01. 1986)

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ศึกษาการวิบัติของเชิงลาดในส่วนของแรงจากแผ่นดินไหวควรศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ โดยโปรแกรม Plaxis เนื่องจากข้อมูลที่ใช้ในการจำลองด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์นั้น ยังไม่เพียงพอและควรจะมีการศึกษาเพิ่มเติม

6.2 การศึกษาเพิ่มควรจำลองรูปแบบชนิดของดินที่มีความหลากหลายและลักษณะของภูมิประเทศที่แตกต่างกันออกไป รวมทั้งจำลองรูปแบบการกัดเซาะหลายๆรูปแบบ ซึ่งจะได้ทราบถึงสาเหตุและลักษณะของการวิบัติของดินแต่ชนิดและรูปแบบที่แตกต่างกัน เพื่อสามารถเก็บเป็นข้อมูลพิจารณาศึกษาและแก้ไขปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นได้

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหมวดทางหลวงหมายเลข 02110202 ตอน ปากชม-เชียงคาน กม.148+350 และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้การช่วยเหลือเรื่องสถานที่และเก็บตัวอย่างดิน เพื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติทางห้องปฏิบัติการและให้ข้อมูลประวัติพื้นบริเวณที่ทำการศึกษา และให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการวิจัย และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่สนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กฤษณะ มีลักษณะสม และ พงศกร พวงชมภู. (2566). “การวิเคราะห์สาเหตุการวิบัติเชิงลาดด้วยวิธีสมดุลจำกัดและวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์และแนวทางการปรับปรุงแก้ไข กรณีศึกษา ทางหลวง 2159 ตอนชัยภูมิ-ห้วยยางดำ ที่ กม.27+700”. **วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสหากรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์** .8(1) : 112–124.

ชินนพัทธ์ มูลทาทอง และ พงศกร พวงชมภู. (2560). “การศึกษาปัญหาเสถียรภาพของลาดดินคันทาง ในทางหลวงหมายเลข 1349 ตอน สะเมิง – วัดจันทร์”. **การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 22.** นครราชสีมา

ยศวัศ จันทรา และ พงศกร พวงชมภู. (2565). “การศึกษาปัญหาเสถียรภาพเชิงลาดดินคันทางด้วยวิธีสมดุลจำกัดและวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์กรณีศึกษาทางหลวงหมายเลข 1270 ตอน กองลอย-แม่แฮใต้ ที่ กม.26+200 – กม.26+450”. **วารสารวิจัย มข**. (ฉบับบัณฑิตศึกษา).22(1) : 38-50.

สุประชา คามะนาและ พงศกร พวงชมภู. (2565). “การวิเคราะห์สาเหตุการวิบัติของเชิงลาดด้วยวิธีสมดุลจำกัดและวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์และแนวทางการปรับปรุงการแก้ไข : กรณีศึกษา ทางหลวงหมายเลข 1270 ตอน กองลอย – แม่แฮใต้ ที่ กม.21+000”. **วารสารวิจัย มข**. (ฉบับบัณฑิตศึกษา).22(1) :13-25.

สุทธิศักดิ์ ศรลัมพ์. (2566). **การประเมินและจัดการดินถล่มในพื้นที่ภูเขา**. กรุงเทพมหานคร : บริษัทอมรินทร์พริ้นติ้ง แอนด์ พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน).

กรมทางหลวง. (2561). **มาตรฐานการป้องกันการวิบัติเชิงลาดและการกัดเซาะกรมทางหลวง**. กระทรวงคมนาคม.

กรมทางหลวง. (2551). **คู่มือการบำรุงรักษาทางหลวงเพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายและการเคลื่อนตัวของเชิงลาด**. กระทรวงคมนาคม.

ASTM D422. (2007). **Standard test method for particle-size analysis of soils**. In Annual Book of ASTMStandards.04.08. Philadelphia: American Society for Testing and Materials, USA.

ASTM D 698. (2007). **Standard Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort**. USA.

ASTM D 4318. (2010). **Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity index of Soils**. In Annual Book of ASTM Standards. 04.08. Philadelphia: American Society for Testing and Materials, USA.

ASTM D 3080. (2014) **Standard test method for direct shear test of soils under consolidated Drained conditions**. In Annual Book of ASTM Standards. 04.08. Philadelphia: American Society for Testing and Materials, USA.

Bhawani S. (1999). **Rock mass classification University of Roorkee, Roorkee**. India.

Voottipruex P., Maneejaruan J., Inthapichai S., Teerawattanasuk C., Modmoltin C. (2013). "The Prevention of soil Erosion Using a Combination of Natural Fiber with Vetiver and Ruzi Grass". **The Journal of KMUTNB** .(23)2 : 295 – 304.

คุณค่าทางวิชาการ

ทราบถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดการวิบัติของเชิงลาด บนทางหลวงหมายเลข211 ตอนปากชม-เชียงคาน ที่ กม. 153- กม.155 (บ้านหาดเบี้ย - คกไผ่)อีกทั้งทราบถึงแนวทางการป้องกันและวิธีการซ่อมแซมแก้ไข ที่มีความเหมาะสมทั้งด้านเศรษฐศาสตร์ และด้านวิศวกรรม