



การศึกษาพฤติกรรมการพิบัติของลาดดินตะกอนเศษหินเชิงเขา

: กรณีศึกษา หมู่บ้านดอยช้าง จังหวัดเชียงราย

A Study on the failure behavior of colluvium soil slope

: A case of Doi Chang village

ราเมตร์ สุขเจริญ¹ และ รศ.ดร.สุทธิศักดิ์ ศรีลัมพ์²

¹นิสิตปริญญาโท, หน่วยวิจัยดินถล่ม ศูนย์วิจัยวิศวกรรมปฐพีและฐานราก ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาเขตบางเขน จ.กรุงเทพมหานคร

²รองศาสตราจารย์, ศูนย์วิจัยวิศวกรรมปฐพีและฐานราก และ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาเขตบางเขน จ.กรุงเทพมหานคร

E-mail address: ¹ramatre_s@hotmail.com, ²soralump_s@yahoo.com

บทคัดย่อ

ดินถล่มเป็นหนึ่งในธรณีพิบัติภัยที่สร้างความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สิน มีหลายปัจจัยที่กระตุ้นให้เกิดดินถล่ม อาทิเช่น ปริมาณฝนที่ตกหนักหรือระยะเวลาการเกิดแผ่นดินไหว รวมทั้งสภาพทางธรณีวิทยาของลาดดินที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม ด้วยเหตุนี้บทความนี้ จึงมุ่งนำเสนอความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณน้ำฝน, ระดับน้ำใต้ดิน และเสถียรภาพของลาดดิน ในพื้นที่ หมู่บ้านดอยช้าง ตำบลลาวาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย ด้วยการติดตั้งเครื่องมือสำหรับตรวจวัดปริมาณน้ำฝน, ระดับน้ำใต้ดิน, การเคลื่อนตัวของลาดดิน รวมทั้งการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานและวิศวกรรมของดินในพื้นที่ จากการศึกษาพบว่า ลาดดินในพื้นที่ศึกษามีลักษณะของดินที่เป็นตะกอนเศษหินเชิงเขาซึ่งมีความแปรปรวนสูงและสามารถตรวจวัดการเคลื่อนตัวของลาดดินในช่วงฤดูฝนคือตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงพฤศจิกายนด้วย inclinometer โดยระนาบการเคลื่อนตัวอยู่ลึกลงไปจากผิวดินประมาณ 5 เมตร อัตราการเคลื่อนตัวเฉลี่ยคือ 19.45 มิลลิเมตรต่อเดือน และจากการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินพบว่า เมื่อระดับน้ำใต้ดินอยู่ที่ระดับ -30 เซนติเมตรจากระดับผิวดินอัตราส่วนความปลอดภัยของลาดดินจะมีค่าน้อยกว่า 1 ซึ่งสอดคล้องกับผลการเคลื่อนตัวของลาดดินที่สามารถตรวจวัดได้เมื่อระดับน้ำใต้ดินอยู่ที่ -30 เซนติเมตรจากผิวดิน

คำสำคัญ: ดินตะกอนเศษหินเชิงเขา, การพิบัติของลาดดิน, ระดับน้ำใต้ดิน

Abstract

A landslide is a geo-hazard which causes severe loss of life and property damage. There are many causes of landslides such as heavy or prolonged rainfall, earthquake or geologic conditions

conducive to landslides. The aim of this research is to study the relations of rainfall, groundwater, and stability of a slope in Doi Chang village, Vavee sub-district, Mae Suai District, Chiang Rai province using rain gauge, inclinometer, and observation well installation, including laboratory tests to determine the basic and engineering properties. According to the study, the soil characteristic at studied area is colluvium soil. The colluvium soil is high variability. Considering the monitoring results, it presented that the studied site has been detected the movement during monsoon season (June to November) and the average of movement rate was 19.45 mm/month in 2016. Moreover, the possible slip surface was 5 m below the surface. The critical groundwater level is determined by the slope stability analysis model that is 30 cm below the surface. It is a good agreement with the results of observation the initial movement.

Keywords: Colluvium, Landslides, Groundwater level

1. คำนำ

หมู่บ้านดอยช้าง ตำบลลาวาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย ตั้งอยู่บนลาดเขาที่ปกคลุมด้วยดินตะกอนเศษหินเชิงเขา(Colluvium) ที่เกิดจากการพัดพาตะกอนเศษหินมาสะสมบริเวณลาดเชิงเขาเป็นระยะเวลาเป็นพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มเนื่องจากการทับถมกันอย่างหลวมๆ เกิดการกัดเซาะจากการไหลของน้ำใต้ดินได้ง่าย และยังคงอยู่ในเขตพื้นที่บริเวณเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของประเทศไทยในเขต 2ข มีความรุนแรง 7-8 ตามมาตราวัดขนาดแผ่นดินไหวเมอร์คัลลี ซึ่งจะทำให้สิ่งก่อสร้างที่ออกแบบตีเสียหายเล็กน้อย(มีความเสี่ยงในการเกิดความเสียหายในระดับปานกลาง) [1] กรมทรัพยากรธรณี ,2548 สภาพชุมชนมีการตั้งบ้านเรือนที่พังกอภัยค่อนข้างหนาแน่น และมีแนวโน้มที่

จะหนาแน่นขึ้นในอนาคต มีความลาดเอียงของพื้นที่โดยเฉลี่ยประมาณ 10 องศา สามารถเห็นความเสียหายที่เกิดจากการเคลื่อนตัวของมวลดินที่เห็นได้ชัด คือ รอยแตกของกำแพงบ้าน รอยแยกตัวของถนน ต้นไม้ที่มีการโน้มเอียง และรอยแยกตามพื้นดิน แสดงดังรูปที่ 1 ซึ่งสาเหตุการเคลื่อนตัวเกิดจากปริมาณฝนที่ตก และคุณสมบัติของดินตะกอนเศษหินเชิงเขาที่ปกคลุมในพื้นที่ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาพฤติกรรมของดินตะกอนเศษหินเชิงเขาที่มีผลต่อการพิบัติของลาดดินเพื่อใช้เป็นแนวทางการจัดการภัยพิบัติในพื้นที่ และพื้นที่อื่นต่อไป



รูปที่ 1 ความเสียหายที่เกิดขึ้นในพื้นที่หมู่บ้านดอยช้าง

2. สภาพทางธรณีวิทยา

จากข้อมูลในแผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน 1:250,000 [2] กรมทรัพยากรธรณี 2550 พบว่าพื้นที่ศึกษาตั้งอยู่บนลักษณะธรณีวิทยา กลุ่มหินภูเขาไฟยุคทีโอเนียน-คาร์บอนิเฟอรัส(DCv) ประกอบด้วย หินบะซอลต์(Basalt) และหินทัฟไฟ(Tuff) ซึ่งปกคลุมด้วยดินตะกอนเศษหินเชิงเขา(Colluvium) มีความหนาประมาณ 30 เมตร สามารถสังเกตเห็นสภาพดินในพื้นที่เป็นหินที่มีเหลี่ยมคมขนาดตั้งแต่ 30 เซนติเมตร ไปจนถึง 3 เมตร ปะปนดินทรายร่วนกระจายตัวตามบริเวณพื้นดินของพื้นที่ศึกษา นอกจากนี้ยังพบด้วยว่าเศษหินดังกล่าว เป็นหินแปร (Metamorphic Rock) ที่มีชื่อว่าหินฟิลไลต์ (Phyllite) โดยสังเกตได้จากโครงสร้างแนวริ้วขนานในมวลหิน (Foliation) ที่มีลักษณะคดโค้งคล้ายลูกคลื่นขนาดเล็ก แดงและแยกออกเป็นแผ่นๆได้ง่ายเมื่อใช้ค้อนทุบและมีความมันวาวของแร่ไมกา (Mica) โดยลักษณะของตะกอนเศษหินเชิงเขาที่พบแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ลักษณะธรณีวิทยา ในพื้นที่หมู่บ้านดอยช้าง

3. คุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินตะกอนเศษหินเชิงเขา

การทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดิน ประกอบด้วยคุณสมบัติหลัก 2 ประการคือ คุณสมบัติทางด้านกายภาพของดิน และคุณสมบัติการรับแรงเฉือนของดิน คุณสมบัติดังกล่าวได้มาจากการเก็บตัวอย่างดินทั้งแบบถูกรบกวน (Disturbed samples) และไม่ถูกรบกวน(Undisturbed samples) เพื่อทดสอบหาค่าคุณสมบัติของดินในห้องปฏิบัติการ จำนวน 53 ตัวอย่าง

3.1 คุณสมบัติทางกายภาพของดินตะกอนเศษหินเชิงเขา

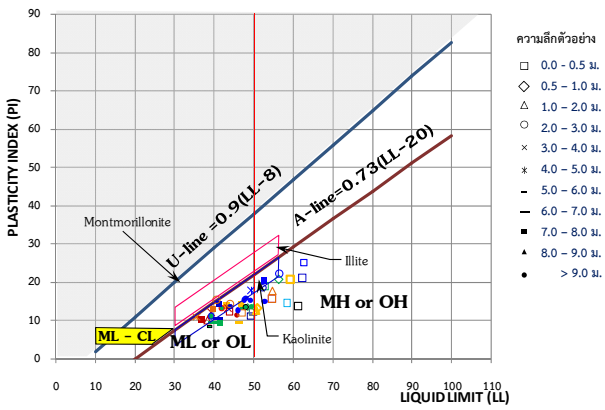
คุณสมบัติทางกายภาพของดินตะกอนเศษหินเชิงเขาในพื้นที่หมู่บ้านดอยช้าง ประกอบด้วย ชีตแอดเตอร์เบอร์ก(Atterberg's Limits), ความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน(Specific Gravity of Soil), การกระจายตัวของขนาดเม็ดดิน(Grain Size Distribution Curve) และความซึมน้ำของดิน(Soil Permeability Test) สามารถสรุปผลการทดสอบดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางกายภาพของดินตะกอนเศษหินเชิงเขา บริเวณหมู่บ้านดอยช้าง

Parameter type	Mean	COV (%)
Atterberg limits		
Liquid Limit, LL (%) (53 ตัวอย่าง)	47.10	15.63
Plastic Limit, PL (%) (53 ตัวอย่าง)	33.33	14.44
Plasticity Index, PI (%) (53 ตัวอย่าง)	13.77	29.41
Flow Index (53 ตัวอย่าง)	13.84	22.70
Specific Gravity of Soil (53 ตัวอย่าง)	2.65	3.59
Permeability (cm/sec) (3 ตัวอย่าง)	8.28×10^{-5}	-
Natural water content (%) (23 ตัวอย่าง)	34.42	22.78
Wet Unit Weight (t/m^3) (23 ตัวอย่าง)	1.59	6.68
Dry Unit Weight (t/m^3) (23 ตัวอย่าง)	1.18	12.92

ผลการทดสอบหาค่าชิตแอดเตอร์เบอร์ก พบว่า มีค่าเฉลี่ยพิคตเหลว (Liquid Limit, LL) เท่ากับ 47.10 % แสดงให้เห็นว่าดินมีความเหนียวปานกลาง ค่าพิคตพลาสติก(Plastic Limit , PL) เท่ากับ 33.33 % แสดงให้เห็นว่าดินมีความเป็นพลาสติกปานกลาง ค่าดัชนีพลาสติก (Plasticity Index, PI) เท่ากับ 13.77 % และ ความชันของเส้นกราฟ LL และ PI (Flow Index, IF) เท่ากับ 13.84 % ซึ่งจะบ่งบอกการเปลี่ยนแปลงจากสภาพกึ่งของแข็งเป็นของเหลวได้ดี สามารถแสดงการกระจายตัวของข้อมูลใน Plasticity Chart (รูปที่ 3) พบว่าข้อมูลส่วนใหญ่จะเกาะกลุ่มอยู่ใต้เส้น A-Line จัดอยู่ในแร่ประกอบจำพวก kaolinite ซึ่งเป็นแร่ที่มาจากแร่ประกอบหินต้นกำเนิด

การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน(Specific Gravity of Soil, Gs) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.65 ซึ่งจะอยู่ในกลุ่มของดินทรายที่มีสารอินทรีย์ปะปนอยู่น้อย



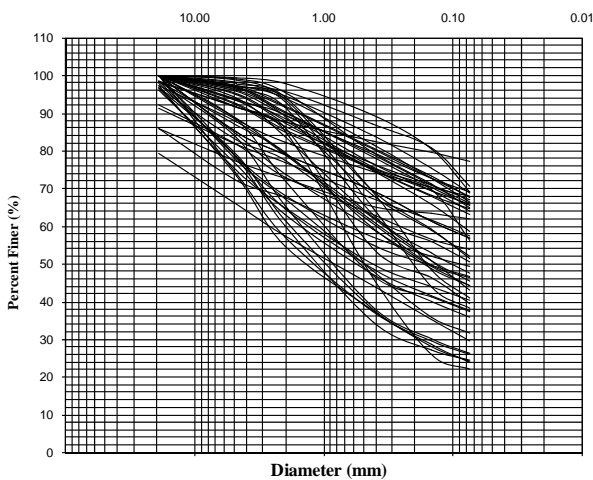
รูปที่ 3 ลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลใน Plasticity Chart

การทดสอบความซึมผ่านของดิน (Soil Permeability, k) ค่าความซึมผ่านเฉลี่ย เท่ากับ 8.28×10^{-5} เซนติเมตร/วินาที จัดอยู่ในกลุ่มดินที่มีความซึมผ่านต่ำ

ปริมาณความชื้นของดินในธรรมชาติ (Natural water content, W_n) ที่ได้จากการเก็บตัวอย่างแบบคงสภาพที่ความลึกประมาณ 1-2 เมตร มีค่าเฉลี่ยของความชื้นของดิน เท่ากับ 34.42% จะเห็นได้ว่าปริมาณความชื้นค่อนข้างสูงอาจเป็นผลมาจากในช่วงเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่างเป็นช่วงฤดูฝนที่น้ำฝนซึมลงสู่ชั้นดิน ทำให้ค่าปริมาณความชื้นของดินในชั้นบนมีค่าสูง

การทดสอบหาหน่วยน้ำหนักของดิน (Wet Unit Weight, γ) โดยทดสอบจากตัวอย่างคงสภาพเพื่อหาอัตราส่วนของน้ำหนักดินต่อปริมาตร ของดินตะกอนเศษหินเชิงเขาที่ความชื้นธรรมชาติ (Wet Unit Weight, γ_w) และในสภาวะดินแห้ง (Dry Unit Weight, γ_d) ซึ่งได้ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 1.59 และ 1.18 ตัน/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

การกระจายตัวของขนาดเม็ดดิน พบว่าขนาดคละของตัวอย่างโดยส่วนใหญ่จะมีค่าเฉลี่ยของการกระจายตัวเป็นสัดส่วนของกรวด ร้อยละ 2.36, สัดส่วนของทรายร้อยละ 47.36, สัดส่วนของทรายแป้งร้อยละ 50.28 ดังแสดงในรูปที่ 4

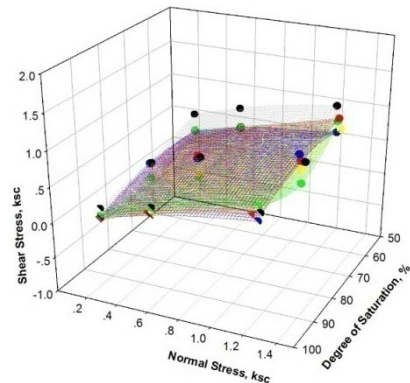


รูปที่ 4 ขนาดคละของเม็ดดิน

เมื่อนำข้อมูลการการหาขนาดคละของเม็ดดิน และขีดแอดเตอร์เบอร์รี่ มาทำการจำแนกชื่อเรียกตามระบบ USCS พบว่า ดินตัวอย่างที่อยู่ด้านบนที่มีความลึก 5 เมตรเป็นดินประเภท MH ซึ่งจะมีความเป็นพลาสติกมากกว่าดินตัวอย่างที่อยู่ลึกมากกว่า 5 เมตรที่จัดเป็นดินประเภท ML

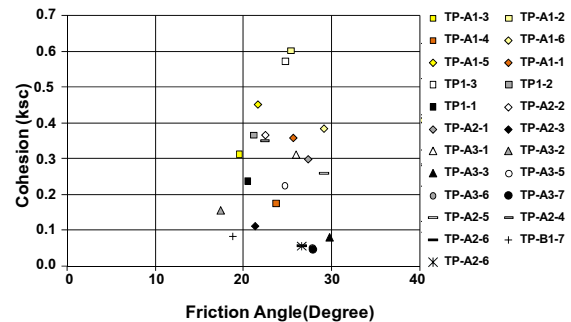
3.2 คุณสมบัติต้านกำลังรับแรงเฉือนของดิน

คุณสมบัติทางด้านรับแรงเฉือนที่เปลี่ยนแปลงตามความชื้นเป็นคุณสมบัติที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองดินถล่มที่เกิดจากฝนตกหนัก ในการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของดิน ใช้วิธีการทดสอบแบบ KU-MDS ([3] และ [4]) เป็นการศึกษาทดสอบที่ใช้เครื่องมือ Direct Shear Test แบบ Multi Stage และ Cut Method Multi Stage เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของกำลังรับแรงเฉือนที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อความชื้นเปลี่ยนแปลง โดยสร้างความสัมพันธ์ของกำลังรับแรงเฉือนที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อความชื้นเปลี่ยนแปลง ในรูปแบบ 3 มิติ ดังแสดงในรูปที่ 5 เพื่อใช้ในการวิเคราะห์กำลังรับแรงเฉือนของดิน ซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมโดยทั่วไปของค่ากำลังรับแรงเฉือนของดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ของกำลังรับแรงเฉือนและความชื้นที่เปลี่ยนแปลงไปของดินตะกอนเศษหินเชิงเขา

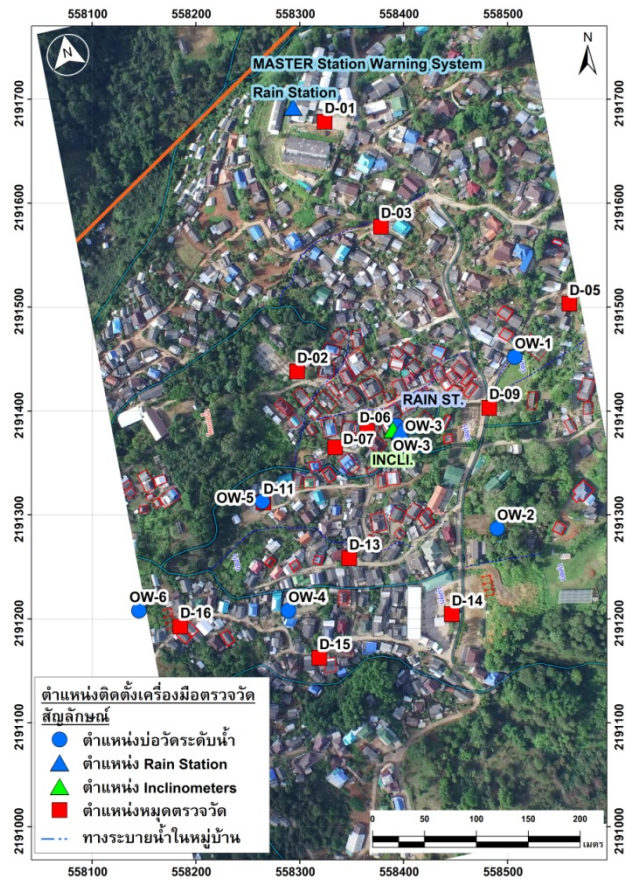
เมื่อนำข้อมูลผลการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของดินตะกอนเศษหินเชิงเขา มาทำการวิเคราะห์หาการกระจายตัวของข้อมูลโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Cohesion และ Friction angle แสดงในรูปที่ 6 พบว่า ค่า Friction angle มีความเปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกัน ดังนั้นแสดงว่าค่า Friction angle ไม่มีความสัมพันธ์ที่ชัดเจนกับค่าความอิ่มตัวของดิน



รูปที่ 6 ลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลคุณสมบัติกำลังรับแรงเฉือนของดินตะกอนในพื้นที่หมู่บ้านดอยช้าง

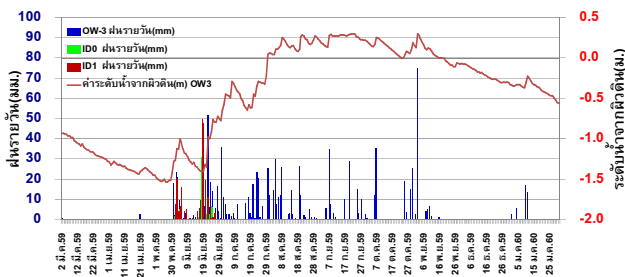
4. การตรวจวัดพฤติกรรมและการเคลื่อนตัวในพื้นที่

การตรวจวัดในพื้นที่ประกอบด้วย การตรวจวัดปริมาณน้ำฝนแบบอัตโนมัติ บ่อวัดระดับน้ำใต้ดิน บ่อวัดการเคลื่อนตัว(Inclinometer) และ หมุดวัดทิศทางเคลื่อนตัวด้วยเครื่อง GPS ดังแสดงในรูปที่ 7

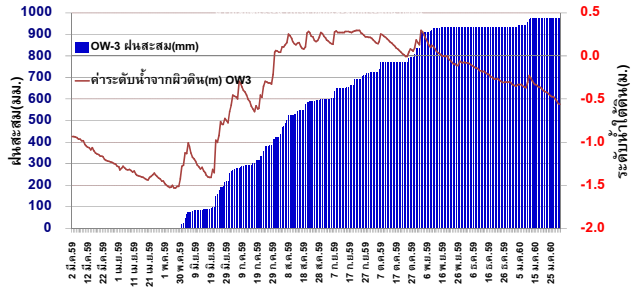


รูปที่ 7 ตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดในพื้นที่หมู่บ้านคอยช้าง

จากการตรวจวัดค่าปริมาณน้ำฝนและค่าระดับน้ำใต้ดินที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่แสดงความสัมพันธ์ดังแสดงในรูปที่ 8 และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนสะสมกับระดับน้ำใต้ดินดังแสดงในรูปที่ 9 จะเห็นได้ว่าค่าระดับน้ำใต้ดินจะเพิ่มขึ้น - ลง ตามปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่

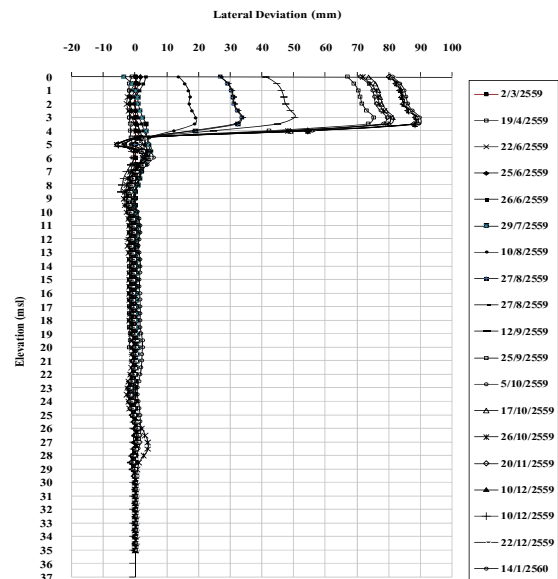


รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนรายวันกับค่าระดับใต้ดินของบ่อ OW-03



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนสะสมกับค่าระดับใต้ดินของบ่อ OW-03

การวัดการเคลื่อนตัวของมวลดินโดยใช้ Inclinometer ดังในรูปที่ 10 สามารถเห็นระนาบการเคลื่อนตัวอยู่ที่ความลึก 5.0 เมตร และเกิดในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนพฤศจิกายน แต่ไม่พบการเคลื่อนตัวที่รุนแรง ซึ่งการเคลื่อนตัวที่เกิดขึ้นมีลักษณะแบบคืบ (Creep) ของลาดดิน โดยอัตราการเคลื่อนตัวที่ตรวจพบช่วงที่ผ่านมามีการเคลื่อนตัวสะสม 88.40 มิลลิเมตร คิดเป็นอัตราการเคลื่อนตัวเฉลี่ย 19.45 มิลลิเมตร/เดือน โดยมีอัตราการเคลื่อนตัวมากที่สุดที่ 66 มิลลิเมตร/เดือน ที่ความลึก 3.5 เมตร ในเดือนกันยายน ซึ่งสามารถก่อให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างอาคารในระยะยาวได้ โดยอ้างอิงความรุนแรงของการเคลื่อนตัว[5] ดังแสดงในตารางที่ 2 และ เกณฑ์การเตือนภัยการเกิดดินถล่มโดยใช้อัตราการเคลื่อนตัวของมวลดิน[6] ของสมาคมเฝ้าระวังภัยพิบัติของประเทศญี่ปุ่นดังแสดงในตารางที่ 3 จากเกณฑ์ดังกล่าวสามารถนำมาสร้างกราฟเพื่อดูอัตราการเคลื่อนตัวของมวลดินในพื้นที่ว่าอยู่ในระดับใด ดังแสดงในรูปที่ 11 จะเห็นได้ว่าการเคลื่อนตัวของมวลดินในพื้นที่อยู่ในช่วงที่มีอัตราการเคลื่อนตัวที่ค่อนข้างช้าและเป็นลักษณะการเคลื่อนตัวของดินตะกอนเศษหินเชิงเขา ซึ่งเป็นการเคลื่อนตัวแบบช้าๆ จึงไม่ก่อให้เกิดความเสียหายในระดับรุนแรงแบบทันทีทันใด แต่อาจก่อให้เกิดความเสียหายในระยะยาวต่อโครงสร้างอาคารด้านบนลาดดินได้ จึงจำเป็นต้องมีการตรวจวัดการเคลื่อนตัวและหมั่นสังเกตรอยแตกร้าวของอาคารที่อยู่ด้านบนของลาดดินอยู่เสมอ



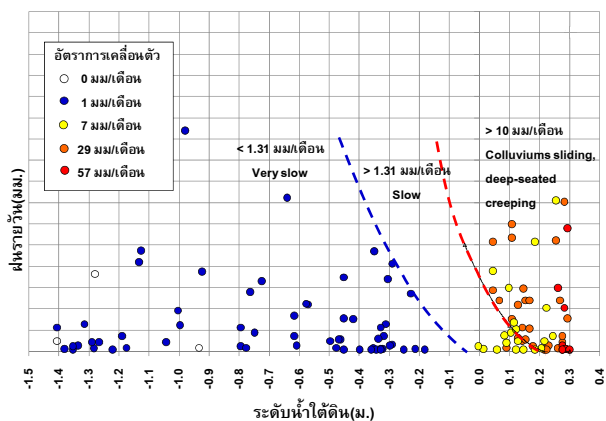
รูปที่ 10 การเคลื่อนตัวที่วัดโดย Inclinometer ในหมู่บ้านคอยช้าง

ตารางที่ 2 ระดับความรุนแรงของการเคลื่อนตัวของมวลดิน [5]

ระดับความรุนแรง	ลักษณะการเคลื่อนตัว	อัตราการเคลื่อนตัว		ผลกระทบ
		(มม./วินาที)	(มม./เดือน)	
7	Extremely rapid			Null
		5×10^3	1.31×10^{10}	
6	Very rapid			Null
		50	1.31×10^8	
5	Rapid			Evacuation
		0.5	1.31×10^6	
4	Moderate			Evacuation
		5×10^{-3}	1.31×10^4	
3	Slow			Maintenance
		50×10^{-6}	1.31×10^2	
2	Very slow			Maintenance
		0.5×10^{-6}	1.31	
1	Extremely slow			Null

ตารางที่ 3 เกณฑ์การเตือนภัยการเกิดดินถล่มโดยใช้อัตราการเคลื่อนตัวของมวลดิน [6]

Different kinds of warning	Monthly displacement (mm)	Tendency	Activities	Notes
Emergency slide	more than 500	Very significant	Rapid collapse	Collapse type, mudflow type
Accurate slide	more than 10	Significant	Actively motion	Colluviums sliding, deep-seated creeping
Semi-accurate slide	more than 2	Slightly significant	Slow motion	Clay sliding, backfill siding
Potential slide	more than 0.5	Slightly	Remain to be seen	Clay sliding, talus sliding



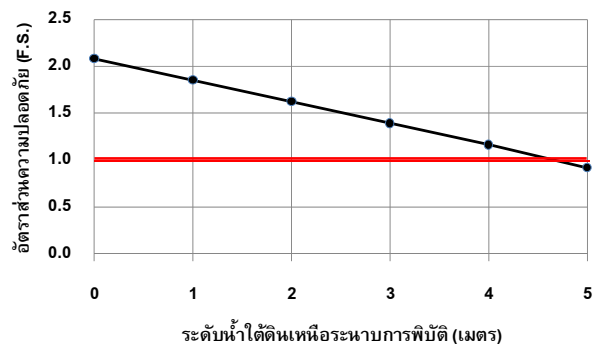
รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน ค่าระดับน้ำใต้ดิน และอัตราการเคลื่อนตัวของมวลดินที่ผิวดิน ในพื้นที่หมู่บ้านดอยช้าง

5. การวิเคราะห์เสถียรภาพลาดดินในพื้นที่

จากการทดสอบคุณสมบัติของดินตะกอนเศษหินเชิงเขาเพื่อหาคุณสมบัติกำลังแรงเฉือนของดินเมื่อดินอิ่มตัว และพฤติกรรมที่เคยมักการเคลื่อนตัวมาก่อน ในการวิเคราะห์เสถียรภาพลาดดิน จึงเลือกใช้ค่ากำลังเฉือนของดินที่จุดคงค้าง (Residual state) โดยใช้ ค่า $C'_r = 0$ t/m^2 และ $\phi'_r = 20.15^\circ$ และจากการตรวจวัดการเคลื่อนตัวของมวลดินในพื้นที่ โดยใช้ Inclinator ทำให้ทราบความลึกของระนาบการพิบัติอยู่ที่ 5 เมตร ที่ค่าระดับน้ำใต้ดินเปลี่ยนแปลงตามปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ นำมาวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำใต้ดิน โดยใช้ [7] สมการเสถียรภาพของลาดอนันต์ สมการที่ (1) ในการวิเคราะห์ กำหนดระนาบการพิบัติ (Z) อยู่ที่ความลึก 5 เมตร ความหนาแน่นรวมของดินในสภาวะอิ่มตัว (γ_{sat}) เท่ากับ 1.80 t/m^3 มุมระนาบของพื้นที่ (β) เท่ากับ 10° และค่าระดับน้ำใต้ดินเพิ่มขึ้นจนาน และทำมุมเอียงกับระนาบการพิบัติ สามารถวิเคราะห์ค่าความปลอดภัยของลาดดิน (F.S.) ตามการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำ ดังรูปที่ 12

$$F.S. = \frac{C'_r \cdot \sec \beta + \cos \beta (\gamma_{sat} Z - \gamma_w h) \tan \phi'_r}{\gamma_{sat} Z \sin \beta} \quad (1)$$

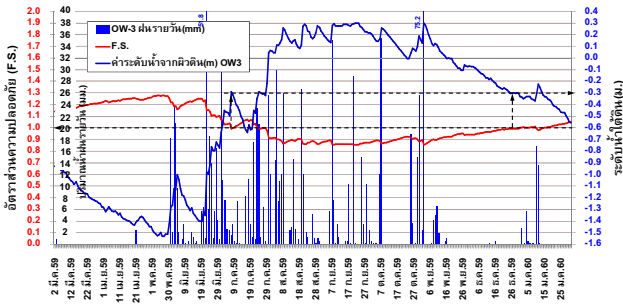
โดยที่ $F.S.$ คือ อัตราส่วนความปลอดภัยของลาดดิน
 C'_r คือ ความเชื่อมแน่นประสิทธิผล
 ϕ'_r คือ มุมเสียดทานประสิทธิผล
 γ_{sat} คือ ความหนาแน่นรวมของดินในสภาวะอิ่มตัว
 γ_w คือ ความหนาแน่นของน้ำ
 β คือ มุมระนาบของพื้นที่
 Z คือ ความลึกของระนาบพิบัติ
 h คือ ระดับความสูงของน้ำเหนือระนาบพิบัติ



รูปที่ 12 อัตราส่วนความปลอดภัยเสถียรภาพลาดดินที่เปลี่ยนแปลงตามระดับน้ำใต้ดิน

จากการประเมินอัตราส่วนความปลอดภัยเสถียรภาพลาดดินในพื้นที่ตามค่าระดับน้ำใต้ดินที่เพิ่มขึ้น สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความปลอดภัย ระดับน้ำใต้ดิน และ ปริมาณน้ำฝนรายวัน กับเวลาได้ดังรูปที่ 13 จะเห็นได้ว่าเมื่อระดับน้ำใต้ดินเพิ่มสูงขึ้นจนถึงระดับ -0.30 เมตร (ต่ำกว่าระดับผิวดิน 30 ซม.) อัตราส่วนความปลอดภัยของ

เสถียรภาพลาดดินจะน้อยกว่า 1 ซึ่งเป็นจุดที่ทำให้เห็นว่ามีการเคลื่อนตัวของมวลดินในพื้นที่เกิดขึ้น



รูปที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความปลออดภัย ระดับน้ำใต้ดิน และ ปริมาณน้ำฝนรายวัน

6. สรุปผลการศึกษา

พฤติกรรมทางกลศาสตร์ของดินตะกอนเศษหินเชิงเขาในพื้นที่หมู่บ้านดอยช้าง เป็นการสะสมตัวของเศษดินหินที่เกิดจากการผุพังของหินและถูกพัดพามาสะสมรวมกันบนชั้นหินแข็งจึงประกอบด้วยดินเม็ดละเอียดและเศษหินที่มีขนาดต่างๆ ปะปนกัน หากจำแนกประเภทของดินตามระบบ USCS พบว่า ชั้นดินที่อยู่ด้านบนที่มีความลึก 5 เมตรเป็นดินประเภท MH ซึ่งจะมีความเป็นพลาสติกมากกว่าชั้นดินที่อยู่ลึกมากกว่า 5 เมตร ที่จัดเป็นดินประเภท ML ซึ่งมีความเป็นพลาสติกจัดอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง มีความสามารถในการไหลซึมของน้ำค่อนข้างต่ำ มีค่าสัมประสิทธิ์การไหลซึมของน้ำเฉลี่ย 8.28×10^{-5} เซนติเมตร/นาทิจมีความหนาแน่นรวม(γ_t) และความหนาแน่นแห้ง(γ_d) เฉลี่ย 1.59 t/m^3 และ 1.21 t/m^3 ค่าความเชื่อมแน่นค่อนข้างน้อย $C' = 0.11 \text{ ksc}$, $C'_r = 0.08 \text{ ksc}$ และมุมเสียดทานภายใน $\phi' = 25.23$, $\phi'_r = 20.15$ ซึ่งเป็นคุณสมบัติของดินในกลุ่มดินทราย

พฤติกรรมของการเคลื่อนตัวของดินตะกอนเศษหินเชิงเขาในพื้นที่หมู่บ้านดอยช้าง เกิดจากปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่และบริเวณข้างเคียงทำให้ระดับน้ำใต้ดินเพิ่มสูงขึ้นจนถึงระดับ - 30 เซนติเมตร (ต่ำกว่าระดับผิวดิน 30 เซนติเมตร) ส่งผลให้เสถียรภาพลาดดินลดลงจนมีค่า F.S. < 1 สามารถตรวจวัดระนาบการเคลื่อนตัวของมวลดินในพื้นที่ได้ที่มีความลึก 5 เมตร มีอัตราการเคลื่อนตัวของมวลดินในช่วงฤดูฝนเฉลี่ยเท่ากับ 19.45 มิลลิเมตร/เดือน ซึ่งเป็นอัตราการเคลื่อนตัวที่ค่อนข้างช้าและอยู่ในเกณฑ์การเคลื่อนตัวของดินตะกอนเศษหินเชิงเขาซึ่งจะไม่ก่อให้เกิดความเสียหายในระดับรุนแรงแบบทันทีทันใด แต่อาจก่อให้เกิดความเสียหายในระยะยาวต่อโครงสร้างอาคารบ้านเรือนที่เป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก และถนนที่อยู่บนพื้นที่ลาดดิน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนบทความขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ มูลนิธิมิตรชนภักย์ ศูนย์วิจัยปฐพีและฐานราก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน สำหรับการสนับสนุนงบประมาณเพื่อการวิจัยและเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยทุกท่าน ในการให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำ, ห้องวิจัยนวัตกรรมทางวิศวกรรมปฐพีภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน สำหรับเครื่องมือการทดสอบและสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ในการทำวิจัยนี้ และชาวบ้านหมู่บ้านดอยช้างที่ให้ความร่วมมือในการสำรวจเก็บข้อมูลในพื้นที่

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2548). แผนที่แสดงพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว
- [2] กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2550). แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดเชียงราย
- [3] วรากร ไม้เรียง และ นางลักษณ์ ไทยเจียมอารีย์ (2546). เสถียรภาพของลาดดินในพื้นที่ลุ่มน้ำก้อโดยใช้คุณสมบัติทางวิศวกรรม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- [4] สุทธิศักดิ์ ครัลัมภ์ และ วรวัชร ตอวิวัฒน์ (2553). พฤติกรรมการรับแรงเฉือนเมื่อความชื้นเปลี่ยนแปลงไปของดินมูลสายอยู่กับที่ในประเทศไทยเพื่อสนับสนุนการเตือนภัยดินถล่มและการออกแบบทางธรณีวิศวกรรม. การประชุมวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 15, อุบลราชธานี, วันที่ 12-14 พฤษภาคม 2553 ณ โรงแรมสุนีย์ แกรนด์แอนด์ คอนเวนชัน เซ็นเตอร์ จ.อุบลราชธานี, หน้า 4-6
- [5] Japan Landslide Association for Slope Disaster Management (JASDiM): Essential Implementation of Technical Design for Landslide Countermeasures, 2, p. 22, 1978 (in Japanese).
- [6] Cruden DM, Varnes DJ (1996) Landslide types and processes. In: Turner AK, Schuster RL (eds) Landslides investigation and mitigation. Transportation research board, US National Research Council. Special Report 247, Washington, DC, Chapter 3, pp. 36–75
- [7] อภินิติ โชติสังกาศ (2554). ชีวะวิศวกรรมปฐพีเพื่อความคุมการชะล้างพังทลายของลาดและดินถล่ม. หจก. ฟรี-วัน, หน้า 48-51.