



การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนสะสมกับระยะเวลาดินพังทลายบน
แบบจำลองลาดเอียงทางกายภาพ

A STUDY OF THE RELATIONSHIP BETWEEN ACCUMULATION RAINFALL AND SOIL
LANDSLIDE TIME ON A PHYSICAL EARTH SLOPE MODEL

สุรัชย์ อำนวยพรเลิศ^{1*} พงศ์พันธุ์ กาญจนการุณ¹ บุรินทร์ เครือโยอินตา² ปิยะ เป็งขวัญ² และสิวารินทร์ ศรีคำชุม²

^{1*}อาจารย์ สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย

²นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนสะสมกับระยะเวลาดินพังทลายบนแบบจำลองลาดเอียงทางกายภาพโดยเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ที่เคยดินพังทลายนำมาทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานทางวิศวกรรมของมวลดินจำนวน 2 ชนิดและจำลองปริมาณน้ำฝนจากงานวิจัยที่ผ่านมาที่มากกว่า 100 มิลลิเมตรต่อวัน ส่งผลให้ดินพังทลายบนลาดเอียงและกำหนดแบบจำลองความลาดเอียง 2 ลักษณะ ใช้ระยะเวลา 160 ชั่วโมงต่อลาดเอียง เพื่อศึกษารูปแบบการทรุดตัวสะสมและความยาวรอยแตกสะสม จากผลศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานทางวิศวกรรมของตัวอย่างดินสามารถจำแนกดิน โดยวิธี USCS เป็นดินประเภท SM จากผลศึกษาแสดงให้เห็นว่าเมื่อปริมาณน้ำฝนสะสมถึงช่วงระยะเวลา 48 ชั่วโมงจะทำให้ลาดเอียงทั้งสองจะเกิดการทรุดตัวก่อนและเกิดรอยแตกขึ้นมาและพบว่าเมื่อมุมลาดเอียงเพิ่มขึ้นดินที่มีความสามารถซึมได้ของน้ำต่ำจะเริ่มเกิดการทรุดตัวอย่างฉับพลันและขณะที่ลาดเอียงต่ำๆเมื่อระยะเวลาผ่านไปนานๆดินจะเกิดการทรุดตัวเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องและมากที่สุด และจากการศึกษาความยาวรอยแตกสะสมซึ่งจะแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าดินที่มีความสามารถซึมได้ของน้ำสูงเมื่อลาดเอียงเพิ่มขึ้นปรากฏความยาวรอยแตกสะสมมากที่สุด ในขณะที่เดียวกันดินที่มีความสามารถซึมได้ของน้ำต่ำควรมีการแผ่รังและต้องหาวิธีป้องกันซึ่งยังปรากฏความยาวรอยแตกสะสมอย่างต่อเนื่องจนครบเวลาทดสอบ

คำสำคัญ: ปริมาณน้ำฝนสะสม, ความยาวรอยแตกสะสม, การทรุดตัวสะสม, ระยะเวลาดินพังทลาย, ลาดเอียง

ABSTRACT

This paper presents a study of the relationship between accumulation rainfall and soil landslide time on a physical earth slope model .Soil samples were collected from the soil landslide sites and tested for basic engineering properties of two soil masses and the rainfall from previous researches was more than 100 millimeters per day. As a result, soil landslide on the slope and two slope models were used. The slope was 160 hours per slope. To study cumulative settlement patterns and cumulative lengths. Based on

Surachai Amnuaypornlert^{1*} Pongpan Kanjanakaroon¹ Burin Khruyaiinta² Piya Pengkwan² and Sivarin Srikhamchum²

^{1*}Lecturer, ²Bachelor student, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering,

Rajamangala University of Technology Lanna ChiangRai.

the results of the study, the basic properties of soil samples can be USCS classified is SM. the results show that when the rainfall accumulation reaches a period of 48 hours, the two slopes will collapse and the cracks will follow. Low water permeability will initiate sudden slump and low slope. Over long periods of time, soil will continue to subsist more and more. And based on the cumulative crack length study, it is evident that soil with high water permeability on slope increases with the cumulative length of cracks. At the same time, soil with low water permeability should be monitored and preventive measures should be taken.

KEYWORDS: Accumulation rainfall, Accumulation crack, Accumulation settlement, Soil landslide time, slope

1. บทนำ

ปัจจุบันเหตุการณ์ภัยพิบัติเกิดขึ้นในพื้นที่อย่างกว้างขวางทั้งในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งส่งผลกระทบต่อประชาชนที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการพังทลายของดินเป็นกระบวนการเกิดโดยอาศัยแรงที่มาจากน้ำ ลมและวัสดุอื่น ๆ ภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก จนทำให้มวลดินแตกแยกออกจากกันแล้วเคลื่อนย้ายอนุภาคของมวลดินไปตกตะกอนทับถมอีกแห่งหนึ่งในขณะที่ประเทศไทยปัจจุบันเกิดเหตุการณ์ดินถล่มและโคลนถล่มเป็นจำนวนมากและเป็นหนึ่งภัยพิบัติทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นโดยทางอ้อม ทำให้หลายพื้นที่ที่มีอัตราเสี่ยงต่อการเกิดการพังทลายของดินในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนกันยายน เป็นช่วงฤดูฝนของประเทศไทยจะมีฝนตกหนักอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลาอันยาวนานและปริมาณน้ำฝนมากกว่า 100 มิลลิเมตรต่อวัน [1] ทำให้พื้นที่ภาคเหนือ และภาคใต้ ที่มีลักษณะพื้นที่ที่เป็นที่ลาดชันเกิดความเสียหายส่งผลกระทบต่อทางด้านเกษตรกรรม การคมนาคม และผู้อยู่อาศัย ซึ่งเป็นเหตุการณ์ภัยพิบัติที่ไม่สามารถรับรู้ได้ก่อน

จากเหตุการณ์ฝนตกชุกต่อเนื่องถนนสายหลักคดอแม่สอง อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงรายในวันที่ 8 กันยายน 2560 ส่งผลให้ดินภูเขาเกิดการอุ้มน้ำไว้มากจึงทำให้เกิดดินเลื่อนไหลในพื้นที่บ้านผาเตือ ตำบลแม่สองใน อำเภอแม่ฟ้าหลวง ส่งผลให้บ้านเรือนราษฎรเกิดการทรุดตัวเสียหายและมีบ้านที่มีความเสี่ยงที่จะเกิดดินโคลนถล่ม โดยถนนคอนกรีตเสริมเหล็กได้ทรุดตัวเสียหายเป็นระยะทางยาว 30 เมตร [1] ความเสียหายส่วนใหญ่เป็นความเสียหายด้านอาคารสถานที่และเส้นทางคมนาคม ส่งผลให้พื้นที่จังหวัดเชียงรายเกิดปัญหาภัยพิบัติทางธรรมชาติเช่นการเกิดฝนตกดินโคลนถล่มในช่วงฤดูฝนจึงทำให้มีความเสี่ยงในการเกิดการพังทลายของดิน เป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติซึ่งส่งผลให้เกิดอันตรายและสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สิน จากการศึกษาพบเบื้องต้นพบว่ามีการทำวิจัยเกี่ยวกับการพังทลายของลาดดิน ความแข็งแรงของดินไม่อุ้มตัวเพื่อการวิเคราะห์ความมั่นคงของลาดเขา [9] พบว่ามีความสัมพันธ์ของกำลังรับแรงเฉือนแปรผันตามหน่วยแรงตั้งฉากและความอุ้มตัวของน้ำในมวลดินและยังสามารถนำไปคำนวณวิเคราะห์พร้อมกับการไหลซึมของน้ำจากปริมาณของฝนในรูปแบบต่าง ๆ สร้างเป็นขอบเขตน้ำฝนวิกฤตที่สามารถใช้ในการเตือนภัยต่อไปได้ การศึกษาเสถียรภาพของลาดดิน โดยคุณสมบัติพื้นฐานทางวิศวกรรม [7] พบว่าคุณสมบัติของดินและปริมาณของฝนเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพของลาดดินและระดับความอุ้มตัวหรือความชื้นในมวลดินส่งผลต่อกำลังรับแรงเฉือน จากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาในประเทศไทยยังมีผู้ศึกษาไม่มากนักเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนสะสมกับระยะเวลาดินพังทลายบนแบบจำลองลาดเอียงทางกายภาพ โดยอาศัยข้อมูลคุณสมบัติทางพื้นฐานวิศวกรรมของมวลดินกับความลาดเอียงและปริมาณฝนตกวิกฤตสะสมร่วมกับการวัดรูปแบบการทรุดตัวและความยาวของรอยแตกของลาดดิน

ทางคณะผู้ศึกษามีแนวคิดศึกษารูปแบบและลักษณะของการพังทลาย โดยจะพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติพื้นฐานทางวิศวกรรมของมวลดินกับความลาดเอียงและปริมาณน้ำฝนวิกฤตสะสมที่มีผลต่อมวลดิน ภายใต้แบบจำลองทางกายภาพของดิน 2 ชนิดและศึกษาความลาดชัน 35 องศาและ 45 องศา โดยศึกษาจากการเก็บตัวอย่างของดินมาทดสอบหาข้อมูลพื้นฐานทาง

วิศวกรรมในห้องปฏิบัติการและเป็นแนวทางสร้างแบบจำลองทางกายภาพ และทดสอบหาปริมาณน้ำฝนวิกฤตสะสม เพื่อหา รูปแบบและลักษณะการพังทลายของดิน เพื่อใช้เป็นข้อมูลแนวทางเลือกการแก้ไขปัญหาและการจัดการเกี่ยวกับดินถล่มและสร้างความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานทางวิศวกรรมของดิน
2. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนสะสมกับระยะเวลาดินพังทลายบนแบบจำลองลาดเอียงทางกายภาพ
3. ศึกษาลักษณะรูปแบบการพังทลายของดินบนแบบจำลองลาดเอียงทางกายภาพ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนสะสมกับระยะเวลาดินพังทลายบนแบบจำลองลาดเอียงทางกายภาพสามารถแบ่งขั้นตอนการดำเนินการวิจัยออกเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย การทดสอบตัวอย่างดินก่อนขึ้นแบบจำลองทางกายภาพในห้องปฏิบัติการ การทดสอบหาปริมาณน้ำฝนวิกฤต และการทดสอบแบบจำลองลาดเอียง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1 การทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานทางวิศวกรรมของดินในห้องปฏิบัติการ

การดำเนินการวิจัยเริ่มต้นจากการเก็บตัวอย่างดินจากบริเวณ บ้านห้วยดอกกูน ตำบลเจริญเมือง อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย ซึ่งเป็นสถานที่ๆ เคยมีพื้นที่เกิดการพังทลายของลาดเอียง ดังรูปที่ 1 จึงทำให้คณะผู้ศึกษาสนใจนำตัวอย่างดินมาศึกษาจำนวน 2 ลักษณะ



รูปที่ 1 ตำแหน่งเก็บตัวอย่างดินบ้านห้วยดอกกูน ตำบลเจริญเมือง อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

ซึ่งมีลักษณะสีแตกต่างกันตามระดับความลึกบริเวณใกล้เคียงกันและนำตัวอย่างดินทั้งสองชนิดมาหาคุณสมบัติพื้นฐานทางวิศวกรรมของมวลดินเพื่อจำแนกหาประเภทของดิน โดยทดสอบหาค่า Water Content , Sieve Analysis , Hydrometer Analysis, Atterberg's Limits, Permeability Test

3.2 การทดสอบปริมาณน้ำฝนวิกฤต

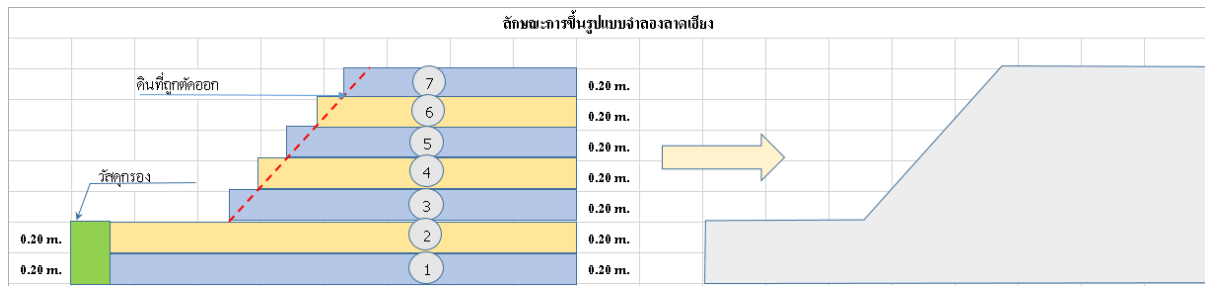
จากการศึกษาข้อมูลงานวิจัยที่ผ่านมาปริมาณน้ำฝนที่ทำให้มวลดินพังทลายมีค่ามากกว่า 100 มิลลิเมตรต่อวัน [1],[13] ดังรูปที่ 2 ทางคณะผู้ศึกษาจึงต้องทดสอบหาปริมาณน้ำปล่อยลงแบบจำลองที่เป็นตัวแทนปริมาณน้ำฝนตามธรรมชาติก่อนทำการติดตั้งชุดจำลองปล่อยปริมาณน้ำและได้กำหนดให้การจำลองปริมาณน้ำฝน แบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงแรกระยะเวลา 48 ชั่วโมง และช่วงที่สองระยะเวลา 112 ชั่วโมง



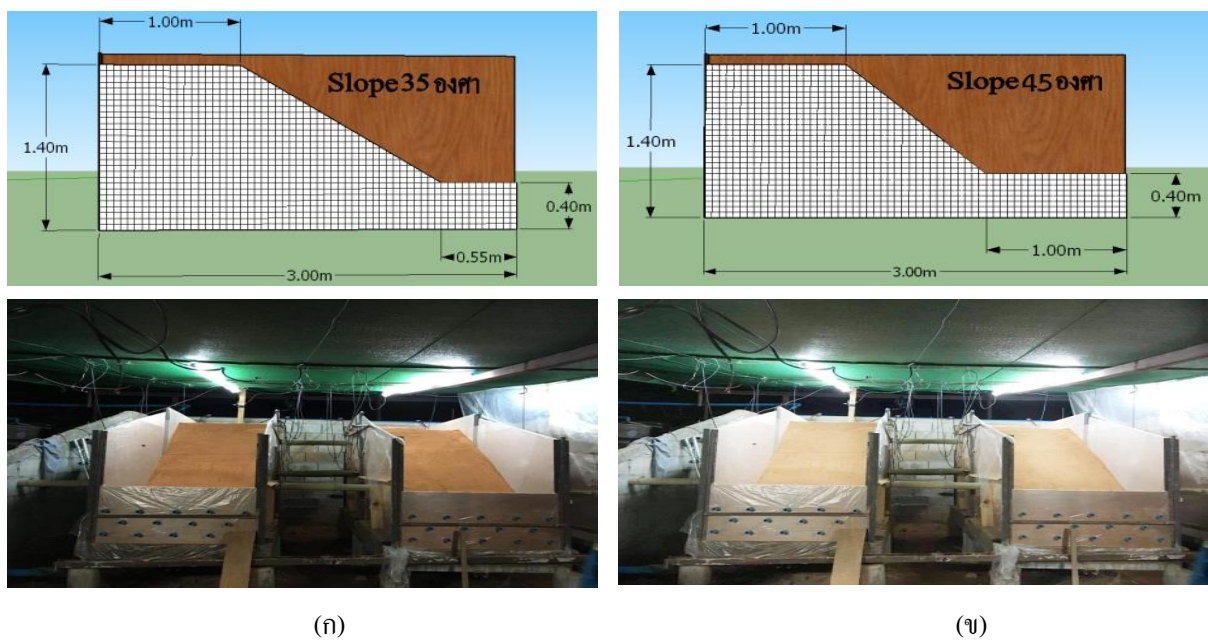
รูปที่ 2 การทดสอบปริมาณน้ำฝนแนวคิดจากการทดสอบได้จากงานวิจัยที่มีปริมาณน้ำฝนไม่น้อยกว่า 100 มิลลิเมตร/วัน [1]

3.3 การทดสอบแบบจำลองลาดเอียงทางกายภาพ

ในการศึกษาได้กำหนดขั้นตอนการสร้างแบบจำลองทางกายภาพของลาดเอียง ดังรูปที่ 3 หลังจากนั้นทำการนำดินขึ้นรูปตามแบบที่กำหนดไว้ ดังรูปที่ 4 ซึ่งทางคณะผู้ศึกษาได้ใช้พื้นที่บริเวณ สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี สร้างแบบจำลองขนาด กว้าง 1.0 เมตร ยาว 3.0 เมตร สูง 1.40 เมตร โดยนำดินทั้งสองชนิดขึ้นลาดเอียงมุม 35 องศาและมุม 45 องศา และเมื่อพิจารณาทดสอบปริมาณน้ำฝนวิกฤต ตามหัวข้อที่ 3.2 แล้วเสร็จ ทำการติดตั้งระบบจำลองน้ำฝนให้กับแบบจำลองลาดเอียงทางกายภาพและในการศึกษานี้จะใช้ระยะในการทดสอบต่อ 1 ชุดตัวอย่าง เท่ากับ 160 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 4 ชุดตัวอย่าง เท่ากับ 640 ชั่วโมง ซึ่งในการทดสอบแบบจำลองจะกำหนดให้บริเวณ โดยรอบไม่มีการระบายน้ำออกและให้ปริมาณน้ำฝนไหลซึมลงที่ผิวหน้าของลาดเอียงเพียงอย่างเดียว ต่อจากนั้นทำการทดสอบปล่อยน้ำฝนและบันทึกการทดสอบและบันทึกลักษณะการเกิดความขรุขระแตก การทรุดตัวของดินทั้ง 2 ชนิด บนลาดเอียงว่าดินมีลักษณะการพังทลายอย่างไร ตลอดระยะเวลาการทดสอบ



รูปที่ 3 กำหนดขั้นตอนการขึ้นรูปแบบจำลองทางกายภาพของลาดเอียง



รูปที่ 4 การสร้างแบบจำลองทางกายภาพของดินและการติดตั้งระบบจำลองปริมาณน้ำฝนบนลาดเอียงที่ 35 องศาและ 45 องศา (ก) ดินชนิดที่ 1 (ข) ดินชนิดที่ 2

4. ผลของการศึกษา

4.1 ผลศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานทางกายภาพและทางวิศวกรรมของดิน

การศึกษาค้นคว้าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนสะสมกับระยะเวลาดินพังทลายบนแบบจำลองลาดเอียงทางกายภาพ เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาจึงได้ทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานทางวิศวกรรมของตัวอย่างดิน สำหรับใช้เป็นข้อมูลประกอบการอภิปรายผล และก่อนการขึ้นขึ้นแบบจำลองทางกายภาพความลาดที่มุม 35 องศา และ 45 องศา โดยตัวอย่างดินที่นำมาทดสอบจะเป็นดินที่มีลักษณะที่ต่างกันโดยดินทั้ง 2 มีลักษณะเป็นทรายผสมกับตะกอนทรายเหมือนกัน สามารถหาค่าต่าง ๆ ได้จากการทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการ [12] ประกอบด้วย การทดสอบความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน (Specific Gravity), การทดสอบการกระจายตัวของเม็ดดินโดยผ่านตะแกรงมาตรฐาน (Sieve Analysis) ตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D 422-85 [23] การทดสอบการกระจายตัวของเม็ดดินโดยวิธีไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer Analysis) ตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D 4221-99

[24] และการทดสอบขีดจำกัดความชื้นเหลวของดิน (Atterberg's Limit) ตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D 4318-93 [20] แล้วนำผลการทดสอบมาจำแนกชนิดของดิน ด้วยวิธี USCS ซึ่งสามารถสรุปผลการทดสอบตามตารางที่ 1 โดยรายละเอียดผลของการทดสอบมีดังนี้

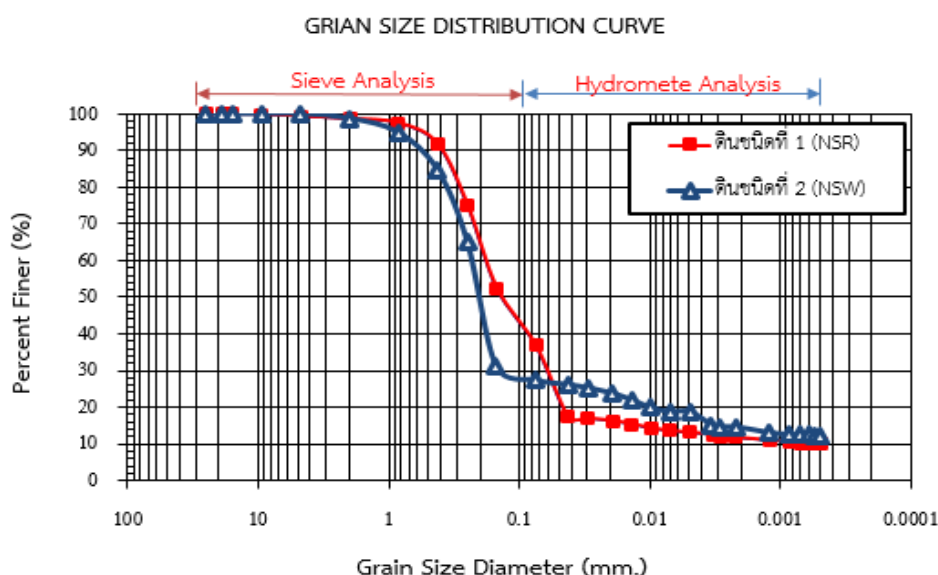
จากตารางที่ 1 ผลการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานทางวิศวกรรมของดินทั้ง 2 ชนิด มีรายละเอียด ดังนี้ คือ ดินชนิดที่ 1(NSR) มีลักษณะเป็นดินสีแดง มีค่าปริมาณความชื้นตามธรรมชาติและก่อนการจำลอง เท่ากับ 5.90 และ 9.50 % ตามลำดับ มีค่าพิกัดความเหลวเท่ากับ (LL) เท่ากับ 29.58 เปอร์เซ็นต์ พิกัดพลาสติก (PL) เท่ากับ 26.61 เปอร์เซ็นต์ ดัชนีพลาสติก (PI) เท่ากับ 2.97 เปอร์เซ็นต์ และค่าความถ่วงจำเพาะของดิน เท่ากับ 2.72 ส่วนดินชนิดที่ 2 มีลักษณะเป็นดินสีขาว มีค่าปริมาณความชื้นตามธรรมชาติและก่อนการจำลอง เท่ากับ 5.60 และ 10.10 % ตามลำดับ มีค่าพิกัดความเหลวเท่ากับ (LL) เท่ากับ 37.98 เปอร์เซ็นต์ พิกัดพลาสติก (PL) เท่ากับ 35.11 เปอร์เซ็นต์ ดัชนีพลาสติก (PI) เท่ากับ 2.87 เปอร์เซ็นต์ และค่าความถ่วงจำเพาะของดิน เท่ากับ 2.94 และเมื่อพิจารณาค่าตามตารางที่ 1 และรูปที่ 5 พบว่า ค่าความถ่วงจำเพาะของดินชนิดที่ 2 (Natural Soil White, NSW) มีค่ามากกว่าดินชนิดที่ 1 (Natural Soil Red , NSR) เนื่องจากมีอนุภาคมวลดินส่วนละเอียดมากกว่าและทำให้ความหนาแน่นของดินทดสอบ โดยวิธี Field Density มีค่าสูงขึ้นตาม

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของดินที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

ผลการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานทางวิศวกรรมของดิน		
Water content (%) ตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D 4718 – 87 [18]		
ชนิดดิน	ดินชนิดที่ 1(NSR)	ดินชนิดที่ 2 (NSW)
Water content (ดินตามธรรมชาติ)	5.90	5.60
Water content (ดินก่อนจำลอง)	9.50	10.10
Specific Gravity of Soil ตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D 854-00 [19]		
ชนิดดิน	ดินชนิดที่ 1(NSR)	ดินชนิดที่ 2 (NSW)
Specific Gravity of Soil	2.72	2.94
Atterberg's Limit (%) ตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D 4318-93 [20]		
ค่า Liquid Limit (LL.)	29.58	37.98
ค่า Plastic Limit (PL.)	26.61	35.11
ค่า Plastic Index (PI.)	2.97	2.87
Void Ratio (%)		
ชนิดดิน	ดินชนิดที่ 1(NSR)	ดินชนิดที่ 2 (NSW)
Swelling	28.94	18.94

Field Density (t/m^3) ตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D 1556 – 00 [21]		
ชนิดดิน	ดินชนิดที่ 1 (NSR)	ดินชนิดที่ 2 (NSW)
Field Density (ดินตามธรรมชาติ)	1.320	1.510
Field Density (ดินก่อนจําลอง)	1.353	1.500
Permeability Test (cm/min.) ตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D 2434 – 68 [22]		
ชนิดดิน	ดินชนิดที่ 1 (NSR)	ดินชนิดที่ 2 (NSW)
Permeability Test	2.816×10^{-3}	1.883×10^{-3}

จากรูปที่ 5 เมื่อพิจารณาผลการทดสอบการกระจายตัวของดินทั้ง 2 ชนิด พบว่าเป็นดินลักษณะเป็นเม็ดหยาบที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 > 50 % เป็นดินกลุ่ม S ที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ได้ทั้งหมด 100 % สามารถจำแนกดินตามวิธี USCS จำแนกเป็นประเภท SM เป็นดินทรายที่มีตะกอนทรายผสม ซึ่งการกระจายตัวขนาดละตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D 422-85 [23] มีค่าใกล้เคียงกันทั้งสองชนิดและเมื่อพิจารณาส่วนละเอียดของมวลดินโดยวิธีการทดสอบการกระจายตัวของเม็ดดินโดยวิธีไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer Analysis) ตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D 4221-99 [24] พบว่า ดินชนิดที่ 2 (NSW) มีส่วนละเอียดมากกว่าดินชนิดที่ 1 (NSR) จึงทำให้ค่าความสามารถซึมได้ของดินชนิดที่ 2 มีค่าต่ำกว่าดินชนิดที่ 1



รูปที่ 5 การกระจายตัวของดินที่นำมาศึกษาวิจัย

4.2 ผลศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนสะสมกับระยะเวลาที่เกิดดินพังทลายบนแบบจำลองทางกายภาพ

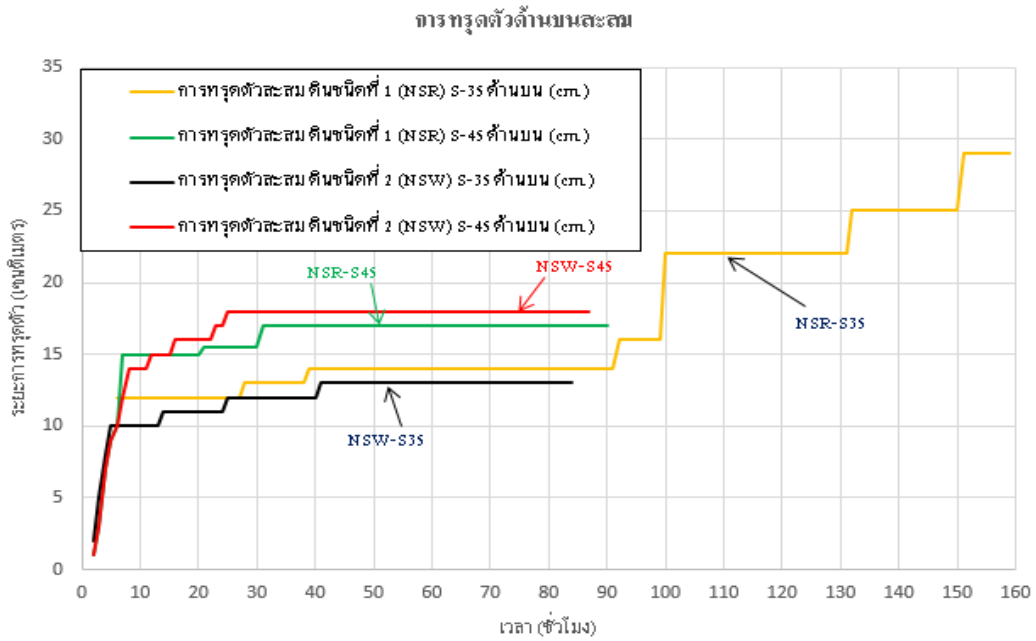
จากผลศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนสะสมกับระยะเวลาที่เกิดดินพังทลายบนแบบจำลองลาดเอียงทางกายภาพ โดยทดสอบลาดเอียงมุม 35 และ 45 องศา ซึ่งนำดินทั้ง 2 ชนิดมาขึ้นรูปและปล่อยปริมาณน้ำฝนอย่างต่อเนื่องโดยใช้ระบบ valve

ควบคุมน้ำ แบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรกปล่อยปริมาณน้ำฝน เท่ากับ 150 มิลลิเมตรต่อวัน เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง และช่วงที่สองปล่อยปริมาณน้ำฝน เท่ากับ 450 มิลลิเมตรต่อวัน เป็นระยะเวลา 112 ชั่วโมง รวมระยะเวลา 160 ชั่วโมงต่อลาดเอียง จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำฝนสะสมในช่วงระยะเวลา 48 ชั่วโมง จะทำให้ลาดเอียงทั้งสองจะเกิดการทรุดตัวก่อนของดินทั้งสองชนิด หลังจากนั้นจะมีการเกิดรอยแตกขึ้นตามมาและยังพบว่า การทรุดตัวและรอยแตกของดินขึ้นอยู่กับ การกระจายตัวของดิน ความสามารถซึมได้ของน้ำในมวลดิน ปริมาณน้ำฝน ความลาดเอียง และเมื่อปล่อยปริมาณน้ำฝนสะสมเพิ่มในช่วงที่สองเป็นระยะเวลา 112 ชั่วโมง ทำให้การทรุดตัวเกิดขึ้นน้อยกว่าความยาวของรอยแตก เนื่องจากรอยแตกส่งผลให้ปริมาณน้ำฝนไหลเข้าไปได้ง่าย อีกทั้งแบบจำลองมีการไหลซึมออกของน้ำผ่านมวลดินเฉพาะผิวหน้าเมื่อปริมาณน้ำในมวลดินอิ่มตัวเต็มที่ ทำให้กำลังรับแรงเฉือนของดินลดลง โดยเฉพาะแบบจำลองที่มีความลาดเอียงสูงจึงเกิดรอยแตกที่ผิวมากกว่าความลาดเอียงต่ำ

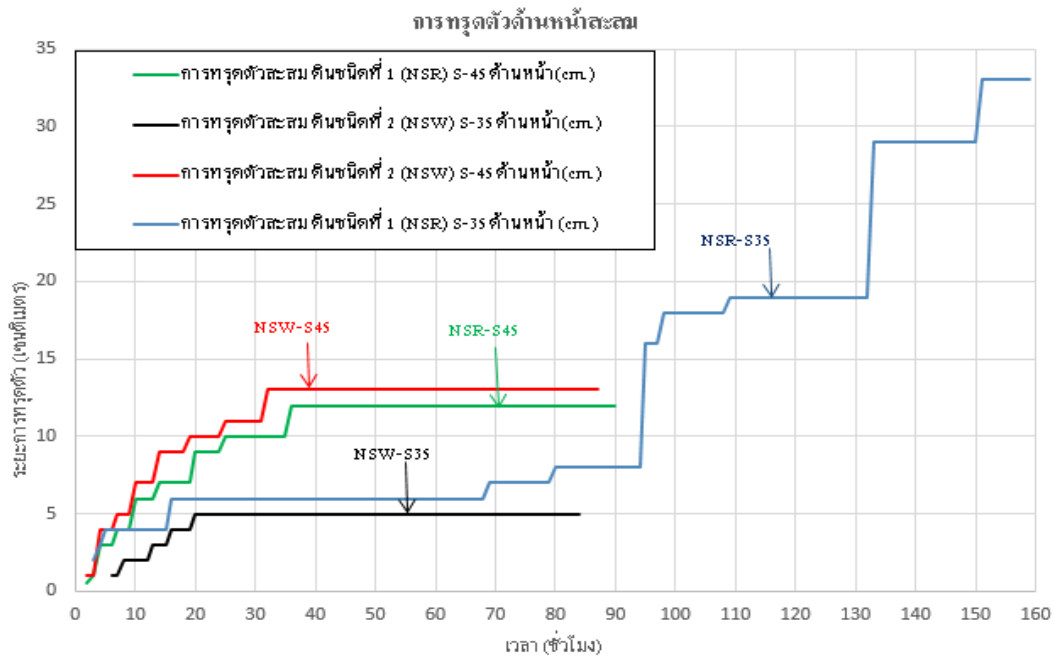
4.3 ผลการศึกษาลักษณะรูปแบบการพังทลายของดินบนแบบจำลองลาดเอียงทางกายภาพ

จากผลการศึกษาทดสอบมุมลาดเอียง 35 องศา และ 45 องศา ซึ่งได้นำดินชนิดที่ 1 (NSR) และดินชนิดที่ 2 (NSW) นำมาขึ้นรูปในแบบจำลองลาดเอียงทางกายภาพ โดยใช้ระยะเวลาในการทดสอบ 160 ชั่วโมง ต่อลาดเอียง รวมทั้งหมด 640 ชั่วโมง และพิจารณาลักษณะรูปแบบการทรุดตัวและความยาวรอยแตกสะสมก่อนการพังทลายของลาดเอียง จำนวน 4 ลาดเอียง โดยกำหนดปล่อยปริมาณน้ำฝนตกอย่างต่อเนื่องตามหัวข้อที่ 4.2 และทำการวัดระยะทรุดตัวและความยาวรอยแตกของลาดเอียง ทุกๆ 1 ชั่วโมง จากการศึกษาแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าเมื่อมุมลาดเอียง 45 องศา ของดินชนิดที่ 2 จะเริ่มเกิดการทรุดตัวบริเวณด้านบนมากที่สุด หลังจากปล่อยน้ำฝนเป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมงและเกิดการทรุดตัวที่ผิวลาดเอียงตามมาที่ระยะเวลาผ่านไป 3 ชั่วโมง โดยจะเกิดการทรุดเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ในช่วงระยะเวลา 10 ถึง 40 ชั่วโมง ทั้งบริเวณด้านบนและผิวลาดเอียง เมื่อระยะเวลาผ่านไปหลังจาก 40 ชั่วโมง ดินจะเริ่มการทรุดตัวครั้งที่ จนถึงระยะเวลา 90 ชั่วโมง เกิดการทรุดตัวของดินชนิดที่ 1 ลาดเอียง 35 องศา เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนถึงระยะเวลา 160 ชั่วโมง ซึ่งมีค่าการทรุดตัวสะสมสูงสุดบริเวณด้านบนและด้านผิวลาดเอียง เท่ากับ 28.3 และ 33.8 เซนติเมตร ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 6 และ รูปที่ 7

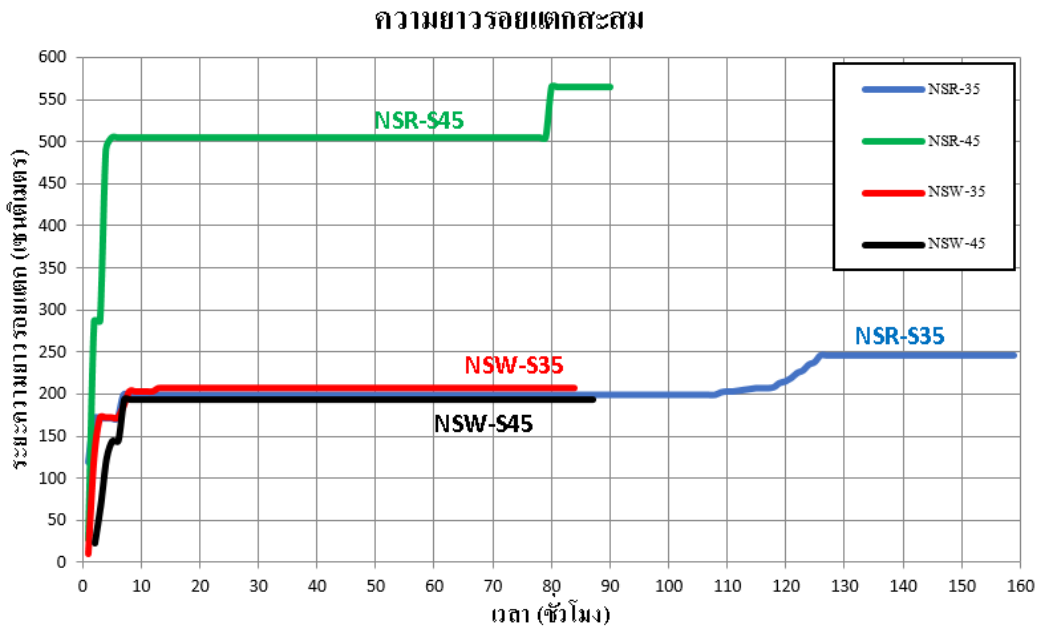
จากผลการศึกษาความยาวรอยแตกสะสม ดังแสดงในรูปที่ 8 พบว่าจะปรากฏความยาวของรอยแตกหลังจากเกิดการทรุดตัว ซึ่งจะเห็นอย่างเด่นชัดว่าบริเวณด้านบนของลาดเอียงจะรอยแตกก่อนบริเวณด้านผิวลาดเอียง ตลอดระยะเวลาในการศึกษา 160 ชั่วโมง ในการศึกษาแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าดินชนิดที่ 1 ลาดเอียง 45 องศา ปรากฏความยาวรอยแตกสะสมมากที่สุดเท่ากับ 560 เซนติเมตร เมื่อเวลาผ่านไป 90 ชั่วโมง ในขณะที่เดียวกันดินชนิดที่ 1 ลาดเอียง 35 องศา ยังปรากฏความยาวรอยแตกสะสมอย่างต่อเนื่องเท่ากับ 250 เซนติเมตร เมื่อเวลาผ่านไป 160 ชั่วโมง ซึ่งบ่งบอกได้ว่าลาดเอียงต่ำ ควรระมัดระวังและต้องหาวิธีป้องกันดินพังทลายเนื่องจากเกิดการทรุดตัวมากที่สุด แม้ว่าความยาวรอยแตกสะสมจะไม่มากเมื่อเปรียบเทียบกับดินชนิดเดียวกันที่มีลาดเอียงเพิ่มขึ้นก็ตาม



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างการทรุดตัวสะสมบริเวณด้านบนลาดเอียงกับระยะเวลา



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างการทรุดตัวสะสมบริเวณด้านหน้าลาดเอียงกับระยะเวลา



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวรอยแตกสะสมกับระยะเวลาทดสอบ

5. สรุปผลการศึกษา

จากผลศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนสะสมกับระยะเวลาที่เกิดดินพังทลายบนแบบจำลองลาดเอียงทางกายภาพ ได้ทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานทางวิศวกรรมของตัวอย่างดิน ประกอบด้วย ค่าความถ่วงจำเพาะของดินตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D 854-00 [19] ของดินชนิดที่ 1 และดินชนิดที่ 2 เท่ากับ 2.72 และ 2.94 ตามลำดับ, การกระจายตัวของเม็ดดินโดยผ่านตะแกรงมาตรฐานการทดสอบ ASTM D 422-85 [23] ของดินชนิดที่ 1 มีร้อยละผ่านตะแกรงเบอร์ 200 เท่ากับ 30.7 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าดินชนิดที่ 2 มีร้อยละผ่านตะแกรงเบอร์ 200 เท่ากับ 23.4 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการทดสอบการกระจายตัวของเม็ดดินโดยวิธีไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer Analysis) ตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D 4221-99 [24] ของดินชนิดที่ 2 มีร้อยละผ่านมากกว่าดินชนิดที่ 1 และการทดสอบขีดจำกัดความชื้นเหลวของดิน (Atterberg's Limit) ตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D 4318-93 [20] ของดินชนิดที่ 1(NSR) มีลักษณะเป็นดินสีแดง มีค่าปริมาณความชื้นตามธรรมชาติและก่อนการจำลอง เท่ากับ 5.90 และ 9.50 % ตามลำดับ มีค่าพิคตความเหลวเท่ากับ (LL) เท่ากับ 29.58 เปอร์เซ็นต์ พิกตพลาสติก (PL) เท่ากับ 26.61 เปอร์เซ็นต์ ดัชนีพลาสติก (PI) เท่ากับ 2.97 เปอร์เซ็นต์ ส่วนดินชนิดที่ 2 มีลักษณะเป็นดินสีขาว มีค่าปริมาณความชื้นตามธรรมชาติและก่อนการจำลอง เท่ากับ 5.60 และ 10.10 % ตามลำดับ มีค่าพิคตความเหลว (LL) เท่ากับ 37.98 เปอร์เซ็นต์ พิกตพลาสติก (PL) เท่ากับ 35.11 เปอร์เซ็นต์ ดัชนีพลาสติก (PI) เท่ากับ 2.87 เมื่อพิจารณาผลการทดสอบการกระจายตัวของดินทั้ง 2 ชนิด จะเป็นดินลักษณะเป็นเม็ดหยาบที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 > 50 % เป็นดินกลุ่ม S ที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ได้ทั้งหมด 100 % สามารถจำแนกดินตามวิธี USCS จำแนกเป็นประเภท SM เป็นดินทรายที่มีตะกอนทรายผสม

จากผลศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนสะสมกับระยะเวลาที่เกิดดินพังทลายบนแบบจำลองลาดเอียงทางกายภาพ โดยทดสอบลาดเอียงมุม 35 และ 45 องศา ซึ่งนำดินทั้ง 2 ชนิด มาขึ้นรูปและปล่อยปริมาณน้ำฝนอย่างต่อเนื่องโดยใช้ระบบ valve ควบคุมน้ำ แบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรกปล่อยปริมาณน้ำฝน เท่ากับ 150 มิลลิเมตรต่อวัน เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง และช่วงที่

สองปล่อยปริมาณน้ำฝน เท่ากับ 450 มิลลิเมตรต่อวัน เป็นระยะเวลา 112 ชั่วโมง รวมระยะเวลา 160 ชั่วโมงต่อลาดเอียง จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำฝนสะสมในช่วงระยะเวลา 48 ชั่วโมง จะทำให้ลาดเอียงทั้งสองจะเกิดการทรุดตัวก่อนของดินทั้งสองชนิด หลังจากนั้นจะมีการเกิดรอยแตกขึ้นตามมาและยังพบว่าการทรุดตัวและรอยแตกของดินขึ้นอยู่กับ การกระจายตัวของดิน ความสามารถซึมได้ของน้ำในมวลดิน ปริมาณน้ำฝน ความลาดเอียง และเมื่อปล่อยปริมาณน้ำฝนสะสมเพิ่มในช่วงที่สองเป็นระยะเวลา 112 ชั่วโมง ทำให้การทรุดตัวเกิดขึ้นน้อยกว่าความยาวของรอยแตก เนื่องจากรอยแตกส่งผลให้ปริมาณน้ำฝนไหลเข้าไปได้ง่าย อีกทั้งแบบจำลองมีการไหลซึมออกของน้ำผ่านมวลดินเฉพาะผิวหน้าเมื่อปริมาณน้ำในมวลดินอิ่มตัวเต็มที่ ทำให้กำลังรับแรงเฉือนของดินลดลง โดยเฉพาะแบบจำลองที่มีความลาดเอียงสูงจึงเกิดรอยแตกที่ผิวมากกว่าความลาดเอียงต่ำ

จากผลการศึกษาทดสอบมุมลาดเอียง 35 องศา และ 45 องศา ซึ่งได้นำดินชนิดที่ 1 (NSR) และดินชนิดที่ 2 (NSW) นำมาขึ้นรูปในแบบจำลองลาดเอียงทางกายภาพ โดยใช้ระยะเวลาในการทดสอบ 160 ชั่วโมง ต่อลาดเอียงและพิจารณาลักษณะรูปแบบการทรุดตัวของลาดเอียง จำนวน 4 ลาดเอียง โดยทำการวัดระยะทรุดตัวทุกๆ 1 ชั่วโมง จากการศึกษาแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าเมื่อมุมลาดเอียง 45 องศา ของดินชนิดที่ 2 จะเริ่มเกิดการทรุดตัวบริเวณด้านบนมากที่สุดหลังจากปล่อยน้ำฝนเป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมงและเกิดการทรุดตัวที่ผิวลาดเอียงตามมาที่ระยะเวลาผ่านไป 3 ชั่วโมง โดยจะเกิดการทรุดเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆในช่วงระยะเวลา 10 ถึง 40 ชั่วโมง ทั้งบริเวณด้านบนและผิวลาดเอียง เมื่อระยะเวลาผ่านไปหลังจาก 40 ชั่วโมง ดินจะเริ่มการทรุดตัวครั้งที่ จนถึงระยะเวลา 90 ชั่วโมง เกิดการทรุดตัวของดินชนิดที่ 1 ลาดเอียง 35 องศา เพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงระยะเวลา 160 ชั่วโมง ซึ่งมีค่าการทรุดตัวสะสมสูงสุดบริเวณผิวลาดเอียงมากกว่าบริเวณด้านบน คิดเป็นร้อยละ 119.43

จากผลการศึกษาความยาวรอยแตกสะสมจะปรากฏความยาวของรอยแตกหลังจากเกิดการทรุดตัว ซึ่งจะเห็นอย่างเด่นชัดว่าบริเวณด้านบนของลาดเอียงจะรอยแตกก่อนบริเวณด้านผิวลาดเอียง ตลอดระยะเวลาในการศึกษา 160 ชั่วโมง ในการศึกษาแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าดินชนิดที่ 1 ลาดเอียง 45 องศา ปรากฏความยาวรอยแตกสะสมมากที่สุดเท่ากับ 560 เซนติเมตร เมื่อเวลาผ่านไป 90 ชั่วโมง ในขณะที่เดียวกันดินชนิดที่ 1 ลาดเอียง 35 องศา ยังปรากฏความยาวรอยแตกสะสมอย่างต่อเนื่องเท่ากับ 250 เซนติเมตร เมื่อเวลาผ่านไป 160 ชั่วโมง ซึ่งบ่งบอกได้ว่าลาดเอียงต่ำ ควรมีการเฝ้าระวังและต้องหาวิธีป้องกันดินพังทลายเนื่องจากมีการเกิดการทรุดตัวมากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามความยาวรอยแตกสะสมจะมีไม่มากเมื่อเปรียบเทียบกับดินชนิดเดียวกันที่มีลาดเอียงเพิ่มขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณสำหรับการเอื้อเฟื้อสถานที่การทดสอบและอุปกรณ์สนับสนุนการทดสอบจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เชียงราย

เอกสารอ้างอิง

- [1] DMR. Department of Mineral Resources: Daily geological situation report, 2017. Available from: http://www.dmr.go.th/more_news.php?offset=300&cid=2&filename=index [Accessed 8 September 2017].
- [2] GERD. E-books to outsell print. The K value for calculating through the center of the soil size by the hydrometer. E-books online: Geotechnical Engineering Reserch and Development Center, 16 June 2017. Available from:http://www.gerd.eng.ku.ac.th/Cai/Ch06/ch063_theory.htm [Accessed 16 May 2017].

- [3] Tepparnich, J. and Jotisankasa, A. Behaviour of Soil Slope and Shear Strength Properties in The Landslide-Prone Area of Laplae, Uttaradit. In: 15th national civil engineering conference, Sunee Grand and Convention Center: Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani Province, 12-14 May 2010.
- [4] Anantaset, C. Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University, E-books to outsell print by new reports. Type of soil disaster, 24 February 2014. Available from: <http://www.cendru.eng.cmu.ac.th/web/4-2.htm> [Accessed 16 May 2017].
- [5] Thaijeamaree, N. Stability of Slopes in Nam Kor Watershed Area from Soil Engineering Properties. Master Engineering (Civil Engineering), Kasetsart University. Bangkok (Thailand), 2003.
- [6] Kangsasathiam, M. (2539). Engineering soil mechanics, 7th ed. Bangkok, Thailand: Irrigation Engineering Alumni Association under H.M. The King's Patronage, 1996.
- [7] Khacha-anan, R. Study of Slopes Stability by Used Engineering Properties : A Case Study of Theppharat Sichon District. Master Engineering (Civil Engineering), Prince of Songkla University. Songkla (Thailand), 2014.
- [8] Sukcharoen, R. and Soralump, S. A Study on the failure behavior of colluvium soil slope : A case of Doi Chang village. In: 22th National Convention on Civil Engineering, The Greenery Resort, Khao Yai, Pak Chong District, Nakhon Ratchasima Province, Thailand, 18-20 July 2017.
- [9] Mairaing, W. and Thaijeamaree, N1. Unsaturated Soil Strength for Mountain Slope Stability Analysis. In: 9th national civil engineering conference, Regent Cha-am Hotel, Cha-am, Phetchaburi, 19-21 May 2004.
- [10] Mairaing, W. and Kunsuwan, B2. Landslide Conditions and Problems in Thailand. In: EIT-JAPAN-AIT Joint Workshop 2005, Geo- Risk Engineering and Management Conference, Bangkok, Thailand. Tuesday 27 September 2005.
- [11] Mairaing, W. et al3. Soil Mechanics: Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, 1st Bangkok:Thailand, 1982.
- [12] Charoensuk, S. E-books to outsell print. Simple Rain Gauge. E-books online: Nan Research Station: watershed research, Watershed Conservation and Management Bureau Office Director, 1st August 2007. Available from:http://www.dnp.go.th/watershed/knowledge_files/raingage_suphot.pdf [Accessed 16 May 2017].
- [13] Soralump, S.and Kunsuwan, B1. Analysis of critical API using for warning of heavy rainfall - induced landslide. In: 12th National Convention on Civil Engineering, Amarin Lagoon Hotel, Phitsanulok Province, Thailand, 2-4 May 2007.
- [14] Soralump, S.and Nuimark, T2. Estimation of Statistical Critical Rainfall Envelope for Landslide Warning. In: 18th National Convention on Civil Engineering, The Empress Hotel, Chiang Mai Province, Thailand, 8-10 May 2013.
- [15] Soralump, S. et al3. Evaluation of Landslide Hazard Area and Engineering Guidelines of Protection in Doi Tung Development Project. In: 1st National Natural Resource and Environment Resource Conference, Conference Room Bangkok International Trade and Exhibition Center, Bangkok, Thailand, 3-5 September 2008.
- [16] Klungsupavipat, S. Physical Model for Testing Canal Embankment Failure by Groundwater Pressure. In: 4st National Water Resources Engineering Conference, Grand Pacific Hotel and Spa, Phetchaburi Province, Thailand, 2011.
- [17] Yamsai, U. and Mairaing, W. Database for Landslides in Thandland. In: 6th national civil engineering conference, Dusit Resort and Polo Club, Cha-am, Phetchaburi, 10-12 May 2000, pp. GTE 47-52.
- [18] American Society for Testing and Materials. ASTM D 4718 – 87: 2016. Practice for Correction of Unit Weight and Water Content for Soils Containing Oversize Particles. USA: ASTM, 2016.
- [19] American Society for Testing and Materials. ASTM D 854 – 00: 2014. Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer. USA: ASTM, 2014.

- [20] American Society for Testing and Materials. ASTM D 4318-93: 2017. Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils. USA: ASTM, 2017.
- [21] American Society for Testing and Materials. ASTM D 1556 – 00: 2015. Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by the Sand-Cone Method. USA: ASTM, 2015.
- [22] American Society for Testing and Materials. ASTM D 2434-68: 2006. Standard Test Method for Permeability of Granular Soils. USA: ASTM, 2006.
- [23] American Society for Testing and Materials. ASTM D 422: 1963. Standard Test Method of Particle Size Analysis of Soils. USA: ASTM, 1963.
- [24] American Society for Testing and Materials. ASTM D 4221 – 99: 2018. Standard Test Method for Dispersive Characteristics of Clay Soil by Double Hydrometer. USA: ASTM, 2018.

