

ศึกษาการทรุดตัวของลาดดินบนแบบจำลองทางกายภาพภายใต้ปริมาณน้ำฝนคงที่

A Study the Settlement of Soil Slope on Physical Model under Constant Rainfall

สุรัชย์ อำนวนยพรเลิศ¹ พงศ์พันธ์ กาญจนการุณ² จตุรงค์ คำขาว³ นูรินทร์ เครือใยอินตา⁴ ปิยะ เบ็ญชวัลญ⁵ และ ศิวรินทร์ ศรีคำชุม⁶
สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย^{1,2,3,4,5,6}
99 หมู่ที่ 10 ตำบลทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 57120^{1,2,3,4,5,6}
E-mail: aretomrit@gmail.com¹

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอศึกษาการทรุดตัวของลาดดิน กรณีศึกษาภายใต้การจำลองปริมาณน้ำฝนคงที่บนแบบจำลองลาดเชิงทางกายภาพและศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานทางกายภาพและทางวิศวกรรมของดินจากแหล่งที่เคยเกิดพังทลายจำนวน 2 ชนิดและจำลองปริมาณน้ำฝนคงที่ ที่มีปริมาณมากกว่า 100 ถึง 300 มิลลิเมตรต่อวัน เพื่อเปรียบเทียบลักษณะการทรุดตัวของมวลดินโดยแบบจำลองทางกายภาพกับระยะเวลาพังทลาย สำหรับหลักเกณฑ์พิจารณาจะนำผลการทดสอบหาคุณสมบัติพื้นฐานทางวิศวกรรมของมวลดินทั้งสองชนิด โดยสร้างบนแบบจำลองลาดเชิง 35 และ 45 องศา ที่มีขนาด 1.00x1.40x3.00 เมตร จากผลการศึกษาพบว่าดินทั้งสองชนิด จำแนกประเภทด้วยระบบ USCS ได้เป็นดินปนตะกอนทราย (SM) และจากการศึกษาแบบจำลองทางกายภาพดินทั้งสองชนิดจะมีลักษณะการพังทลายของลาดเชิงเป็นแบบการทรุดตัวและระยะเวลาการเกิดการพังทลายของลาดเชิงของดินทั้งสองชนิดขึ้นอยู่กับเกิดการเสถียรของลาดเชิง

คำสำคัญ: การทรุดตัว, ปริมาณน้ำฝนคงที่, แบบจำลองทางกายภาพ

Abstract

This article presents the study of soil settlement. Case study under constant rainfall simulation on a physical slope model and to study the basic physical and engineering properties of soil from 2 types of landslide sources and simulates constant rainfall. With quantities greater than 100 to 300 millimeters per day to compare the settlement characteristics of soil mass by physical models with time periods of collapse for the criteria to be considered, the test results will be used to find the basic engineering properties of both types of soil mass. By constructing on the model slope of 35 and 45 degrees with the size 1.00x1.40x3.00 meters. The experimental results showed that both soil types classified by the USCS system is a silty sand (SM) and from the physical model study, both types of slope failure are subsidence and settlement periods. The slope of both types of soil depends on the deformation of the slope.

Keywords: settlement, steady rainfall, physical model

1. บทนำ

ปัจจุบันการพังทลายของดินเป็นกระบวนการเกิดโดยอาศัยแรงที่มากระทำจากน้ำ ลมและวัสดุอื่น ๆ ภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก จนทำให้มวลดินแตกแยกออกจากกันแล้วเคลื่อนย้ายอนุภาคของมวลดินไปตกตะกอนทับถมอีกแห่งหนึ่ง ในขณะที่ประเทศไทยปัจจุบันมีการเกิดเหตุการณ์ดินถล่มและโคลนถล่มเป็นจำนวนมากและเป็นหนึ่งภัยพิบัติทางธรรมชาติในทางอ้อมที่เกิดขึ้น ทำให้หลายพื้นที่ในประเทศไทยมีอัตราเสี่ยงการเกิดการพังทลายของดินในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนกันยายน เนื่องจากเป็นช่วงฤดูฝนของประเทศไทยจะมีฝนตกหนักอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลาสั้นและปริมาณน้ำฝนมากกว่า 100-300 มิลลิเมตรต่อวัน [1] ทำให้พื้นที่ภาคเหนือมีความเสี่ยงในหลาย ๆ พื้นที่ซึ่งเป็นเหตุการณ์ภัยพิบัติที่ไม่สามารถรับรู้มาก่อน และเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อประชาชนที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัย

จากเหตุการณ์ฝนตกชุกต่อเนื่องถนนสายหลัก ดอยแม่สลอง อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย ในวันที่ 8 กันยายน 2560 ส่งผลให้ดินภูเขาเกิดการอุ้มน้ำไว้มากจึงทำให้เกิดดินเลื่อนไหลในพื้นที่บ้านผาเตือ ตำบลแม่สลองใน อำเภอแม่ฟ้าหลวง ส่งผลให้บ้านเรือนราษฎรเกิดการทชุดตัวเสียหายและมีบ้านที่มีความเสี่ยงที่จะเกิดดินโคลนถล่ม โดยถนนคอนกรีตเสริมเหล็กได้ทชุดตัวเสียหายเป็นระยะทางยาว 30 เมตร [1] ความเสียหายส่วนใหญ่เป็นความเสียหายด้านอาคารสถานที่และเส้นทางคมนาคม ส่งผลให้พื้นที่จังหวัดเชียงรายเกิดปัญหาภัยพิบัติทางธรรมชาติ เช่นการเกิดฝนตกดินโคลนถล่มในช่วงฤดูฝนจึงทำให้มีความเสี่ยงในการเกิดการพังทลายของดิน เป็น

เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติซึ่งส่งผลให้เกิดอันตรายและสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สิน จากการศึกษาพบเบื้องต้นพบว่ามีการทำวิจัยเกี่ยวกับการพังทลายของลาดดิน ความแข็งแรงของดินไม่ยึดตัวเพื่อการวิเคราะห์ความมั่นคงของลาดเขา [2] พบว่ามีความสัมพันธ์ของกำลังรับแรงเฉือนแปรผันตามหน่วยแรงตั้งฉากและความยึดตัวของน้ำในมวลดินและยังสามารถนำไปคำนวณวิเคราะห์พร้อมกับการไหลซึมของน้ำจากปริมาณของฝนในรูปแบบต่าง ๆ สร้างเป็นขอบเขตน้ำฝนวิกฤตที่สามารถใช้ในการเตือนภัยต่อไปได้ [3] การศึกษาเสถียรภาพของลาดดินโดยคุณสมบัติพื้นฐานทางวิศวกรรม [4] พบว่าคุณสมบัติของดินและปริมาณของฝนเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพของลาดดินและระดับความยึดตัวหรือความชื้นในมวลดินส่งผลต่อกำลังรับแรงเฉือน [5] จากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาในประเทศไทยยังไม่มีผู้วิจัยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติพื้นฐานทางวิศวกรรมของมวลดินกับความลาดเอียงโดยอาศัยปริมาณฝนตกกับการวัดรูปแบบการพังทลาย

คณะผู้จัดทำจึงมีแนวคิดจะนำเอาความรู้มาศึกษารูปแบบและลักษณะของการพังทลาย โดยจะพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติพื้นฐานทางวิศวกรรมของมวลดินกับความลาดเอียงและปริมาณฝนที่มีผลต่อมวลดิน ภายใต้แบบจำลองทางกายภาพของดิน 2 ชนิดและมีความลาดชัน 35 องศา และ 45 องศา โดยที่ศึกษาจากการเก็บตัวอย่างของดินทั้ง 2 ชนิดมาทดสอบหาข้อมูลพื้นฐาน เพื่อจะได้นำข้อมูลจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการเป็นแนวทางสร้างแบบจำลองทางกายภาพ และทดสอบหาปริมาณ

น้ำฝนวิกฤตเพื่อนำมาทดสอบเพิ่มปริมาณน้ำฝนในแบบจำลองทางกายภาพเพื่อหารูปแบบและลักษณะการพังทลายของดิน [6,7] เพื่อใช้เป็นข้อมูลแนวทางการแก้ไขปัญหาดินถล่มและสร้างความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานทางกายภาพและทางวิศวกรรมของดิน
2. ศึกษาอัตราการทรุดตัวของแบบจำลองลาดเอียง
3. ศึกษาผลกระทบการจำลองปริมาณน้ำฝนที่มีผลต่อระยะเวลาการพังทลายของลาดเอียง

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาการทรุดตัวของมวลดินบนแบบจำลองลาดเอียงทางกายภาพภายใต้ปริมาณน้ำฝนคงที่ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทางวิศวกรรมของมวลดินกับความลาดเอียงโดยแบบจำลองทางกายภาพที่มีผลต่อการทรุดตัวของลาดเอียงซึ่งแบ่งการดำเนินการวิจัยออกเป็น 4 ส่วน

3.1 การทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของวัสดุ

การดำเนินการวิจัยเริ่มต้นจากการเก็บตัวอย่างดินจาก บ้านห้วยดอกกูน ตำบลเจริญเมือง อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย ซึ่งเป็นสถานที่ที่เสี่ยงต่อการเกิดการพังทลายของลาดเอียงมาจำนวนสองชนิดบริเวณใกล้เคียงกันและนำตัวอย่างดินทั้งสองชนิดมาหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทางวิศวกรรมของมวลดินเพื่อจำแนกหาประเภทของดินแต่ละชนิดโดยการทดสอบหาค่า Water Content, Sieve Analysis,

Hydrometer Analysis, Field Density Test, Atterberg 's Limits, Permeability Test



รูปที่ 1 ตำแหน่งเก็บตัวอย่างดิน บ้านห้วยดอกกูน ตำบลเจริญเมือง อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

3.2 แบบจำลองทางกายภาพ

ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองทางกายภาพขนาด กว้าง 1.00 เมตร ยาว 3.00 เมตร สูง 1.40 เมตร โดยนำดินทั้งสองชนิดขึ้นลาดเอียงที่ 35 และ 45 องศา จำนวน 4 ชุดตัวอย่างและเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างลาดเอียงกับมวลดิน 2 ชนิด ดังรูปที่ 3

3.3 การทดสอบจำลองปริมาณน้ำฝน

ในการศึกษาต้องทำการจำลองปริมาณน้ำฝนโดยพิจารณาจากข้อมูลงานวิจัยที่ผ่านมาซึ่งมีค่าปริมาณน้ำฝนมากกว่า 100-300 มิลลิเมตรต่อวัน ที่ทำให้มวลดินบนลาดเอียงเกิดพังทลาย หลังจากนั้นทำการติดตั้งชุดจำลองน้ำฝนคงที่ และเตรียมพร้อมทดสอบต่อไป [8,9,10,11,12] ดังรูปที่ 4



รูปที่ 2 การทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานด้านวิศวกรรม

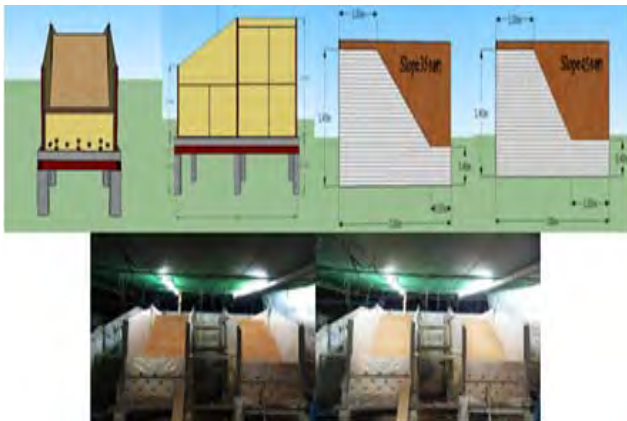
(ก) Water Content

(ข) Sieve Analysis and Hydrometer Analysis

(ค) Field Density Test

(ง) Atterberg 's Limits

(ฉ) Permeability Test



(ก) ดินชนิดที่ 1 (ข) ดินชนิดที่ 2

รูปที่ 3 การสร้างแบบจำลองทางกายภาพของดิน 2 ชนิดความ
ชั้นลาดเอียง 35 และ 45 องศา



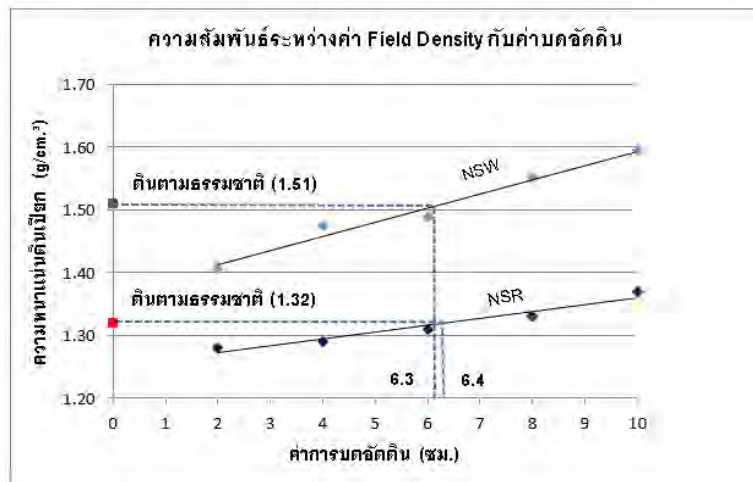
รูปที่ 4 การทดสอบจำลองปริมาณน้ำฝนแนวคดจากการ
ทดสอบได้จากงานวิจัยที่ผ่านมาปริมาณน้ำฝนไม่น้อยกว่า
150 มิลลิเมตร/วัน

3.4 การกำหนดและทดสอบแบบจำลองลาดเอียง ทางกายภาพ

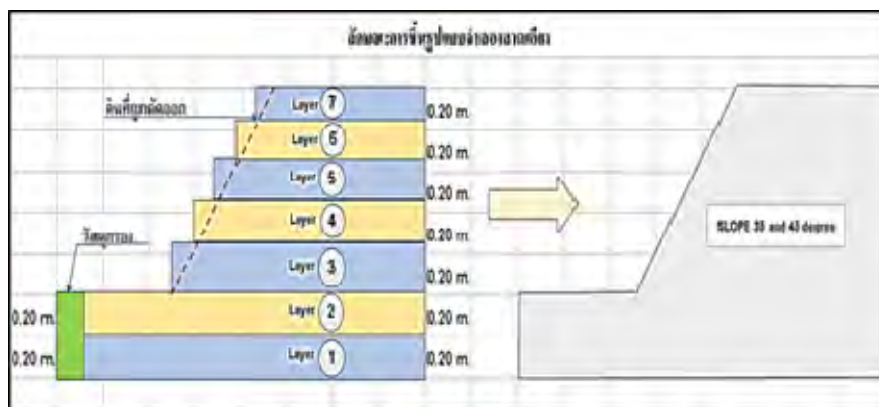
ในการศึกษาได้กำหนดขั้นตอนการสร้างแบบจำลองทางกายภาพของลาดเอียง ดังรูปที่ 5 ต้องกำหนดควบคุมสภาพดินทั้งสองชนิดให้อยู่ในสภาพตามธรรมชาติโดยการหาความหนาแน่นและเก็บค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นจากพื้นที่จริงที่เคยเกิดดินพังทลาย [13,14] บริเวณบ้านห้วยดอกกูน ตำบลเจริญเมือง อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย ต่อจากนั้นทำการทดสอบความหนาแน่นของดินในสภาพเหมือนตามธรรมชาติภายใต้ค่าการบดอัดต่างๆและหาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับค่าการบดอัด ซึ่งจากความสัมพันธ์ดังกล่าวจะได้ค่าการยุบตัวของดินที่มีความหนาแน่นธรรมชาติ เท่ากับ 6.3 ถึง 6.4 เซนติเมตร หลังจากนั้นทำการนำดินขึ้นรูปตามแบบที่กำหนดไว้ชั้นละ 20 เซนติเมตร จำนวน 7 ชั้น ดังรูปที่ 6 และ รูปที่ 7 ซึ่งทางคณะผู้ศึกษาได้ใช้พื้นที่บริเวณสาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเชียงราย สร้างแบบจำลองขนาด กว้าง 1.00 เมตร ยาว 3.00 เมตร สูง 1.40 เมตร โดยนำดิน

ทั้งสองชนิดขึ้นลาดเอียงมุม 35 องศาและมุม 45 องศา และเมื่อพิจารณาทดสอบจำลองปริมาณน้ำฝนวิกฤต ตามหัวข้อที่ 3.3 แล้วเสร็จ ทำการติดตั้งระบบจำลองน้ำฝนให้กับแบบจำลองลาดเอียงทางกายภาพ และในการศึกษานี้จะใช้ระยะในการทดสอบต่อ 1 ชุดตัวอย่าง เท่ากับ 160 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 4 ชุดตัวอย่าง เท่ากับ 640 ชั่วโมงซึ่งในการทดสอบแบบจำลองจะ

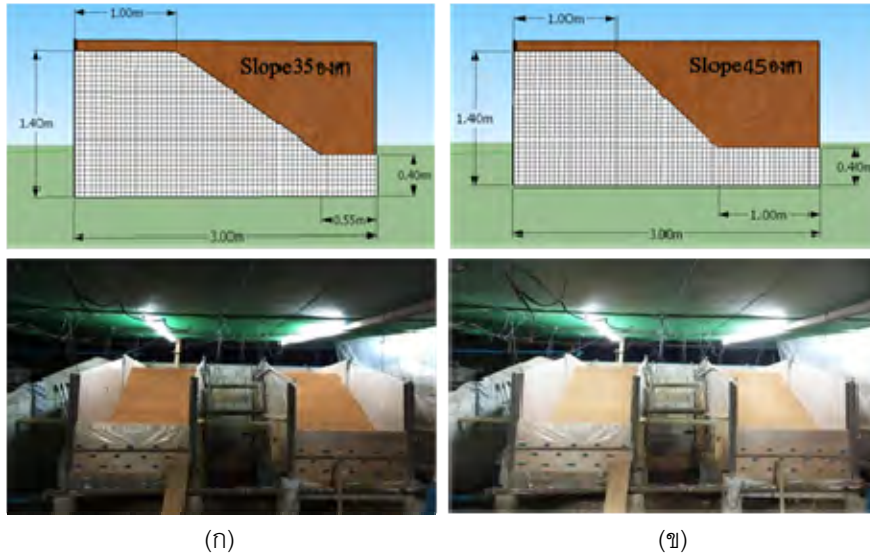
กำหนดให้บริเวณโดยรอบไม่มีการระบายน้ำออกและให้ปริมาณน้ำฝนไหลซึมลงที่ผิวหน้าของลาดเอียงเพียงอย่างเดียว ต่อจากนั้นทำการทดสอบปล่อยน้ำฝนและบันทึกการทดสอบและบันทึกลักษณะการทรุดตัว, ความยาวรอยแตกบนลาดเอียงของมวลดินทั้ง 2 ชนิดตลอดระยะเวลาการทดสอบ



รูปที่ 5 กำหนดค่าควบคุมการบดอัดดินจากข้อมูลความหนาแน่นตามธรรมชาติ ก่อนการขึ้นรูปแบบจำลองทางกายภาพของลาดเอียง



รูปที่ 6 กำหนดขั้นตอนการขึ้นรูปแบบจำลองทางกายภาพของลาดเอียง



รูปที่ 7 การสร้างแบบจำลองทางกายภาพของดินและการติดตั้งระบบจำลองปริมาณน้ำฝนบนลาดเอียงที่ 35 และ 45 องศา
(ก) ดินชนิดที่ 1 (ข) ดินชนิดที่ 2

4. ผลของการศึกษา

ผลการดำเนินงานการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติพื้นฐานทางวิศวกรรมกับความลาดเอียงโดยแบบจำลองทางกายภาพ ตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานทางวิศวกรรม การเปรียบเทียบความลาดชันระหว่างลาดเอียง 35 และ 45 องศาและเปรียบเทียบการเกิดลักษณะรูปแบบการพังทลายของดินโดยแบบจำลองทางกายภาพกับระยะเวลา ตัวอย่างดินที่นำมาทดสอบจะเป็นดินที่มีลักษณะที่แตกต่างกัน โดยดินทั้ง 2 มีลักษณะ เป็นทรายผสม กับตะกอนทรายเหมือนกัน จึงได้ทำการขึ้นรูปดินให้มีลักษณะความลาดที่มุม 35 และ 45 องศา และทำการทดสอบโดยการปล่อยน้ำฝนและบันทึกการทดสอบและบันทึกลักษณะการเกิดรอยแตกการยุบตัวของดินทั้ง 2 ชนิดให้เห็นลักษณะอย่างชัดเจนและปริมาณน้ำฝนที่ใช้ในการทดสอบจะต้องมีปริมาณไม่น้อยกว่า 150 มิลลิเมตรต่อวัน การทดสอบสมบัติพื้นฐานโดยทั่วไป สามารถที่จะหาได้ว่าดินมีลักษณะ

อย่างไร สามารถหาค่าต่างๆได้จากการทำการทดลองให้ห้องปฏิบัติการ [15,16] เช่น Water Content, Sieve Analysis [17], Hydrometer Analysis [18,19] และ Atterberg's Limit เป็นต้นโดยจะเก็บตัวอย่างดิน 2 ชนิด การทดสอบสมบัติพื้นฐาน ของดินทั้ง 2 ประกอบด้วย การทดสอบความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน (Specific Gravity) การทดสอบการกระจายตัวของเม็ดดินโดยผ่านตะแกรงมาตรฐาน (Sieve Analysis) การทดสอบการกระจายตัวของเม็ดดินโดยวิธีไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer Analysis) และการทดสอบขีดจำกัดความชื้นเหลวของดิน (Atterberg's Limit) แล้วนำผลการทดสอบมาจำแนกชนิดของดินด้วยวิธี USCS ซึ่งสามารถสรุปผลการทดสอบตามตารางโดยรายละเอียดผลของการทดสอบมีดังนี้

ตารางที่ 1 ข้อมูลการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของดินที่ใช้ในการทดสอบหาค่า Water content, Percent Swelling และข้อมูลการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของดินที่ใช้ในการทดสอบหาค่า Atterberg's Limit

Void Ratio (%)		
ชนิดทดสอบ	ดินชนิดที่ 1	ดินชนิดที่ 2
Percent Swelling	28.94 %	18.94 %
Water content ตามมาตรฐาน ASTM D 4718 – 87 [20]		
ค่าความชื้นเฉลี่ย	9.5 %	4.1 %
Specific Gravity of Soil ตามมาตรฐาน ASTM D854-00 [21]		
Specific Gravity	2.72	2.94
Atterberg's Limit ตามมาตรฐาน ASTM D 4318-93 [22]		
ค่า Liquid Limit (LL.)	29.58	37.98
ค่า Plastic Limit (PL.)	26.61	35.11
ค่า Plastic Index (PI.)	2.97	2.87
Field Density (t/m ³) ตามมาตรฐาน ASTM D1556-00 [23]		
Field Density (ดินตามธรรมชาติ)	1.320	1.510
Field Density (ดินก่อนจำลอง)	1.353	1.500
Permeability Test ตามมาตรฐาน ASTM D2434 – 68 [24]		
อัตราการซึมผ่าน	0.169 cm/hr.	0.113 cm/hr.

จากตารางที่ 1 เป็นการหาอัตราส่วนระหว่างมวลหรือน้ำหนักของน้ำต่อมวลหรือน้ำหนักของเม็ดดินที่มีอยู่ในมวลดินเพื่อหาความชื้นของดินตามธรรมชาติของดินทั้งสองชนิดโดยค่าความชื้นเฉลี่ยอยู่ที่ 9.5 เปอร์เซ็นต์ของดินชนิดที่ 1 และ 4.1 เปอร์เซ็นต์ของดินชนิดที่ 2 และจากรูปที่ 9 เป็นการหาขนาดของเม็ดดินโดยดินเม็ดหยาบใช้วิธีการร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานและนำขนาดคละของดินมาใช้ในการจำแนกประเภท

ของดินการร่อนผ่านตะแกรงจะใช้ตะแกรงที่มีขนาดช่องเปิดแตกต่างกันออกไปสำหรับขนาดตะแกรงที่นิยมใช้กันก็คือขนาด 3/8 นิ้ว เบอร์ 4, 10, 20, 40, 100 และ 200 การจำแนกดินโดยวิธี USCS ดินชนิดที่ 1 ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 เท่ากับ 30.70 เปอร์เซ็นต์ ดินชนิดที่ 2 ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 เท่ากับ 23.40 เปอร์เซ็นต์ จัดได้เป็นกลุ่มดิน SM ดินชนิดที่ 1 และดินชนิดที่ 2 เป็นทรายปนตะกอนดินชนิดที่ 2 ในขณะที่จากตารางที่ 1 เป็นการหาปริมาณน้ำในมวลดินที่ทำให้สภาพความเหนียวตัวของมวลดินเปลี่ยนแปลงไปด้านวิศวกรรมโยธาจะใช้อยู่ 3 ชนิดจำกัด คือ ชนิดจำกัดการไหลตัว และจากตารางที่ 1 Percent Swelling เป็นการหาค่าการพองตัวของดินโดยดินชนิดที่ 1 มีค่า Percent Swelling อยู่ที่ 28.94 เปอร์เซ็นต์และดินชนิดที่ 2 มีค่า Percent Swelling อยู่ที่ 18.94 เปอร์เซ็นต์ จากตารางที่ 1 เป็นการหาค่าสัมประสิทธิ์ความชื้นผ่านที่ยอมให้น้ำไหลผ่านมวลดินถ้าดินมีช่องว่างหรือสภาพหลวมค่าสัมประสิทธิ์จะมีมากและถ้าดินมีความหนาแน่นมากค่าสัมประสิทธิ์จะมีน้อย อัตราการซึมผ่านของดินชนิดที่ 1 เท่ากับ 0.169 เซนติเมตรต่อชั่วโมงดินชนิดที่ 2 เท่ากับ 0.113 เซนติเมตรต่อชั่วโมง แหล่งที่มาของดินตัวอย่างการทดสอบบ่อดินบ้านห้วยดอกกูน ต.เจริญเมือง อ.พาน จ.เชียงราย

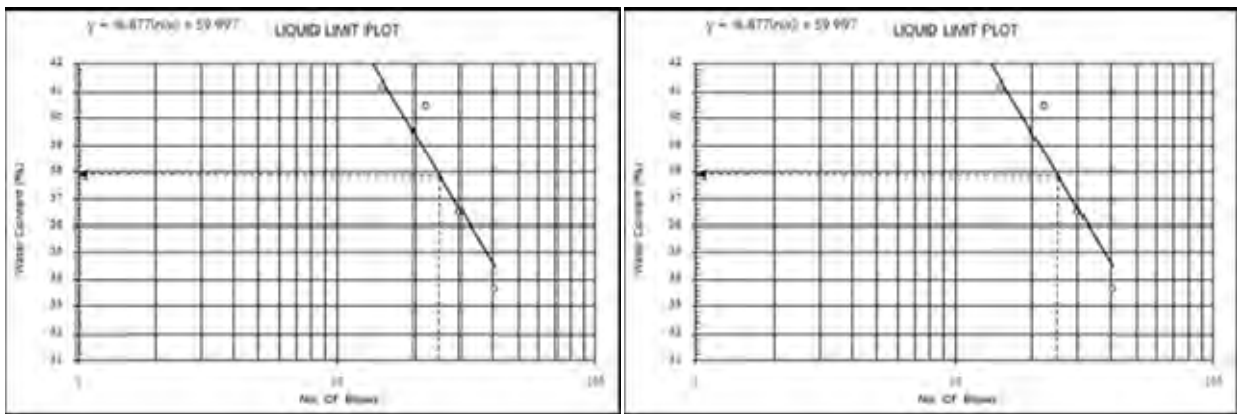
จากตารางที่ 1 และรูปที่ 8 ข้อมูลการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานทางวิศวกรรมของดินทั้งสองชนิดพิจารณาตามการจำแนกด้วยวิธี USCS มีรายละเอียด ดังนี้

1. ดินชนิดที่ 1 (Natural Soil Red, NSR) มีลักษณะเป็นดินสีแดง มีค่าพิกัดความเหลวเท่ากับ (LL) เท่ากับ 29.58 เปอร์เซ็นต์ พิกัดพลาสติก (PL)

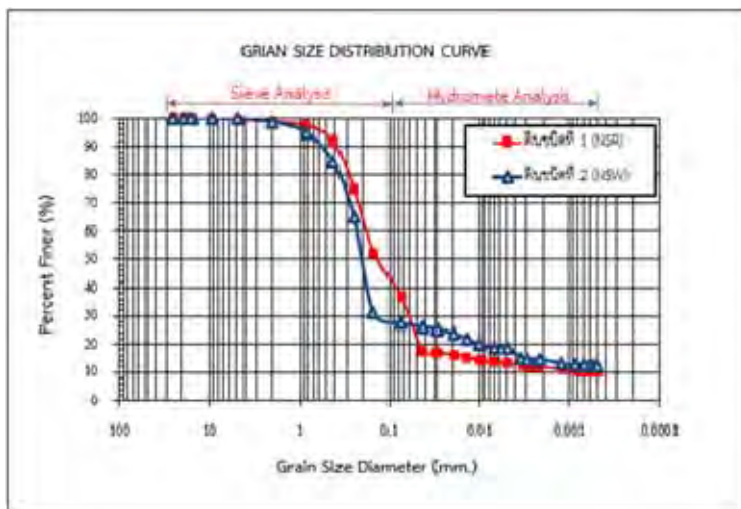
เท่ากับ 26.61 เปอร์เซ็นต์ ดัชนีพลาสติก (PI) เท่ากับ 2.97 เปอร์เซ็นต์

2. ดินชนิดที่ 2 (Natural Soil White, NSW) มีลักษณะเป็นดินสีขาว มีค่าพิกัดความเหลวเท่ากับ (LL) เท่ากับ 37.98 เปอร์เซ็นต์ พิกัดพลาสติก (PL) เท่ากับ 35.11 เปอร์เซ็นต์ ดัชนีพลาสติก (PI) เท่ากับ 2.87 เปอร์เซ็นต์

จากรูปที่ 8 และ รูปที่ 9 การทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของดินทั้ง 2 ชนิด เมื่อพิจารณาจากการกระจายตัวของเม็ดดิน พบว่าเป็นดินลักษณะเป็นเม็ดหยาบที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 > 50 % เป็นดินกลุ่ม S ที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ได้ทั้งหมด 100 % สามารถจำแนกดินตามวิธี USCS จำแนกเป็นประเภท SM ดินทรายที่ผสมตะกอนทราย



รูปที่ 8 ค่าพิกัดความเหลวของมวลดินทั้ง 2 ชนิด



รูปที่ 9 การกระจายตัวของเม็ดดินทั้ง 2 ชนิด

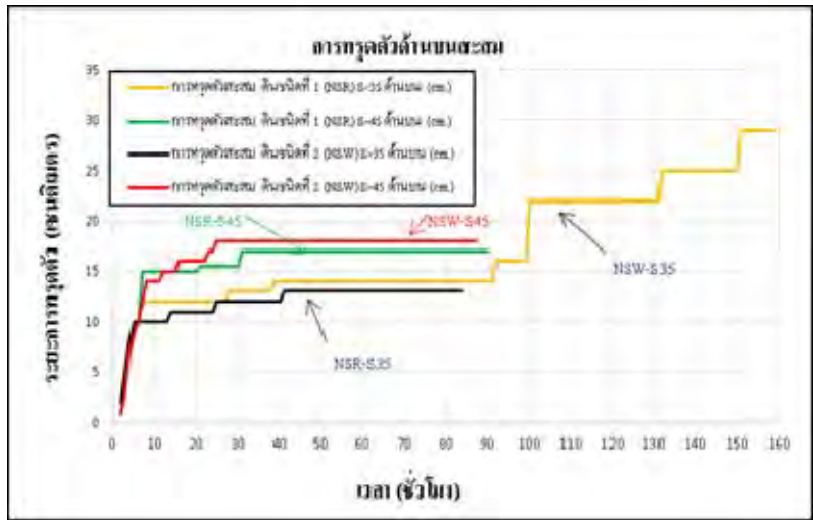
ผลการศึกษาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างลาดเอียงกับมวลดิน ที่ลาดเอียง 35 องศาและ 45 องศาโดยแบบจำลองทางกายภาพ

ผลการทดสอบลาดเอียงดินชนิดที่ 1 (NSR) โดยลาดเอียง 35 และ 45 องศา ทำการทดสอบใช้ระยะเวลาดำเนินการทั้งหมด 320 ชั่วโมง โดยจะเริ่ม

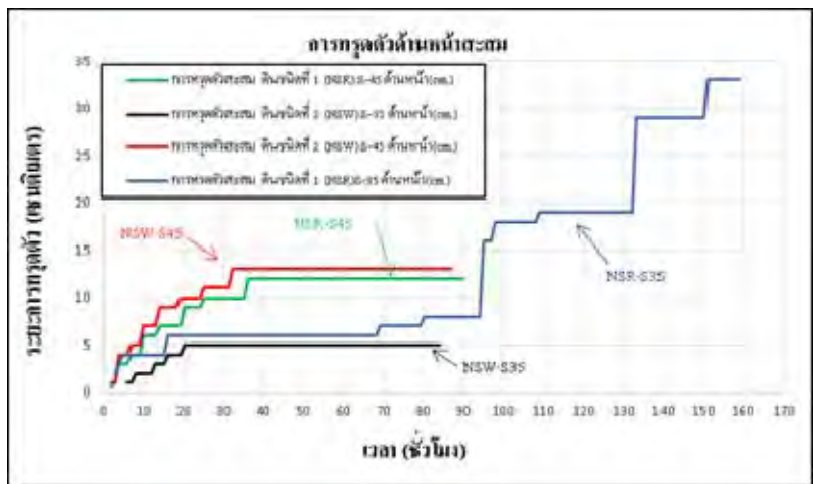
วัดค่าตั้งแต่เริ่มมีการทรุดตัวและรอยแตกแรกหลังจาก
ปล่อยน้ำฝนจนครบเวลาในการศึกษา

ระยะเวลาดำเนินการทั้งหมด 320 ชั่วโมง โดยจะเริ่ม
วัดค่าตั้งแต่เริ่มมีการทรุดตัวและรอยแตกแรกหลังจาก
ปล่อยน้ำฝนจนครบเวลาในการศึกษา

ผลการทดสอบลาดเอียงดินชนิดที่ 2 (NSW)
โดยลาดเอียง 35 และ 45 องศา ทำการทดสอบใช้



รูปที่ 10 การทรุดตัวสะสมด้านบน



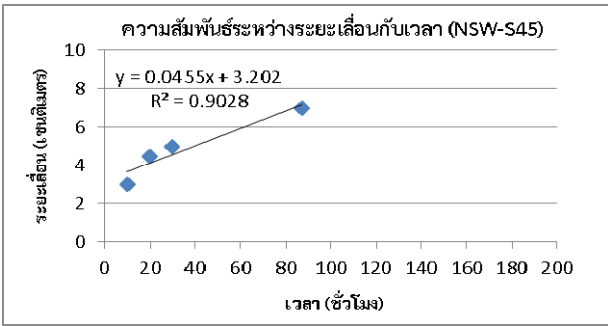
รูปที่ 11 การทรุดตัวสะสมด้านหน้า

ผลการศึกษาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง
การทรุดตัวสะสมลักษณะการทรุดตัวด้านบนและ
ด้านหน้าของดินทั้ง 2 ชนิด

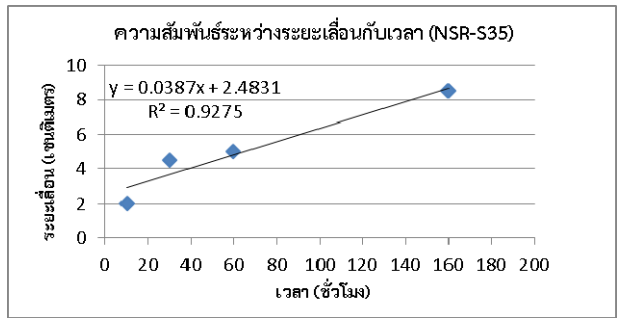
กันของด้านหน้าและด้านบน จะแสดงให้เห็นถึงการ
ทรุดตัวของ NSR-S45 ช่วงแรก ๆ จะมีการทรุดตัวสูง
กว่าการทรุดตัวของลาดเอียงอื่น ๆ หลังจากเวลาผ่านไป
การทรุดตัวจะคงที่ ในขณะที่เดียวกันการทรุดตัวของ
NSW-S35 จะเกิดการทรุดตัวแบบเดียวกับ NSR-S45

จากรูปที่ 10 และรูปที่ 11 แสดงความสัมพันธ์
ระหว่างการทรุดตัวแบบสะสมทั้งหมดเมื่อเปรียบเทียบ

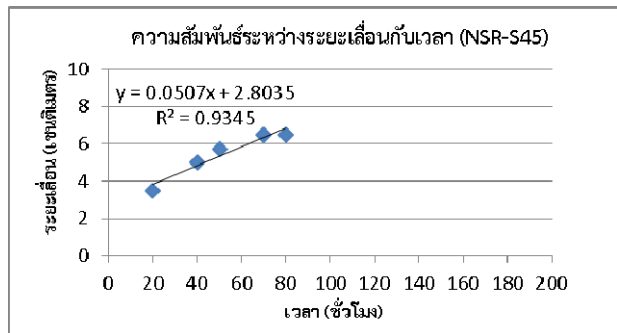
แต่เมื่อเวลาผ่านไปการทรุดตัวของ NSW-S35 เกิดการทรุดตัวที่รุนแรงกว่าการทรุดตัวชนิดอื่น ซึ่งน้ำหนักมวลดินด้านบนจะส่งผลกดทับดินด้านล่างจึงก่อให้เกิดอันตรายต่อประชาชนที่นำดินชนิดนี้มาใช้ ดังนั้นผู้ศึกษาจึงสามารถคำนวณการเคลื่อนตัวของดินทั้ง 4 แบบได้จากการเคลื่อนตัวได้ดังรูปที่ 12 ถึง รูปที่ 15



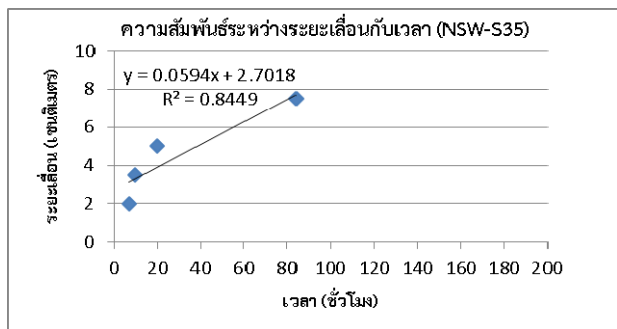
รูปที่ 15 ความสัมพันธ์ระยะเคลื่อนกับเวลา NSW-S45



รูปที่ 12 ความสัมพันธ์ระยะเคลื่อนกับเวลา NSR-S35



รูปที่ 13 ความสัมพันธ์ระยะเคลื่อนกับเวลา NSR-S45



รูปที่ 14 ความสัมพันธ์ระยะเคลื่อนกับเวลา NSW-S35

5. สรุปการศึกษา

จากผลศึกษาการทรุดตัวของลาดดินบนแบบจำลองทางกายภาพภายใต้ปริมาณน้ำฝนคงที่โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทางวิศวกรรมของมวลดินกับความลาดเอียงและผลของการจำลองปริมาณน้ำฝน เพื่อศึกษาลักษณะการทรุดตัวของดินบนลาดเอียงที่มีผลต่อการพังทลายเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างลาดเอียงกับคุณสมบัติของมวลดินและเปรียบเทียบรูปแบบและลักษณะการพังทลายของดินโดยแบบจำลองทางกายภาพกับระยะเวลาผลการทดสอบตัวอย่างทั้ง 4 ลาดเอียง สามารถสรุปประเด็นได้ดังนี้

ผลการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานทางวิศวกรรมของดิน 2 ชนิด โดยใช้วิธี USCS สามารถจำแนกประเภทของดิน ได้ดังนี้ ดินที่นำมาทดสอบจะมีอยู่ 2 ลักษณะคือ ดินชนิดที่ 1 (NSR) มีลักษณะเป็นดินสีแดง ค่าเปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 เท่ากับ 30.70 เปอร์เซ็นต์ มีค่าพิกัดความเหลวเท่ากับ (LL) เท่ากับ 29.58 เปอร์เซ็นต์ พิกัดพลาสติก (PL) เท่ากับ 26.61 เปอร์เซ็นต์ ดัชนีพลาสติก (PI) เท่ากับ 2.97 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ดินชนิดที่ 2 มีลักษณะเป็นดินสีขาว ค่าเปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 เท่ากับ

23.40 เปอร์เซ็นต์ มีค่าพิสัยความเหลวเท่ากับ (LL) เท่ากับ 37.98 เปอร์เซ็นต์ พิกัดพลาสติก (PL) เท่ากับ 35.11 เปอร์เซ็นต์ ดัชนีพลาสติก (PI) เท่ากับ 2.87 เปอร์เซ็นต์ โดยดินทั้ง 2 ชนิดสามารถจำแนกเป็นดินที่มีตะกอนทรายผสม (SM)

จากผลการศึกษาทดสอบแบบจำลองทางกายภาพบนลาดเอียงของดินทั้ง 2 ลักษณะ ภายใต้สภาวะไม่ระบายน้ำในมวลดินจากการศึกษาแสดงให้เห็นชัดเจนว่าไม่เกิดการพังทลาย แต่จะเกิดการทรุดตัวของดิน ดินชนิดที่ 1 (NSR) ลาดเอียงมุม 35 องศา มีการทรุดตัวคิดเป็นร้อยละ 44.28 ของรอยแตกทั้งหมด 9 รอย และลาดเอียง 45 องศา มีการทรุดตัวคิดเป็นร้อยละ 16.57 ของรอยแตกทั้งหมด 10 รอย ในขณะที่ดินชนิดที่ 2 (NSW) ลาดเอียงมุม 35 องศา เกิดการทรุดตัวคิดเป็นร้อยละ 30.80 ของรอยแตกทั้งหมด 8 รอย และลาดเอียงมุม 45 องศา เกิดการทรุดตัวคิดเป็นร้อยละ 42 ของรอยแตกทั้งหมด 6 รอย และเมื่อพิจารณาผลการศึกษาค่าความสัมพันธ์ระหว่างระยะการเลื่อนตัวกับระยะเวลาบนลาดเอียงของดิน ชนิดที่ 1 NSR-S35 มีการเคลื่อนตัวมากที่สุด เนื่องจากความสัมพันธ์มีแนวโน้มระหว่างการเคลื่อนตัวเมื่อเทียบกับระยะเวลาสูงที่สุด และการเคลื่อนตัวของดินชนิดอื่นมีความใกล้เคียงกันภายใต้การจำลองปริมาณน้ำฝนคงที่

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณสำหรับการเอื้อเฟื้อสถานที่การทดสอบและอุปกรณ์สนับสนุนการทดสอบจากสาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 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]. (in thai)
- [2] 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. (in thai)
- [3] 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. (in thai)
- [4] 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. (in thai)
- [5] 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. (in thai)
- [6] 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]. (in thai)
- [7] Thaijeamaree, N. Stability of Slopes in Nam Kor Watershed Area from Soil Engineering Properties. Master Engineering (Civil Engineering), Kasetsart University. Bangkok (Thailand), 2003. (in thai)
- [8] 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.
- [9] 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. (in thai)
- [10] 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. (in thai)
- [11] 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. (in thai)
- [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]. (in thai)
- [13] 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. (in thai)
- [14] 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. (in thai)
- [15] Kangsasathiam, M. (2539). Engineering soil mechanics, 7th ed. Bangkok, Thailand: Irrigation Engineering Alumni Association under H.M. The King's Patronage, 1996. (in thai)
- [16] Mairaing, W. et al³. Soil Mechanics: Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, 1st Bangkok:Thailand, 1982. (in thai)
- [17] American Society for Testing and Materials. ASTM D 422: 1963. Standard Test Method of Particle Size Analysis of Soils. USA: ASTM, 1963.
- [18] 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]. (in thai)
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] 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.
- [23] 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.
- [24] American Society for Testing and Materials. ASTM D 2434-68: 2006. Standard Test Method for Permeability of Granular Soils. USA: ASTM, 2006.