

แบบจำลองการวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อดินถล่มแบบพลวัต Dynamics Landslide Susceptibility Model

สุทธิศักดิ์ ศรีลัมพ์¹และ วรวิษฐ์ ตอวิวัฒน์²

¹ รองศาสตราจารย์, ² วิศวกรประจํา, หน่วยวิจัยดินถล่มและธรณีภัย ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก (GERD)

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

E-mail: ¹ soralump_s@yahoo.com, ² w_thowiwat@yahoo.com

บทคัดย่อ

ดินถล่มเป็นภัยพิบัติธรรมชาติประเภทหนึ่งที่เกิดความสูญเสียอย่างมาก สาเหตุสำคัญที่กระตุ้นให้เกิดดินถล่มส่วนใหญ่มีกมาจากปริมาณน้ำฝนมากเกินปกติ ส่งผลให้ระดับความชื้นในดินสูงขึ้นและความสามารถต้านทานแรงเฉือนของดินลดลงจนเป็นเหตุให้เกิดการพังทลายของลาดดินตามมา ด้วยพฤติกรรมของการเกิดดินถล่มดังกล่าว ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้ศึกษาพฤติกรรมและการลดลงของกำลังรับแรงเฉือนของดินที่ผุดมาจากหินต้นกำเนิดต่างๆ เมื่อดินดังกล่าวมีความชื้นในดินเพิ่มขึ้น โดยได้ศึกษากลุ่มหินต้นกำเนิดที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในประเทศไทย ซึ่งได้จำแนกกลุ่มชุดหินออกเป็น 11 กลุ่มจากข้อมูลแผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย มาตราส่วน 1:250,000 (กรมทรัพยากรธรณี) โดยพบว่า มีเพียง 8 กลุ่มชุดหินที่มีศักยภาพต่อการเกิดดินถล่มขึ้นได้ อีกทั้งยังได้พัฒนาระบบการวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อดินถล่มแบบพลวัตโดยอาศัยหลักทฤษฎีทางธรณีวิศวกรรม 2 ส่วนได้แก่ ทฤษฎีการไหลซึมของดินไม่อิ่มตัวด้วยน้ำร่วมกับทฤษฎีเสถียรภาพของลาดดินแบบลาดอนันต์ซึ่งใช้ประเมินพื้นที่ระดับความอ่อนไหวต่อดินถล่มตามข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงล่วงหน้า 72 ชั่วโมงแบบจำลองนี้มีประสิทธิภาพและความถูกต้องแม่นยำ ร้อยละ 46.12 โดยทดสอบระบบวิเคราะห์กับพื้นที่ บ้านห้วยใต้ ตำบลแม่พูน อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดอุตรดิตถ์ ระบบดังกล่าวจะใช้เป็นเครื่องมือช่วยตัดสินใจต่อการเฝ้าระวังและแจ้งเตือนภัยดินถล่มอีกทางหนึ่งร่วมกับระบบการตรวจวัดและเฝ้าระวังของหน่วยงานรับผิดชอบที่มีอยู่เดิมให้มีประสิทธิภาพในการลดผลกระทบจากเหตุการณ์ดินถล่มที่จะเกิดขึ้นได้ในอนาคตต่อไป

คำสำคัญ: ดินถล่ม, กลุ่มชุดหินที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม, แบบจำลองการไหลซึม, แบบจำลองธรณีวิศวกรรมดินถล่ม, พื้นที่อ่อนไหวต่อดินถล่มแบบพลวัต

Abstract

Landslide is a natural disaster that can cause significant damages to lives and properties. Mainly due to the induced landslides from extreme rainfall, it increase moisture

content and reduce shear strength in the soil. This behavior of landslide, the Kasetsart University's Faculty of Civil Engineering's Geotechnical Engineering Research and Development Center, studies to behavior in soil shear strength would decline when it is increasingly saturated by rainfalls of rock groups are sensitive to the occurrence of landslides in Thailand. The classification of rocks that are sensitive to landslide based on geological data of 1: 250,000 ratio by the Department of Mineral Resources, could indentify 11 types of rocks nation-wide, 8 out of which vulnerable to landslide. In addition, they had develop a analytic system for dynamic landslide susceptibility areas based on two geotechnical theories namely Infiltration in Unsaturated Soil and Infinite Slope Stability. This analytic system for prone areas of dynamic landslide would be used to forecast areas sensitive to landslide based on 72-hour advanced rainfall volume data. Efficiency and accuracy for this model is 46.12 percent to analyzes the area of Huay-tai Ban, Mae Phoon, LaplaaAmphor, Uttaradit Province. And it would serve one of instrument to monitor situations and make decision about its mission regarding disaster surveillance and warning to reduce the impact of the landslide to occur in the future.

Keywords: Landslide, Landslide Susceptibility Rock group, Infiltration Model, Geotechnical Landslide Model, Dynamics Landslide Susceptibility Model

1. คำนำ

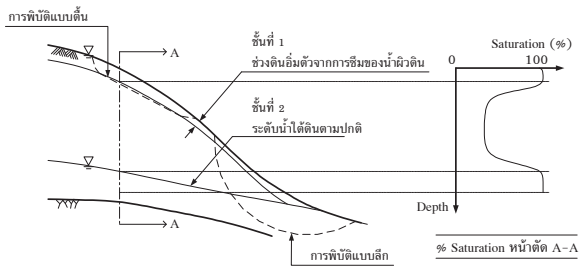
การพัฒนาแบบจำลองเพื่อใช้ในการเตือนภัยดินถล่มนั้นประกอบด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 2 แบบจำลองคือแบบจำลองการไหลซึม (Infiltration Model) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในมวลดินที่เกิดจากฝนตกลงสู่ดินชั้นล่างบนลาดเอียง และแบบจำลองเสถียรภาพของลาดดินแบบลาดอนันต์

(Infinite Slope Stability Model) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความมั่นคงของลาดดินเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในดินหรือความชื้นในดินที่เพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลทำให้กำลังรับแรงเฉือนของดินลดลงจนเป็นเหตุให้เกิดการพังทลายของลาดดินเมื่อปริมาณความชื้นในดินมากพอ

2. ทฤษฎีทางธรณีวิศวกรรมที่ใช้สร้างแบบจำลอง

2.1 ทฤษฎีการไหลซึมของน้ำในมวลดิน

ผลของน้ำใต้ดินจะมีอิทธิพลต่อเสถียรภาพของลาดดินในธรรมชาติเป็นอย่างมาก เนื่องจากกำลังรับแรงเฉือนของดินจะลดลงเมื่อระดับความอิ่มตัวเพิ่มขึ้น โดยฝนที่ตกหนักในช่วงระยะเวลาสั้นๆ จะทำให้เกิดระดับน้ำใต้ดินเสมือนใกล้ผิวดิน นอกเหนือจากระดับน้ำใต้ดินชั้นล่างที่อาจมีได้ตามปกติ ส่วนกรณีฝนตกไม่หนักแต่ต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน จะมีแนวโน้มที่จะทำให้ระดับน้ำใต้ดินชั้นล่าง [1] นงลักษณ์ (2546) ผลเนื่องจากน้ำใต้ดินชั้นที่ 1 จะทำให้เกิดการพังทลายแบบตื้นๆ แต่ในบริเวณที่ระดับน้ำใต้ดินชั้นที่ 2 อยู่สูงหรือบริเวณที่น้ำใต้ดินทั้ง 2 ชั้น มาบรรจบกันจะมีโอกาสเกิดการพังทลายแบบลึกได้ ดังรูปที่ 1

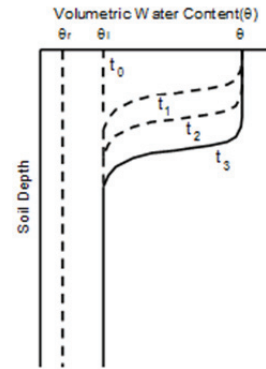


รูปที่ 1 ระดับน้ำใต้ดิน 2 ชั้น เนื่องจากฝนที่ตกหนักในระยะสั้นๆ
ที่มา : นงลักษณ์, 2546

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในมวลดินเนื่องจากฝนตกได้อาศัยแบบจำลองของ Green and Ampt ในปี 1911 ซึ่งเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อย่างง่าย พิจารณาให้การไหลซึม (Infiltration) ในชั้นดินที่มีคุณสมบัติสม่ำเสมอ (Homogeneous) เกิดขึ้นทันทีเมื่อเกิดฝนตก โดยมีอัตราการไหลซึม (Hydraulic conductivity, K) เท่ากับความเข้มข้นน้ำฝนแต่ไม่เก็บอัตราการไหลซึมที่ดินอิ่มตัว (Saturated hydraulic conductivity, K_s) ปริมาณน้ำในมวลดินเพิ่มขึ้นตามความลึก ดังแสดงในรูปที่ 2

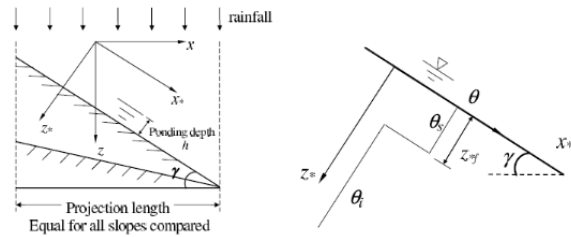
[2] Li and Young (2006) ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองของ Green and Ampt วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในดินบนลาดเอียงโดยพิจารณาให้ดินมีคุณสมบัติสม่ำเสมอ และเท่ากันทุกทิศทาง (Homogeneous and Isotropic properties) ซึ่งการวิเคราะห์ดำเนินการเช่นเดียวกับในแนวราบโดยหมุนแกนจากพิกัด X-Z ซึ่งเป็นแนวราบและแนวตั้งตามทิศทางของแรงโน้มถ่วง ไปเป็น X^*-Z^* ซึ่งเป็น

แกนขนานกับลาดเอียงที่มีมุมความลาดชันเท่ากับ γ และใช้แบบจำลอง GA_Model ในการวิเคราะห์ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 2 การเปลี่ยนแปลงความชื้นในดิน

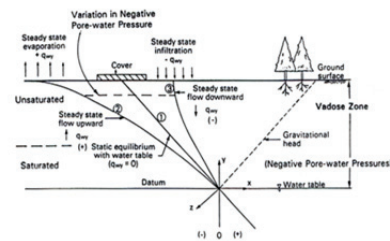
ที่มา : Green and Ampt, 1911



รูปที่ 3 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในดินบนลาดเอียง
ที่มา : Li and Young, 2006

2.2 ทฤษฎีกลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงเฉือน

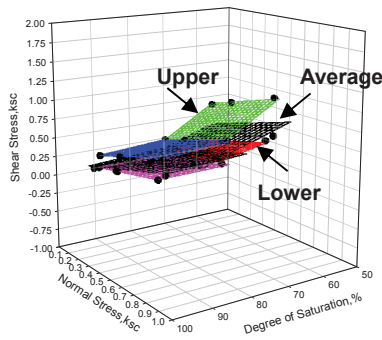
ดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Unsaturated Soil) ดินจะมีหน่วยแรงประสิทธิผลเพิ่มขึ้น เนื่องจากแรงตึงผิวของส่วนที่สัมผัสระหว่างอากาศกับน้ำ ที่เรียกว่า Contractile Skin [3] Fredlund (1993) เช่นในกรณีการตัดลาดดินที่สูงชันแต่ก็ไม่เกิดการพังทลาย แม้ว่าไม่มีระบบค้ำยันหรือการปรับปรุงคุณภาพดิน และถ้าพิจารณาชั้นดินในสภาวะปกติดังในรูปที่ 4 จะเห็นได้ว่าดินในช่วงเหนือระดับน้ำใต้ดินมีทั้งอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว เรียกว่าช่วง Vadose Zone จะมีการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำใต้ดินไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับการไหลของน้ำจากภายนอก ซึ่งระดับน้ำที่เปลี่ยนแปลงนี้เองจะส่งผลถึงกำลังรับแรงและการยุบตัวของดิน



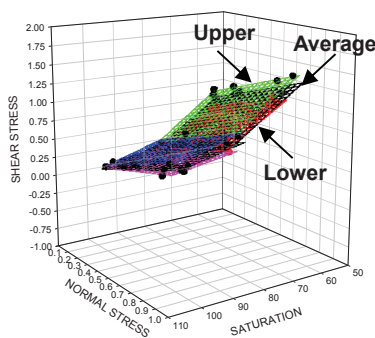
รูปที่ 4 ลักษณะเส้นระดับน้ำของชั้นดินทั่วไป

ที่มา : Fredlund, 1911

[4] วรวัชร (2552) และ [5] สุทธิศักดิ์และวรวัชร (2553) ได้ศึกษาพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงเฉือนตามความชื้นที่เปลี่ยนแปลงไป โดยวิธีการทดสอบที่เรียกว่า KU-MDS Shear Test [6] วรากร และนงลักษณ์, (2546) และ [7] วรากร และบรรพต, (2548) กับตัวอย่างดินที่ไม่ถูกรบกวนจากทั่วประเทศ จำนวน 307 ชุดตัวอย่างพบว่า พฤติกรรมกำลังรับแรงเฉือนของดินที่เปลี่ยนแปลงตามระดับความอิ่มตัวของดินมี 2 รูปแบบ อันได้แก่ พฤติกรรมของการแสดงให้ถึงความอิ่มตัวของดินมี 2 รูปแบบ อันได้แก่ พฤติกรรมของการแสดงให้เห็นถึงการยุบตัว คือ ในสถานะที่ความชื้นเพิ่มขึ้นถึงจุดๆ หนึ่งกำลังรับแรงเฉือนของดินลดลงอย่างมากและกำลังรับแรงเฉือนของดินจะมีค่าค่อนข้างคงที่ ในขณะที่ระดับความชื้นในมวลดินจะเพิ่มขึ้นจนกระทั่งดินอิ่มตัว ดังรูปที่ 5 และอีกพฤติกรรมหนึ่งคือ กำลังรับแรงเฉือนของดินมีการลดลงอย่างสม่ำเสมอในสถานะที่ระดับความชื้นในมวลดินเพิ่มขึ้นจนกระทั่งดินอยู่ในสถานะอิ่มตัว ดังรูปที่ 6



รูปที่ 5 พฤติกรรมการลดลงอย่างสม่ำเสมอของกำลังรับแรงเฉือนของดินที่ผุจากหินกลุ่มที่ 1 (หินแกรนิตยุคคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียน)
ที่มา : วรวัชร, 2552 และ สุทธิศักดิ์และวรวัชร, 2553



รูปที่ 6 พฤติกรรมการลดลงอย่างสม่ำเสมอของกำลังรับแรงเฉือนของดินที่ผุจากหินกลุ่มที่ 4 (หินภูเขาไฟและหินอัคนีอื่น ๆ)
ที่มา : วรวัชร, 2552 และ สุทธิศักดิ์และวรวัชร, 2553

2.3 ทฤษฎีเสถียรภาพของลาดดิน

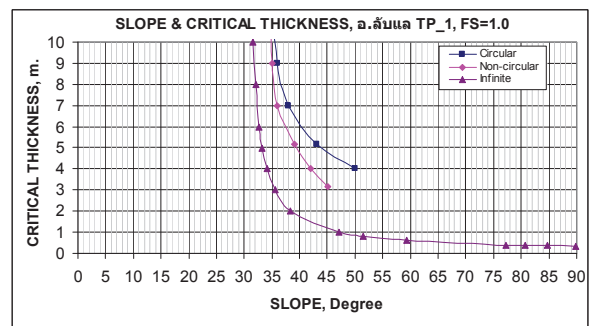
ในการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินโดยวิธีขีดจำกัดสมดุล โดยให้รูปแบบการพิบัติของลาดเอียงเป็นแบบลาด

อนันต์ (Infinite slope) เนื่องจากพฤติกรรมส่วนใหญ่ในการเกิดดินถล่มลักษณะพื้นที่กว้างหรือจากฝนตกหนักในประเทศไทยจะมีลักษณะการพิบัติที่ตื้นแต่ยาว ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 ลักษณะการพิบัติแบบลาดอนันต์ในพื้นที่ อำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์

[8] สุทธิศักดิ์และคณะ (2551) ได้ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินใน 3 หนทางการพิบัติ คือ การวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินแบบผิวโค้ง (Circular failure), การวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินแบบลาดอนันต์ (Infinite slope) และการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินแบบไม่เป็นส่วนโค้งของวงกลม (Non-circular failure) ในพื้นที่ศึกษา (ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์) พบว่า วิธีการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินแบบลาดอนันต์จะให้ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยที่ต่ำและใกล้เคียงความเป็นจริงที่สุด เหมาะสมกับการนำมาวิเคราะห์ความปลอดภัยของลาดชันธรรมชาติ ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินทั้ง 3 วิธี
ที่มา : สุทธิศักดิ์และคณะ, 2551

3.ฐานข้อมูลการวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวดินถล่ม

การวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อดินถล่มแบบพลวัตได้ อาศัยข้อมูลในการวิเคราะห์ที่สำคัญ 3 ส่วน คือ ข้อมูลคุณสมบัติด้านการไหลซึมของดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ, ข้อมูลคุณสมบัติด้านการเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงเฉือนของดิน และข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดดินถล่มประกอบกัน

3.1 คุณสมบัติด้านการไหลซึมของดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ

ความสัมพันธ์นี้จะขึ้นอยู่กับค่าแรงดูดน้ำในมวลดิน (Matric Suction) และค่าความสามารถในการซึมผ่านของน้ำในมวลดิน (Hydraulic Conductivity) ในขณะที่แรงดูดน้ำมีค่าเปลี่ยนไป ซึ่งพฤติกรรมนี้จะขึ้นอยู่กับเส้นอัตราลักษณะของดิน เมื่อเกิดฝนตกลงมาบนลาดชันทำให้ความชื้นในมวลดินเปลี่ยนไปค่าแรงดูดน้ำจะเปลี่ยนไปตามความชื้นด้วย ส่งผลให้ความชื้นน้ำมีค่าเปลี่ยนไปตามความสัมพันธ์

ค่าคุณสมบัติดังกล่าวสามารถหาได้จากกรทดสอบ (Permeability Function Test) และการประมาณค่าจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ในการศึกษาครั้งนี้ จะใช้การประมาณผลจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ [9] Brook & Corey (1964) จากการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ผลคุณสมบัติของดินด้านการไหลซึม เพื่อหาค่าตัวแปรสำคัญต่อการวิเคราะห์พฤติกรรมการไหลซึมของดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำของกลุ่มชุดหินที่อ่อนไหวต่อดินถล่ม ตามการจำแนกกลุ่มชุดหินทางธรณีวิทยาที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม ได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติด้านการไหลซึมของดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำตามกลุ่มหินศักยภาพดินถล่ม

Rock Group	θ_s	θ_r (BC)	hb (cm)	λ	Ks, (cm/sec)
1	0.391	0.010	137.810	0.390	6.53E-04
2	0.399	0.012	115.274	0.465	3.82E-03
3	0.408	0.008	100.1147	0.380	1.40E-03
4	0.415	0.016	122.6972	0.552	2.05E-03
5	0.412	0.010	125.825	0.480	2.45E-03
6	0.396	0.007	128.785	0.446	4.35E-03
7	0.414	0.011	119.306	0.451	2.31E-03
8	0.431	0.013	123.296	0.475	1.73E-03

3.2 คุณสมบัติด้านการเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงของดิน

พฤติกรรมการลดลงของกำลังรับแรงเฉือนที่เปลี่ยนไปตามระดับความชื้นนั้นได้มาจากการทดสอบเฉือนตรงแบบเปลี่ยนแปลงความชื้น (KU-MDS Shear Test) โดย [5] สุทธิศักดิ์และวรวัชร (2553) ได้นำผลการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของดินที่เปลี่ยนแปลงตามระดับความอิ่มตัวของดินไปวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในระบบ 3 แกน โดยแสดงในรูปแบบฟังก์ชันตามสมการที่ 1 และสมการของแต่ละกลุ่มชุดหินดังตารางที่ 2

$$f = y_0 + a(x) + b(y) \rightarrow \tau = y_0 - a(Sr) + b(\sigma) \quad (1)$$

โดยที่

- τ = กำลังรับแรงเฉือน (Shear Strength)
- y_0 = ค่าคงที่สมการความสัมพันธ์แต่ละกลุ่มชุดหิน
- a = ความชันของกราฟความสัมพันธ์กำลังรับแรงเฉือนกับระดับความอิ่มตัวด้วยน้ำ
- Sr = ระดับความอิ่มตัวด้วยน้ำ (Degree of Saturation)
- b = ความชันของกราฟความสัมพันธ์กำลังรับแรงเฉือนกับแรงกดทับของดิน
- σ = แรงกดทับของดิน (Normal Stress)

ตารางที่ 2 สมการความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงเฉือนต่อระดับความอิ่มตัวของดินตามกลุ่มหินศักยภาพดินถล่ม

Rock Group	$\tau = y_0 - a(Sr) + b(\sigma)$
1	$\tau = 0.189 - 0.104(Sr) + 0.372(\sigma)$
2	$\tau = 0.774 - 0.762(Sr) + 0.457(\sigma)$
3	$\tau = 0.642 - 0.634(Sr) + 0.387(\sigma)$
4	$\tau = 0.743 - 0.690(Sr) + 0.507(\sigma)$
5	$\tau = 0.794 - 0.769(Sr) + 0.461(\sigma)$
6	$\tau = 1.393 - 1.392(Sr) + 0.426(\sigma)$
7	$\tau = 0.341 - 0.318(Sr) + 0.596(\sigma)$
8	$\tau = 0.247 - 0.189(Sr) + 0.534(\sigma)$

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของกำลังรับแรงเฉือนที่ลดลงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความชื้น พบว่า ค่า Cohesion จะมีค่าลดลงเมื่อมีความชื้นเพิ่มขึ้นแต่ค่า Friction Angle จะมีค่าคงที่ และเมื่อศึกษาพฤติกรรมของค่า Cohesion พบว่า มีองค์ประกอบแรงดูดจากประจุของแร่ประกอบดินที่อยู่ในอนุภาคของดินแต่ละชนิด ซึ่งสาเหตุที่ทำให้แรงดูดระหว่างเม็ดดินลดลงเนื่องจากปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นทำให้เม็ดดินถูกผลักรอกจากกันแรงดูดจึงลดลง ค่า Cohesion ของดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำที่ทำการทดสอบแบบปกติที่ไม่ได้ติดตั้งเครื่องมือวัดแรงดูดน้ำในดินจะเป็นค่า Total Cohesion ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสร้างสมการความสัมพันธ์ของดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในมวลดินดังสมการที่ 2 และสมการของแต่ละกลุ่มชุดหินดังตารางที่ 3

$$y = m(x) + C \rightarrow C = m(\theta) + C' \quad (2)$$

โดยที่

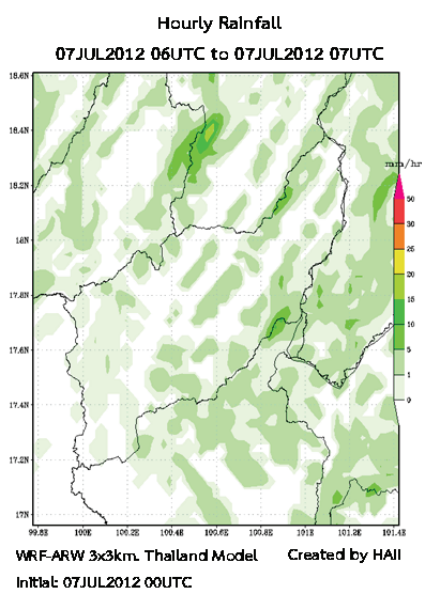
- C = cohesion (ksc)
- m = ความชันของกราฟความสัมพันธ์
- θ = volumetric water content
- C' = effective cohesion

ตารางที่ 3 คุณสมบัติด้านกำลังรับแรงเฉือนของดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำของกลุ่มหินศักยภาพดินถล่ม

Rock Group	Cohesion $C = m(\theta) + C'$	ϕ (degree)	γ_t (t/m ³)
1	$C = -2.62(\theta) + 1.89$	20.43	1.92
2	$C = -18.54(\theta) + 7.74$	24.56	1.88
3	$C = -14.22(\theta) + 6.42$	21.16	1.83
4	$C = -15.40(\theta) + 7.43$	26.91	1.83
5	$C = -19.73(\theta) + 7.94$	24.78	1.97
6	$C = -35.24(\theta) + 13.93$	23.08	1.96
7	$C = -7.87(\theta) + 3.41$	30.79	1.95
8	$C = -4.29(\theta) + 2.47$	28.14	1.85

3.3 ปริมาณน้ำฝนคาดการณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

ข้อมูลปริมาณน้ำฝนนำเข้าสู่สำหรับวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวดินถล่มล่วงหน้าเป็นรายชั่วโมง ได้จากข้อมูลการพยากรณ์สภาพอากาศทางอุทกวิทยาโดยสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (สสนก.) ซึ่งได้ใช้ระบบคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูง จำนวน 2 ชุด ในการวิเคราะห์และประมวลผลแบบจำลองสภาพอากาศด้วยแบบจำลองที่เรียกว่า Weather Research and Forecasting (WRF) ครอบคลุมพื้นที่ทั่วทั้งประเทศไทย โดยสามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้ 3 วัน ประมวลผลได้วันละ 2 รอบ คือ เวลา 7.00 น. และ 19.00 น. ตามเวลาในประเทศไทย สามารถคาดการณ์สภาวะฝนได้ในระดับความละเอียด 3 x 3 ตารางกิโลเมตร ดังแสดงตัวอย่างข้อมูลปริมาณน้ำฝนจังหวัดอุตรดิตถ์ตามรูปที่ 9 แต่ทั้งนี้ความแม่นยำของการคาดการณ์สภาวะฝนจะลดลงเมื่อระยะเวลาคาดการณ์ยาวขึ้น

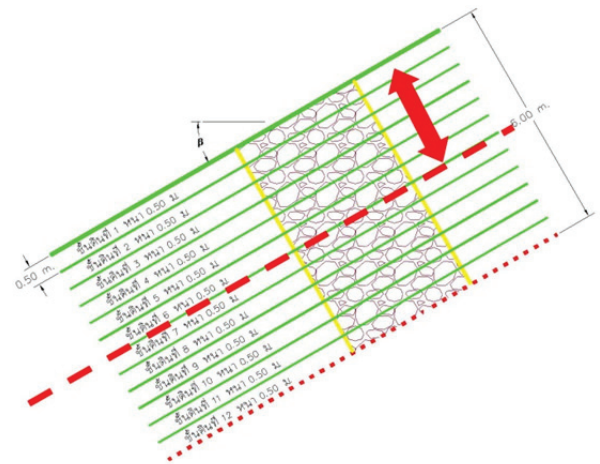


รูปที่ 9 แผนภาพคาดการณ์ปริมาณฝนรายชั่วโมงจากแบบจำลอง WRE

4. แบบจำลองการวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวดินถล่มพลวัต

ในแบบจำลองนี้ได้กำหนดให้ลาดดินมีจำนวนชั้นทั้งหมดเท่ากับ 12 ชั้นดิน มีความหนาเท่ากับชั้นละ 0.50 เมตร ซึ่งชั้นดินแต่ละชั้นในแบบจำลองจะมีลักษณะสม่ำเสมอ (Homogeneous) ดังรูปที่ 10 ความลึกชั้นดินที่นำค่าระดับความชื้นของดินไปคำนวณด้านเสถียรภาพของลาดดิน จะพิจารณาที่ระดับความลึกเท่ากับ 3 เมตรจากระดับผิวของลาดดิน สำหรับเกณฑ์การจำแนกระดับความอ่อนไหวที่กำหนดไว้ตามช่วงของอัตราส่วนความปลอดภัยดังตารางที่ 4

สมการการวิเคราะห์ได้ถูกโปรแกรมให้วิเคราะห์ค่าเสถียรภาพของลาดดินในเชิงพื้นที่ โดยดำเนินการในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์หรือระบบ GIS โดยมีกริดการวิเคราะห์ละเอียด 30x30m. เนื่องจากกริดค่อนข้างละเอียดจึงมีปริมาณกริดมาก ดังนั้นจึงต้องอาศัยเทคนิคการเขียนโปรแกรมอย่างมากในการดำเนินงาน



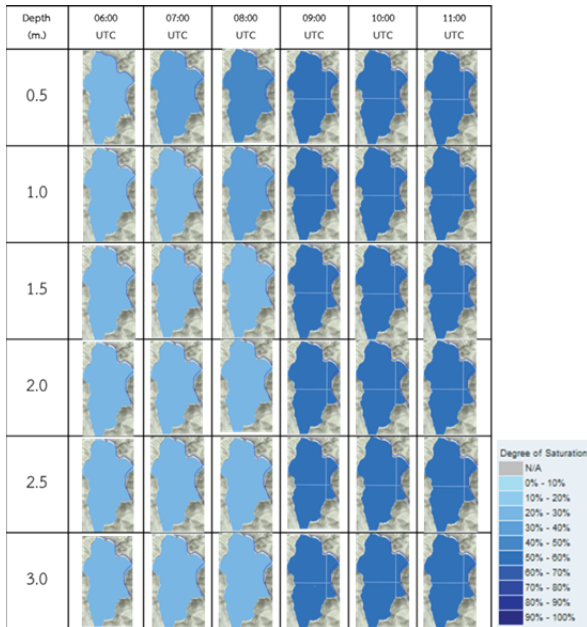
รูปที่ 10 หน้าตัดการวิเคราะห์

ตารางที่ 4 ระดับความอ่อนไหวต่อดินถล่มตามช่วงอัตราส่วนความปลอดภัย

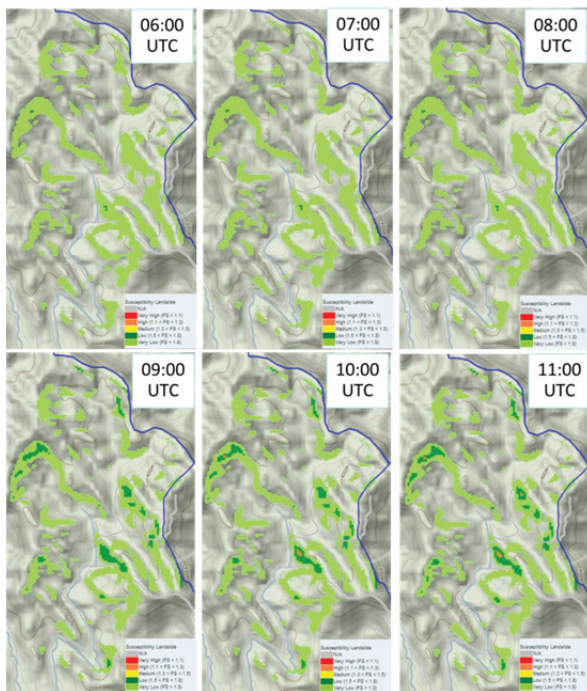
ระดับความอ่อนไหว	ช่วงอัตราส่วนความปลอดภัย
สูงมาก	$FS < 1.1$
สูง	$1.1 < FS < 1.3$
ปานกลาง	$1.3 < FS < 1.5$
ต่ำ	$1.5 < FS < 1.8$
ต่ำมาก	$FS > 1.8$

ตัวอย่างผลที่ได้จากการแบบจำลองวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อดินถล่ม สำหรับพื้นที่บริเวณบ้านห้วยใต้ ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ สามารถแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงระดับความอิ่มตัวของดินในแต่ละความลึกของแต่ละช่วงเวลารายชั่วโมงของปริมาณน้ำฝนที่ตกลงในพื้นที่ ดังรูปที่ 11 จากระดับความอิ่มตัวในแต่ละความลึกนำไปคำนวณหาอัตราส่วนความปลอดภัยที่น้อยที่สุดตลอดหน้าตัดความหนาของชั้นดินทั้ง 3 เมตร สร้างเป็นข้อมูลพื้นที่ระดับความอ่อนไหวต่อดินถล่มตามช่วงของอัตราส่วนความปลอดภัยที่กำหนดได้ดังรูปที่ 12 อีก

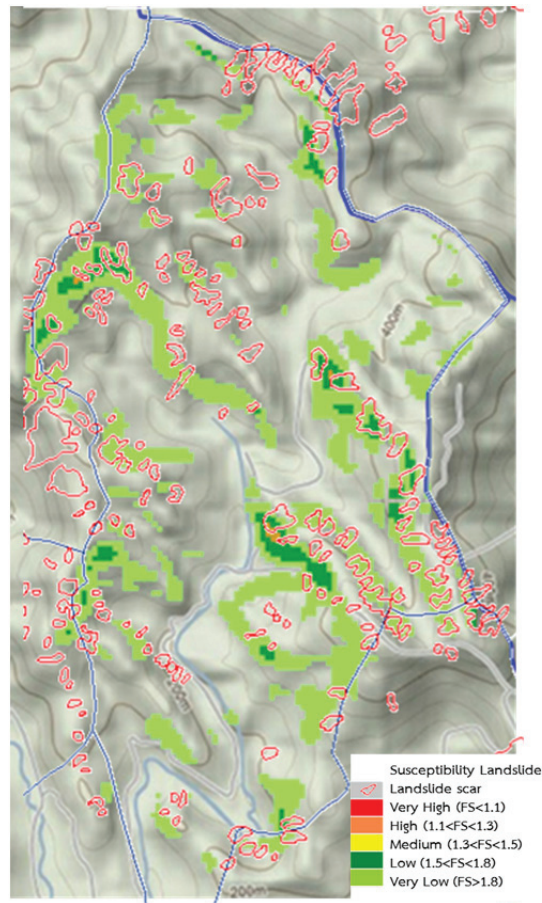
ทั้งนี้ยังได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำของแบบจำลองด้วยการเปรียบเทียบผลด้วยรอยดินถล่มที่เคยเกิดขึ้นจากการแปลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมโดยกรมทรัพยากรธรณี ดังรูปที่ 13 พบว่า มีแนวโน้มของพื้นที่การพิบัติของลาดดินสอดคล้องไปในทางเดียวกัน



รูปที่ 11 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นสะสมในดินแต่ละชั้นตามข้อมูลน้ำฝนรายชั่วโมง



รูปที่ 12 การเปลี่ยนแปลงระดับความอ่อนไหวต่อดินถล่มตามข้อมูลน้ำฝนรายชั่วโมง



รูปที่ 13 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองกับรอยดินถล่มจากการแปลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

5. สรุปผลการศึกษา

- 1.แบบจำลองพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มเชิงพลวัตสามารถใช้ในการคาดการณ์การเกิดดินถล่มล่วงหน้าได้เป็นเวลา 72 ชั่วโมง โดยในพื้นที่ระดับจังหวัดจะใช้เวลาในการประมวลผล 6 ชั่วโมงโดยเฉลี่ย
- 2.ผลของแบบจำลองดังกล่าวได้ถูกนำไปขยายใช้ในการเตือนภัยดินถล่มในทุกพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มของประเทศไทย โดยระบบจะเริ่มดำเนินการในปี พ.ศ.2556 ซึ่งจะดำเนินงานโดยกรมทรัพยากรธรณีร่วมกับศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก
- 3.จากการสอบเทียบความถูกต้องของการทำนาย พบว่า การทำนายได้ผลในเชิงอนุรักษ์ (Conservative) โดยให้พื้นที่ที่มีระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มสูงตรงกับรอยการเกิดดินถล่มจริง ร้อยละ 46.12 ที่เหลือเป็นพื้นที่ที่ไม่ตรงแต่แสดงเป็นพื้นที่อ่อนไหวสูง อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาในรูปของตำแหน่งของดินถล่ม โดยไม่พิจารณาขนาดพื้นที่จะพบว่าระบบให้ความแม่นยำดีมาก
- 4.แบบจำลองเหมาะสำหรับการเตือนภัยดินถล่มในลาดเขาธรรมชาติและเกิดจากฝนตกหนักเป็นหลัก

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณหน่วยงานต่างๆ ที่ได้เห็นความสำคัญของการเตือนภัยดินถล่มและสนับสนุนการศึกษาเพื่อสร้างระบบเตือนภัยนี้มาอย่างต่อเนื่อง ได้แก่ มูลนิธิเพื่อนพึ่ง(ภาฯ)ยามยาก, กรมทรัพยากรธรณี, สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (สสนก.), และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติสำหรับการสนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] วรากร ไม้เรียง, นงลักษณ์ ไทยเจียมอารีย์. 2546. เสถียรภาพของลาดดินในพื้นที่ลุ่มน้ำก้อ โดยใช้คุณสมบัติทางวิศวกรรม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [2] Li, C. and M.H. Young. 2006. Green-Ampt infiltration model for sloping surface. Water resources research. Vol. 42, W07420.
- [3] Fredlund, D.G. and H. Rahardjo, 1993. Soil Mechanics for Unsaturated Soils. John Wiley & Son, INC., New York.
- [4] วรวัชร ต่อวิวัฒน์, 2552. แบบจำลอง API วิกฤติเพื่อการเตือนภัยดินถล่มสำหรับดินที่เกิดจากการสลายของหิน ณ ที่ตั้งในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- [5] สุทธิศักดิ์ ศรีสัมพันธ์ และ วรวัชร ต่อวิวัฒน์, 2553. พฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงเฉือนตามความชื้นของดินที่ผุสลายอยู่กับที่ของกลุ่มหินที่มีความอ่อนไหวต่อดินถล่มในประเทศไทย, การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 15, พฤษภาคม 2553, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, จ.อุบลราชธานี, ประเทศไทย.
- [6] วรากร ไม้เรียง, นงลักษณ์ ไทยเจียมอารีย์. 2546. เสถียรภาพของลาดดินในพื้นที่ลุ่มน้ำก้อ โดยใช้คุณสมบัติทางวิศวกรรม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [7] วรากร ไม้เรียง, บรรพต กุลสุวรรณ. 2548. การศึกษาพฤติกรรมการพิบัติของลาดดินในพื้นที่ต้นน้ำของลุ่มน้ำย่อยแม่น้ำจันทบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [8] สุทธิศักดิ์ ศรีสัมพันธ์, อภินิติ โชติสังกาศ, บรรพต กุลสุวรรณ, มนันยา จันทพร, ดำรงค์ ปิ่งสุวรรณ, สิริศาสตร์ ยังแสนภู, วรวัชร ต่อวิวัฒน์ และ จิตติมา เทพพานิช. 2551. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการการศึกษาพฤติกรรมการเกิดน้ำท่วม-ดินถล่ม ในพื้นที่ต้นแบบเพื่อสร้างแบบจำลองสำหรับกำหนดเกณฑ์และวิธีการในการเตือนภัย, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.
- [9] Brooks, R.H., and A.T. Corey. 1964. Hydraulic properties of porous media. Hydrol. Pap. 3. Colorado State Univ., Fort Collins.