

การเตือนภัยดินถล่มโดยอาศัยค่าปริมาณน้ำฝน

สุทธิศักดิ์ สรลัมพ์, PhD. (SUTTISAK SORALUMP)¹

¹ผู้ช่วยศาสตราจารย์ และหัวหน้าศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, fengsus@ku.ac.th

1. บทนำ

ภัยพิบัติตามธรรมชาติในประเทศไทยมีแนวโน้มที่จะส่งผลกระทบเพิ่มมากขึ้น ภัยพิบัติที่สำคัญ ได้แก่ อุทกภัย แผ่นดินไหว และดินถล่มเป็นภัยพิบัติที่ส่งผลกระทบอย่างต่อเนื่อง โดยภัยดินถล่มมักเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว จับพลัน ส่งผลให้เกิดอันตรายทั้งชีวิตและทรัพย์สิน และส่วนใหญ่จะเกิดควบคู่กับการเกิดอุทกภัย การศึกษาเหตุการณ์ดินถล่มและหาแนวทางในการเฝ้าระวังและเตือนภัย เพื่อป้องกันหรือลดความสูญเสียเนื่องจากการเกิดดินถล่ม มีอยู่หลายวิธี เช่น การกำหนดพื้นที่เสี่ยงภัยการพัฒนาสิ่งก่อสร้างเพื่อชะลอหรือลดความรุนแรง การศึกษาเพื่อกำหนดเกณฑ์ในการเตือนภัย

ปัจจัยหลักที่ส่งผลให้เกิดดินถล่มมีอยู่หลายปัจจัยด้วยกัน ได้แก่ ธรณีวิทยา, ความลาดชันของพื้นที่, คุณสมบัติของดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นต้น ค่าปริมาณน้ำฝนถือเป็นปัจจัยกระตุ้นที่สำคัญให้เกิดดินถล่มในประเทศไทย เนื่องจากน้ำจะทำให้มวลดินมีค่ากำลังรับแรงเฉือนต่ำลง ดังนั้นหากเราทราบปริมาณน้ำวิกฤติที่มวลดินสามารถจะรับได้ก่อนการพิบัติเราจะสามารถนำค่าดังกล่าวไปใช้เป็นเกณฑ์ในการเตือนภัยได้ ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน (Antecedent Precipitation Index: API) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณน้ำในมวลดิน ณ เวลาต่าง ๆ ซึ่งเป็นปัจจัยของศักยภาพของดินในการอุ้มน้ำอันเนื่องมาจากอิทธิพลของน้ำฝนเนื่องจากคุณสมบัติด้านกำลังของดินจะลดลงเมื่อมวลดินมีความชื้นเพิ่มมากขึ้น (Fredlund, 1978) ดังนั้นหากมีการจำลองพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำในมวลดินที่เกิดเนื่องจากการไหลซึมของน้ำฝนลงสู่ชั้นดิน และวิเคราะห์หาอัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of safety: FS) ของลาดชันจะทำให้สามารถพยากรณ์พื้นที่ที่มีโอกาสเกิดดินถล่มได้ ซึ่งจะนำไปสู่การเฝ้าระวังและเตือนภัย ดินถล่มได้ถ้าสามารถตรวจวัด

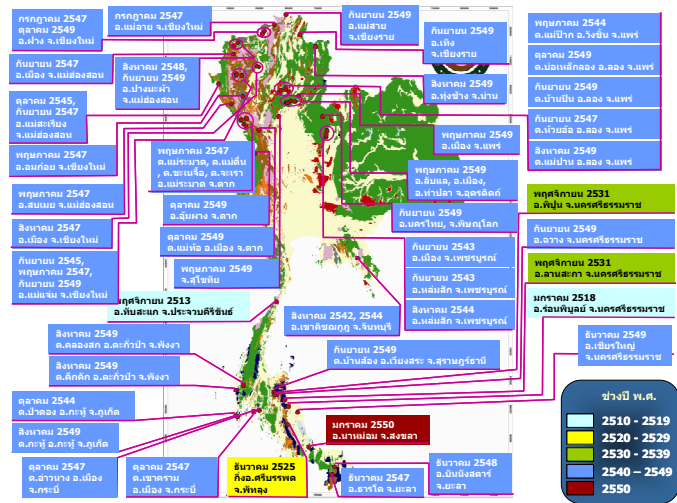
ปริมาณฝนที่ตกแบบเวลาจริง (Real Time) และทำการคำนวณค่า API ณ เวลาต่าง ๆ เพื่อเปรียบเทียบกับค่า API วิกฤติ

2. สถิติการเกิดดินถล่มในประเทศไทย

เหตุการณ์ดินถล่มเป็นภัยธรรมชาติที่ทำให้เกิดความสูญเสียชีวิตและทรัพย์สิน ซึ่งส่งผลให้เศรษฐกิจ และสังคมของประเทศหยุดชะงัก เนื่องจากงบประมาณที่มีอยู่อย่างจำกัด ต้องนำมาใช้ในการให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัยและฟื้นฟูพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้รวบรวมข้อมูลเหตุการณ์ดินถล่ม ในอดีตตั้งแต่ เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2513 ที่ อ.ทับสะแก จ.ประจวบคีรีขันธ์ จนถึง เดือนมกราคม พ.ศ. 2550 อ.นาหม่อม จ.สงขลา ดังแสดงในรูปที่ 1 เมื่อพิจารณาเหตุการณ์ดินถล่มเป็นช่วงเวลาและมูลค่าความเสียหายของเหตุการณ์ ตามความถี่ของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาปี พ.ศ. 2510-2519, พ.ศ. 2520 – 2529, พ.ศ. 2530 – 2539 และ พ.ศ.2540-2549 เราจะสามารถวิเคราะห์แนวโน้มของความรุนแรงกับเวลาได้ ดังรูปที่ 2 ซึ่งรูปดังกล่าวแสดงความถี่ของเหตุการณ์ที่มีมูลค่าความเสียหายรวม มากกว่า 100 ล้านบาทขึ้นไป และรูปที่ 3 แสดงความถี่ของเหตุการณ์ที่มีมูลค่าความเสียหายรวม น้อยกว่า 100 ล้านบาท

จากรูปที่ 2 และรูปที่ 3 พบว่าจากอดีตจนถึงปัจจุบัน เหตุการณ์ดินถล่มมีแนวโน้มของความถี่ และมูลค่าความเสียหายของเหตุการณ์ดินถล่มเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจน โดยเฉพาะในช่วงปี 2545 ถึง 2549 เกิดดินถล่มที่มีมูลค่าความเสียหายน้อยกว่า 100 ล้านบาท อยู่ 33 เหตุการณ์ และเหตุการณ์ดินถล่มที่มีมูลค่ามากกว่า 100 ล้านบาทอยู่ 10 เหตุการณ์ จากข้อมูลดังกล่าวสามารถตั้งสมมุติฐานของการเพิ่มขึ้นของความถี่และปริมาณความสูญเสียได้เป็น 3 กรณี อันได้แก่

1. เกิดจากดินถล่มเกิดขึ้นบ่อยครั้งขึ้นจริง
2. การบริหารจัดการด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่เสี่ยงภัยมีความผิดพลาด
3. ทั้ง 2 กรณีข้างต้น



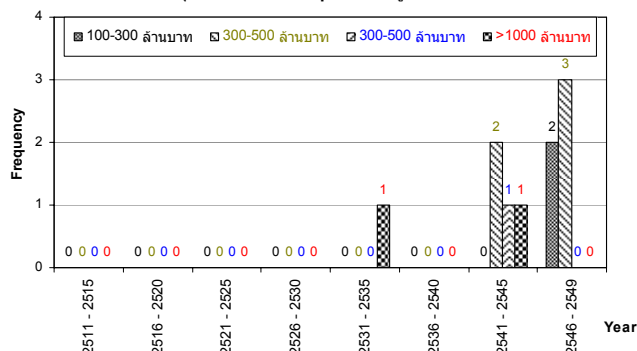
รูปที่ 1 เหตุการณ์ดินถล่มที่เกิดขึ้นในอดีต

เมื่อพิจารณาความสูญเสียชีวิตและทรัพย์สินของ เหตุการณ์ดินถล่มจากปี 2513 ถึง ปี 2549 ดังตารางที่ 1 มี ผู้เสียชีวิตจากเหตุการณ์ดินถล่ม 534 คน และมูลค่าความเสียหาย 4,585.6 ล้านบาท และพิจารณาเป็นต่อปี พบว่าการสูญเสียชีวิต และทรัพย์สินที่เกิดขึ้นจากเหตุการณ์ดินถล่มในปัจจุบันมี แนวโน้มเพิ่มมากขึ้นกว่าในอดีต โดยการสูญเสียชีวิตและ ทรัพย์สินในช่วง พ.ศ. 2531-2540 ประมาณ 23 คน/ปี, 100.0 ล้านบาท/ปี และในช่วง พ.ศ. 2541-2549 ประมาณ 34 คน/ปี, 398.4 ล้านบาท/ปี

ตารางที่ 1 มูลค่าความเสียหายจากเหตุการณ์ดินถล่ม

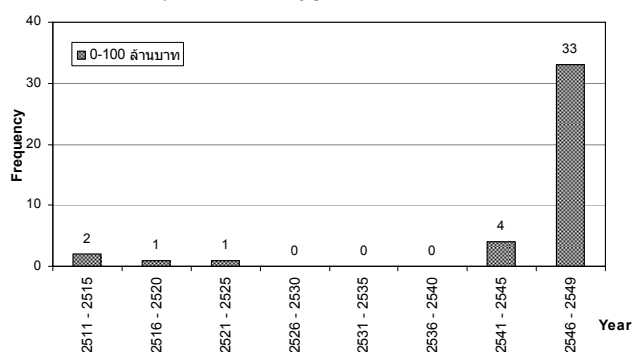
Year	ผู้เสียชีวิต, คน	มูลค่าความเสียหาย, ล้านบาท	ผู้เสียชีวิต, คน/ปี	มูลค่าความเสียหาย, ล้านบาท/ปี
2510 - 2520	0.00	0.00	0.00	0.00
2521 - 2530	0.00	0.00	0.00	0.00
2531 - 2540	230.00	1000.00	23.00	100.00
2541 - 2549	304.00	3585.60	33.78	398.40

จำนวนเหตุการณ์ในช่วงปีต่างๆ แยกตามมูลค่าความเสียหาย



รูปที่ 2 เหตุการณ์ดินถล่มที่เกิดขึ้นในอดีตและมูลค่าความเสียหาย ที่มากกว่า 100ล้านบาท

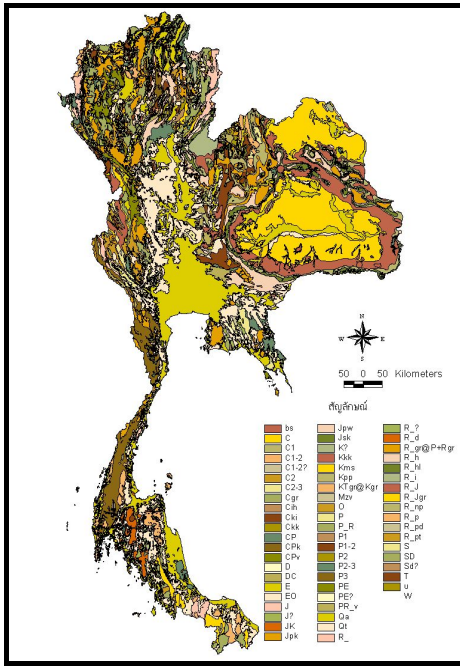
จำนวนเหตุการณ์ในช่วงปีต่างๆ มูลค่าความเสียหาย<100 ล้านบาท



รูปที่ 3 เหตุการณ์ดินถล่มที่เกิดขึ้นในอดีตและมูลค่าความเสียหาย ที่น้อยกว่า 100ล้านบาท

3. ธรณีวิทยากับการเกิดดินถล่ม

รูปที่ 4 แสดงข้อมูลชุดหินทางธรณีวิทยาของประเทศไทย หินบางชนิดมีการกระจายตัวครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณ กว้าง ในทุกภูมิภาคของประเทศ ขณะที่บางชนิดมีการกระจายตัว เป็นพื้นที่แคบ จำกัดอยู่เพียงภูมิภาคเดียว ชุดหินทางธรณีวิทยา เป็นปัจจัยสำคัญในการบ่งชี้โอกาสเกิดดินถล่ม ทั้งนี้เนื่องจากหิน ต่างชนิดกันมีองค์ประกอบและโครงสร้างต่างกันและที่สำคัญเมื่อ เกิดการผุพังจะก่อให้เกิดดินที่มีคุณสมบัติทางวิศวกรรมที่เอื้อต่อ การเกิดดินถล่มที่ต่างกัน จากการศึกษาการเกิดดินถล่มในพื้นที่ 6 จังหวัดภาคใต้อันได้แก่จังหวัดระนอง, พังงา, ภูเก็ต, กระบี่, ตรัง และ สตูล ในโครงการศึกษาหาแนวทางป้องกันและลด ผลกระทบจากภัยดินถล่ม (กรมทรัพยากรธรณี, 2549) พบว่าชุด หินที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มมาก คือ ชุดหินที่มี หินแกรนิตเด่น เนื่องจากหินแกรนิตเมื่อผุพังจะเกิดการสะสมตัว อยู่บริเวณที่ลาดชันเป็นชั้นดินหนา รวมทั้งดินมีองค์ประกอบที่ เป็นดินที่มีความเชื่อมแน่นต่ำและสูญเสียกำลังง่ายเมื่อความชื้น เพิ่มขึ้น จึงเอื้อต่อการเกิดดินถล่ม รองลงมาได้แก่ หินโคลน หินทราย หินแปร (ควอร์ตไซต์) และหินปูน ตามลำดับดังแสดงใน ตารางที่ 2



รูปที่ 4 ชุดหินทางธรณีวิทยาของประเทศไทย
(กรมทรัพยากรธรณี, 2530)

ตารางที่ 2 ระดับโอกาสเกิดดินถล่มของชุดหินในพื้นที่ 6 จังหวัดภาคใต้
(ใช้ชนิดหินเด่นเป็นเกณฑ์แยก) (กรมทรัพยากรธรณี, 2549)

NO.	ระดับโอกาสเกิดแผ่นดินถล่ม	อธิบาย
1	สูงมาก	หินแกรนิตเด่น อัตราการผุพังสูง มีการสะสมตัวของดินที่ผุพังอยู่กับที่สูง
2	สูง	หินดินดานและหินโคลนเด่น อัตราการผุพังสูง มีการสะสมตัวของดินที่ผุพังอยู่กับที่น้อยกว่าแกรนิต
3	ปานกลาง	หินทรายและหินทรายแข็งเด่น อัตราการผุพังปานกลาง มีการสะสมตัวของดินที่ผุพังอยู่กับที่ปานกลาง
4	น้อย	หินควอซต์ไฮด์ หินทรายและหินทรายแข็งเด่น โดยทั่วไปมีลักษณะคล้าย ๆ กับ ระดับ 3 เพียงแต่ชุดหินนี้มีหินควอซต์ไฮด์เด่นซึ่งมีความทนทานต่อการผุพังสูง
5	น้อยมาก	หินปูนและหินโดโลไมท์เด่น (Solution Rock) อัตราการผุพังปานกลาง มีการสะสมตัวของดินที่ผุพังอยู่กับที่ค่อนข้างน้อย

จากการจำแนกชุดหินของโครงการศึกษาหาแนวทางป้องกันและลดผลกระทบจากภัยดินถล่ม (กรมทรัพยากรธรณี, 2549) ซึ่งใช้ได้เพียงเขตพื้นที่ 6 จังหวัดภาคใต้เท่านั้น การนำไปใช้ได้ทั้งประเทศนั้น จำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงคุณสมบัติของดินแต่ละชุดหินตามลักษณะธรณีวิทยาของทั้งประเทศ เพื่อนำคุณสมบัติที่ได้มาทำการจำแนกชุดหินให้ครอบคลุมทั้งประเทศ เนื่องจากลักษณะทางธรณีวิทยาของทั้ง

ประเทศมีหลายลักษณะที่แตกต่างกัน ซึ่งส่งผลต่อการวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน ค่าที่ได้จากการทดสอบอาจมีความแปรปรวนมาก จึงต้องทำการจัดกลุ่มลักษณะทางธรณีวิทยาของทั้งประเทศ (1 กลุ่มประกอบด้วยหลายชุดหิน) โดยลักษณะทางธรณีวิทยาที่มีความใกล้เคียงกันจะจัดให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน ผลจากการจัดกลุ่มดังกล่าวนี้ สามารถจำแนกลักษณะทางธรณีวิทยาที่สำคัญที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการวิเคราะห์ดินถล่มได้ ออกเป็น 8 กลุ่ม ดังนี้

1) กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วยหินแกรนิตยุคคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียน (Carboniferous-Permian) มีการกระจายตัวส่วนใหญ่ครอบคลุมพื้นที่บริเวณภาคเหนือของประเทศไทย และบางส่วนมีการกระจายตัวอยู่บริเวณภาคตะวันออก กำหนดให้เป็นกลุ่มหินที่เป็นตัวแทนของหินแกรนิตในภาคเหนือ มีพื้นที่ครอบคลุม 0.74% ของพื้นที่ทั้งประเทศ

2) กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วยหินแกรนิตยุคจูแรสสิก-ครีเทเชียส (Jurassic-Cretaceous) มีการกระจายตัวครอบคลุมพื้นที่บริเวณภาคใต้ จึงกำหนดให้เป็นกลุ่มหินที่เป็นตัวแทนของหินแกรนิตในภาคใต้ มีพื้นที่ครอบคลุม 1.84% ของพื้นที่ทั้งประเทศ

3) กลุ่มที่ 3 ประกอบด้วยหินแกรนิตยุคจูแรสสิก (Jurassic) มีการกระจายตัวค่อนข้างกระจายกระจาย โดยครอบคลุมพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยเป็นส่วนใหญ่ รองลงมาได้แก่พื้นที่ภาคใต้ ภาคตะวันออก ภาคตะวันตก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตามลำดับ มีพื้นที่ครอบคลุม 4.55% ของพื้นที่ทั้งประเทศ

4) กลุ่มที่ 4 ประกอบด้วยหินภูเขาไฟและหินอัคนีอื่นๆ ได้แก่ หินบะซอลต์ หินแอนดิไซต์ หินไรโอไลต์ หินทัฟไฟ หินฮอร์นเบลนด์ หินเซอร์เพนไทน์ และหินไพโรอกซีนไนด์ มีพื้นที่ครอบคลุม 2.81% ของพื้นที่ทั้งประเทศ

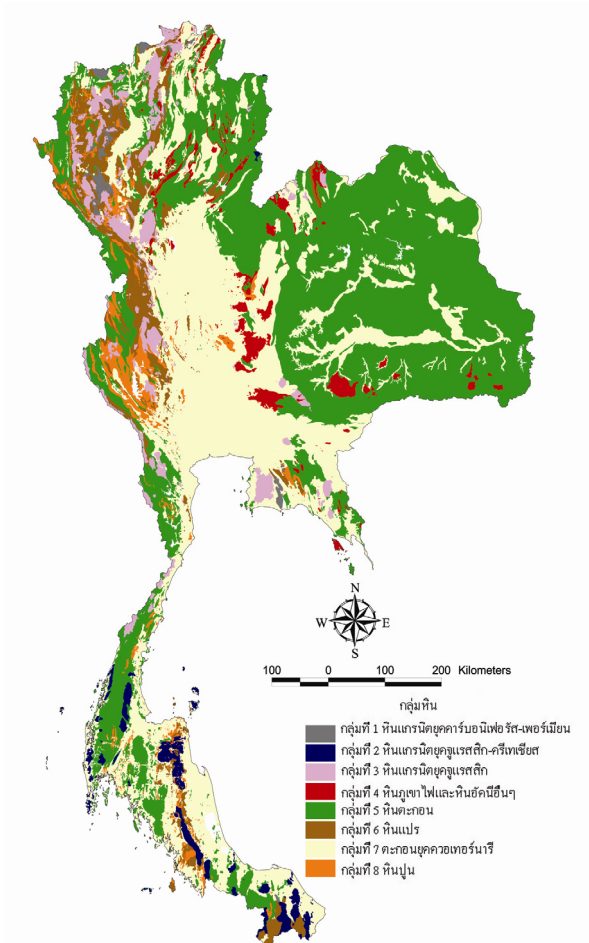
5) กลุ่มที่ 5 ประกอบด้วยหินทราย หินโคลน หินดินดาน หินกรวดมน หินเชิร์ต และตะกอนที่ยังไม่แข็งตัว มีพื้นที่ครอบคลุม 44.69% ของพื้นที่ทั้งประเทศ

6) กลุ่มที่ 6 ประกอบด้วยหินแปร ประกอบด้วยหินไนส์ หินชีสต์ หินควอร์ตไซต์ หินฟิลไลต์ หินอ่อน หินเชิร์ตและหินทัฟไฟถูกแปรสภาพ มีพื้นที่ครอบคลุม 6.12% ของพื้นที่ทั้งประเทศ

7) กลุ่มที่ 7 ประกอบด้วยตะกอนยุคควอเทอร์นารี คือ ตะกอนน้ำพาและตะกอนตะกั่ว น้ำ มีพื้นที่ครอบคลุม 35.98% ของพื้นที่ทั้งประเทศ

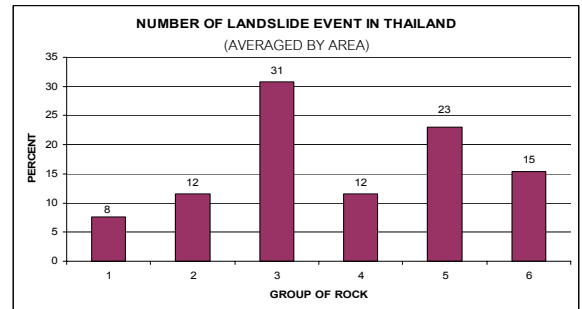
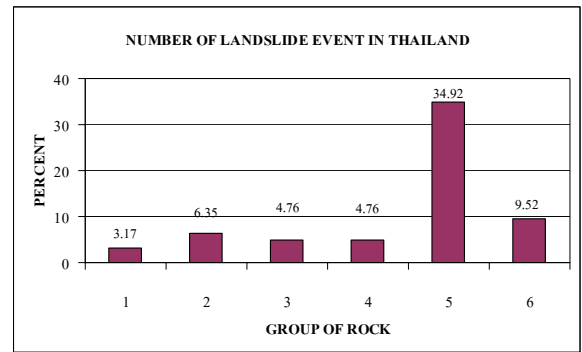
8) กลุ่มที่ 8 ประกอบด้วยหินปูนในยุคอน์โดวิเซียน และเพอร์เมียน มีพื้นที่ครอบคลุม 3.26% ของพื้นที่ทั้งประเทศ

เนื่องจากลักษณะทางธรณีวิทยาของกลุ่มที่ 7 และ 8 มีโอกาสต่ำในการเกิดดินถล่มตามธรรมชาติ ดังนั้นจึงไม่นำมาพิจารณาศึกษา ลักษณะกลุ่มหินทั้ง 8 กลุ่ม สามารถแสดงได้ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 จำแนกลักษณะทางธรณีวิทยาที่สำคัญเป็น 8 กลุ่ม (ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก, 2549)

สถิติการบันทึกเหตุการณ์เกิดดินถล่มในประเทศไทย ตั้งแต่ปีพ.ศ.2513- พ.ศ.2549 (รูปที่ 1) โดยการเก็บรวบรวมของ ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก ม. เกษตรศาสตร์ จำนวน 63 ตำแหน่ง พบว่าสามารถจำแนกชุดหินที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มได้ ตามสถิติการเกิดในอดีตจำแนกตามชุดหิน กลุ่มที่ 1 ถึงกลุ่มที่ 6 ดังแสดงในรูปที่ 6 จะเห็นได้ว่าการเกิดดินถล่มในประเทศไทยส่วนใหญ่เกิดบริเวณภาคเหนือและภาคใต้ ตอนกลางเป็นส่วนใหญ่ Soralump(2006) ได้ประเมินความเสี่ยงจากดินถล่มโดยใช้ข้อมูลสถิติในอดีตพบว่า ความเสี่ยงต่อความสูญเสียมีค่าเท่ากับ 60 ล้านบาทต่อปี

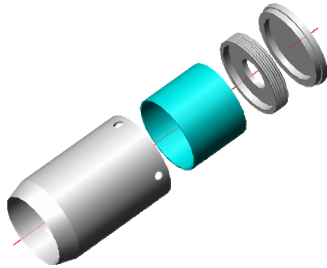


Group 1 Permo-Carb. granite
Group 2 Jurassic-Cretaceous granite
Group 3 Jurassic granite
Group 4 Volcanic and other plutonic rock
Group 5 Sandstone, shale, mudstone, conglomerate and chert
Group 6 Metamorphic rock

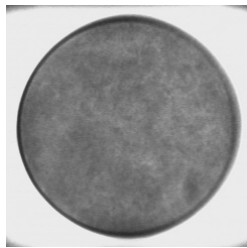
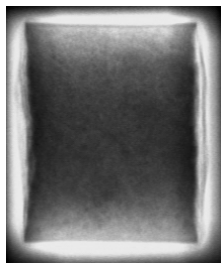
รูปที่ 6 สถิติการเกิดดินถล่มในอดีตจำแนกตามชุดหินกลุ่มที่ 1 ถึงกลุ่มที่ 6 ตั้งแต่ปี พ.ศ.2513-2549 (Soralump and Kulsuwan, 2006)

4. การทดสอบดินทางวิศวกรรมเพื่อประเมินโอกาสเกิดดินถล่ม

เป็นที่ทราบดีว่าความชื้นของดินเพิ่มขึ้นจากน้ำฝนย่อมส่งผลให้กำลังรับแรงเฉือนของดินตกลง การทดสอบดินเพื่อประเมินศักยภาพการเกิดดินถล่มของดินนั้นมุ่งเน้นศึกษาสภาพการเกิดดินถล่มในสภาวะฝนตก ดังนั้นวิธีการทดสอบจึงได้ออกแบบมาเพื่อศึกษาพฤติกรรมของการเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงเฉือนและอัตราส่วนช่องว่าง เมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น การศึกษาได้ดำเนินการโดยการเก็บตัวอย่างคงสภาพของดินผุจากชุดหินกลุ่มต่าง ๆ โดยใช้ชุดเก็บตัวอย่าง KU-Miniature Sampler, วรากร และคณะ (2546, 2548) รูปที่ 7 ซึ่งเป็นชุดเก็บตัวอย่างที่ออกแบบเพื่อเก็บตัวอย่างดินภูเขาสำหรับการทดสอบ Direct Shear Test โดยเฉพาะ กระบอกเก็บตัวอย่างมีอัตราส่วนพื้นที่ประมาณ 18% และจากผลการตรวจสอบการถูกกระทบกระเทือนโดยการ X-Ray พบว่าตัวอย่างมีการรบกวนน้อย รูปที่ 8



รูปที่ 7 ชุดเก็บตัวอย่าง KU-Miniature Sampler, วรากรและคณะ (2546,2548)



รูปที่ 8 การ X-RAY KU-Miniature Sampler

การศึกษานี้เลือกวิธีการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนแบบเฉือนตรง เพื่อหาคุณสมบัติการลดลงของกำลังรับแรงเฉือนเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำที่เรียกกันว่า Strength Reduction Index : SRI และการทดสอบ KU-Multi state Direct Shear Test : KU-MDS ซึ่งวิธีการทดสอบทั้งสองนี้ได้พัฒนาขึ้นโดยศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์โดยมีขั้นตอนการทดสอบต่อไปนี้

การลดลงของกำลังรับแรงเฉือนเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (Strength Reduction Index : SRI)

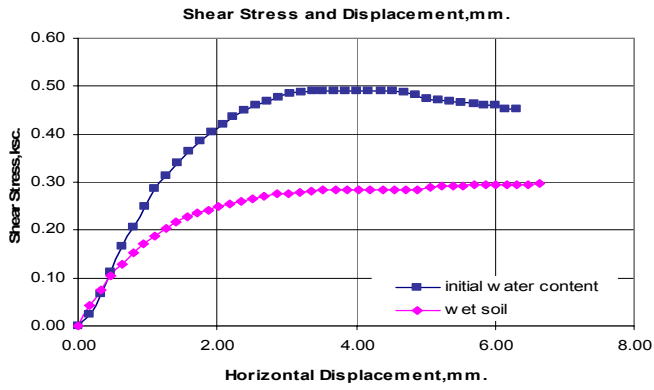
ความแข็งแรงของดินมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณความชื้นในมวลดิน โดยกำลังรับน้ำหนักของดินส่วนใหญ่จะลดลงเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น เพราะเหตุดังกล่าว เหตุการณ์ดินถล่มจึงมักเกิดจากกรณีฝนตกหนัก อย่างไรก็ตามการทดสอบความแข็งแรงของดินตามมาตรฐานโดยทั่วไป จะทดสอบในสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำเป็นส่วนใหญ่ การดำเนินการดังกล่าวไม่สามารถเห็นคุณสมบัติด้านการลดลงของกำลังเมื่อความชื้นเปลี่ยนไป ดังนั้นจึงได้ดำเนินการทดสอบและวิเคราะห์โดยวิธีใหม่ โดยทำ

การทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของดินด้วยเครื่องมือ Direct Shear Test กับตัวอย่างดินใน 2 สภาวะ อันได้แก่ สภาวะความชื้นในธรรมชาติและสภาวะชุ่มน้ำ การทดสอบดังกล่าวต้องใช้ตัวอย่างดิน 2 ตัวอย่างรวมเป็น 1 การทดสอบ การทดสอบนี้มีชื่อเรียกว่า Strength Reduction Index : SRI (สุทธิศักดิ์และคณะ, 2550)¹ โดยผลการทดสอบจะเป็นดัชนีชี้วัดการลดลงของกำลังรับแรงเฉือนเมื่ออิ่มตัวด้วยน้ำ แสดงในรูป 9, 10, 11 และรูปที่ 12

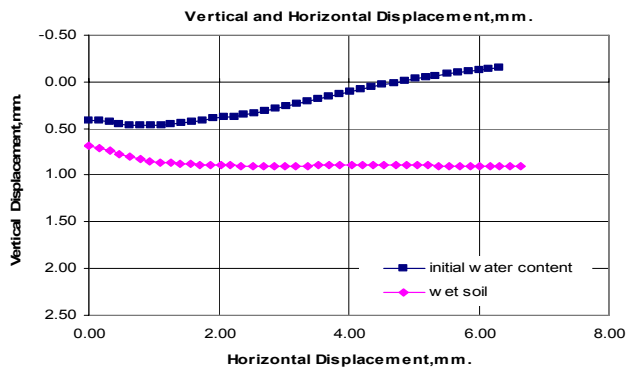
การทดสอบการรับแรงเฉือนของดินโดยวิธี Multi-Stage Direct Shear Test (KU-MDS Shear Test)

ในการทดสอบ Direct Shear ทั่วไป ใช้ตัวอย่างในการทดสอบอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง (Conventional Test) เพื่อหาความสัมพันธ์ในรูปแบบ Mohr-Coulomb Envelope จะได้ Shear Strength Parameter (c, ϕ) แต่มีวิธีที่สามารถหาพารามิเตอร์เหล่านี้ได้โดยใช้เพียงแค่ตัวอย่างเดียว ทดสอบโดยเฉือนตัวอย่างจนเกือบถึงจุดวิกฤติของในแต่ละ Normal Load อย่างน้อย 3-4 Normal Load วิธีการทดสอบแบบนี้เหมาะสมกับตัวอย่างที่มีความแปรปรวนสูงซึ่งวิธีนี้ให้ค่า c, ϕ ที่น่าเชื่อถือกว่าในการทำการทดสอบแบบปกติธรรมดา และในกรณีที่มีตัวอย่างน้อยวิธีนี้ก็ยังสามารถทดสอบให้ได้ค่า Shear Strength Parameter เรียกว่า Multi-stage direct shear test

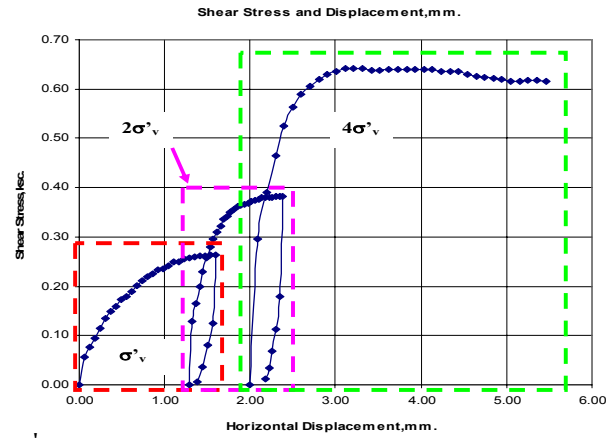
วิธีการทดสอบพฤติกรรมของการลดลงของกำลังดินเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของความชื้น โดยใช้เครื่องมือทดสอบ Direct Shear โดยดำเนินการทดสอบโดยวิธี Multi-stage ในแต่ละตัวอย่าง และเปลี่ยนแปลงความชื้นทั้งหมด 3 ตัวอย่างรวมเป็น 1 ชุดการทดสอบ การทดสอบนี้มีชื่อเรียกว่า KU-MDS Direct Shear Test, วรากรและคณะ (2546,2548) ซึ่งผลการทดสอบ KU-MDS Shear Test จะสามารถทราบพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงกำลังดินตามความชื้นที่เปลี่ยนแปลงไป ทำให้สามารถนำไปใช้คาดการณ์และวิเคราะห์ความมั่นคงของลาดชันที่เปลี่ยนไป เนื่องจากฝนตกหนัก ดังตัวอย่างผลการทดสอบแสดงในรูปที่ 13 และรูปที่ 14



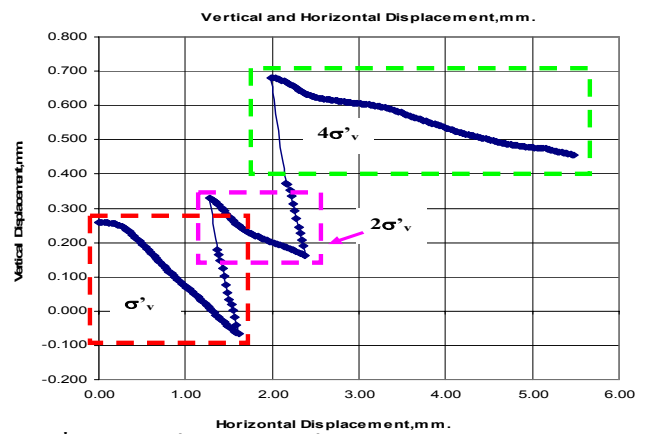
รูปที่ 9 แสดงกำลังรับแรงเฉือนของดินทั้งสองสภาวะ



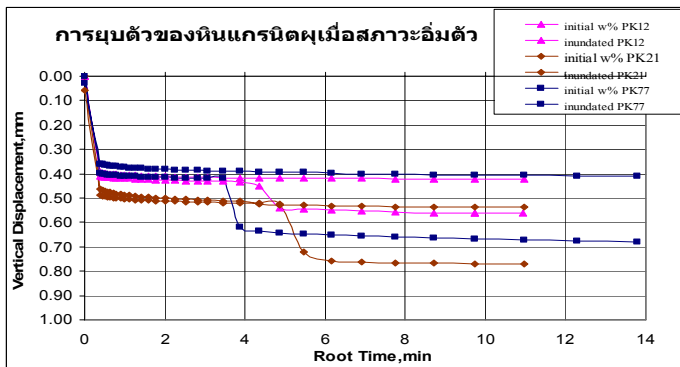
รูปที่ 10 การเคลื่อนตัวในแนวตั้งขณะเฉือนตัวอย่างดิน



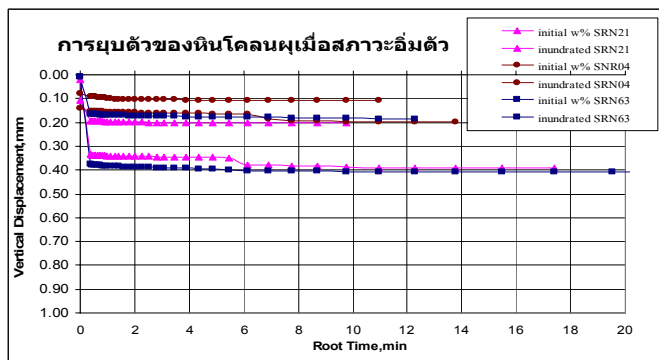
รูปที่ 13 แสดงกำลังรับแรงเฉือนแบบ Multi-Stage



รูปที่ 14 การเคลื่อนตัวในแนวตั้งขณะเฉือนแบบ Multi-Stage



รูปที่ 11 การยุบตัวเมื่อสภาวะชุ่มน้ำของหินแกรนิต



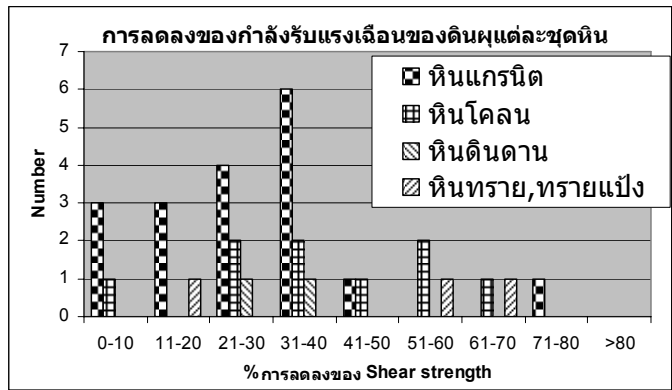
รูปที่ 12 การยุบตัวเมื่อสภาวะชุ่มน้ำของหินโคลน

5. ผลการทดสอบ

การทดสอบในห้องปฏิบัติการ สำหรับตัวอย่างดินคงสภาพ (Undisturbed sample) จะทดสอบหาลังรับแรงเฉือนจากเครื่องทดสอบการรับแรงเฉือนตรง (Direct shear test) ในสภาวะความชื้นปกติและสภาวะเกือบอิ่มตัว เพื่อนำค่าตัวแปรมาวิเคราะห์ร้อยละการลดลงของกำลังรับแรงเฉือน เพื่อเป็นดัชนีชี้การลดลงของกำลังของดินเมื่อถูกกระทำด้วยน้ำ (Strength Reduction Index, SRI)

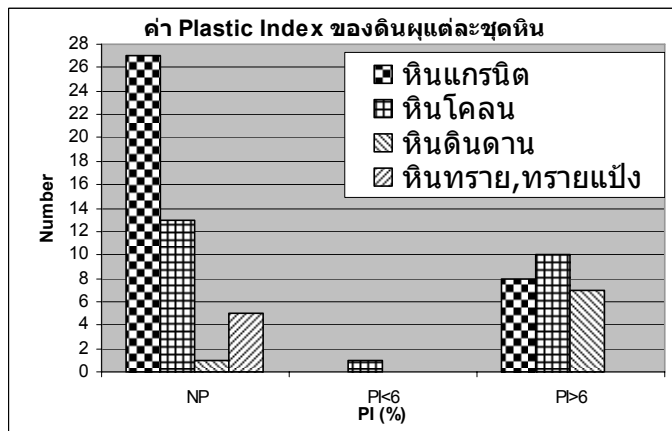
ผลการทดสอบ Strength Reduction Index, SRI การทดสอบ Direct shear test กระทำใน 2 สภาวะอันได้แก่สภาวะตามความชื้นในธรรมชาติ (Unsoaked) และสภาวะเมื่อนำดินแช่น้ำ (Soaked) ทั้งนี้เพื่อศึกษาสภาพการลดลงของกำลังรับแรงเฉือนของดินตัวอย่างเมื่อถูกน้ำ เพื่อจำลองสภาพการเกิดดินถล่มเมื่อฝนตกหนัก ผลการทดสอบพบว่า ดินสุจากหินแกรนิต มีร้อยละการลดลงของกำลังรับแรงเฉือนอยู่ระหว่าง ร้อยละ 10 ถึง 50 สำหรับดินสุจากหินโคลนและหินดินดานมีร้อยละการลดลงของกำลังรับแรงเฉือนที่ค่อนข้างกระจายตัวระหว่าง ร้อยละ 20 ถึง 70

สำหรับดินที่มาจากหินทรายมีร้อยละการลดลงของกำลังรับแรง
เฉือนมากกว่าร้อยละ 50 ดังแผนภูมิที่ 15

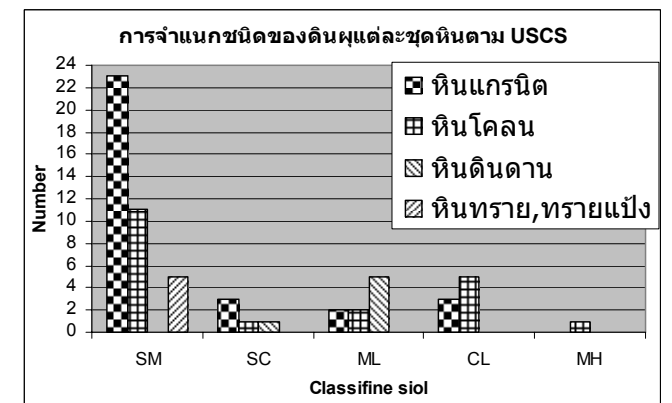


รูปที่ 15 การลดลงของกำลังรับแรงเฉือนของดินแต่ละชนิด

ผลการทดสอบทางวิศวกรรมพื้นฐานในห้องปฏิบัติการ
จากโครงการศึกษาหาแนวทางป้องกันและลดผลกระทบจากภัย
ดินถล่ม (กรมทรัพยากรธรณี, 2549) ตามรูปที่ 16 และรูปที่ 17
และการทดสอบการทดสอบ Strength Reduction Index, SRI
สามารถสรุปสมบัติดินทางวิศวกรรมตามประเภทของหินต้น
กำเนิดเรียงลำดับตามความสามารถในการไม่คงตัวหรือ
ความสามารถในการถล่ม ได้ดังตารางที่ 3



รูปที่ 16 ค่า Plastic Index ของดินแต่ละชนิด



รูปที่ 17 การจำแนกชนิดของดินแต่ละชนิดตาม USCS

ตารางที่ 3 ดัชนีความไม่คงตัวของดินตามประเภทหินต้นกำเนิด

ลำดับความ ไม่คงตัว	ชนิดหิน	PI	Wet	USCS	ร้อยละ
	ต้นกำเนิด	Sieve Analysis		การลดลงของกำลัง	
1	หินทราย	NP	Uniform grade	SM	>50%
2	หินแกรนิต	NP	Well grade	SM	<50%
3	หินโคลน	NP&PI>6	Gap grade	SM&CL	20%-70%
4	หินดินดาน	PI>6	Gap grade	ML	20%-40%

จากการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลข้างต้น ทำให้
สามารถสรุปคุณสมบัติดินทางวิศวกรรมออกเป็นชุดได้ 3 ชุด
โดยจัดกลุ่มตามดัชนีชี้วัดความไม่คงตัวของดิน ชุดดินดังกล่าว
ประกอบด้วย

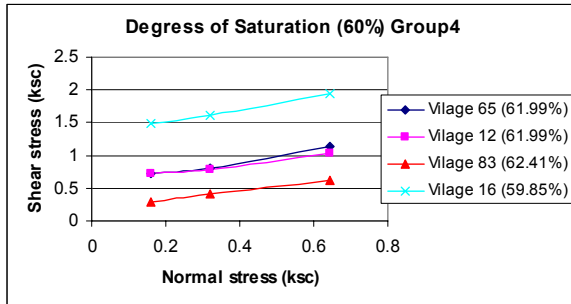
ชุดดินทางวิศวกรรมชุดที่ 1 ดินหรือหินมาจากหินทราย
และหินทรายแป้ง จำแนกชนิดดินตาม Unified Soil
Classification System (USCS) เป็นดิน Silty Sand (SM) ไม่มี
ความเหนียว (Non Plasticity) มีขนาดละเอียดหรือขนาด
เดียว;(Poor grade หรือ Uniform grade) การลดลงของกำลังรับ
แรงเฉือนมากกว่า ร้อยละ 50 เมื่อชุ่มน้ำ

ชุดดินทางวิศวกรรมชุดที่ 2 ดินหรือหินมาจาก
หินแกรนิต จำแนกชนิดตาม Unified Soil Classification System
(USCS) เป็นดิน Silty Sand (SM) ไม่มีความเหนียว (Non
Plasticity) มีขนาดละเอียด (Well grade) การลดลงของกำลังรับ
แรงเฉือนน้อยกว่า ร้อยละ 50 เมื่อชุ่มน้ำ

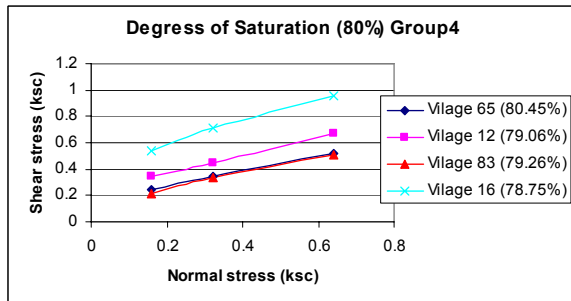
ชุดดินทางวิศวกรรมชุดที่ 3 ดินหรือหินมาจาก
หินดินดาน และหินโคลน จำแนกชนิดดินตาม Unified Soil
Classification System (USCS) ได้เป็นดินหลายประเภทขึ้นอยู่กับ
หินต้นกำเนิด ได้แก่ Silty Sand (SM) Low Plasticity Clay (CL)
และ Low Plasticity Silt (ML) ความเหนียวขึ้นอยู่กับชนิดของดิน
ข้างต้น ประกอบด้วยไม่มีความเหนียว (Non Plasticity) และดินที่
มีค่า Plastic Index มากกว่า 6 มีขนาดละเอียด (Poor grade) การ
ลดลงของกำลังรับแรงเฉือนมีการกระจายตัวทั้งน้อยกว่าและ
มากกว่าร้อยละ 50

ผลการทดสอบ KU-MDS Shear test วิธีการทดสอบ
พฤติกรรมแรงลดลงของกำลังดิน เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของ
ความชื้น โดยใช้เครื่องมือทดสอบ Direct Shear โดยดำเนินการ
ทดสอบโดยวิธี Multi-stage ในแต่ละตัวอย่าง และเปลี่ยนแปลง
ความชื้นทั้งหมด 3 ตัวอย่างรวมเป็น 1 ชุดการทดสอบ การ
ทดสอบนี้มีชื่อเรียกว่า KU-MDS Direct Shear Test ซึ่งผลการ
ทดสอบ KU-MDS Direct Shear Test จะสามารถทราบพฤติกรรม

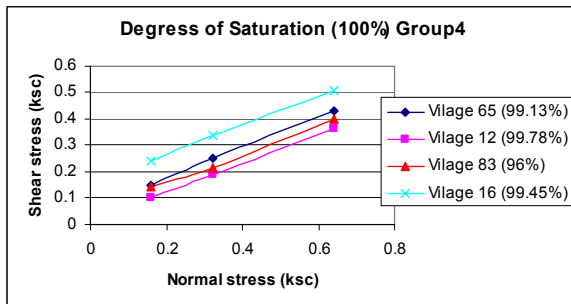
การเปลี่ยนแปลงกำลังดินตามความชื้นที่เปลี่ยนแปลงไป ทำให้สามารถนำไปใช้คาดการณ์และวิเคราะห์ความมั่นคงของลาดชันที่เปลี่ยนไปตามความชื้น ดังตัวอย่างผลการทดสอบรูปที่ 18 แสดงค่ากำลังรับแรงเฉือนของตัวอย่างดิน กลุ่ม 4 ซึ่งเป็นการทดสอบของตัวอย่างดิน 4 หมู่บ้าน พบว่าที่ Degree of saturation ที่ใกล้เคียงกันค่ากำลังของดินมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน



ก) ผลการทดสอบตัวอย่างดิน กลุ่ม 4 ที่ระดับความอิ่มตัว 60%



ข) ผลการทดสอบตัวอย่างดิน กลุ่ม 4 ที่ระดับความอิ่มตัว 80%

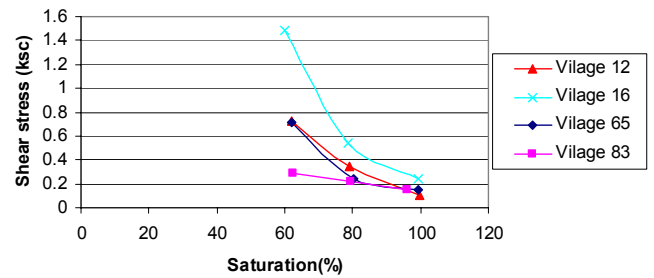


ค) ผลการทดสอบตัวอย่างดิน กลุ่ม 4 ที่ระดับความอิ่มตัว 100%

รูปที่ 18 ผลการทดสอบ KU-MDS Direct Shear Test ของดิน

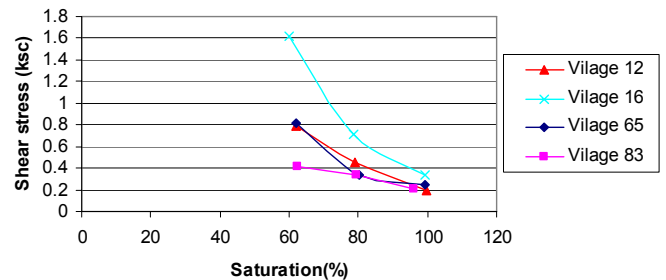
ผลการทดสอบของตัวอย่างดินในแต่ละกลุ่ม เมื่อทำการพิจารณาความสัมพันธ์ของระดับความอิ่มตัว (Degree of saturate) กับกำลังรับแรงเฉือนของดิน (Shear stress) ดังรูปที่ 19 ที่แสดงความสัมพันธ์ที่ Normal stress คงที่ จะเห็นได้ว่า เมื่อระดับความอิ่มตัวเพิ่มมากขึ้นค่า Shear stress ของดินจะมีค่าลดลง เป็นสาเหตุที่ว่าการบีบอัดของลาดดินส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในช่วงที่มีฝนตกหนัก ทำให้ความชื้นในดิน หรือ Degree of saturate เพิ่มขึ้น แต่ Shear stress ของดินกลับลดลง

Shear Stress VS Saturation
Normal stress 1m. (Group 4)



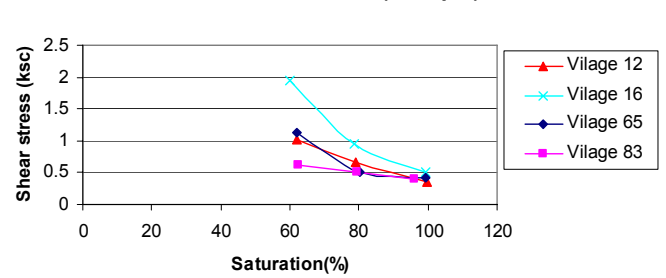
ก) ผลการทดสอบที่ระดับความลึกของดิน 1.00 เมตร

Shear Stress VS Saturation
Normal stress 2m. (Group 4)



ข) ผลการทดสอบที่ระดับความลึกของดิน 2.00 เมตร

Shear Stress VS Saturation
Normal stress 4m. (Group 4)



ค) ผลการทดสอบที่ระดับความลึกของดิน 4.00 เมตร

รูปที่ 19 ความสัมพันธ์ระหว่าง Degree of saturate กับ Shear

6. การประยุกต์ใช้ค่า API ณ เวลาใด ๆ เพื่อการเตือนภัย

ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน (Antecedent Precipitation Index: API) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณน้ำในชั้นดินที่ดินอุ้มน้ำไว้ ณ เวลาใด ๆ ซึ่งสามารถประเมินได้โดยอาศัยปัจจัยความชื้นในดิน (Soil moisture) กับปริมาณน้ำฝนที่ตกในแต่ละวันหรือแต่ละช่วงเวลา โดยในความสัมพันธ์ของ Linsely et. al. (1949) ดังสมการที่ 1

$$API_t = (K_t \times API_{t-1}) + P_t \quad \dots(1)$$

เมื่อ API_t = ค่า API ณ เวลาใด ๆ (t) (มม.)

API_{t-1} = ค่า API ของเวลาก่อนหน้า (t-1) (มม.)

P_t = ค่าปริมาณน้ำฝน ณ เวลาใด ๆ (t) (มม.)

K = ค่าคงที่ที่คูณลด ณ เวลาใด ๆ

ซึ่ง K นี้หาได้จากความสัมพันธ์ของ Chodhury and Blanchard (1983) ดังสมการที่ 2

$$K_t = \exp(-E_t / W) \quad \dots(2)$$

เมื่อ E_t = การคายระเหย ณ เวลาใดๆ

W = ความชื้นในดินที่สามารถระเหยได้ (ม.ม.)

จากสมการที่ 1 และ 2 การประเมินค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน (API) ขึ้นอยู่กับปัจจัย 3 คือ

ก.) ปัจจัยน้ำฝน (Precipitation factor: P) เป็นปัจจัยที่สำคัญที่ต้องมีการตรวจวัดน้ำฝนในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม เนื่องจากปริมาณน้ำฝนจะมีความแตกต่างไปตามลักษณะความสูงของพื้นที่ หรือที่ราบกับที่มีความลาดชัน

ข.) ค่า API ของเวลาก่อนหน้า (API_{t-1}) เป็นปัจจัยที่บ่งชี้ถึงความชื้นหรือปริมาณน้ำในดินของช่วงเวลาก่อนหน้าที่จะนำมาพิจารณาค่า API ในเวลาปัจจุบัน

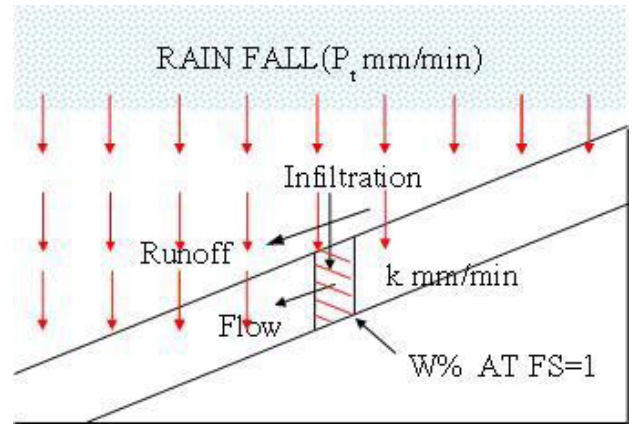
ค.) ค่าคงที่คูณลด (Recession constants: K) เป็นคุณสมบัติของดินในการอุ้มน้ำและปัจจัยการระเหยน้ำ ซึ่งจะแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่

เมื่อเปรียบเทียบการคำนวณค่า API ณ เวลาใด ๆ กับพฤติกรรมการณ์ไหลซึมของน้ำในมวลดิน (รูปที่ 20) พบว่า ค่า API ให้ความคลาดเคลื่อนในบางประเด็นอันเนื่องจากไม่ได้พิจารณาปัจจัยดังต่อไปนี้

1. การหายไปของปริมาณน้ำเนื่องจากการไหลของน้ำผิวดินเมื่อฝนตก

2. ปัจจัยความชันของพื้นที่อันจะส่งผลต่อการไหลของน้ำทั้งผิวดินและใต้ดิน

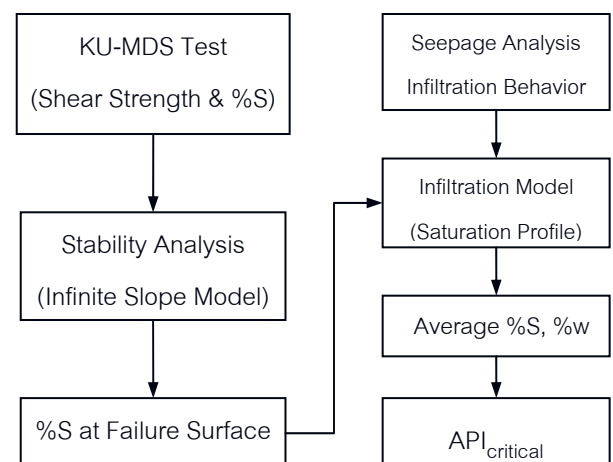
3. พฤติกรรมการณ์ไหลของน้ำในมวลดิน อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาค่า API ณ เวลาใด ๆ พบว่าการไม่พิจารณาปัจจัยข้างต้นส่งผลในทางปลอดภัย (Conservative) กับการเตือนภัยเนื่องจากค่า API ณ เวลาใด ๆ จะเท่ากับหรือมากกว่าค่าความชื้นในดินเสมอ



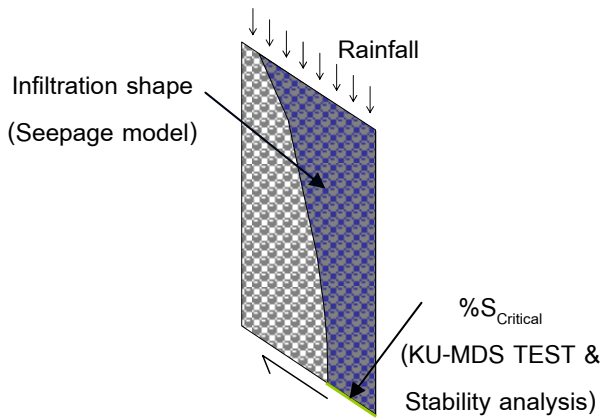
รูปที่ 20 พฤติกรรมการณ์ไหลซึมของน้ำในมวลดิน

7. แบบจำลองเพื่อการวิเคราะห์ API_{วิกฤติ}

การวิเคราะห์ค่า API ที่เวลาใดๆ ทำให้ทราบปริมาณน้ำในชั้นดิน และค่า API ที่เกิดดินถล่ม จะเรียกว่าค่า $API_{Critical}$ หรือ $API_{วิกฤติ}$ ซึ่งอันที่จริงแล้วคือค่าปริมาณน้ำในมวลดินที่ทำให้ดินเริ่มจะพังทลาย (F.S.= 1.0) โดยขั้นตอนในการวิเคราะห์ค่า $API_{วิกฤติ}$ แสดงในรูปที่ 21 ซึ่งเริ่มด้วยการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงเฉือนของดิน ที่ความชื้นหรือความอิ่มตัวของดิน (Degree of saturation: S%) ต่างๆ (KU-MDS Shear Test, วรากร และคณะ (2546, 2548)) แล้วนำมาผลวิเคราะห์หาความชื้นที่ทำให้ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยของชั้นดินเท่ากับ 1.0 ภายใต้แบบจำลองลาดอนันต์ จากนั้นจึงทำการศึกษาพฤติกรรมการณ์ไหลซึมของน้ำลงสู่ชั้นดิน (Seepage Analysis of Infiltration Behavior) เพื่อนำมาสร้างแบบจำลองเพื่อหาความชื้นตลอดชั้นดิน (Infiltration model) ในช่วงที่เกิดฝนตก และคำนวณหาปริมาณน้ำในชั้นดิน โดยปริมาณน้ำในชั้นดินดังกล่าวคือปริมาณน้ำที่ส่งผลให้ชั้นดินมีค่า F.S.= 1.0 หรือเป็นค่า $API_{วิกฤติ}$ นั่นเอง (สุทธิศักดิ์และคณะ, 2550)² (รูปที่ 22) แสดงแบบจำลองในการวิเคราะห์ดังกล่าว



รูปที่ 21 ขั้นตอนการวิเคราะห์ค่า $API_{วิกฤติ}$

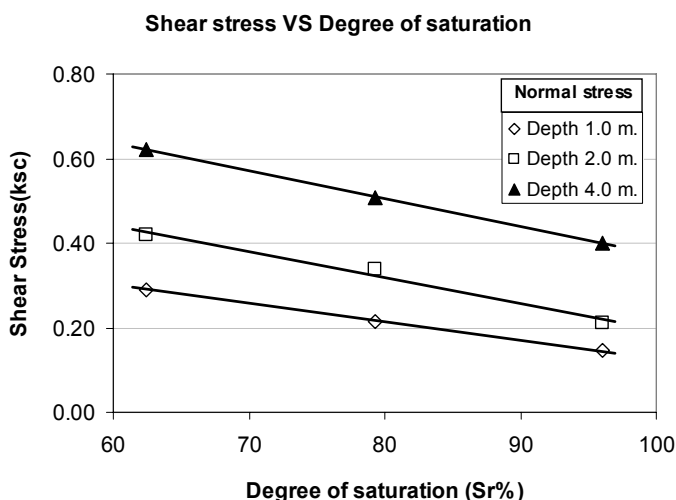


รูปที่ 22 แสดงแบบจำลองในการวิเคราะห์ API_{วิกฤต} (สุทธิศักดิ์และคณะ, 2550)²

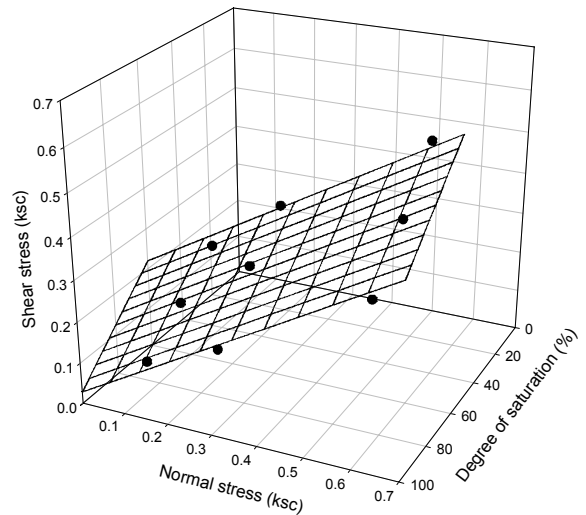
8. การวิเคราะห์ความมั่นคงของลาดชันเมื่อความชื้นในดินเปลี่ยนไป

การศึกษาได้ทำการทดสอบดินพุดจากหินภูเขาไฟ บริเวณ อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่ โดยวิธีการทดสอบ KU-MDS ดังรูปที่ 23 ก) และนำผลการทดสอบที่ Shear Stress, Normal Stress กับ Degree of Saturation มาพล็อตในระบบ 3 แกน โดยในแกน x เป็นค่า Degree of Saturation แกน y เป็นค่า Normal Stress และ แกน z เป็นค่า Shear Stress ได้ผลดังรูปที่ 23 ข) จะพบว่าค่า Shear Stress มีแนวโน้มลดลงเมื่อ Degree of Saturation เพิ่มขึ้นและค่า Normal Stress ลดลง หรือ Shear Strength มีค่าลดลง เมื่อ Degree of Saturation เพิ่มขึ้น และเมื่อนำผลการทดสอบ มาทำฟิตเป็นสมการระนาบ (Plane Regression) ดังสมการที่ 3

$$\begin{aligned} \text{สมการระนาบ} \quad \text{สมการความแข็งแรงของดิน} \\ Z = Z_0 + aX + bY \quad \tau = \tau_0 - aS + b\sigma \quad \dots(3) \end{aligned}$$



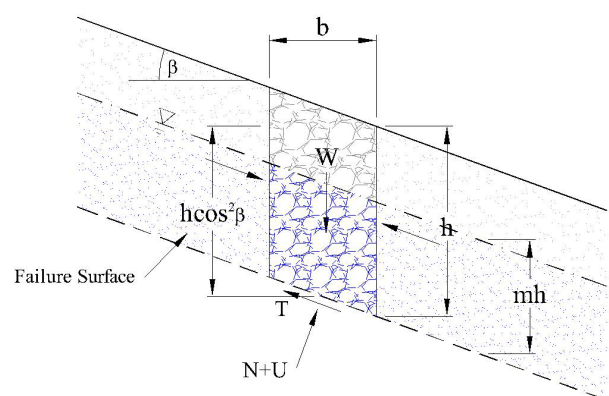
ก) ผลการทดสอบ KU-MDS Shear Test



ข) การวิเคราะห์ค่ากำลังของเป็นสมการระนาบ

รูปที่ 23 ผลการวิเคราะห์กำลังรับแรงเฉือนของดิน

การวิเคราะห์ความมั่นคงของลาดดิน วิเคราะห์แบบ ลาดอนันต์ (Infinite Slope) เพื่อหาค่าความปลอดภัย (Factor of Safety) ของพื้นที่ลาดชัน ที่เปลี่ยนแปลงไปกับระดับความอิ่มตัวของน้ำในมวลดินที่มีอิทธิพลจากน้ำฝน และการไหลซึมในมวลดิน และจากผลการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนที่ค่าความอิ่มตัว หรือ ค่าความชื้น ต่างๆ พบว่าแรงเฉือนเป็นฟังก์ชันของ c , σ และ S ($\tau = c + \sigma \tan \phi + S \tan \alpha$) และนำมาวิเคราะห์เสถียรภาพ ลาดดินด้วยวิธี Infinite slope ที่มีแรงกระทำบนลาดดินแสดงดังรูปที่ 24 และได้รูปแบบของสมการการวิเคราะห์ค่า F.S. ดังสมการที่ 4



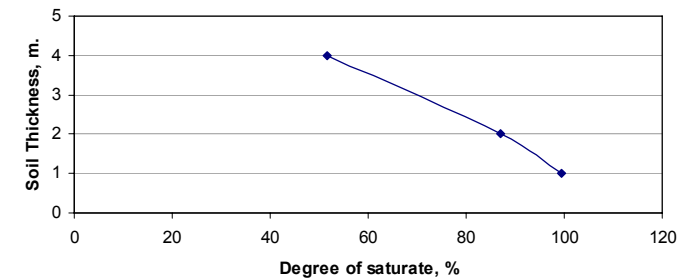
รูปที่ 24 Free Body Diagram ของแท่งดิน สำหรับการวิเคราะห์เสถียรภาพ ด้วยวิธี Infinite Slope (บรรพต, 2548) [6]

$$F.S. = \frac{c + h \cos^2 \beta \tan \phi [(1-m)\gamma' + m(\gamma_{sat} - \gamma_w)] + S \tan \alpha}{h \sin \beta \cos \beta [(1-m)\gamma' + m\gamma_{sat}]} \quad \dots(4)$$

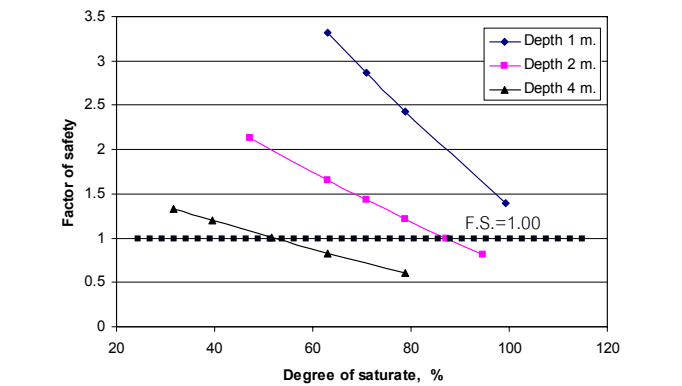
การวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินแบบลาดดินอนันต์ ความหนาของชั้นดินที่และปริมาณน้ำในชั้นดินมีผลต่อเสถียรภาพของลาดดิน คือ ในสถานะที่ดินมีความหนาไม่มากถึงแม้ดินจะมีระดับความชื้นที่สูงมาก เสถียรภาพของลาดดินก็ยังคงปลอดภัยอยู่ แต่หากความหนาของชั้นดินมีความหนามากขึ้นระดับความชื้นในดินในขณะที่เสถียรภาพของลาดดินอยู่ในสถานะสมดุล ($F.S.=1.00$) จะมีค่าที่ต่ำลงอย่างมาก ดังแสดงในตารางที่ 4 และรูปที่ 25 และผลการวิเคราะห์ค่าความปลอดภัย ($F.S.$) กับผลของความชื้นในชั้นดินและความหนาของชั้นดินที่เกิดดินถล่ม ดังรูปที่ 26

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของชั้นดิน กับเสถียรภาพของลาดดิน $F.S.$

ความหนาชั้นดิน Soil Thickness (m)	ระดับความชุ่มชื้นในดิน ณ. ผิวการพิบัติ Degree of saturation (%)	อัตราส่วนความ ปลอดภัยของลาดดิน Factor of Safety
1	99.38	1.39
2	87.13	1
4	51.58	1



รูปที่ 25 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของชั้นดิน กับเสถียรภาพของลาดดิน $F.S. = 1.00$



รูปที่ 26 ความสัมพันธ์ระหว่าง Degrees of saturate กับเสถียรภาพของลาดดิน $F.S.$

9. พฤติกรรมการไหลของน้ำในชั้นดิน (Seepage Analysis)

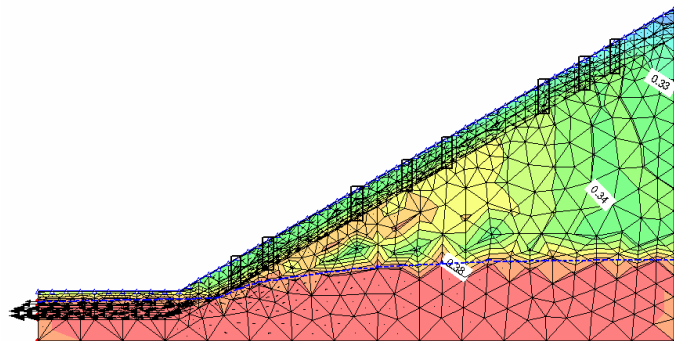
การวิเคราะห์ Seepage analysis เป็นการศึกษาพฤติกรรมการไหลของน้ำในชั้นดินที่เกิดเนื่องจากน้ำฝนที่ตกลงสู่ผิวดินและไหลซึมลงสู่ชั้นดิน เพื่อศึกษาปริมาณน้ำหรือความชื้นหรือระดับความอิ่มตัวในชั้นดินที่ระดับความลึกต่างๆ และจากความสัมพันธ์กับกำลังรับแรงเฉือนของดิน ทำให้สามารถหาโอกาสเกิดดินถล่ม โดยพิจารณาจากค่าอัตราส่วนความปลอดภัย ($F.S.$) ค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญมากค่าหนึ่งซึ่งใช้ในการวิเคราะห์ Seepage analysis คือ แรงดูดเมทริก (Matric suction) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถในการดูดน้ำเข้าหาตัวของเม็ดดิน หรือแรงดึงที่ยึดน้ำไว้กับเม็ดดิน เช่นเดียวกับน้ำในหลอดคาปิลลารี Matric suction มีหน่วยเดียวกับแรงดัน (เช่น kPa หรือ Bar) แต่ต่างจากแรงดันเนื่องจากมีค่าเป็นลบ ค่าแรงดูดเมทริกนี้แปรผกผันกับปริมาณความชื้นในดิน เรียกว่า Soil-Water characteristic curve (SWCC) หรือ Soil-water retention curve (SWRC) เป็นพารามิเตอร์สำคัญที่ใช้ในการวิเคราะห์การไหลในดินด้วยกฎของดาร์ซี และในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงเฉือนของดินตามความชื้นในดินที่เปลี่ยนแปลง

10. แบบจำลองการไหลซึมของน้ำฝนลงสู่ชั้นดิน (Model Infiltration)

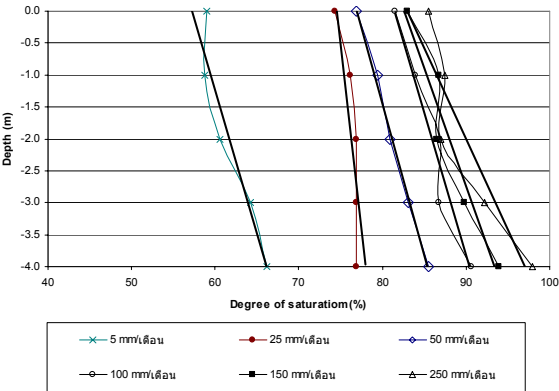
แบบจำลองการไหลซึมจะเป็นเครื่องมือที่จะช่วยหา Saturation profile เพื่อนำค่าระดับความอิ่มตัวที่ผิวการพิบัติไปวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินแบบลาดดินอนันต์ ให้มีความถูกต้องและใกล้เคียงกับสภาพจริงมากยิ่งขึ้น โดยกำหนดหน้าตัดการวิเคราะห์ของลาดดินมีลักษณะของชั้นดินและชั้นหิน ดังรูปที่ 27 แสดงหน้าตัดการวิเคราะห์ลาดดินที่ความลาดชัน 30 องศา โดยพิจารณาค่าความชื้นตามความลึกในบริเวณพื้นที่ที่เป็นตัวแทนลาดดิน ซึ่งจากการวิเคราะห์ได้ผลการวิเคราะห์ออกมาเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนแรกอยู่ตอนบนสุดจะมีค่าปริมาณความชื้นน้อย ส่วนที่สองอยู่บริเวณตอนกลางของลาดดิน ซึ่งจะมีปริมาณในชั้นดินมากกว่าตอนบนเนื่องจากการไหลของน้ำทางด้านข้างในชั้นดิน (Interflow) และส่วนสุดท้ายอยู่ตอนล่างจะมีปริมาณความชื้นมาก เนื่องจากการไหลของน้ำทางด้านข้างในชั้นดินและอยู่ใกล้กับระดับน้ำใต้ดิน ดังนั้นในการวิเคราะห์ค่าความชื้นหรือปริมาณน้ำชั้นดินที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากน้ำฝนจะ

พิจารณาที่พื้นที่ของลาดดินในส่วนที่สองที่อยู่บริเวณตอนกลางของลาดดิน

การวิเคราะห์โดยให้สภาวะเริ่มต้นในชั้นดินโดยวิเคราะห์จากค่าน้ำฝนเฉลี่ยจากข้อมูลน้ำฝนในอดีต และทำการจำลองสภาพการตกของฝนที่ปริมาณต่างๆกัน เพื่อพิจารณาค่าความชื้นของชั้นดิน ได้ผลดังรูปที่ 28 พบว่าเมื่อปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้น ค่าความชื้นในชั้นดินจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น



รูปที่ 27 หน้าตัดการวิเคราะห์การไหลซึม



รูปที่ 28 แสดงการเปลี่ยนแปลงระดับความอิ่มตัวของดินต่อความลึก

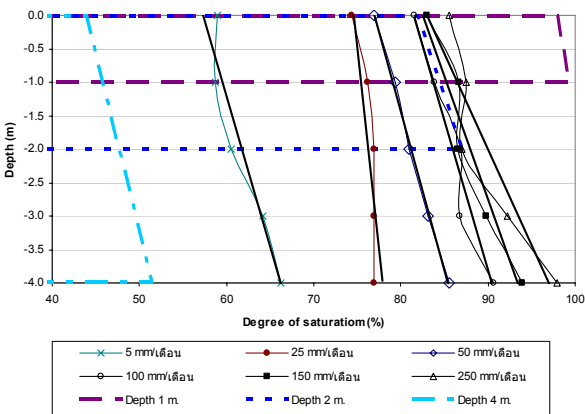
จากการวิเคราะห์ข้างต้นจะได้รูปร่างของเส้นความอิ่มตัวตลอดความหนาของชั้นดิน ณ เวลาใดๆ ของฝน ดังนั้นเราจะสามารถคาดการณ์ได้ว่าความปลอดภัยของลาดดินดังกล่าวมีอัตราส่วนความปลอดภัยเป็นอย่างไร โดยการเปรียบเทียบค่าความอิ่มตัวของดิน ณ ผิวพิบัติที่ทำให้ดินเริ่มเสียสมดุล นอกจากนั้นยังสามารถคาดการณ์ถึงเวลาการพิบัติหากทราบอัตราการตกของฝน ณ เวลาใดๆ

จากผลการวิเคราะห์ที่กล่าวมา ในการเตือนภัยด้านดินถล่มด้วยค่า $API_{วิกฤติ}$ รูปที่ 27 แสดงพฤติกรรมของน้ำในชั้นดินที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากมีน้ำไหลซึมลงสู่ชั้นดินไม่เท่ากัน

(ปริมาณน้ำฝน) และจากที่กล่าวมาปริมาณน้ำในชั้นดินจะมีผลต่อกำลังของดิน โดยเมื่อทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำในมวลดิน ก็จะทำให้ทราบถึงเสถียรภาพของลาดดินได้ และปริมาณน้ำดังกล่าวคือค่า $API_{วิกฤติ}$ โดยจากผลการวิเคราะห์ความลึกของชั้นดินและค่าระดับความอิ่มตัวของดิน (Degree of saturation) ดังรูปที่ 29 แสดงค่า Average Saturation ที่เสถียรภาพของลาดดินมีค่าอัตราส่วนความปลอดภัย เท่ากับ 1 ได้ผลการวิเคราะห์ค่า $API_{วิกฤติ}$ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่า $API_{วิกฤติ}$ ที่ระดับความลึกต่างๆ

ระดับความลึก, เมตร	ปริมาณความชื้นวิกฤติ ($API_{วิกฤติ}$)
1.0	384.9
2.0	659.6
4.0	745.5



รูปที่ 29 ค่า Average Saturation ที่ระดับความลึก 1, 2 และ 4 เมตร

11. สรุปผลการศึกษา

ความเสียหายจากเหตุการณ์ดินถล่มจากอดีตถึงปัจจุบัน มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ดังใน พ.ศ. 2531-2540 มีผู้เสียชีวิต 230 คน และมูลค่าความเสียหาย 1,000 ล้านบาท และ พ.ศ. 2541-2549 มีผู้เสียชีวิต 304 คน และมูลค่าความเสียหาย 3,585.6 ล้านบาท เนื่องจากความถี่ของเหตุการณ์ในปัจจุบันเพิ่มสูงขึ้นจากอดีต

จากผลการทดสอบ SRI แสดงให้เห็นว่า เกิดการยุบตัวในดินบางประเภทส่งผลให้กำลังรับแรงเฉือนเปลี่ยนไป วิธีการทดสอบแบบ SRI TEST เหมาะสำหรับการทดสอบในพื้นที่กว้างเพื่อหาแนวโน้มการลดลงของกำลังรับแรงเฉือนของดินเมื่อความ

ขึ้นเปลี่ยนแปลง ผลการทดสอบ KU-MDS Shear Test นอกจากจะได้ผลการทดสอบที่ละเอียดมากขึ้นยังมี นัยสำคัญในการนำมาใช้เตือนภัยดินถล่มเนื่องจากฝนตกหนักได้

การวิเคราะห์ค่า API ขึ้นอยู่กับ 3 ปัจจัยหลัก คือ ปริมาณฝนที่ตกในบริเวณพื้นที่เสี่ยงภัย, ค่า API ของเวลาก่อนหน้า และค่าคงที่ถดถอย (Recession constants:K) ขั้นตอนในการวิเคราะห์ค่า API เริ่มด้วย การทดสอบ KU-MDS Shear Test ทำให้ได้ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงเฉือนของดินที่ระดับความอิ่มตัวต่างๆ ซึ่งได้นำไปทำการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินด้วยวิธี Infinite Slope และทำการวิเคราะห์หาความชื้นในชั้นดินที่เกิดเนื่องจากการไหลซึมของน้ำ ทำให้สามารถหาสถานะสมดุลของปริมาณน้ำในชั้นดินที่ค่าความปลอดภัย (F.S.) เท่ากับ 1.0 ผลการวิเคราะห์ของพื้นที่ที่มีลักษณะธรณีวิทยา กลุ่มหินภูเขาไฟหรือหินอัคนี ที่ความลึก 2.0 เมตร %S = 87.13%, ความลึก 4.0 เมตร %S = 51.78% และที่ความลึก 1.0 เมตร ที่ %S = 99.38% ได้ค่า F.S. = 1.39 แสดงให้เห็นว่าการพังที่ระดับความลึก 1.0 เมตรนั้นเกิดขึ้นได้ยากกว่าที่การพังที่ระดับความลึก 2.0 เมตร และ 3.0 เมตร และค่า API ของดินที่ความลึก 1.0 เมตร, 2.0 เมตร และ 3.0 เมตร เท่ากับ 384.9, 659.6 และ 745.5 ตามลำดับ

12. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ กรมทรัพยากรธรณี ในการสนับสนุนงบประมาณในโครงการศึกษาหาแนวทางป้องกันและลดผลกระทบจากภัยดินถล่ม 6 จังหวัด และกรมทรัพยากรน้ำในการสนับสนุนงบประมาณในโครงการการกำหนดค่าดัชนีความชุ่มชื้นเพื่อการเตือนภัยน้ำท่วมดินถล่ม

13. เอกสารอ้างอิง

- [1] Fredlund, D.G. 1978. Two-Dimensional Finite Element Program Using Constant Strain Triangles (FINEL). Cited by D.G.Fredlund and H. Rahardjo. Soil Mechanics for Unsaturated Soils. John Wiley & Son, INC., New York.
- [2] Linsley, R.K., Kohler, M.A., & Paulhus, J.L.H., (1949). Applied Hydrology, First Edition, McGraw-Hill Book company, Inc., New York, 689 P.
- [3] Chodhury and Blanchard. 1983. Available source: <http://www.gisdevelopment.net/aars/acrs/1994/ts3/ts3006>. asp, February 2007
- [4] Suttisak Soralump and Bunpoat Kulsuwan, Landslide Risk Prioritization of Tsunami Affected Area in Thailand., International Symposium on Environmental Engineering and 5th Regional Symposium on Infrastructure Development in Civil Engineering., Philippines 2006
- [5] วรากร, นงลักษณ์ 2546 และ บรรพต 2548, คุณสมบัติดินทางวิศวกรรมเพื่อการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินในพื้นที่ลุ่มน้ำน้ำก้อ ต.น้ำก้อ อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, การศึกษาพฤติกรรมการพังถล่มของลาดดินในพื้นที่ต้นน้ำของลุ่มน้ำย่อยแม่น้ำจันทบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- [6] บรรพต 2548, การศึกษาพฤติกรรมการพังถล่มของลาดดินในพื้นที่ต้นน้ำของลุ่มน้ำย่อยแม่น้ำจันทบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- [7] ฐานข้อมูลแผนที่ธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี, 2530
- [8] ฐานข้อมูลดินถล่ม ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2549
- [9] สุทธิศักดิ์, วรวัชร และวรากร, 2550¹ การทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของดินเพื่อสนับสนุนการเตือนภัยดินถล่มจากฝนตกหนัก. การประชุมวิชาการโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 12
- [10] สุทธิศักดิ์, บรรพต และวรากร, 2550² การวิเคราะห์ค่า API วิกฤตเพื่อใช้ในการเตือนภัยดินถล่มจากฝนตกหนัก. การประชุมวิชาการโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 12