# การทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของดินเพื่อสนับสนุนการเตือนภัยดินถล่มจากฝนตกหนัก

# SHEAR STRENGTH TESTING OF SOIL USING FOR WARNING OF HEAVY RAINFAIL-INDUCED LANDSLIDE

**สุทธิศักดิ์ ศรลัมพ์ (SUTTISAK SORALUMP)[1]**

**วรวัชร์ ตอวิวัฒน์ (WORAWAT THOWIWAT)[2]**

**วรากร ไม้เรียง (WARAKORN MAIRAING)[3]**

*ผู้ช่วยศาตราจารย์,หัวหน้าศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา*

*คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,fengsus@ku.ac.th[1]*

*นิสิตปริญญาโท สาขาวิศวกรรมปฐพี ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, w_thowiwat@yahoo.com[2]*

*รองศาตราจารย์,ที่ปรึกษาศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา*

*คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,fengwkm@ku.ac.th[3]*

**บทคัดย่อ :** กำลังรับแรงเฉือนของดินเป็นหัวใจสำคัญในการประเมินโอกาสเกิดดินถล่มในพื้นที่ต่าง ๆ ของประเทศ อย่างไรก็ดี เนื่องจากขนาดพื้นที่ในการประเมินอาจมีได้หลายระดับตั้งแต่พื้นที่ลาดชันขนาดจำกัดไปจนถึงการประเมินโอกาสเกิดดินถล่มในระดับพื้นที่ทั้งประเทศ ดังนั้นวิธีการวิเคราะห์กำลังรับแรงเฉือนจึงควรถูกออกแบบให้เหมาะสมกับจำนวนและเวลาที่สามารถดำเนินการได้ในทางปฏิบัติ บทความนี้เสนอวิธีการประยุกต์ใช้การทดสอบกำลังรับแรงเฉือนสำหรับงานดินถล่ม 2 วิธี วิธีแรก คือ KU-MDS Shear Test (วรากรและคณะ, 2546, 2548) และวิธีที่สอง คือ SRI Test (สุทธิศักดิ์, 2549) ผลการศึกษาพบว่าการทดสอบ KU-MDS สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการวิเคราะห์โอกาสเกิดดินถล่มในสภาวะการเปลี่ยนแปลงความชื้นของดินจากฝนตกต่าง ๆ กันได้ทำให้สามารถสนับสนุนการวิเคราะห์เกณฑ์การเตือนภัยดินถล่มโดยใช้ปริมาณน้ำฝนในการเตือนภัยได้เป็นอย่างดี สำหรับการทดสอบ SRI ผลการศึกษาพบว่าผลการทดสอบเหมาะสำหรับเป็นดัชนีชี้โอกาสเกิดดินถล่มของดินที่ผุจากชุดหินต่าง ๆ กัน เนื่องจากผลการทดสอบสามารถทราบได้ถึงพฤติกรรมการลดลงของกำลังรับแรงเฉือนและการยุบตัวของดินเมื่อดินอยู่ในสภาพอิ่มตัว

**ABSTRACT :** Soil shear strength is an important factor to indicate the landslide potential in various area of the country. However, due to the accuracy is depended on the size of target area, various shear strength testing method have to be design to match the accuracy and volume of test required. KU-MDS shear test and SRI test were used in this study. The results show that KU-MDS is suitable for analyzing precipitation criteria for landslide warning. As for, SRI test, it can be used as an landslide potential index since it indicates the strength reduction and void collapse behavior.

**KEYWORDS :** Landslide, Shear Strength Testing

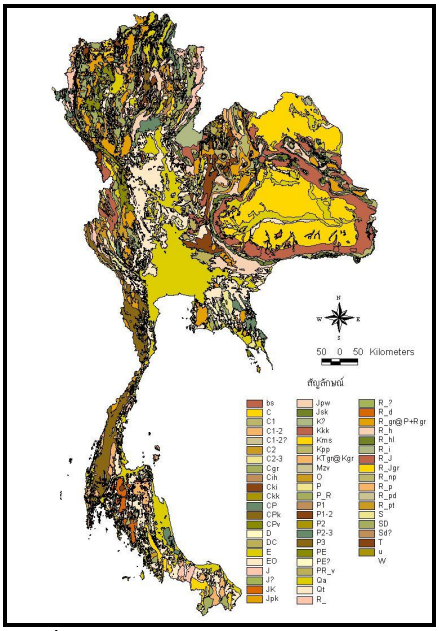
## 1. บทนำ

ความชื้นในมวลดิน (Water content) เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อกำลังรับแรงเฉือนของดิน (Shear strength) มวลดินที่มีสภาวะแห้งหรือความชื้นในมวลดินต่ำกำลังรับแรงเฉือนของดินจะค่าสูงและกำลังรับแรงเฉือนของดินจะลดลงเมื่อมวลดินมีความชื้นเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นได้ไปทำลายแรงตึงผิวของอากาศในดิน ซึ่งทำให้แรงยึดเหนี่ยวในดินลดลงและปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นยังลดแรงเสียดทานระหว่างเม็ดดินด้วย ซึ่งกำลังรับแรงเฉือนของดินที่ลดลงจะส่งผลโดยตรงต่อเสถียรภาพของลาดดิน ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดคือในการก่อสร้างที่มีการตัดลาดดินในช่วงฤดูแล้งซึ่งลาดดินมีความชื้นต่ำกำลังรับแรงเฉือนของดินสูง เมื่อเวลาผ่านไปเข้าสู่ฤดูฝนที่มีฝนตกทำให้ความชื้นในมวลดินเพิ่มขึ้นส่งผลให้กำลังรับแรงเฉือนของดินลดลง ส่งผลให้อาจเกิดการพิบัติได้ การออกแบบที่ใช้ตัวแปรจากการทดสอบตัวอย่างดินที่มีความชื้นน้อยในฤดูแล้งไม่เพียงพอกับการรับแรงเฉือนของดินในฤดูฝน เนื่องจากปริมาณน้ำฝนที่ซึมผ่านลงไปในชั้นดินส่งผลให้กำลังรับแรงเฉือนของดินลดลง การออกแบบโดยใช้ตัวแปรด้านกำลังที่ได้จากการทดสอบตัวอย่างดินในสภาวะอิ่มตัวเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ทำให้การออกแบบปลอดภัยมากขึ้น อย่างไรก็ตามการทำให้ตัวอย่างดินอิ่มตัวโดยการเพิ่มน้ำอาจทำให้ตัวอย่างดินบางประเภท เช่น ดินผุจากหินแกรนิตเกิดการยุบตัวและส่งผลให้ค่ากำลังรับแรงเฉือนเพิ่มมากขึ้นกว่าที่ควรจะเป็น เนื่องจากอัตราส่วนช่องว่างเปลี่ยนแปลง จึงเป็นปัญหาเนื่องจากอาจทำให้การออกแบบไม่ปลอดภัย ดังนั้นหากผู้ออกแบบทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงเฉือนของดินกับปริมาณความชื้นภายใต้อัตราส่วนช่องว่างเดียวกัน ก็จะสามารถออกแบบลาดดินได้อย่างเหมาะสมและสามารถนำไปใช้หาเกณฑ์ในการเตือนภัยดินถล่มเนื่องจากฝนตกหนักได้อีกด้วย

บทความนี้ นำเสนอขั้นตอนการศึกษาวิธีการทดสอบและการเปรียบเทียบวิธีการทดสอบ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงเฉือนของดินกับปริมาณความชื้นที่เปลี่ยนไป ซึ่งเป็นวิธีที่พัฒนาขึ้นเพื่อหาความสัมพันธ์ดังกล่าวเรียกว่าการทดสอบว่า KU-Multi stage Direct Shear Test : KU-MDS,วรากรและคณะ (2546,2548) และการทดสอบหาค่าดัชนีการลดลงของกำลังรับแรงเฉือน Strength Reduction Index : SRI (Soralump and Kulsuwan, 2006) นอกจากนี้ ยังเสนอถึงวิธีการนำไปใช้ในการวิเคราะห์เพื่อเตือนภัยดินถล่มต่อไป

## 2. ธรณีวิทยากับการเกิดดินถล่ม

รูปที่ 2.1 แสดงข้อมูลชุดหินทางธรณีวิทยาของประเทศไทย หินบางชนิดมีการกระจายตัวครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง ในทุกภูมิภาคของประเทศ ขณะที่บางชนิดมีการกระจายตัวเป็นพื้นที่แคบ จำกัดอยู่เพียงภูมิภาคเดียว ชุดหินทางธรณีวิทยาเป็นปัจจัยสำคัญในการบ่งชี้โอกาสเกิดดินถล่ม ทั้งนี้เนื่องจากหินต่างชนิดกันมีองค์ประกอบและโครงสร้างต่างกันและที่สำคัญเมื่อเกิดการผุพังจะก่อให้เกิดดินที่มีคุณสมบัติทางวิศวกรรมที่เอื้อต่อการเกิดดินถล่มที่ต่างกัน จากการศึกษาการเกิดดินถล่มในพื้นที่ 6 จังหวัดภาคใต้อันได้แก่จังหวัดระนอง, พังงา, ภูเก็ต, กระบี่, ตรัง และ สตูล ในโครงการศึกษาหาแนวทางป้องกันและลดผลกระทบจากภัยดินถล่ม (กรมทรัพยากรธรณี, 2549) พบว่าชุดหินที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มมาก คือ ชุดหินที่มีหินแกรนิตเด่น เนื่องจากหินแกรนิตเมื่อผุพังจะเกิดการสะสมตัวอยู่บริเวณที่ลาดชันเป็นชั้นดินหนา รวมทั้งดินมีองค์ประกอบที่เป็นดินที่มีความเชื่อมแน่นต่ำและสูญเสียกำลังง่ายเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น จึงเอื้อต่อการเกิดดินถล่ม รองลงมาได้แก่ หินโคลน หินทราย หินแปร (ควอร์ตไซต์) และหินปูน ตามลำดับดังแสดงในตารางที่ 1




รูปที่ 2.1 ชุดหินทางธรณีวิทยาของประเทศไทย
(ฐานข้อมูลแผนที่ธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี, 2530)

**ตารางที่ 1** ระดับโอกาสเกิดดินถล่มของชุดหินในพื้นที่ 6 จังหวัดภาคใต้ (ใช้ชนิดหินเด่นเป็นเกณฑ์แยก) (กรมทรัพยากรธรณี, 2549)

| NO. | ระดับโอกาสเกิดแผ่นดินถล่ม | อธิบาย |
|---|---|---|
| 1 | สูงมาก | หินแกรนิตเด่น<br>อัตราการผุพังสูง<br>มีการสะสมตัวของดินที่ผุพังอยู่กับที่สูง |
| 2 | สูง | หินดินดานและหินโคลนเด่น<br>อัตราการผุพังสูง<br>มีการสะสมตัวของดินที่ผุพังอยู่กับที่น้อยกว่าแกรนิต |
| 3 | ปานกลาง | หินทรายและหินทรายแป้งเด่น<br>อัตราการผุพังปานกลาง<br>มีการสะสมตัวของดินที่ผุพังอยู่กับที่ปานกลาง |
| 4 | น้อย | หินควอรซ์ตไซต์ หินทรายและหินทรายแป้งเด่น<br>โดยทั่วไปมีลักษณะคล้ายๆกับ ระดับ3 เพียงแต่ชุดหินนี้<br>มีหินควอรซ์ตไซต์เด่นซึ่งมีความทนทานต่อการผุพังสูง |
| 5 | น้อยมาก | หินปูนและหินโดโลไมท์เด่น(Solution Rock)<br>อัตราการผุพังปานกลาง<br>มีการสะสมตัวของดินที่ผุพังอยู่กับที่ค่อนข้างน้อย |

จากการจำแนกชุดหินของโครงการศึกษาหาแนวทางป้องกันและลดผลกระทบจากภัยดินถล่ม (กรมทรัพยากรธรณี, 2549) ซึ่งใช้ได้เพียงเขตพื้นที่ 6 จังหวัดภาคใต้เท่านั้น การนำไปใช้ให้ได้ทั้งประเทศนั้น จำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงคุณสมบัติของดินแต่ชุดหินตามลักษณะธรณีวิทยาของทั้งประเทศ เพื่อนำคุณสมบัติที่ได้มาทำการจำแนกชุดหินให้ครอบคลุมทั้งประเทศ เนื่องจากลักษณะทางธรณีวิทยาของทั้งประเทศมีหลายลักษณะที่แตกต่างกัน ซึ่งส่งผลต่อการวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน ค่าที่ได้จากการทดสอบอาจมีความแปรปรวนมาก จึงต้องทำการจัดกลุ่มลักษณะทางธรณีวิทยาของทั้งประเทศ (1 กลุ่มประกอบด้วยหลายชุดหิน) โดยลักษณะทางธรณีวิทยาที่มีความใกล้เคียงกันจะจัดให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน ผลจากการจัดกลุ่มดังกล่าวนี้ สามารถจำแนกลักษณะทางธรณีวิทยาที่สำคัญที่เกี่ยวเนื่องกับการวิเคราะห์ดินถล่มได้ 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) มีการกระจายตัวค่อนข้างกระจัดกระจาย โดยครอบคลุมพื้นที่ภาคเหนือของประเทศเป็นส่วนใหญ่ รองลงมาได้แก่พื้นที่ภาคใต้ ภาคตะวันออก ภาคตะวันตก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตามลำดับ มีพื้นที่ครอบคลุม4.55% ของพื้นที่ทั้งประเทศ

4) กลุ่มที่ 4 ประกอบด้วยหินภูเขาไฟและหินอัคนีอื่นๆ ได้แก่ หินบะซอลท์ หินแอนดีไซต์ หินไรโอไลต์ หินทัฟฟ์หิน ฮอร์นเบลนไดต์ หินเซอร์เพนทิไนต์ และหินไพรอกซีไนต์ มีพื้นที่ครอบคลุม2.81% ของพื้นที่ทั้งประเทศ

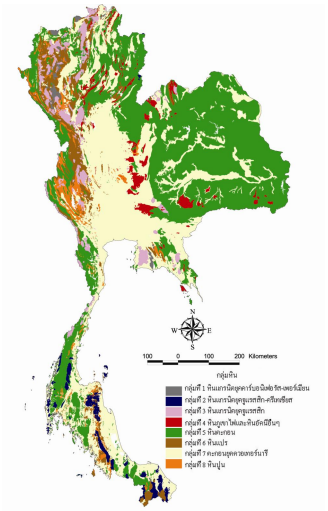
5) กลุ่มที่ 5 ประกอบด้วยหินทราย หินโคลน หินดินดาน หินกรวดมน หินเชิร์ต และตะกอนที่ยังไม่แข็งตัว มีพื้นที่ครอบคลุม44.69% ของพื้นที่ทั้งประเทศ

6) กลุ่มที่ 6 ประกอบด้วยหินแปร ประกอบด้วยหินไนส์ หินชีสต์ หินควอร์ตไซต์ หินฟิลไลต์ หินอ่อน หินเชิร์ตและหินทัฟฟ์ถูกแปรสภาพ มีพื้นที่ครอบคลุม6.12% ของพื้นที่ทั้งประเทศ

7) กลุ่มที่ 7 ประกอบด้วยตะกอนยุคควอเทอร์นารี คือ ตะกอนน้ำพาและตะกอนตะพักลำน้ำ มีพื้นที่ครอบคลุม 35.98% ของพื้นที่ทั้งประเทศ

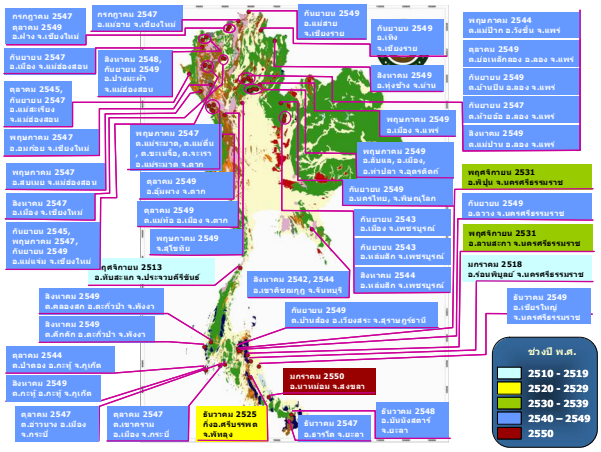
8) กลุ่มที่ 8 ประกอบด้วยหินปูนในยุคออร์โดวิเชียนและเพอร์เมียน มีพื้นที่ครอบคลุม 3.26% ของพื้นที่ทั้งประเทศ

เนื่องจากลักษณะทางธรณีวิทยากลุ่มที่ 7 และ 8 มีโอกาสต่ำในการเกิดดินถล่มตามธรรมชาติ ดังนั้นจึงไม่นำมาพิจารณาศึกษา ลักษณะกลุ่มหินทั้ง 8 กลุ่ม สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2 .2

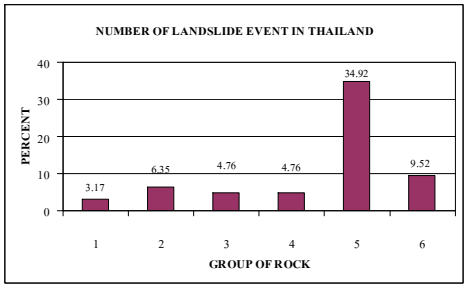


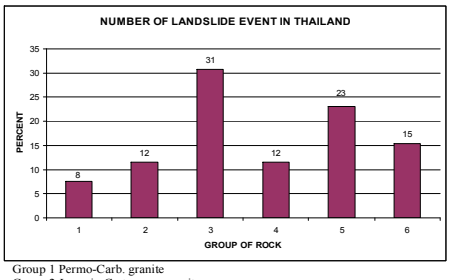
รูปที่ 2.2 จำแนกลักษณะทางธรณีวิทยาที่สำคัญเป็น 8 กลุ่ม

สถิติการบันทึกเหตุการณ์เกิดดินถล่มในประเทศไทยตั้งแต่ปีพ.ศ.2513- พ.ศ.2549 (รูปที่ 2.3) โดยการเก็บรวบรวมของศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 63 ตำแหน่ง พบว่าสามารถจำแนกชุดหินที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มได้ ตามสถิติการเกิดในอดีตจำแนกตามชุดหินกลุ่มที่ 1 ถึงกลุ่มที่ 6 ดังแสดงในรูปที่ 2.4 จะเห็นได้ว่าการเกิดดินถล่มในประเทศไทยส่วนใหญ่เกิดบริเวณภาคเหนือและภาคใต้ตอนกลางเป็นส่วนใหญ่ Soralump(2006) ได้ประเมินความเสี่ยงจากดินถล่มโดยใช้ข้อมูลสถิติในอดีตพบว่า ความเสี่ยงต่อความสูญเสียมีค่าเท่ากับ 60 ล้านบาทต่อปี




รูปที่ 2.3 ข้อมูลประวัติการเกิดดินถล่มในประเทศไทย ตั้งแต่ปีพ.ศ.2513-2549 (ฐานข้อมูลดินถล่มศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก,2549)



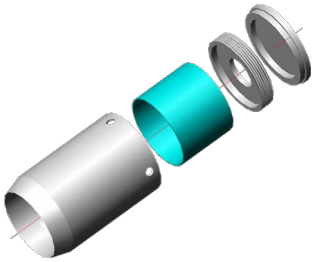




Group 1 Permo-Carb. granite
Group 2 Jurassic-Cretaceous granite
Group 3 Jurassic granite
Group 4 Volcanic and other plutonic rock
Group 5 Sandstone, shale, mudstone, conglomerate and chert
Group 6 Metamorphic rock

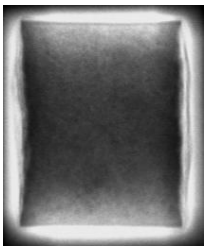
รูปที่ 2.4 สถิติการเกิดดินถล่มในอดีตจำแนกตามชุดหินกลุ่มที่ 1 ถึงกลุ่มที่ 6 ตั้งแต่ปีพ.ศ.2513-2549

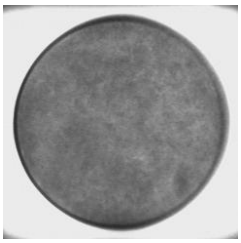
## 3. การทดสอบดินทางวิศวกรรมเพื่อประเมินโอกาสเกิดดินถล่ม

การทดสอบดินเพื่อประเมินศักยภาพการเกิดดินถล่มของดินนั้นมุ่งเน้นศึกษาสภาวะการเกิดดินถล่มในสภาวะฝนตก ดังนั้นวิธีการทดสอบจึงได้ออกแบบมาเพื่อศึกษาพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงเฉือนและอัตราส่วนช่องว่าง เมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น การศึกษาได้ดำเนินการโดยการเก็บตัวอย่างคงสภาพของดินผุจากชุดหินกลุ่มต่าง ๆ โดยการใช้ชุดเก็บตัวอย่าง KU-Miniature Sampler,วรากรและคณะ( 2546,2548) รูปที่ 3.1 ซึ่งเป็นชุดเก็บตัวอย่างที่ออกแบบเพื่อเก็บตัวอย่างดินภูเขาสำหรับการทดสอบ Direct Shear Test โดยเฉพาะ กระบอกเก็บตัวอย่างมีอัตราส่วนพื้นที่ประมาณ 18% และจากผลการตรวจสอบการถูกกระทบกระเทือนโดยการ X-Ray พบว่าตัวอย่างมีการรบกวนน้อย รูปที่3.2



รูปที่ 3.1 ชุดเก็บตัวอย่าง KU-Miniature Sampler,วรากรและคณะ (2546,2548)





รูปที่ 3.2 การ X-RAY KU-Miniature Sampler

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

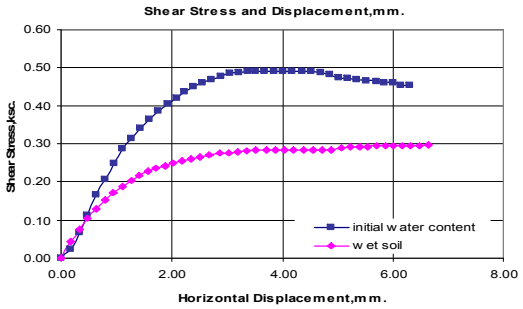
***การลดลงของกำลังรับแรงเฉือนเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (Strength Reduction Index : SRI)***

ความแข็งแรงของดินมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณความชื้นในมวลดิน โดยกำลังรับน้ำหนักของดินส่วนใหญ่จะลดลงเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น เพราะเหตุดังกล่าว เหตุการณ์ดินถล่มจึงมักเกิดจากกรณีฝนตกหนัก อย่างไรก็ตามการทดสอบความแข็งแรงของดินตามมาตรฐานโดยทั่วไป จะทดสอบในสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำเป็นส่วนใหญ่ การดำเนินการดังกล่าวไม่สามารถเห็นคุณสมบัติด้านการลดลงของกำลังเมื่อความชื้นเปลี่ยนไป ดังนั้นจึงได้ดำเนินการทดสอบและวิเคราะห์โดยวิธีใหม่ โดยทำการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของดินด้วยเครื่องมือ Direct Shear Test กับตัวอย่างดินใน 2 สภาวะ อันได้แก่ สภาวะความชื้นในธรรมชาติและสภาวะชุ่มน้ำ การทดสอบดังกล่าวต้องใช้ตัวอย่างดิน 2 ตัวอย่างรวมเป็น 1 การทดสอบ การทดสอบนี้มีชื่อเรียกว่า Strength Reduction Index : SRI (Soralump and Kulsuwan, 2006) โดยผลการทดสอบจะเป็นดัชนีชี้วัดการลดลงของกำลังรับแรงเฉือนเมื่ออิ่มตัวด้วยน้ำ แสดงในรูป 3.3, 3.4 นอกจากนี้รูป 3.5 และ 3.6 แสดงให้เห็นพฤติกรรมการยุบตัวของดินเมื่ออิ่มตัวด้วยน้ำของดินบางชนิดอีกด้วย

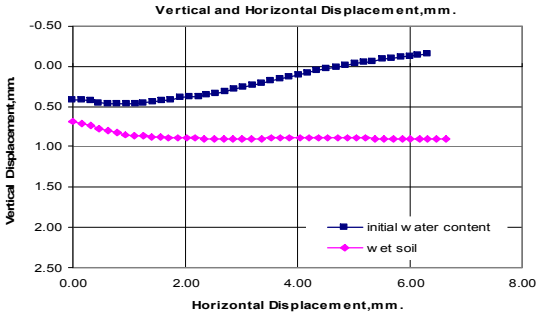
***การทดสอบการรับแรงเฉือนของดินโดยวิธี Multi-Stage Direct Shear Test (KU-MDS Shear Test)***

ในการทดสอบ Direct Shear ทั่วๆไป ใช้ตัวอย่างในการทดสอบอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง (Conventional Test) เพื่อหาความสัมพันธ์ในรูปแบบ Mohr-Coulomb Envelope จะได้ Shear Strength Parameter (c,$\phi$) แต่มีวิธีที่สามารถหาพารามิเตอร์เหล่านี้ได้โดยใช้เพียงแค่ตัวอย่างเดียว ทดสอบโดยเฉือนตัวอย่างจนเกือบถึงจุดวิบัติของในแต่ละ Normal Load อย่างน้อย 3 -4 Normal Load วิธีการทดสอบแบบนี้เหมาะสมกับตัวอย่างที่มีความแปรปรวนสูงซึ่งวิธีนี้ให้ค่า c,$\phi$ ที่น่าเชื่อถือกว่าในกรณีการทดสอบแบบปกติธรรมดา และในกรณีที่มีตัวอย่างน้อยวิธีนี้ก็ยังสามารถทดสอบให้ได้ค่า Shear Strength Parameter เรียกว่า Multi-stage direct shear test

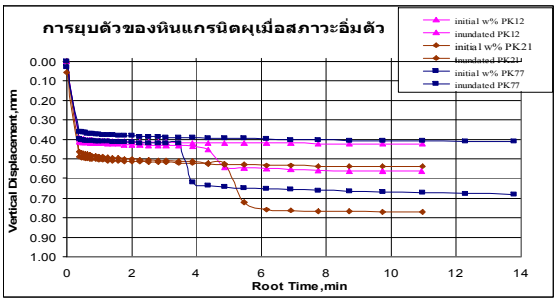
วิธีการทดสอบพฤติกรรมการลดลงของกำลังดินเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของความชื้น โดยใช้เครื่องมือทดสอบ Direct Shear โดยดำเนินการทดสอบโดยวิธี Multi-stage ในแต่ละตัวอย่าง และเปลี่ยนแปลงความชื้นทั้งหมด 3 ตัวอย่างรวมเป็น 1 ชุดการทดสอบ การทดสอบนี้มีชื่อเรียกว่า KU-MDS Direct Shear Test,วรากรและคณะ (2546,2548) ซึ่งผลการทดสอบ KU-MDS Shear Test จะสามารถทราบพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงกำลังดินตามความชื้นที่เปลี่ยนแปลงไป ทำให้สามารถนำไปใช้คาดการณ์และวิเคราะห์ความมั่นคงของลาดชันที่เปลี่ยนไป เนื่องจากฝนตกหนัก ดังตัวอย่างผลการทดสอบแสดงในรูปที่ 3.7และรูปที่ 3.8



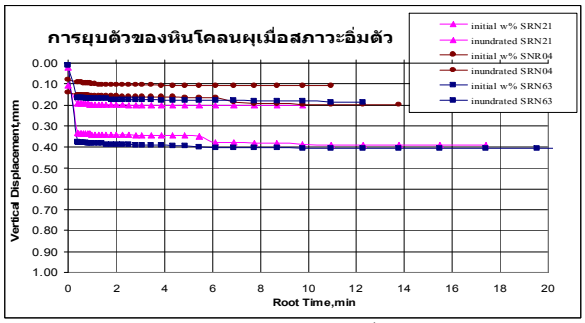

รูปที่ 3.3 แสดงกำลังรับแรงเฉือนของดินทั้งสองสภาวะ



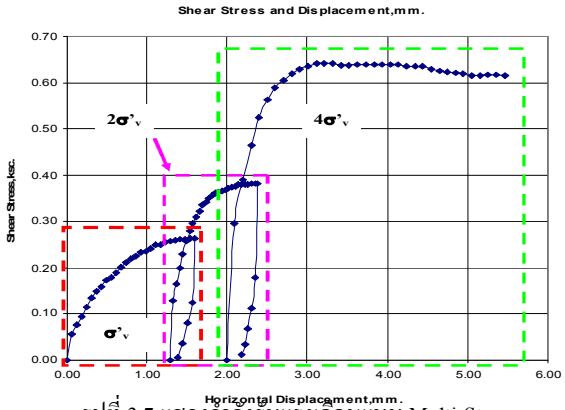

รูปที่ 3.4 การเคลื่อนตัวในแนวดิ่งขณะเฉือนตัวอย่างดิน



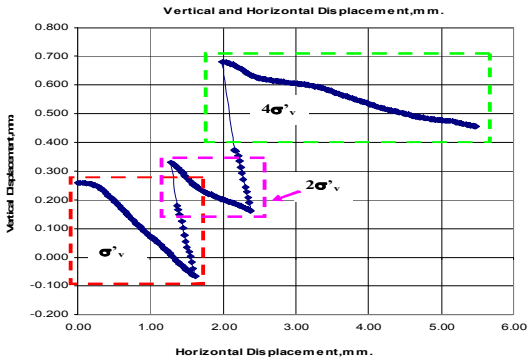

รูปที่ 3.5 การยุบตัวเมื่อสภาวะชุ่มน้ำของหินแกรนิตผุ




รูปที่ 3.6 การยุบตัวเมื่อสภาวะชุ่มน้ำของหินโคลนผุ




รูปที่ 3.7 แสดงกำลังรับแรงเฉือนแบบ Multi-Stage

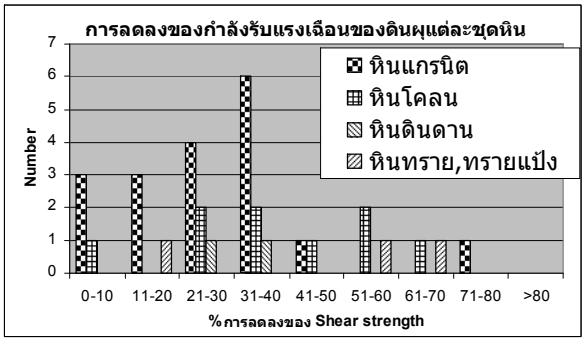



รูปที่ 3.8 การเคลื่อนตัวในแนวดิ่งขณะเฉือนแบบ Multi-Stage

## 4. ผลการทดสอบ

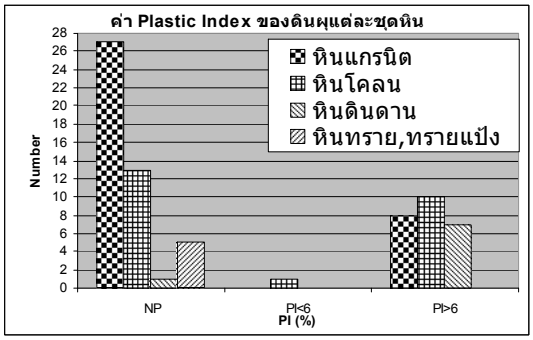
การทดสอบในห้องปฏิบัติการ สำหรับตัวอย่างดินคงสภาพ (Undisturbed sample) จะทดสอบหากำลังรับแรงเฉือนจากเครื่องทดสอบการรับแรงเฉือนตรง (Direct shear test) ในสภาวะความชื้นปกติและสภาวะเกือบอิ่มตัว เพื่อนำค่าตัวแปรมาวิเคราะห์ร้อยละการลดลงของกำลังรับแรงเฉือน เพื่อเป็นดัชนีชี้การลดลงของกำลังของดินเมื่อถูกกระทำด้วยน้ำ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

**ผลการทดสอบ Strength Reduction Index,SRI**การทดสอบ Direct shear test กระทำใน 2 สภาวะอันได้แก่สภาวะตามความชื้นในธรรมชาติ (Unsoaked) และสภาวะเมื่อนำดินแช่น้ำ (Soaked) ทั้งนี้เพื่อศึกษาสภาพการลดลงของกำลังรับแรงเฉือนของดินตัวอย่างเมื่อถูกน้ำ เพื่อจำลองสภาพการเกิดดินถล่มเมื่อฝนตกหนัก ผลการทดสอบพบว่า ดินผุจากหินแกรนิต มีร้อยละการลดลงของกำลังรับแรงเฉือนอยู่ระหว่าง ร้อยละ 10 ถึง 50 สำหรับดินผุจากหินโคลนและหินดินดานมีร้อยละการลดลงของกำลังรับแรงเฉือนที่ค่อนข้างกระจายตัวระหว่าง ร้อยละ 20 ถึง 70 สำหรับดินที่ผุจากหินทรายมีร้อยละการลดลงของกำลังรับแรงเฉือนมากกว่าร้อยละ 50 ดังรูปที่ 4.1 ข้อดีของการทดสอบนี้ คือ ใช้ประเมิณสภาพการลดลงของกำลังรับแรงเฉือนได้ง่าย และใช้ได้ดีในการกำเนินการสำหรับพื้นที่กว้างซึ่งต้องทดสอบตัวอย่างจำนวนมาก อย่างไรก็ตามอาจต้องประกอบกับการทดสอบอื่นอีกเพื่อใช้เป็นดัชนีความสามารถในการเกิดดินถล่มของหินผุใด ๆ ได้ ดังแสดงให้เห็นในตารางที่ 4.1

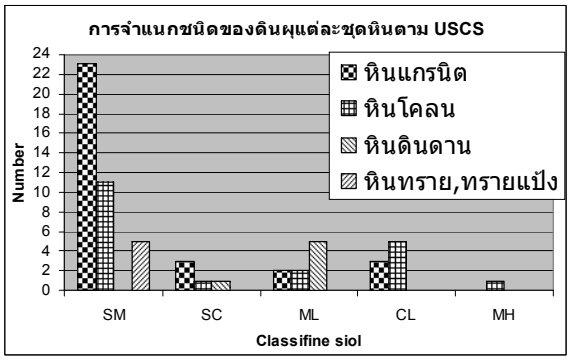



รูปที่ 4.1 การลดลงของกำลังรับแรงเฉือนของดินผุแต่ละชุดหิน

ผลการทดสอบทางวิศวกรรมพื้นฐานในห้องปฏิบัติการจากโครงการศึกษาหาแนวทางป้องกันและลดผลกระทบจากภัยดินถล่ม (กรมทรัพยากรธรณี, 2549) ตามรูปที่ 4.2 และรูปที่ 4.3 และการทดสอบการทดสอบ Strength Reduction Index,SRI สามารถสรุปสมบัติดินทางวิศวกรรมตามประเภทของหินต้นกำเนิดเรียงลำดับตามความสามารถในการไม่คงตัวหรือความสามารถในการถล่ม ได้ดังตารางที่ 4-1




รูปที่ 4.2 ค่า Plastic Index ของดินผุแต่ละชุดหิน




รูปที่ 4.3 การจำแนกชนิดของงดินผุแต่ละชุดหินตาม USCS

ตารางที่ 4.1 ดัชนีความไม่คงตัวของดินตามประเภทหินต้นกำเนิด

| ลำดับความไม่คงตัว | ชนิดหินต้นกำเนิด | PI | Wet | USCS | ร้อยละ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 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% |

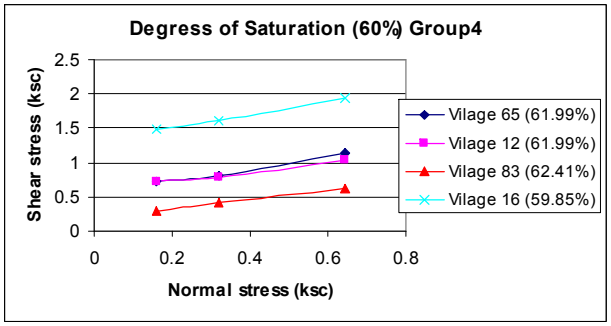
จากการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลข้างต้น ทำให้สามารถสรุปคุณสมบัติดินทางวิศวกรรรมออกเป็นชุดได้ 3 ชุด โดยจัดกลุ่มตามดัชนีชี้วัดความไม่คงตัวของดิน ชุดดินดังกล่าวประกอบด้วย

**ชุดดินทางวิศวกรรมชุดที่ 1** ดินหรือหินผุจากหินทรายและหินทรายแป้ง จำแนกชนิดดินตาม Unified Soil Classification System (USCS) เป็นดิน Silty Sand (SM) ไม่มีความเหนียว (Non Plasticity) มีขนาดคละเลวหรือขนาดเดียว;(Poor grade หรือ Uniform grade) การลดลงของกำลังแรงเฉือนมากกว่า ร้อยละ 50 เมื่อชุ่มน้ำ

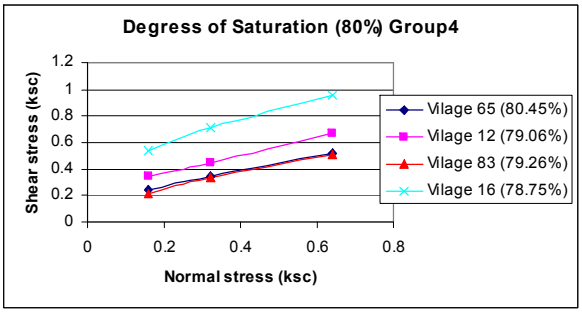
**ชุดดินทางวิศวกรรมชุดที่ 2** ดินหรือหินผุจากหินแกรนิต จำแนกชนิดตาม Unified Soil Classification System (USCS) เป็นดิน Silty Sand (SM) ไม่มีความเหนียว (Non Plasticity) มีขนาดคละดี (Well grade) การลดลงของกำลังแรงเฉือนน้อยกว่า ร้อยละ 50 เมื่อชุ่มน้ำ

**ชุดดินทางวิศวกรรมชุดที่ 3** ดินหรือหินผุจากหินดินดาน และหินโคลน จำแนกชนิดดินตาม Unified Soil Classification System (USCS) ได้เป็นดินหลายประเภทขึ้นอยู่กับหินต้นกำเนิด ได้แก่ Silty Sand (SM) Low Plasticity Clay (CL) และ Low Plasticity Silt (ML) ความเหนียวขึ้นอยู่กับชนิดของดินข้างต้น ประกอบด้วยไม่มีความเหนียว (Non Plasticity) และดินที่มีค่า Plastic Index มากกว่า 6 มีขนาดคละไม่ดี (Poor grade) การลดลงของกำลังแรงเฉือนมีการกระจายตัวทั้งน้อยกว่าและมากกว่าร้อยละ 50

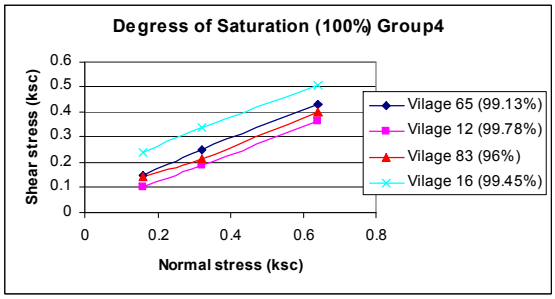
**ผลการทดสอบ KU-MDS Shear test** วิธีการทดสอบพฤติกรรมการลดลงของกำลังดิน เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของความชื้น โดยใช้เครื่องมือทดสอบ Direct Shear โดยดำเนินการทดสอบโดยวิธี Multi-stage ในแต่ละตัวอย่าง และเปลี่ยนแปลงความชื้นทั้งหมด 3 ตัวอย่างรวมเป็น 1 ชุดการทดสอบ การทดสอบนี้มีชื่อเรียกว่า KU-MDS Direct Shear Test ซึ่งผลการทดสอบ KU-MDS Direct Shear Test จะสามารถทราบพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงกำลังดินตามความชื้นที่เปลี่ยนแปลงไป ทำให้สามารถนำไปใช้คาดการณ์และวิเคราะห์ความมั่นคงของลาดชันที่เปลี่ยนไปตามความชื้น ดังตัวอย่างผลการทดสอบรูปที่ 4.4 แสดงค่ากำลังรับแรงเฉือนของตัวอย่างดิน กลุ่ม 4 ซึ่งเป็นการทดสอบของตัวอย่างดิน 4 หมู่บ้าน พบว่าที่ Degress of saturation ที่ใกล้เคียงกันค่ากำลังของดินมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน




**ก) ผลการทดสอบตัวอย่างดิน กลุ่ม 4 ที่ระดับความอิ่มตัว 60%**



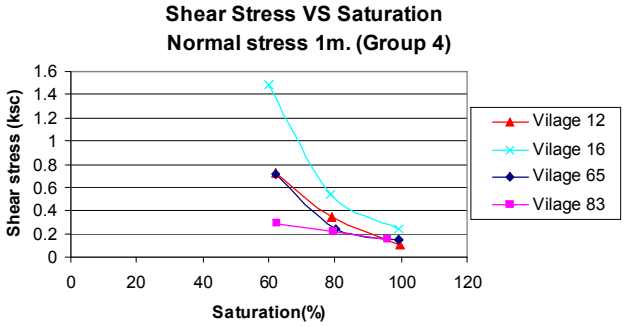

**ข) ผลการทดสอบตัวอย่างดิน กลุ่ม 4 ที่ระดับความอิ่มตัว 80%**



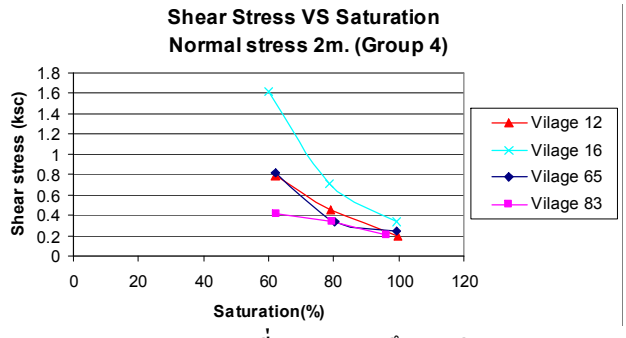

**ค) ผลการทดสอบตัวอย่างดิน กลุ่ม 4 ที่ระดับความอิ่มตัว 100%**

รูปที่ 4.4 ผลการทดสอบ KU-MDS Direct Shear Test ของดิน

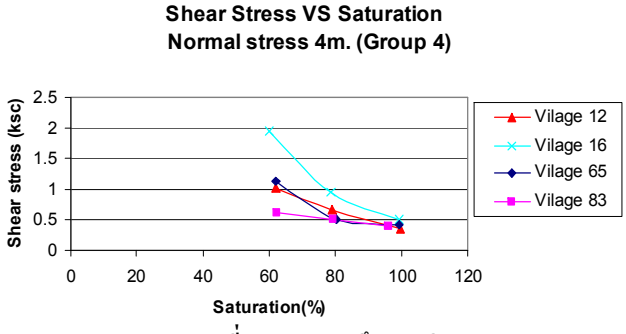
ผลการทดสอบของตัวอย่างดินในแต่ละกลุ่ม เมื่อทำการพิจารณาความสัมพันธ์ของระดับความอิ่มตัว (Degree of saturate) กับกำลังรับแรงเฉือนของดิน (Shear stress) ดังรูปที่ 4.5 ที่แสดงความสัมพันธ์ที่ Normal stress คงที่ จะเห็นได้ว่า เมื่อระดับความอิ่มตัวเพิ่มมากขึ้นค่า Shear stress ของดินจะมีค่าลดลง เป็นสาเหตุที่ว่าการพิบัติของลาดดินส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในช่วงที่มีฝนตกหนัก ทำให้ความชื้นในดิน หรือ Degree of saturate เพิ่มขึ้น แต่ Shear stress ของดินกลับลดลง ดังนั้นการทดสอบ KU-MDS จึงสามารถนำไปใช้เพื่อวิเคราะห์ความชื้นที่ทำให้เกิดดินถล่ม ซึ่งจะทำให้ทราบถึงปริมาณผนที่จะใช้ในการเตือนภัยดินถล่มต่อไป




ก) ผลการทดสอบที่ระดับความลึกของดิน 1.00 เมตร




ข) ผลการทดสอบที่ระดับความลึกของดิน 2.00 เมตร




ค) ผลการทดสอบที่ระดับความลึกของดิน 4.00 เมตร

รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง Degree of saturate กับ Shear

## 5.สรุปผลการศึกษา

จากผลการทดสอบ SRI แสดงให้เห็นว่า เกิดการยุบตัวในดินบางประเภทส่งผลให้กำลังรับแรงเฉือนเปลี่ยนไป วิธีการทดสอบแบบ SRI TEST เหมาะสำหรับการทดสอบในพื้นที่กว้างเพื่อหาแนวโน้มการลดลงของกำลังรับแรงเฉือนของดินเมื่อความชื้นเปลี่ยนแปลง ผลการทดสอบ KU-MDS Shear Test นอกจากจะได้ผลการทดสอบที่ละเอียดมากขึ้น ยังมีนัยสำคัญในการนำมาใช้เตือนภัยดินถล่มเนื่องจากฝนตกหนักได้ ผลจากการทดสอบด้วยวิธิการทดสอบต่างๆมีข้อดีที่แตกต่างกันดังนี้

| วิธีการทดสอบ | | |
|---|---|---|
| KU-MDS | SRI | Direct Shear Test (Saturate condition) |
| - Design<br>- คาดการณ์การเกิดดินถล่มเนื่องจากการเปลี่ยนความชื้น | - Index ดินถล่มในพื้นที่กว้าง | -Design |


## กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้เขียนขอขอบคุณ กรมทรัพยากรธรณี ในการสนับสนุนงบประมาณในโครงการศึกษาหาแนวทางป้องกันและลดผลกระทบจากภัยดินถล่ม 6 จังหวัด


## เอกสารอ้างอิง


[1] **ฐานข้อมูลแผนที่ธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี, 2530**

[2] **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 Engimeering., Philippines 2006

**[3] ฐานข้อมูลดินถล่มศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก,2549)**