

กำลังต้านทานแรงเฉือนของของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก
SHEAR STRENGTH IMPROVEMENT OF LATERITIC SOIL
MIXED WITH WASTE PLASTIC FLAKES



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SHEAR STRENGTH IMPROVEMENT OF LATERITIC
SOIL MIXED WITH WASTE PLASTIC FLAKES



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE
REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2019

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังต้านทานแรงเฉือนของของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก

นายบุญยกร อินทร์คง รหัสนักศึกษา 59010763
 นายปณิธาน ปิตมานุรักษ์ รหัสนักศึกษา 59010786
 นายปัญญาพัฒน์ แปะชวด รหัสนักศึกษา 59010870
 นายธนกฤต จูอาภรณ์ รหัสนักศึกษา 59010889
 อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.วิรุฬห์ คำชุม
 ปีการศึกษา 2562

บทคัดย่อ

ขยะพลาสติกเป็นปัญหาสำคัญของโลกรวมถึงประเทศไทย การศึกษาก่อนหน้านี้แสดงถึงการใช้ขยะพลาสติกเพื่อการเสริมแรงดิน อย่างไรก็ตามงานวิจัยส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปที่ดินเนื้อหยาบกับเส้นใยพลาสติกที่ค่อนข้างยาวและสม่ำเสมอ ในความเป็นจริงขยะพลาสติกส่วนใหญ่ถูกทำให้เป็นพลาสติกขนาดเล็กที่มีขนาด 5 มิลลิเมตร หรือน้อยกว่า เศษขยะพลาสติกเหล่านี้สามารถสร้างมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมและเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในทะเล การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการผสมเศษขยะพลาสติกในการเสริมกำลังรับแรงเฉือน

ในการศึกษานี้เศษขยะพลาสติกทำจากพอลิเอทิลีน และพอลิโพรพิลีน ซึ่งมีขนาดส่วนใหญ่อยู่ในช่วงประมาณ 2-10 มิลลิเมตร ตัวอย่างดินใช้ดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติกในอัตราส่วน 0.2% , 0.4% , 1% และ 2% โดยน้ำหนักดินแห้ง การทดสอบแรงเฉือนโดยตรงดำเนินการเพื่อสังเกตการปรับปรุงกำลังรับแรงเฉือนของตัวอย่างดินที่อยู่ในสถานะอิ่มตัวด้วยน้ำ ผลการทดสอบพบว่า เศษขยะพลาสติกสามารถเพิ่มกำลังในการรับแรงเฉือนของดินลูกรังได้และจะทำให้ดินลูกรังมีพฤติกรรมแบบเหนียวขึ้น (Ductile) และอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติกคือ 1% โดยน้ำหนักดินแห้ง และผลการทดสอบยังพบอีกว่าขนาดและรูปร่างของพลาสติกที่เปลี่ยนแปลงไป ส่งผลให้กำลังรับแรงเฉือนของดินลูกรังผสมพลาสติกเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SHEAR STRENGTH IMPROVEMENT OF LATERITIC SOIL MIXED WITH WASTE PLASTIC FLAKES

Mr.Bunyakorn Inkong Student ID. 59010763

Mr.Panithan Pitamanurak Student ID. 57010097

Mr.Punyaphat Paesud Student ID. 59010870

Mr.Thanakrit Juarporn Student ID. 59010889

Advisor: Asst. Prof. Dr. Viroon Kamchoom

Academic Year 2019

ABSTRACT

Plastic waste has become major worldwide problems, including Thailand. Previous study showed pronouncing results in utilising plastic waste for soil reinforcement. However, most of literature focused on coarse-grained soils with relatively long and uniform plastic fibers. In fact, most plastic waste was grinded into waste plastic flakes with fragment of 5mm or less. These waste plastic flakes can pollute environment and harm marine life. This study aims to investigate performance of waste plastic flakes reinforcement on shear strength improvement.

In this study, plastic waste made from Polyethylene and Polypropylene which is mostly in the range of 2-10 millimeters. Soil samples use lateritic mixed with waste plastic flakes at the ratio of 0.2%, 0.4%, 1% and 2% by dry soil weight. Direct shear testing is performed to observe the shear strength improvements of soil samples that are saturated with water. The test results showed that waste plastic flakes can increase the shear strength of lateritic soil and will cause lateritic soil to have more ductile behavior and the suitable ratio of lateritic mixed with waste plastic flakes is 1% by weight of dry soil and the test results also show that at the same percentage of fiber, the shear strength of the lateritic soil will change if the size and shape of plastic change.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรุฬห์ คำชุม และ รศ.ดร. แผลมทอง เหล่าคงถาวร ที่กรุณาให้คำปรึกษาปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง คอยแนะนำช่วยเหลือในการแก้ไขปัญหา คอยให้ความรู้ เอาใจใส่ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือจนสำเร็จได้ด้วยดี พวกเราผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้ความรู้ในทุก ๆ วิชาที่ศึกษาเพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับการทำปริญญานิพนธ์เล่มนี้ โดยคณาจารย์ทุกท่าน ได้ถ่ายทอดความรู้ทั้งทางด้านวิชาการ ความรู้ทั่วไป และประสบการณ์ต่าง ๆ จนสามารถนำมาใช้ในการทำงานและการดำเนินชีวิตได้อย่างดียิ่ง ตลอดจนขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ร่วมเป็นกรรมการในการสอบปริญญานิพนธ์นี้

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ในภาควิชาวิศวกรรมโยธา ที่คอยให้คำแนะนำ ช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการทำปริญญานิพนธ์ รวมถึงตลอดระยะเวลาที่ได้เรียนรู้และศึกษาในภาควิชาวิศวกรรมโยธา

สุดท้ายขอขอบพระคุณ บิดา มารดาอันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งเป็นผู้ให้ความรัก กำลังใจ และสนับสนุนการศึกษาของคณะผู้จัดทำมาโดยตลอด ทำให้คณะผู้จัดทำมีวันนี้ คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในพระคุณเป็นอย่างสูง

นายบุญยกร

อินทร์คง

นายปณิธาน

ปีตมานุรักษ์

นายปัญญพัฒน์

แปะชวด

นายธนกฤต

จูอาภรณ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	1
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย.....	2
1.4 วิธีการศึกษา.....	3
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 วรรณกรรมปริทัศน์.....	4
2.1 คุณสมบัติทั่วไปของดิน.....	4
2.2 กำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน.....	4
2.3 คุณสมบัติทั่วไปของพลาสติก.....	6
2.3.1 Polypropylene (PP).....	7
2.3.1 Polyethylene (PE).....	7
2.4 ทบทวนวรรณกรรม.....	7
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	12
3.1 การหาขนาดของพลาสติก.....	12
3.2 คุณสมบัติทั่วไปของดิน.....	14
3.2.1 การหาขนาดของเม็ดดิน.....	14
3.2.2 การหาขีดจำกัดเหลว, ขีดจำกัดพลาสติก.....	16
3.2.3 การทดสอบการหาค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน.....	17
3.3 คุณสมบัติเชิงกลของดินผสมเศษขยะพลาสติก.....	19
3.3.1 การทดสอบกำลังรับแรงเฉือนโดยตรง.....	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 4 ผลการศึกษา.....	25
4.1 ผลจากการทดสอบการบดอัดดินของดินผสมเศษขยะพลาสติก.....	25
4.2 ผลการทดสอบหากล้างรับแรงเฉือนของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติกใน สัดส่วนที่ต่างกัน ในสภาวะอิ่มตัวด้วยน้ำ.....	26
4.2.1 ผลการทดสอบหากล้างรับแรงเฉือนโดยตรงของดินลูกรังผสมเศษขยะ พลาสติก 0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง.....	26
4.2.2 ผลการทดสอบหากล้างรับแรงเฉือนโดยตรงของดินลูกรังผสมเศษขยะ พลาสติก 0.2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง.....	28
4.2.3 ผลการทดสอบหากล้างรับแรงเฉือนโดยตรงของดินลูกรังผสมเศษขยะ พลาสติก 0.4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง.....	30
4.2.4 ผลการทดสอบหากล้างรับแรงเฉือนโดยตรงของดินลูกรังผสมเศษขยะ พลาสติก 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง.....	32
4.2.5 ผลการทดสอบหากล้างรับแรงเฉือนโดยตรงของดินผสมเศษขยะ พลาสติก 2.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง.....	34
4.3 ผลจากการทดสอบหากล้างรับแรงเฉือนของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก โดยทำการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างของพลาสติก.....	36
4.3.1 ผลการทดสอบหากล้างรับแรงเฉือนโดยตรงของดินผสมเศษขยะ พลาสติก 0.4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง โดยทำการเปลี่ยนแปลง ขนาดและรูปร่างของพลาสติก.....	36
4.3.2 ผลการทดสอบหากล้างรับแรงเฉือนโดยตรงของดินผสมเศษขยะ พลาสติก 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง โดยทำการเปลี่ยนแปลง ขนาดและรูปร่างของพลาสติก.....	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา.....	45
5.1 บทนำ.....	45
5.2 สรุปผลการทดลอง.....	45
5.2.1 พฤติกรรมในการรับแรงเฉือนและการหลุดตัวของดินลูกรังเมื่อผสม เศษขยะพลาสติก.....	45
5.2.2 อัตราส่วนของพลาสติกที่เหมาะสมที่สุดในการนำมาผสมกับดินลูกรัง.	45
5.2.3 กำลังรับแรงเฉือนของดินเมื่อทำการการเปลี่ยนแปลงขนาดคละ และ รูปร่างของเศษขยะพลาสติก.....	46
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	48
เอกสารอ้างอิง.....	49
ภาคผนวก.....	50



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงขนาดคละและชนิดของพลาสติก.....	13
ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงข้อมูลขนาดคละและชนิดของเม็ดดิน.....	15
ตารางที่ 3.3 ตารางแสดงผลการทดสอบการหาค่าซึดจำกัดเหลว.....	16
ตารางที่ 3.4 ตารางแสดงผลการทดสอบการหาค่าซึดจำกัดพลาสติก.....	17
ตารางที่ 3.5 ข้อมูล Calibration of Pycnometer.....	17
ตารางที่ 3.6 ข้อมูลความถ่วงจำเพาะของดินลูกรัง.....	18



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปภาพที่ 2.1 รูปดินลูกรัง.....	4
รูปภาพที่ 2.2 รูปแสดง soil strength parameter.....	5
รูปภาพที่ 2.3 รูปแสดงสมการ โมร์-คูลอมป์.....	6
รูปภาพที่ 2.4 รูปเศษขยะพลาสติก โพรพิลีน และโพลีเอทิลีน.....	6
รูปภาพที่ 2.5 รูปเศษขวดน้ำพลาสติก (PET).....	8
รูปภาพที่ 2.6 รูปเส้นใยโพลีโพรพิลีน (PP Fiber).....	8
รูปภาพที่ 2.7 เครื่องทดสอบ fiber pullout tests ของ Chunling Li & Jorge G. Zornberg (2013).....	10
รูปภาพที่ 2.8 การเปรียบเทียบกำลังรับแรงเฉือนทางทฤษฎีและทางปฏิบัติ.....	11
รูปภาพที่ 3.1 รูปชั่งน้ำหนักตะแกรง.....	12
รูปภาพที่ 3.2 รูปนำตะแกรงติดตั้งบนเครื่องเขย่า.....	12
รูปภาพที่ 3.3 รูปชั่งพลาสติกที่ค้างอยู่บนตะแกรง.....	13
รูปภาพที่ 3.4 รูปแสดงขนาดคละพลาสติก.....	14
รูปภาพที่ 3.5 รูปแสดงการแบ่งเกรดของดินลูกรัง.....	15
รูปภาพที่ 3.6 รูปแสดงผลการทดสอบการหาค่าขีดจำกัด เหลว.....	16
รูปภาพที่ 3.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) กับน้ำหนักรวม ระหว่างแก้วกับน้ำ (g).....	18
รูปภาพที่ 3.8 รูปแสดงการแคลิเบรต Proving Ring.....	19
รูปภาพที่ 3.9 อุปกรณ์เครื่อง Direct Shear.....	20
รูปภาพที่ 3.10 รูป Shear Box และ แผ่นหินพรุณด้านล่าง.....	21
รูปภาพที่ 3.11 รูปเตรียมตัวอย่างที่จะใช้ทดสอบ.....	21
รูปภาพที่ 3.12 รูปการบดอัดดิน.....	22
รูปภาพที่ 3.13 รูปแผ่นหินพรุณด้านบน และ loading pad.....	22
รูปภาพที่ 3.14 รูปทำการ Saturated ให้ดินอยู่ในสภาวะอิ่มตัวด้วยน้ำ.....	23
รูปภาพที่ 3.15 รูปใส่น้ำหนักกระทำในแนวดิ่ง.....	23
รูปภาพที่ 4.1 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้ง (g/cm^3) กับปริมาณ ความชื้น (%).....	25
รูปภาพที่ 4.2 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress (KPa) กับ Horizontal displacement (mm) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักดินแห้ง.....	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้กับภาควิชาวิศวกรรมโยธาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญรูป(ต่อ)

รูปภาพที่ 4.3	รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Vertical displacement (mm) กับ Horizontal displacement (mm) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง.....	26
รูปภาพที่ 4.4	รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress (KPa) กับ Normal stress (KPa) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง.....	27
รูปภาพที่ 4.5	รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress (KPa) กับ Horizontal displacement (mm) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0.2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง.....	28
รูปภาพที่ 4.6	รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Vertical displacement (mm) กับ Horizontal displacement (mm) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0.2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดิน.....	28
รูปภาพที่ 4.7	รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress (KPa) กับ Normal stress (KPa) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0.2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง.....	29
รูปภาพที่ 4.8	รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress (KPa) กับ Horizontal displacement (mm) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0.4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง.....	30
รูปภาพที่ 4.9	รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Vertical displacement (mm) กับ Horizontal displacement (mm) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0.2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง.....	30
รูปภาพที่ 4.10	รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress (KPa) กับ Normal stress (KPa) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0.4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง.....	31
รูปภาพที่ 4.11	รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress (KPa) กับ Horizontal displacement (mm) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง.....	32
รูปภาพที่ 4.12	รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Vertical displacement (mm) กับ Horizontal displacement (mm) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง.....	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปภาพที่ 4.13 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress (KPa) กับ Normal stress (KPa) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง.....	33
รูปภาพที่ 4.14 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress (KPa) กับ Horizontal displacement (mm) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 2.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง.....	34
รูปภาพที่ 4.15 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Vertical displacement (mm) กับ Horizontal displacement (mm) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 2.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง.....	34
รูปภาพที่ 4.16 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress (KPa) กับ Normal stress (KPa) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 2.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง.....	35
รูปภาพที่ 4.17 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress (KPa) กับ Horizontal displacement (mm) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0.4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง โดยทำการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างของพลาสติก ตัวอย่างที่ 1.....	36
รูปภาพที่ 4.18 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Vertical displacement (mm) กับ Horizontal displacement (mm) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0.4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้งโดยทำการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างของพลาสติก ตัวอย่างที่ 1.....	37
รูปภาพที่ 4.19 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress (KPa) กับ Normal stress (KPa) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0.4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง โดยทำการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างของพลาสติก ตัวอย่างที่ 1.....	38
รูปภาพที่ 4.20 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress (KPa) กับ Horizontal displacement (mm) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0.4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง โดยทำการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างของพลาสติก ตัวอย่างที่ 2.....	39

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปภาพที่ 4.21	รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Vertical displacement (mm) กับ Horizontal displacement (mm) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0.4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้งโดยทำการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างของพลาสติก ตัวอย่างที่ 2.....	39
รูปภาพที่ 4.22	รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress (KPa) กับ Normal stress (KPa) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0.4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง โดยทำการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างของพลาสติก ตัวอย่างที่ 2.....	40
รูปภาพที่ 4.23	รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress (KPa) กับ Horizontal displacement (mm) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง โดยทำการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างของพลาสติก ตัวอย่างที่ 1.....	41
รูปภาพที่ 4.24	รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Vertical displacement (mm) กับ Horizontal displacement (mm) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้งโดยทำการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างของพลาสติก ตัวอย่างที่ 1.....	41
รูปภาพที่ 4.25	รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress (KPa) กับ Normal stress (KPa) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง โดยทำการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างของพลาสติก ตัวอย่างที่ 1.....	42
รูปภาพที่ 4.26	รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress (KPa) กับ Horizontal displacement (mm) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง โดยทำการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างของพลาสติก ตัวอย่างที่ 2.....	43
รูปภาพที่ 4.27	รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Vertical displacement (mm) กับ Horizontal displacement (mm) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้งโดยทำการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างของพลาสติก ตัวอย่างที่ 2.....	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปภาพที่ 4.28 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress (KPa) กับ Normal stress (KPa) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง โดยทำการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างของพลาสติก ตัวอย่างที่ 1.....	44
รูปภาพที่ 5.1 รูปโค้งอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดของพลาสติก.....	46
รูปภาพที่ 5.2 รูปโค้งเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างของพลาสติก.....	46
รูปภาพที่ 5.3 รูปเส้นคาดคะเนกำลังรับแรงเฉือนของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก.....	47



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันนี้จำนวนประชากรมีการเพิ่มมากขึ้น ซึ่งทำให้มีความต้องการในด้านอุปโภคและสาธารณูปโภคเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ส่งผลให้มีปริมาณขยะพลาสติกเพิ่มมากขึ้น พลาสติกถือเป็นวัสดุสังเคราะห์ที่มีบทบาทอย่างมากในชีวิตประจำวัน เนื่องจากพลาสติกมีคุณสมบัติเบา แข็งแรง ทนทาน และราคาถูก ทำให้พลาสติกได้รับความนิยมในการใช้งานอย่างมาก เช่น ถุงพลาสติก ภาชนะบรรจุอาหาร เป็นต้น ซึ่งขยะพลาสติกเป็นวัสดุที่ไม่สามารถย่อยสลายด้วยตัวเองทำให้เกิดของเสียที่เป็นภาระในการจัดเก็บและการทำลาย ดังนั้นการเพิ่มขึ้นของปริมาณขยะพลาสติกจะก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม และระบบนิเวศ จึงเป็นการดีที่ถ้าเราสามารถเพิ่มช่องทางการกำจัดขยะพลาสติก โดยนำขยะพลาสติกเหล่านี้มาประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรม ดังนั้นทางกลุ่มของนักศึกษาจึงต้องการศึกษาโครงการวิจัยเกี่ยวกับกำลังต้านทานแรงเฉือนของดินลูกรังผสมกับเศษขยะพลาสติก ซึ่งใช้ขยะพลาสติกที่เป็นประเภทโพลีเอทิลีน (Polyethylene – PE) และ โพลีโพรพิลีน (Polypropylene – PP) ที่ผ่านการใช้งานแล้วจากโรงงานอุตสาหกรรม

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาศึกษาพฤติกรรมการรับแรงเฉือนของดินลูกรังที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการผสมเศษขยะพลาสติก
- 1.2.2 เพื่อหาสัดส่วนของเศษขยะพลาสติกที่เหมาะสมที่ทำให้กำลังรับแรงเฉือนของดินลูกรังเพิ่มสูงสุด
- 1.2.3 เพื่อศึกษากำลังรับแรงเฉือนของดินลูกรัง ถ้าทำการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างของเศษขยะพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 ดินลูกรัง จาก จ.ฉะเชิงเทรา

- มีขนาดคละผ่านตะแกรงเบอร์ 4 และค้ำบนตะแกรงเบอร์ 200
- Maximum Dry Density 80% of Compaction

1.3.2 ขยะพลาสติกกรีไซเคิล จาก Dow Chemical Thailand Ltd.

1.3.3 ศึกษาคุณสมบัติทั่วไปของดิน

- Atterberg Limit; ASTM D 4318 และ ASTM D 427
- Grain Size Analysis; ASTM D 422
- Specific Gravity of soil; ASTM D 854

1.3.4 ศึกษาคุณสมบัติทั่วไปของดินผสมพลาสติก

- Compaction Test; ASTM D 698 - 70 , ASTM D 1557 – 70 เพื่อหาความหนาแน่นแห้งสูงสุด (Maximum Dry Density) และความชื้นที่เหมาะสม (Optimum Water Content) ซึ่งประกอบไปด้วย ตัวอย่างดินลูกรังผสมพลาสติก 0% 0.2% 0.4% 1% และ 2% โดยน้ำหนักดินแห้ง

1.3.5 ศึกษาการรับแรงเฉือนของดินผสมพลาสติก

- Direct Shear Test; ASTM D 3080 เพื่อศึกษาและทดสอบการรับแรงเฉือน ในสภาวะอิ่มตัวด้วยน้ำ และสภาวะไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ ซึ่งประกอบไปด้วย ตัวอย่างดินลูกรังผสมพลาสติก 0% 0.2% 0.4% 1% และ 2% โดยน้ำหนักดินแห้ง

1.4 วิธีการศึกษา

- 1.4.1 ศึกษารวบรวมข้อมูลการใช้พลาสติกในการปรับปรุงคุณภาพดิน
- 1.4.2 ศึกษาคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์
- 1.4.3 ทำการทดลองหาคุณสมบัติของดินที่ใช้ทดสอบ
- 1.4.4 ปรับแก้เครื่องมือและสร้างสมการสอบเทียบเครื่อง Direct Shear Test
- 1.4.5 ทดสอบหาค่ารับแรงเฉือนของดินในสภาวะอิ่มตัวด้วยน้ำ
- 1.4.6 เปลี่ยนปริมาณพลาสติกในตัวอย่างการทดลองตามกรณีศึกษา
- 1.4.7 วิเคราะห์ สรุปผล และหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 สามารถทราบปริมาณเศษขยะพลาสติกที่เหมาะสมที่สุดในการนำมาผสมกับดินลูกรัง
- 1.5.2 สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการรับกำลังของดินได้มากขึ้น
- 1.5.3 เพิ่มช่องทางในการกำจัดขยะพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วรรณกรรมปริทัศน์

2.1 คุณสมบัติทั่วไปของดิน

ดินที่นำมาทดลองเป็นดินลูกรัง คือ ดินที่พบชั้นลูกรัง ชั้นกรวด ชั้นเศษหิน หรือ พบเศษหินกรวด หินมนเล็ก มากกว่า 35 % ของเนื้อดินโดยปริมาตร เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย, บางพื้นที่เป็นดินเหนียวปน หินกรวด หินมนเล็ก, บางพื้นที่เป็นดินที่เกิดจากการสลายตัวของหิน แล้วกลายสภาพมาเป็นลูกรัง เป็นดินที่มีความหนาแน่นสูง แต่ ศักยภาพในการเกษตรต่ำมาก ลักษณะสี แดง เหลือง ตามแต่พื้นที่ ราคาถูกเหมาะสำหรับใช้ในงานทำถนน หรือลานจอดรถ



รูปที่ 2.1 รูปดินลูกรัง

2.2 กำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน

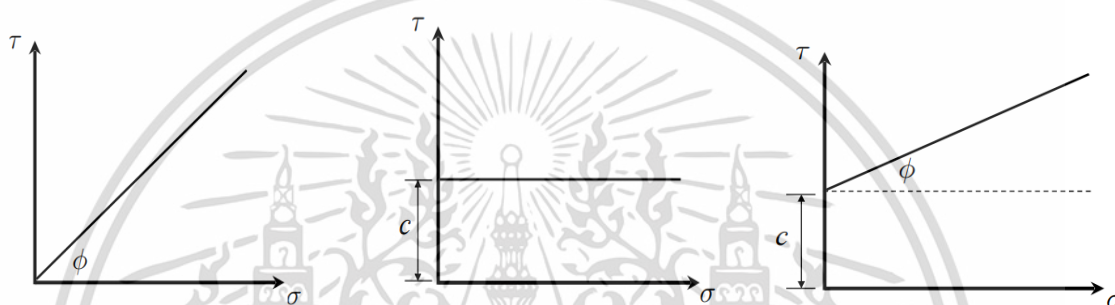
กำลังรับแรงเฉือนของดิน (Soil Shear Strength) คือ ความสามารถสูงสุดของมวลดินในการรับแรงเฉือน (Shear Strength) ของมวลดินนั้น (Soil Mass) ก่อนเกิดการพิบัติ ซึ่งการวิบัติของดินส่วนใหญ่เนื่องมาจากแรงเฉือน โดยค่าความสามารถของดินในการต้านทานต่อแรงเฉือนขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ 2 ประการ ดังนี้

1. แรงยึดเหนี่ยวหรือความเชื่อมแน่นระหว่างเม็ดดิน (cohesion, C)

2. แรงเสียดทานภายในระหว่างเม็ดดิน (internal friction angle, ϕ)

- สำหรับดินที่ไม่มีความเชื่อมแน่น เช่น กรวด ทราย ค่ากำลังต้านทานต่อแรงเฉือนของดิน (shear strength) ขึ้นอยู่กับแรงเสียดทานภายในระหว่างเม็ดดินเป็นส่วนใหญ่

- สำหรับดินที่มีความเชื่อมแน่น เช่น ดินเหนียว ค่ากำลังต้านทานต่อแรงเฉือนของดินจะขึ้นอยู่กับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดินเป็นส่วนใหญ่



ดินที่ไม่มีความเชื่อมแน่น ดินที่ไม่มีมุมเสียดทานภายใน ดินที่มีความเชื่อมแน่น และ
เช่น ดินทราย ($c = 0$) เช่น ดินเหนียว ($\phi = 0$) มุมเสียดทานภายใน

รูปที่ 2.2 รูปแสดง soil strength parameter

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า กำลังรับแรงเฉือนของมวลดิน (Soil Shear Strength) เป็นข้อมูลที่จำเป็นในการวิเคราะห์หรือออกแบบ ฐานราก ผนังกันดิน เขื่อนดิน และสิ่งก่อสร้างที่เกี่ยวกับดินและหินอีกหลายอย่าง ทางด้านปฐพีกลศาสตร์เราถือว่า กำลังของดิน คือ ความสามารถของมวลดินในการรับแรงเฉือน (shear strength) ซึ่งแตกต่างจากเหล็กหรือคอนกรีต ซึ่งพิจารณาแรงดึงหรือแรงอัด

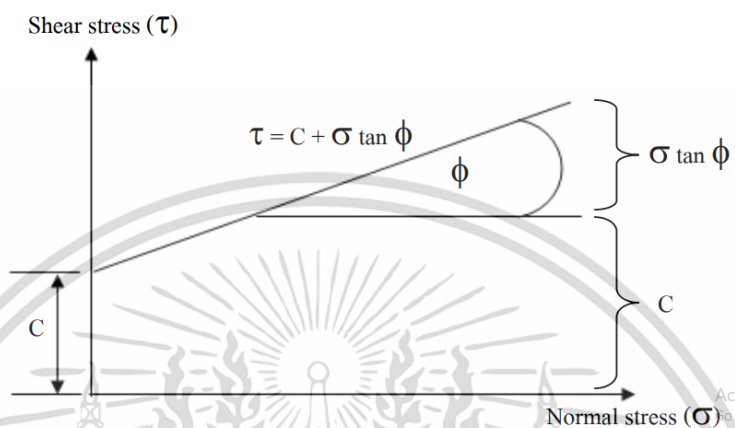
ในปี ค.ศ. 1773 นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศส ชื่อคูลอมป์ (Coulomb) ได้คิดความสัมพันธ์ ระหว่างหน่วยแรงเฉือนกับหน่วยแรงตั้งฉากกับผิวสัมผัส ที่ระนาบใดๆ ของมวลดินในรูปของ สมการเส้นตรง เรียกว่า สมการ โมร์-คูลอมป์ (Mohr – Coulomb's Equation) ซึ่งใช้หาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดินที่จุดพิบัติตั้งสมการ $\tau = C + \sigma \tan \phi$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ τ = หน่วยแรงเฉือนวิบัติที่ระนาบของการวิบัติ

C = หน่วยแรงยึดเกาะ

ϕ = มุมเสียดทานภายใน



รูปที่ 2.3 รูปแสดงสมการ โม่ร์-คูลอมป์

2.3 คุณสมบัติทั่วไปของพลาสติก

พลาสติกที่นำมาทดสอบมาจากโรงงานอุตสาหกรรม มีด้วยกัน 2 ชนิด ดังนี้



รูปที่ 2.4 รูปเศษขยะพลาสติก โพรพิลีน และโพรทีเอทอีลิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 Polypropylene fiber (PP)

เป็นพลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติกที่เบาที่สุด มีสมบัติเชิงกลดีมาก เหนียว ทนต่อแรงดึง แรงกระแทกและทรงตัวดี มีจุดหลอมตัวที่ 165 C ใสน้ำและออกซิเจนซึมผ่านได้ต่ำ เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดีมาก มีการนำเอา PP ไปใช้งานในลักษณะเดียวกับ PE เมื่อต้องการให้มีคุณสมบัติที่ดีขึ้น PP ได้ถูกนำไปใช้งานอย่างกว้างขวาง ตัวอย่างเช่น ใช้ทำถุงร้อน พิล์มใส พิล์มห่อหุ้ม หรือบรรจุอาหารที่ไม่ต้องการให้ออกซิเจนซึมผ่าน พลาสติกหุ้มของบุหรี เชือก แห อวน ถังน้ำมัน ชิ้นส่วนรถยนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้า เฟอร์นิเจอร์ ภาชนะ เครื่องใช้ในครัวเรือน เป็นต้น

2.3.2 Polyethylene fiber (PE)

เป็นเทอร์โมพลาสติก มีคุณสมบัติที่สำคัญคือ เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี , มีความเหนียว และทนทานต่อแรงดึงปานกลาง พวกที่มีความหนาแน่นต่ำจะใสมากแต่จะขุ่นเมื่อความหนาแน่นสูง ปกติจะไม่ละลายในตัวทำละลายใดๆ แต่ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 70 C จะเริ่มละลาย PE ได้ถูกจำแนกเป็นหลายชนิด ตัวหลักๆ ที่ใช้กันมากคือ LDPE , LLDPE , MDPE , HDPE การใช้งานของ PE กว้างขวางมาก ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ เช่น ขวด , แฉงบรรจุยา , และสายน้ำเกลือ , ชิ้นส่วนรถยนต์ , เชือก , แห , อวน , ถุงพลาสติก , ท่อและรางน้ำ , เครื่องใช้ในครัวเรือน , ของเด็กเล่น , ฉนวนหุ้มสายไฟ , สายเคเบิ้ล , ดอกไม้พลาสติก , เคลือบหลังพรม , ผ้าใบพลาสติก , แผ่นฟิล์มสำหรับการบรรจุหีบห่อ , แผ่นฟิล์มที่ใช้ในการเกษตร

2.4 ทบทวนวรรณกรรม

2.4.1 Analytical Model for Stress-Strain Response of Plastic Waste Mixed Soil by G.L.Sivakurma Babu , M.ASCE and Sandeep Kumar Chouksey , S.M.ASCE (2007)

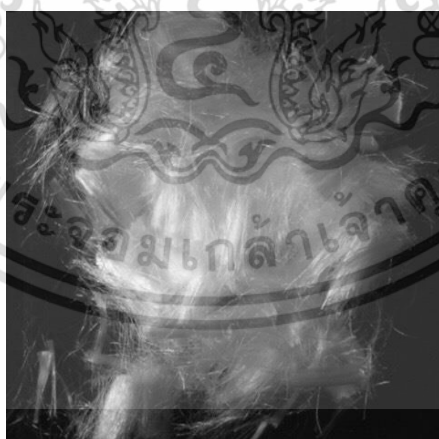
G.L.Sivakurma Babu , M.ASCE and Sandeep Kumar Chouksey , S.M.ASCE ได้วิเคราะห์ความเค้นและความเครียดของดินที่ผสมขยะที่มาจากขวดน้ำพลาสติก โดยใช้เศษขวดน้ำพลาสติก (PET) ที่มีขนาด กว้าง 4 ม.ม. ยาว 12 ม.ม. ผสมกับดินในอัตราส่วน 0% , 0.50% , 0.75% และ 1% โดยน้ำหนักของดินแห้ง จากการทดลองพบว่าดินที่ผสมขยะพลาสติกมีค่า Cohesion , Internal friction angle และ Unconfined Compressive Strength เพิ่มขึ้นเมื่อเปอร์เซ็นต์พลาสติกเพิ่มขึ้น การเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงของดินเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของแรงเสียดทานระหว่างดินกับพลาสติก



รูปที่ 2.5 รูปเศษขวดน้ำพลาสติก (PET)

2.4.2 Strength and Mechanical Behavior of Short Polypropylene Fiber Clayey Soil by Chaosheng Tang , Bin Shi , Wei Gao , Fengjun Chen , Yi Cai (2007)

Chaosheng Tang , Bin Shi , Wei Gao , Fengjun Chen , Yi Cai ได้ศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของดินเหนียวผสมเส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีน (PP-Fiber) ที่มีลักษณะเป็นเส้นยาว 12 ม.ม. และด้านสั้นไม่เท่ากัน ในอัตราส่วน 0% , 0.05% , 0.15% และ 0.25% โดยน้ำหนักดินแห้ง จากการทดสอบพบว่าดินเหนียวที่ผสมไฟเบอร์มีค่า Cohesion , Internal friction angle และ Unconfined Compressive Strength เพิ่มขึ้นเมื่อเปอร์เซ็นต์ไฟเบอร์เพิ่มขึ้นโดยปริมาณไฟเบอร์ที่เหมาะสมมากที่สุดในการทดลองคือ 0.25% โดยน้ำหนักดินแห้ง



รูปที่ 2.6 รูปเส้นใยโพลีโพรพิลีน (PP Fiber)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 Mobilization of Reinforcement Forces in Fiber-Reinforce Soil by Chunling Li, M.ASCE and Jorge G. Zonberg, M.ASCE (2013)

Chunling Li , M.ASCE and Jorge G. Zonberg , M.ASCE ได้ศึกษาวิธีการทำนายความต้านทานแรงเฉือนของดินที่เสริมด้วยเส้นใย พบว่าความต้านทานแรงเฉือนขึ้นอยู่กับคุณสมบัติอิสระของเส้นใยและดิน เช่น ปริมาณของเส้นใย (fiber content), อัตราส่วนของความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใย (fiber aspect ratio) และกำลังของดินที่ไม่ได้เสริมเส้นใย โดยทำการทดสอบการบีบอัดสามแกน (triaxial compression tests) และการทดสอบกำลังรับแรงถอนของเส้นใย (fiber pullout tests) เพื่อประเมินผลของแรงดึงในเส้นใยเป็นฟังก์ชันของแรงเฉือน ดังสมการ

$$S_{eq,p} = c_{eq,p} + (\tan \phi)_{eq,p} \cdot \sigma_n$$

$$c_{eq,p} = (1 + \alpha \cdot \eta \cdot \chi \cdot c_{i,c}) \cdot c$$

$$(\tan \phi)_{eq,p} = (1 + \alpha \cdot \eta \cdot \chi \cdot c_{i,\phi}) \cdot \tan \phi$$

เมื่อ $S_{eq,p}$ = กำลังรับแรงเฉือน

σ_n = ความเค้นปกติเฉลี่ยที่กระทำต่อเส้นใย

c = ค่าความเชื่อมั่นแน่นของดิน

$c_{i,c}$ = ค่าองค์ประกอบความเชื่อมั่นแน่น = $\frac{\text{ค่าความเชื่อมั่นแน่นของเส้นใย (a)}}{\text{ค่าความเชื่อมั่นแน่นของดิน (C)}}$

$c_{i,\phi}$ = ค่าองค์ประกอบความเสียดทาน = $\frac{\tan(\text{มุมเสียดทานของเส้นใย})}{\tan(\text{มุมเสียดทานของดิน})}$

α = ค่าสัมประสิทธิ์เชิงประจักษ์ที่ใช้อธิบายการวางตัวของเส้นใย = 1

η = $\frac{\text{ความยาวของเส้นใย}}{\text{เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใย}}$

χ = $\frac{\text{น้ำหนักของเส้นใย}}{\text{น้ำหนักของดินแห้ง}}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

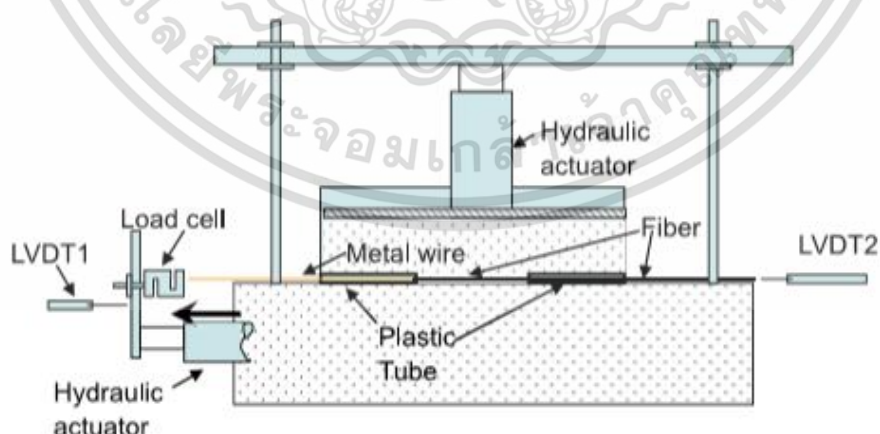
การทดสอบ Triaxial compression tests

ทดสอบโดยใช้เส้นใยโพลีโพรพิลีนความยาว 25 และ 50 มิลลิเมตร โดยแบ่งออกเป็น 2 ชุดการทดสอบ ชุดการทดสอบที่ 1 เพื่อวัดผลกระทบของปริมาณเส้นใยและ aspect ratio ที่มีผลต่อพฤติกรรมการรับแรงเฉือนของดินผสมเส้นใย ตัวอย่างทดสอบถูกเตรียมโดยใช้ค่า χ 2 ค่าคือ 0.2 % และ 0.4% ตัวอย่างทดสอบมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 71 มม. และสูง 142 มม. และถูกทดสอบโดยใช้แรงกดต้นจำกัด ที่ 35, 70 และ 140 kPa การทดสอบดำเนินการภายใต้เงื่อนไขการระบายน้ำออก (CD) ชุดทดสอบ 2 ออกแบบมาเพื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมของดินเสริมเส้นใยเสริมความหนาแน่นของดินที่แตกต่างกันสองแบบคือ 48 และ 65%) โดยเฉพาะตัวอย่างดิน 2 ถูกเตรียมโดยใช้ความหนาแน่นสัมพัทธ์สองตัวและใช้ค่า χ เท่ากับ 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4% ตัวอย่างทดสอบมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 152 มม. และสูง 304 มม. ทดสอบภายใต้สภาพแห้ง โดยใช้แรงกด 60, 115 และ 210 kPa โดยอนุญาตให้ใช้อากาศไหลอย่างอิสระเข้าและออกจากตัวอย่างทดสอบ (เช่นการเปลี่ยนแปลงปริมาตร)

ดินที่ใช้ในชุดการทดสอบ 1 จัดเป็นทรายคุณภาพต่ำ (SP) ตามระบบการจำแนกดิน USCS มีค่า c เท่ากับ 6.1 กิโลปาสคาล และมุมเสียดทานภายใน 34.3 องศา ดินที่ใช้ในชุดการทดสอบที่ 2 เป็นทรายที่สะอาดขนาดสม่ำเสมอ (SP) ตามระบบการจำแนกดิน USCS

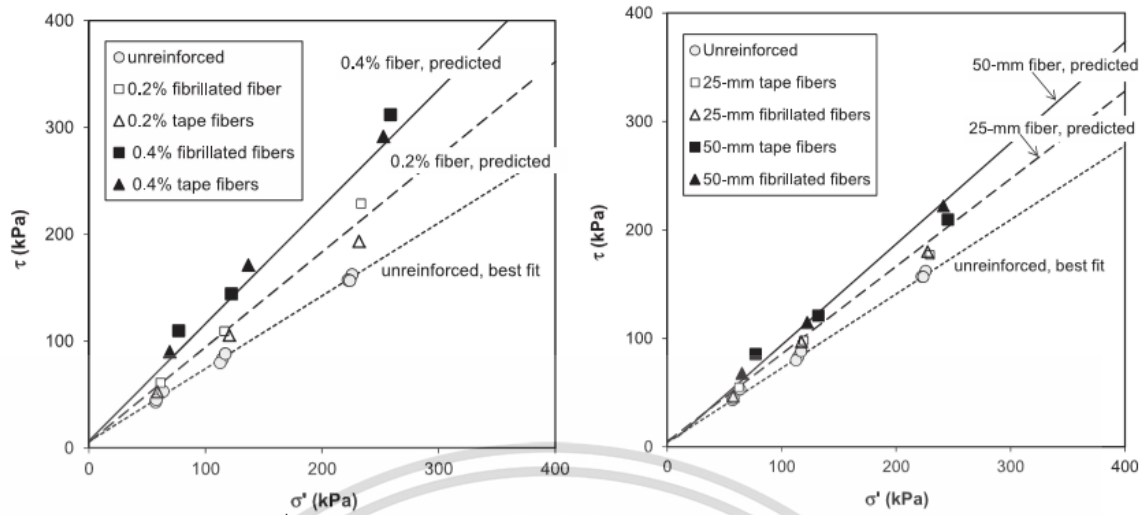
การทดสอบ Fiber pullout tests

ทดสอบโดยใช้เส้นใยโพลีโพรพิลีนความยาว 152 มิลลิเมตร เพื่อทดสอบแรงดึงของเส้นใยเดี่ยว



รูปที่ 2.7 เครื่องทดสอบ fiber pullout tests ของ Chunling Li & Jorge G. Zornberg (2013)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 การเปรียบเทียบกำลังรับแรงเฉือนทางทฤษฎีและทางปฏิบัติ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 การหาขนาดของพลาสติก

วิธีการทดสอบหาขนาดของพลาสติก

1. ทำการชั่งพลาสติก 60 กรัม
2. ชั่งตะแกรงทุกๆ ขนาดที่ใช้ โดยใช้ ตะแกรงเบอร์ 3/4,1/2, 3/8,4,10,20,40,100,200



รูปที่ 3.1 รูปชั่งน้ำหนักตะแกรง

3. นำตัวอย่างพลาสติกใส่ลงในตะแกรงที่เรียงลำดับจากหยาบไปละเอียด โดยมีฝาปิดด้าน บน และมีถาด (PAN) รองด้านล่าง รวมเป็นถาดของตะแกรงนำไปเข้าเครื่องเขย่า (Sieve Shaker) เขย่าเป็นเวลา 20 นาที



รูปที่ 3.2 รูปนำตะแกรงติดตั้งบนเครื่องเขย่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ชั่งพลาสติกที่ค้างอยู่ในแต่ละตะแกรงรวมทั้งน้ำหนักตะแกรง แล้วนำไปคำนวณ



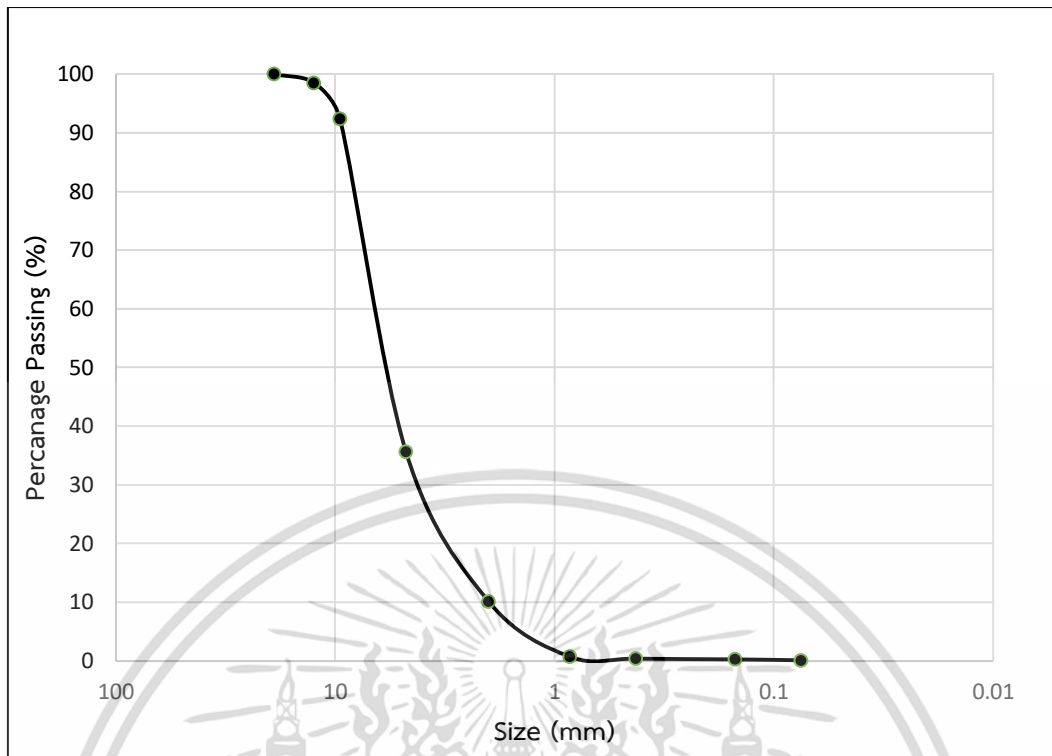
รูปที่ 3.3 รูปชั่งพลาสติกที่ค้างอยู่บนตะแกรง

ซึ่งได้ผลการทดสอบดังนี้

Sieve No.	Sieve Opening (mm.)	Weight of Sieve (g)	Weight of Sieve + Soil (g)	Weight of Soil Retained (g)	Cumulative Retained (g)	Cumulative Retained (%)	Percent Finer (%)
3/4	19	455.68	455.68	0	0	60	100
1/2	12.5	451.2	452.07	0.87	0.87	59.13	98.55
3/8	9.5	527.83	531.55	3.72	3.72	55.14	92.35
4	4.75	486.38	520.43	34.05	34.05	21.36	35.6
10	2	487.63	502.9	15.27	53.91	6.09	10.15
20	0.85	394.8	400.47	5.67	59.58	0.42	0.7
40	0.425	370.73	370.93	0.2	59.78	0.22	0.37
100	0.15	320.43	320.5	0.07	59.85	0.15	0.25
200	0.075	320.54	320.64	0.1	59.95	0.05	0.083
Pan	0	361.58	361.63	0.05	60	0	0
Sum		4176.8	4236.8	60			

ตาราง 3.1 ตารางแสดงขนาดคละและชนิดของพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 รูปแสดงขนาดคละพลาสติก

3.2 คุณสมบัติทั่วไปของดิน

ในการศึกษาแบบจำลอง จำเป็นต้องหาคุณสมบัติของดินที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งได้แก่ การหาขนาดของเม็ดดิน (Grain Size Analysis), การหาขีดจำกัดเหลว (Liquid Limit, L.L.), ขีดจำกัดพลาสติก (Plastic Limit, P.L.) และการหาค่าความถ่วงจำเพาะ (Determination of Specific Gravity of Soil) เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ผลการทดลองของดินที่ใช้ในการทดสอบ

3.2.1 การหาขนาดของเม็ดดิน (Grain Size Analysis)

มาตรฐานอ้างอิง: ASTM D-422

จากผลการทดลองพบว่าดินลูกรังมีคุณสมบัติ SC , A-2-6

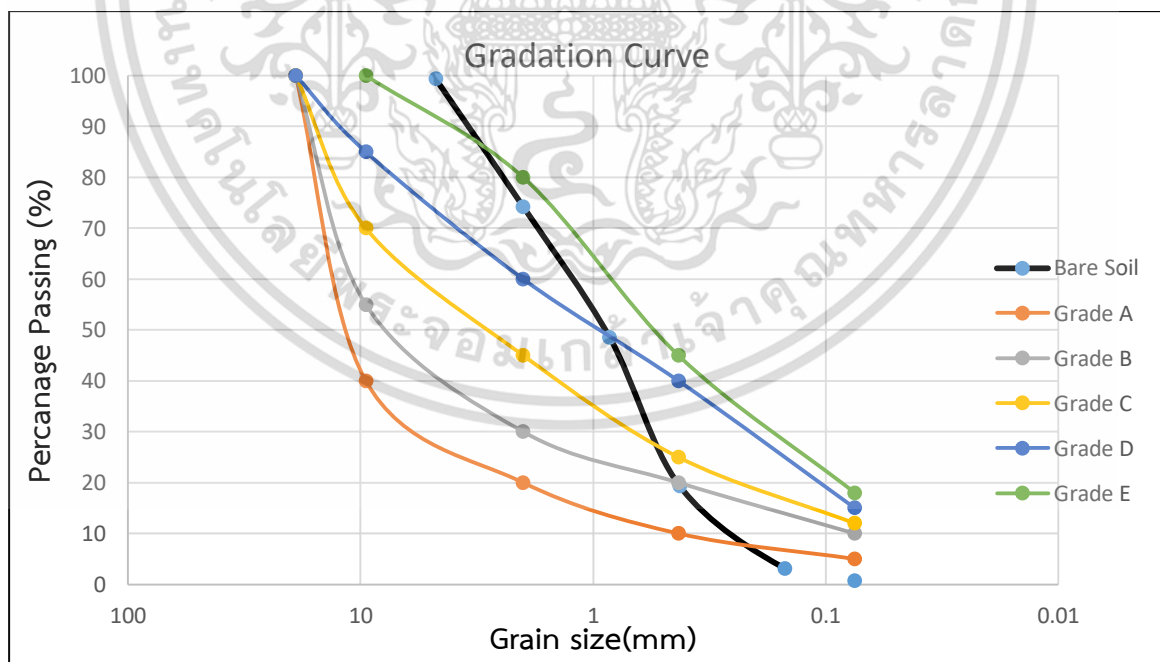
Sieve NO.	Sieve Opening (mm)	Weight of Sieve (g)	Weight of Sieve + Soil (g)	Weight of Soil Retained (g)	Cumulative Retained (g)	Cumulative Retained (%)	Percent Finer (%)
4	4.75	514	528	14	14	0.7	99.30
10	2	667	1,168	501	515	25.76	74.24
20	0.85	397	910	513	1028	51.43	48.57
40	0.43	376	960	584	1612	80.64	19.36
100	0.15	320	644	324	1936	96.85	3.15
200	0.08	325	374	49	1985	99.30	0.70
Pan	0	318	332	14	1999	100	0
Sum.		2.92	4.92	1.99			

Cu=4.08 mm.

Cc=1.186 mm.

ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงข้อมูลขนาดคละและชนิดของเม็ดดิน

จากการแบ่งเกรดของดินลูกรังตามมาตรฐานชั้นรองพื้นทางของวัสดุมวลรวมของกรมทางหลวงแห่งประเทศไทย เป็นเกรด A , B , C , D , E ซึ่งดินที่เรานำมาทำการทดสอบจัดเป็นดิน เกรด E



รูปที่ 3.5 รูปแสดงการแบ่งเกรดของดินลูกรัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

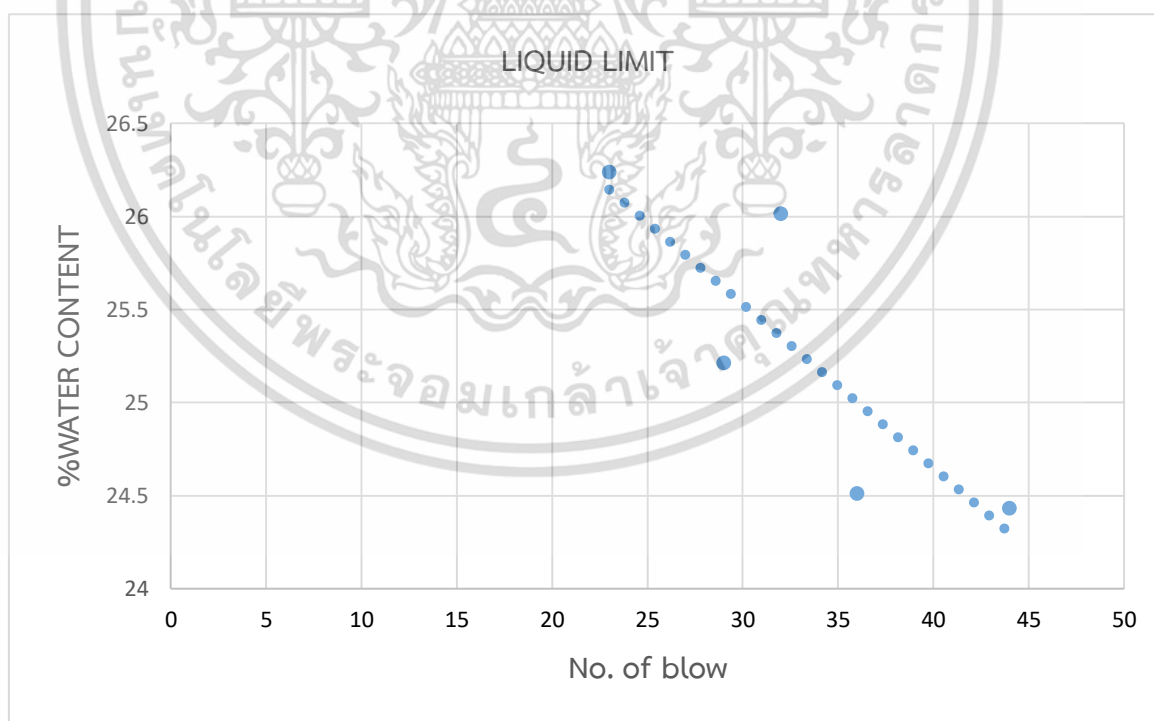
3.2.2 การหาขีดจำกัดเหลว (Liquid Limit, L.L.) , ขีดจำกัดพลาสติก (Plastic Limit, P.L.)

มาตรฐานอ้างอิง : ASTM D 423 - 66, ASTM D 424 - 59 , ASTM D 427 - 61

จากผลการทดลองพบว่าดินลูกรังมีค่าขีดจำกัดเหลว (Liquid Limit, L.L.) เท่ากับ 25.97 และขีดจำกัดพลาสติก (Plastic Limit, P.L.) เท่ากับ 14.60

Liquid limit test					
Determination no.	1	2	3	4	5
No. of blow	44	36	32	29	23
Wet soil + Can (g.)	34.9	30.97	32.94	30.83	31.74
Dry Soil + Can (g.)	31.02	27.45	29.23	27.32	28.3
Wt. of can (g.)	15.14	13.09	14.97	13.4	15.19
Wt. of Water (g.)	3.88	3.52	3.71	3.51	3.44
Wt. of dry. Soil (g.)	15.88	14.36	14.26	13.92	13.11
% water content (g.)	24.43325	24.51253	26.01683	25.21552	26.23951

ตารางที่ 3.3 ตารางแสดงผลการทดสอบการหาค่าขีดจำกัดเหลว



รูปที่ 3.6 รูปแสดงผลการทดสอบการหาค่าขีดจำกัดเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Plastic limit test					
Determination no.	1	2	3	4	5
Wet Soil + Can (g.)	28.98	30.66	29.76	28.43	29.89
Dry Soil + Can (g.)	26.93	28.44	27.85	26.47	28.07
Wt. of Can (g.)	13.47	14.18	14.58	13.22	14.07
Wt. of Water (g.)	2.05	2.22	1.91	1.96	1.82
Wt. of dry soil (g.)	13.46	14.26	13.27	13.25	14
%Water content	15.23	15.57	14.39	14.79	13.00
Average	14.60				

ตารางที่ 3.4 ตารางแสดงผลการทดสอบการหาค่าขีดจำกัดพลาสติก

3.2.3 การทดสอบการหาค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน (Determination of Specific Gravity of Soil)

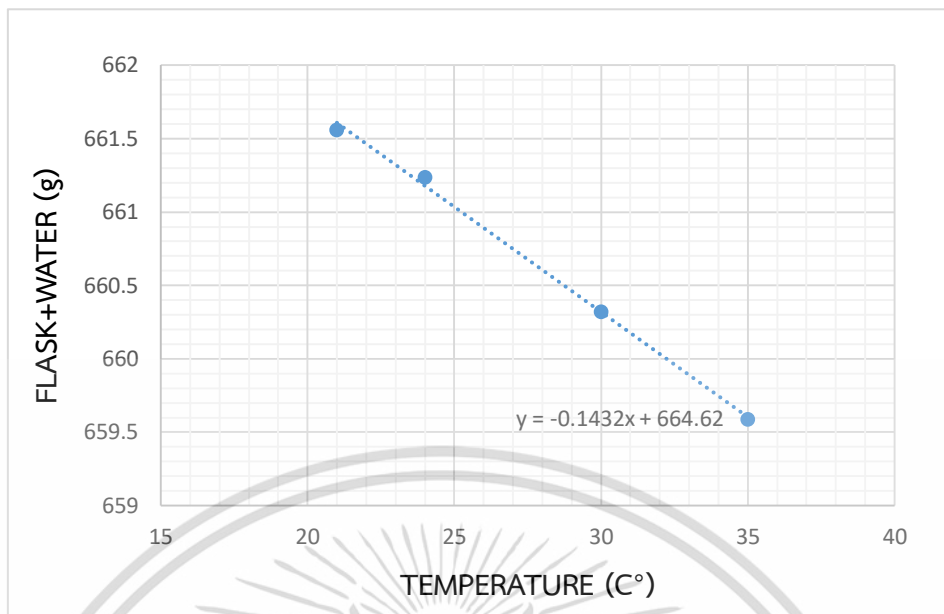
มาตรฐานอ้างอิง : ASTM D 854 – 00

จากผลการทดลองพบว่าดินลูกรังมีค่าความถ่วงจำเพาะ 2.633

NO.	FLASK+WATER (g)	TEMPERATURE (C°)
1	659.59	35
2	660.32	30
3	661.24	24
4	661.56	21

ตารางที่ 3.5 ข้อมูล Calibration of Pycnometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิ (C°) กับน้ำหนักรวมระหว่างแก้วกับน้ำ (g)

SAMPLE NO.		1	2	3
TEMPERATURE.	(C)	25	25	24
FLASK+WATER.	g	667.565	665.848	661.183
FLASK+WATER+SOIL.	g	698.34	697.25	692.24
DRY SOIL+CONTAINER.	g	560	616	564
WT. OF CONTAINER	g	510	566	514
DRY SOIL (4)-(5).	g	50	50	50
G.T.		0.9971	0.9971	0.9973
G.S.		2.59	2.68	2.63
AVERAGE G.S.		2.633		

ตารางที่ 3.6 ข้อมูลความถ่วงจำเพาะของดินลูกรัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 คุณสมบัติเชิงกลของดินผสมเศษขยะพลาสติก

3.3.1 การทดสอบแรงเฉือนแบบโดยตรง (DIRECT SHEAR TEST)

มาตรฐานอ้างอิง : ASTM D – 3080

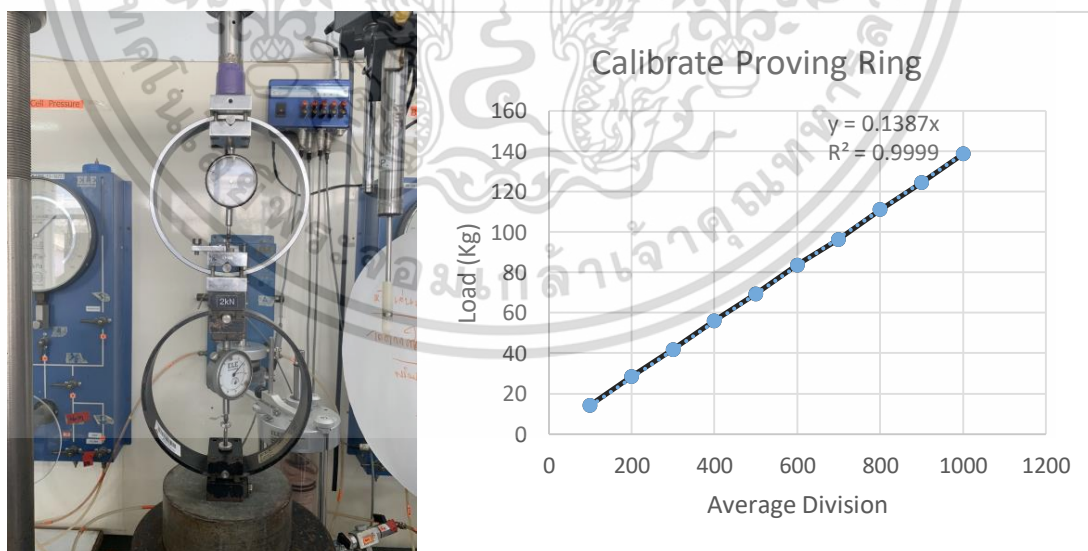
การทดสอบแบบ Direct shear เป็นการทดสอบหาค่าคงตัวแรงเฉือนของวัสดุ (Internal friction angle , ϕ และ Cohesion , c) ตัวอย่างดินจะถูกบังคับให้วิบัติในแนวที่คาดการณ์ไว้ ซึ่งจะอยู่ที่ประมาณกึ่งกลางตัวอย่างดิน ในการทดสอบ จะกระทำโดยใส่ตัวอย่างดินไว้ใน shear box และใส่ normal load กระทำในแนวตั้งกับตัวอย่าง และทำการเฉือนตัวอย่างดินใน shear box พร้อมทั้งตรวจสอบการเคลื่อนตัวของตัวอย่างดินทั้งในทางแนวตั้งและแนวราบ

ประเภทของการทดสอบ Direct Shear Test

1. Stress-controlled ทำได้โดยการใส่ load เพื่อเฉือนตัวอย่างดินอย่างสม่ำเสมอ ในขณะที่การทำให้เฉือนตัวอย่างดินก็ค่อยๆเพิ่ม load เพื่อเฉือนตัวอย่างดินอย่างคงที่
2. Strain-controlled ทำได้โดยการควบคุมให้ shear box มีการเคลื่อนตัวด้วยอัตราคงที่สม่ำเสมอ ซึ่งการทดสอบของเราเป็นการทดสอบแบบ Strain-controlled

อุปกรณ์

1. Direct Shear Testing Machine เป็นแบบหมุนทดสอบด้วยมือ หรือแบบอิเล็กทรอนิกส์
2. Shear Box พร้อมอุปกรณ์เตรียมตัวอย่าง
3. Proving Ring วัดขนาดแรง
ทำการแคลิเบรต Proving Ring ได้ค่า $K = 0.1387$



รูปที่ 3.8 รูปแสดงการแคลิเบรต Proving Ring

4. Dial Gauge วัดการเคลื่อนตัวในแนวราบ อ่านได้ละเอียด 0.001 นิ้ว (0.025 นิ้ว) และวัดการเคลื่อนตัวในแนวตั้ง อ่านได้ละเอียด 0.0001 นิ้ว (0.0025 นิ้ว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Plate loading (แผ่นน้ำหนัก)

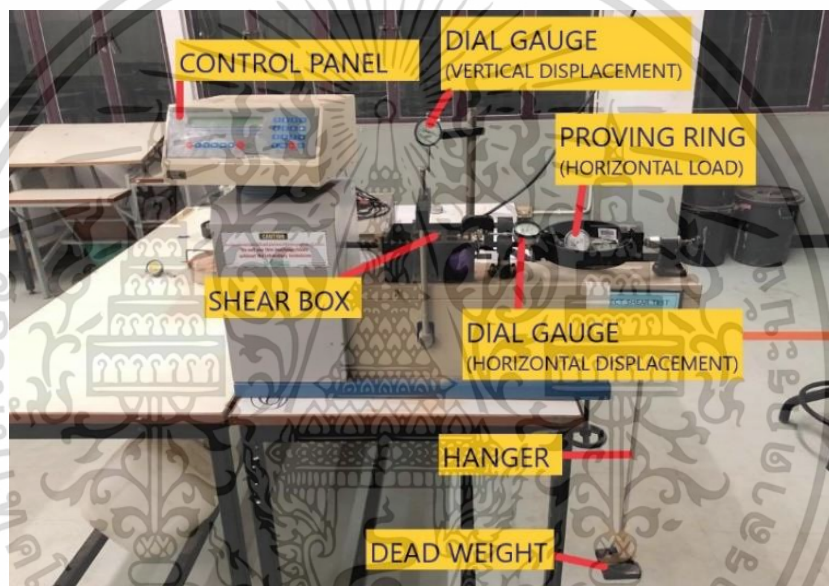
การคำนวณน้ำหนักถ่วงทำได้ดังนี้

$$\text{น้ำหนักถ่วง (Kg)} = \frac{(\gamma_{\text{ดิน}} \times H \times A)}{10} - n$$

เมื่อ	$\gamma_{\text{ดิน}}$	คือ ความหนาแน่นของดิน (Kg/m^3)
	H	คือ ความลึกของดินที่พิจารณา (m)
	A	คือ พื้นที่หน้าตัดของShear Box (m^2)
	n	คือ น้ำหนักของหัว Cap (Kg)

6. เครื่องชั่ง และอุปกรณ์หาความชื้น

7. เวอร์เนีย



รูปที่ 3.9 อุปกรณ์เครื่อง Direct Shear

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดสอบ

การเตรียมตัวอย่างดินและการติดตั้งเครื่องมือ สภาวะอิ่มตัวด้วยน้ำ

1. ชั้นสกรูประกอบ Shear Box บนและล่าง วางแผ่นฐานล่างโดยให้แนวร่องวางในแนวขวางกับทิศทางของการเฉือนตัวอย่าง และ แผ่นหินพรุน ลงเข้าไปใน Shear Box



รูปที่ 3.10 รูป Shear Box และ แผ่นหินพรุนด้านล่าง

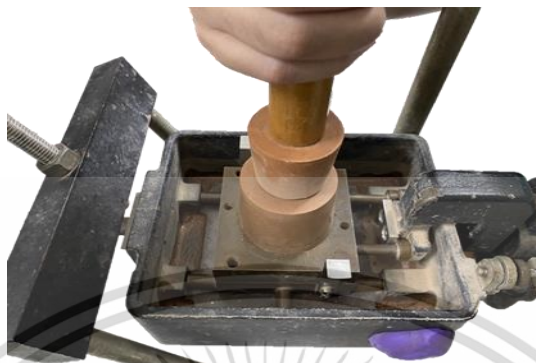
2. ทำการผสมดินกับพลาสติกตามอัตราส่วนที่ต้องการจากนั้นทำการผสมน้ำให้ได้ความชื้นที่เหมาะสม (O.M.C.) และทำการคลุกให้เข้ากัน



รูปที่ 3.11 รูปเตรียมตัวอย่างที่จะใช้ทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทำการบดอัดดินตัวอย่างที่เตรียมไว้ลงใน Shear box โดยบดอัดให้ได้ความหนาแน่นที่ต้องการ



รูปที่ 3.12 รูปการบดอัดดิน

4. วางแผ่นหินพรุนด้านบน และแผ่นเหล็กด้านบน (Loading Pad) ให้ร่องขวางทิศการเฉือน ตัวอย่างดิน



รูปที่ 3.13 รูปแผ่นหินพรุนด้านบน และ loading pad

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ทำการเติมน้ำเพื่อให้ดินอยู่ในสภาวะอิ่มตัวด้วยน้ำทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที



รูปที่ 3.14 รูปทำการ Saturated ให้ดินอยู่ในสภาวะอิ่มตัวด้วยน้ำ

6. ทำการใส่น้ำหนักกระทำในแนวตั้ง จนกว่าตัวอย่างจะหยุดการทรุดตัว ประมาณ 30 นาที



รูปที่ 3.15 รูปใส่น้ำหนักกระทำในแนวตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกระทำการเฉือนตัวอย่างดิน

1. ถอดสกรูล็อก Shear Box ออก ทำการปรับ Dial Gauge วัดการเคลื่อนตัวในแนวตั้งและในแนวราบให้อยู่ที่ศูนย์

2. ทำการตั้งค่า Shearing rate บนหน้าปัด โดยใช้อัตราเร็วในการเฉือน 1.00 ม.ม./นาที

3. อ่านค่าวงแหวนวัดแรงและการเคลื่อนตัวแนวตั้ง ทุกๆการเคลื่อนตัวในแนวราบ 10 (x 0.01 ม.ม.) โดยการอ่านจาก Dial Gauge อ่านค่าไปเรื่อยจนกระทั่งค่าจาก Proving Ring ลดลงหรือคงที่ประมาณ 5 ค่าจึงหยุด

4. ถอดกล่องตัวอย่าง Shear Box ออก ส่วนตัวอย่างดินที่ใช้ทดสอบ แยกเทลงในภาชนะอย่าให้ตกหล่น สำหรับใช้ในการทดสอบครั้งต่อไป (Normal Load อื่นๆ)

5. ทำการทดสอบใหม่ตามวิธีการดังกล่าวทั้งหมดอีก 2 ครั้งโดยเตรียมตัวอย่างดินให้มีความหนาแน่นใกล้เคียงกัน การทดสอบแต่ละครั้งให้เปลี่ยนน้ำหนักแวนตามที่ได้คำนวณไว้ เพื่อให้ได้ Normal Load และค่า Shear Max อีก 2 ค่า

การคำนวณผลการทดสอบ

1. คำนวณหา Shear stress จาก $\tau = \frac{P.R. \times K}{A}$

เมื่อ P.R. = Proving ring reading

K = Proving ring constant

A = Shearing area

2. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress กับ Horizontal displacement และ Vertical displacement กับ Horizontal displacement ของทุกตัวอย่างในการทดสอบชุดเดียวกัน จากนั้น หาค่าสูงสุดของ Shear stress (τ_{MAX}) จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress กับ Horizontal displacement

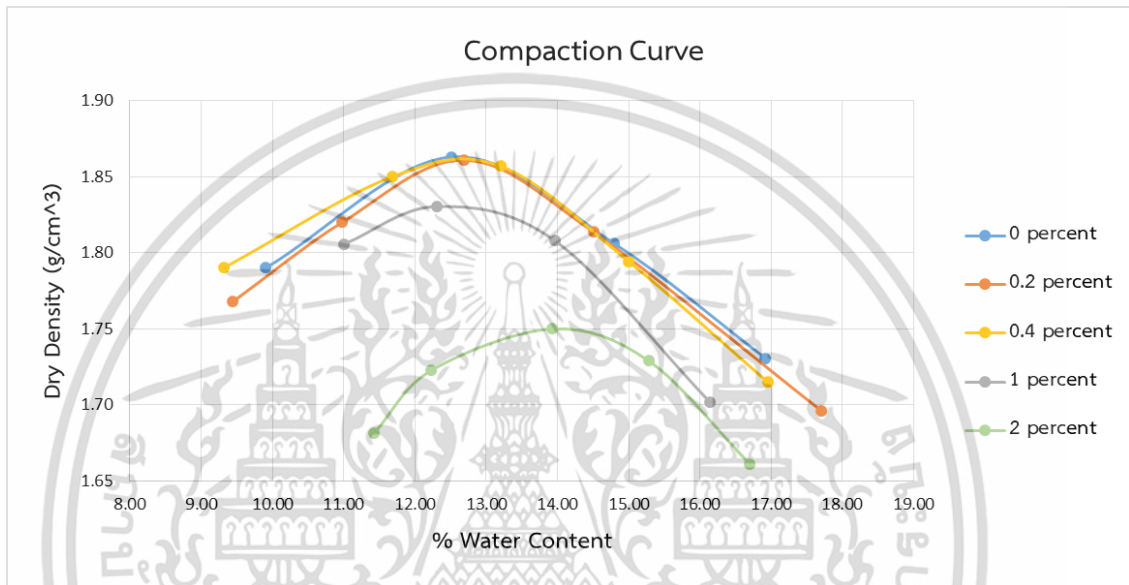
3. เขียน Mohr's Diagram ระหว่าง σ_n (normal stress) และ τ_{MAX} ของทุกตัวอย่าง แล้วลากเส้นตรงผ่านจุดเหล่านั้น เส้นตรงนี้เรียกว่า "Mohr – Coulomb Failure Envelope" คือเส้นที่แทนความแข็งแรงหรือกำลังของดิน ซึ่งเราจะได้อ่านค่าความเชื่อมแน่น (cohesion , c) และค่ามุมเสียดทานภายใน (internal friction angle , ϕ)

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 ผลจากการทดสอบการบดอัดดินของดินผสมเศษขยะพลาสติก

จากการทดลองการบดอัดดินโดยการผสมเศษขยะพลาสติกที่เปอร์เซ็นต์ต่างๆ โดยน้ำหนักดินแห้ง ได้ผลดังนี้



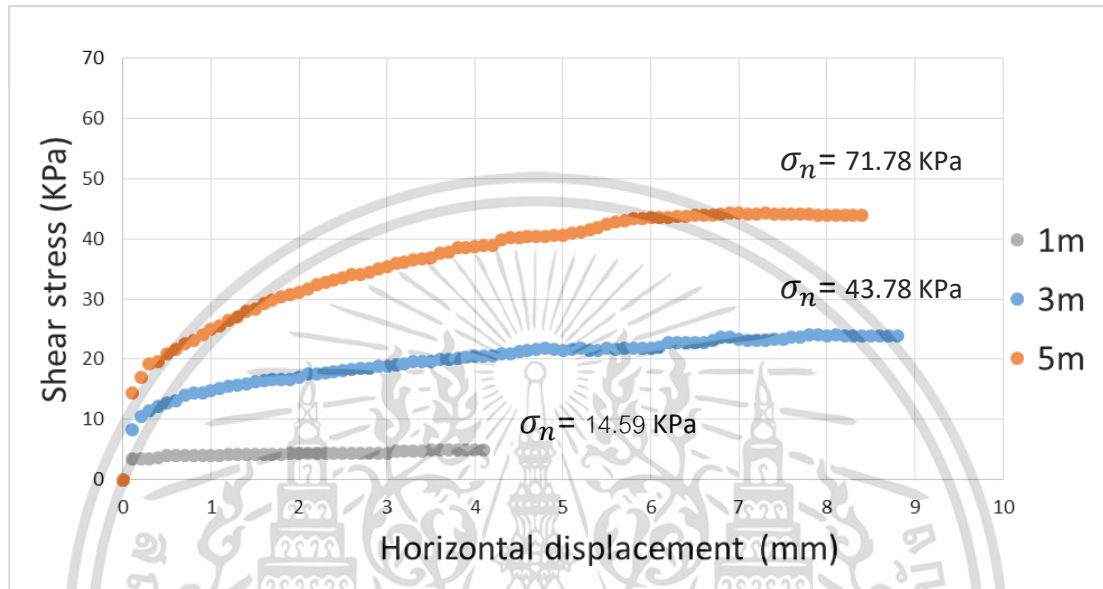
รูปที่ 4.1 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้ง (g/cm³) กับปริมาณความชื้น (%)

จากกราฟ เมื่อดินลูกรังผสมพลาสติก 0 , 0.2 , 0.4 , 1 , 2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้งตามลำดับ จะมีค่าความหนาแน่นสูงสุดเท่ากับ 1.86 , 1.86 , 1.86 , 1.83 , 1.75 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ และความชื้นที่เหมาะสมเท่ากับ 12.52 , 12.69 , 13.20 , 12.31 , 13.93 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

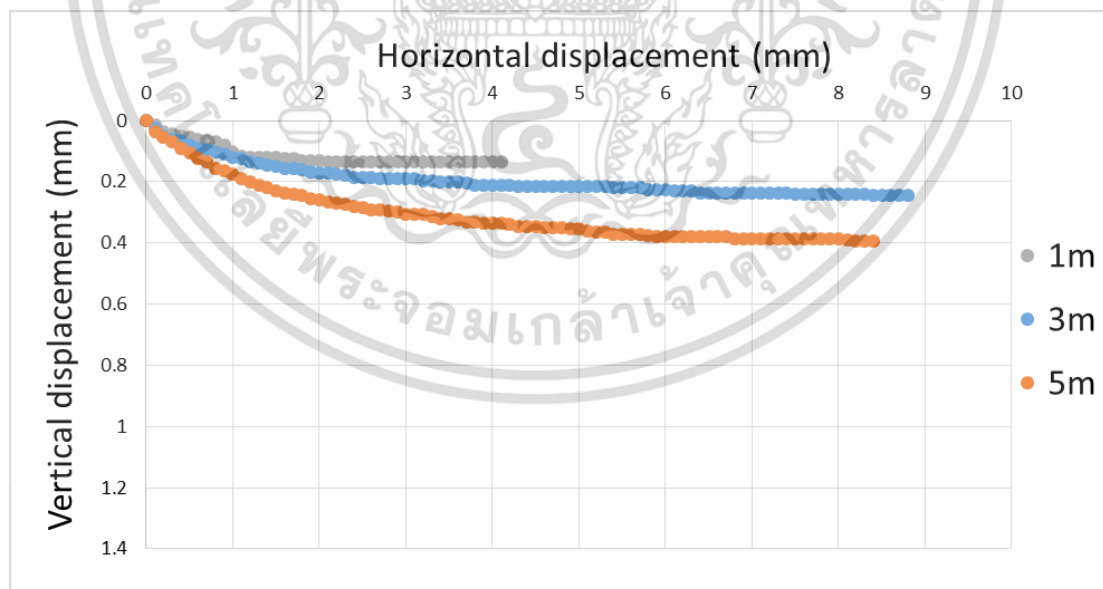
4.2 ผลการทดสอบหากล้างรับแรงเฉือนของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติกในสัดส่วนที่ต่างกันในสภาวะอิ่มตัวด้วยน้ำ

4.2.1 ผลการทดสอบหากล้างรับแรงเฉือนโดยตรงของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง

ได้ผลดังนี้



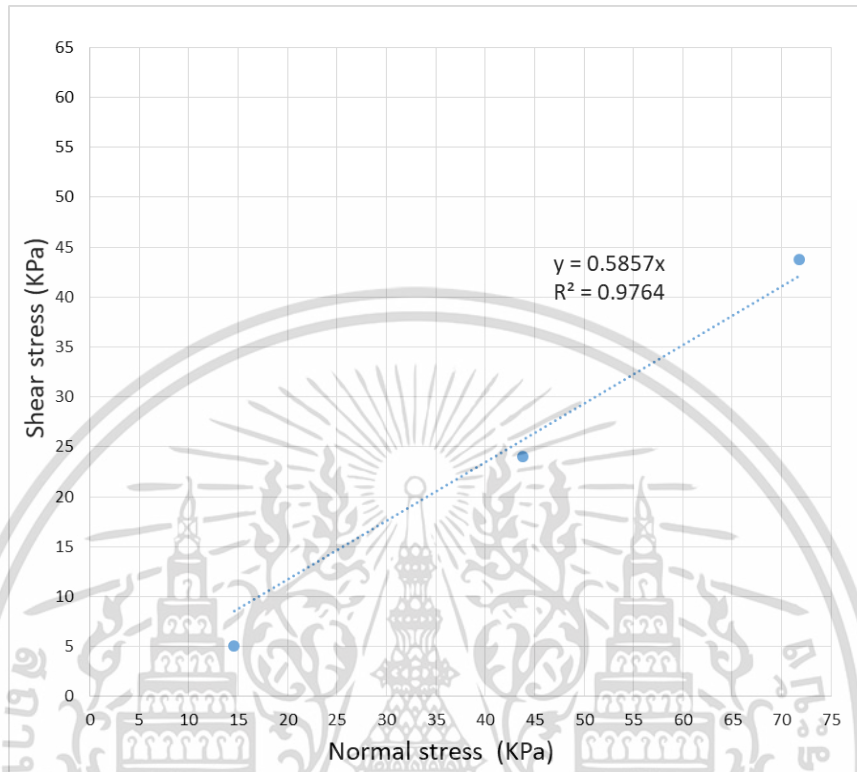
รูปที่ 4.2 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress (KPa) กับ Horizontal displacement (mm) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง



รูปที่ 4.3 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Vertical displacement (mm) กับ Horizontal displacement (mm) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

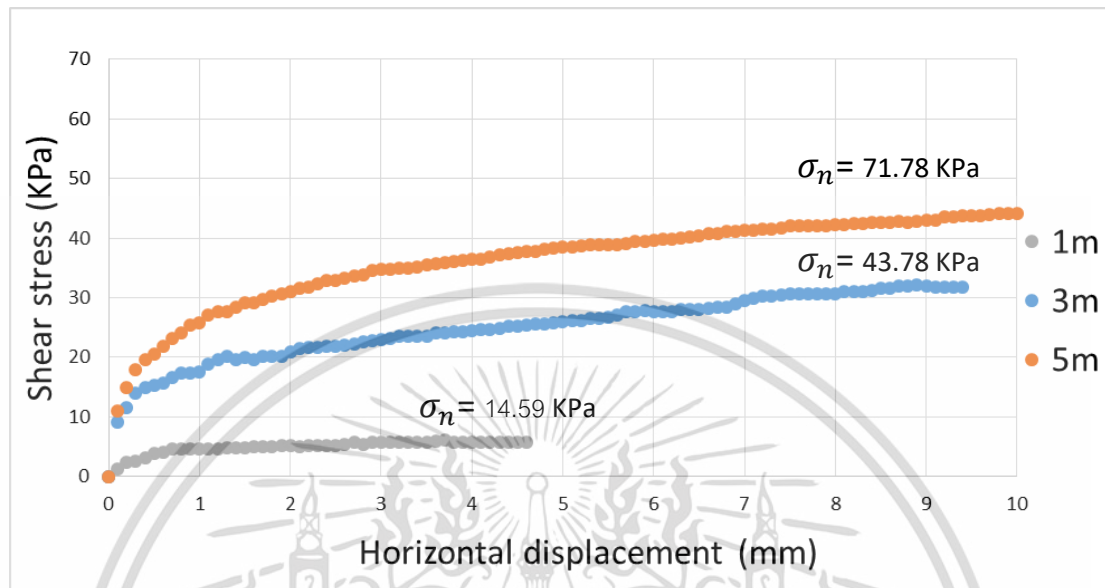
จากนั้นนำกำลังรับแรงเฉือนสูงสุดของแต่ละความลึกมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Normal Stress (KPa) และ Shear Stress (KPa) เพื่อหามุมเสียดทานภายใน (Internal Friction Angle) ได้ดังนี้



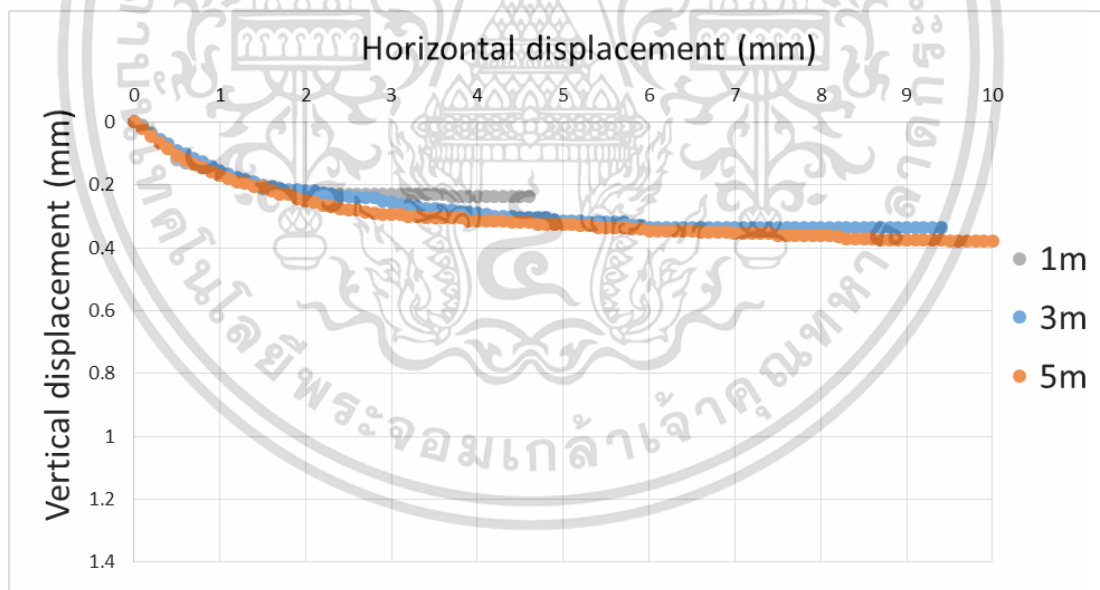
รูปที่ 4.4 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress (KPa) กับ Normal stress (KPa) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง

จากกราฟจะเห็นว่า ดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักดินแห้ง มีค่ามุมเสียดทานภายใน (Internal Friction Angle) เท่ากับ 30.11°

4.2.2 ผลการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนโดยตรงของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0.2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง
 ได้ผลดังนี้



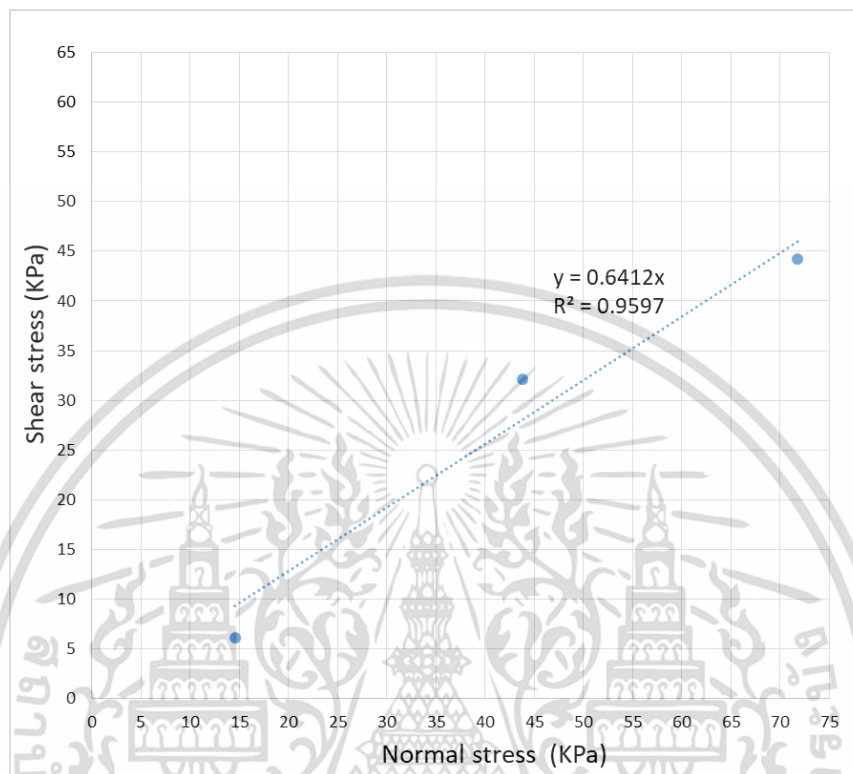
รูปที่ 4.5 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress (KPa) กับ Horizontal displacement (mm) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0.2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง



รูปที่ 4.6 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Vertical displacement (mm) กับ Horizontal displacement (mm) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0.2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

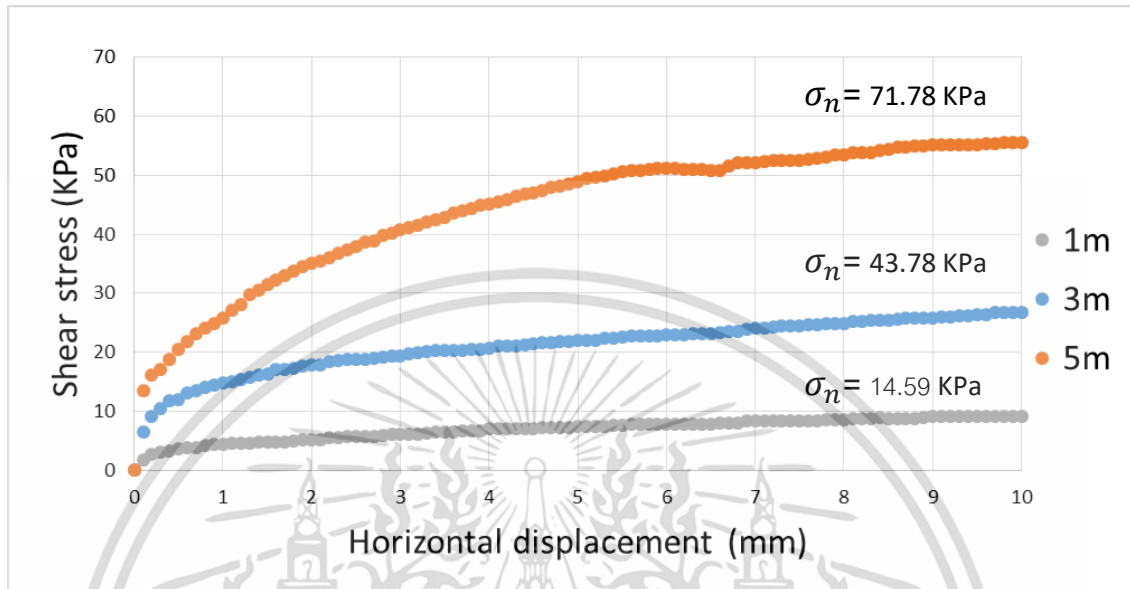
จากนั้นนำกำลังรับแรงเฉือนสูงสุดของแต่ละความลึกมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Normal Stress (KPa) และ Shear Stress (KPa) เพื่อหามุมเสียดทานภายใน (Internal Friction Angle) ได้ดังนี้



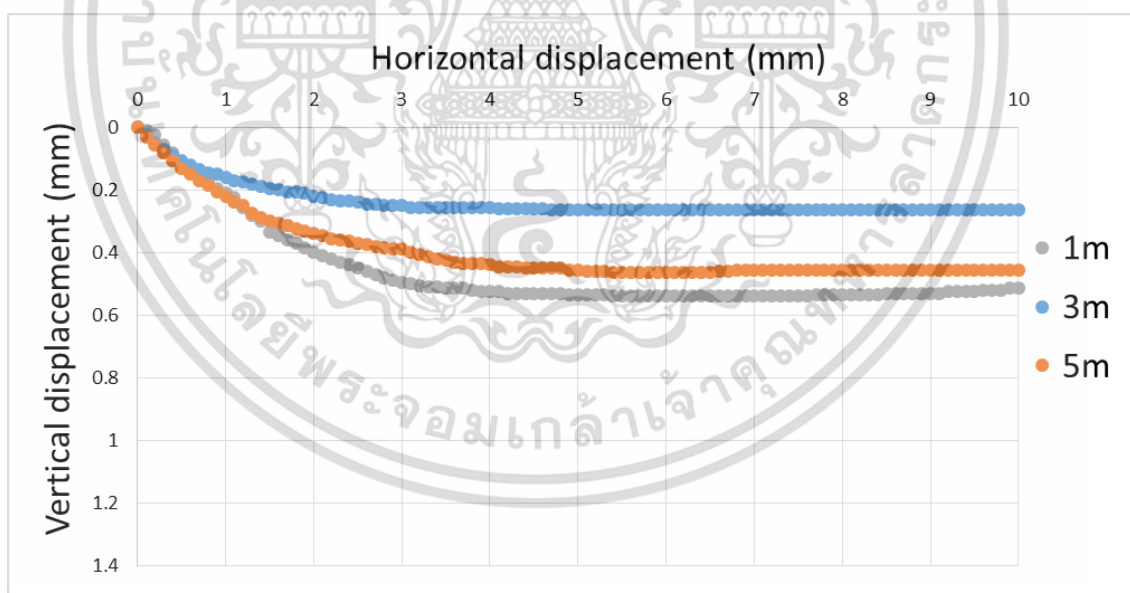
รูปที่ 4.7 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress (KPa) กับ Normal stress (KPa) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0.2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง

จากกราฟจะเห็นว่า ดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0.2 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักดินแห้ง มีค่ามุมเสียดทานภายใน (Internal Friction Angle) เท่ากับ 33.02°

4.2.3 ผลการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนโดยตรงของดินผสมเศษขยะพลาสติก 0.4 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักดินแห้ง
ได้ผลดังนี้



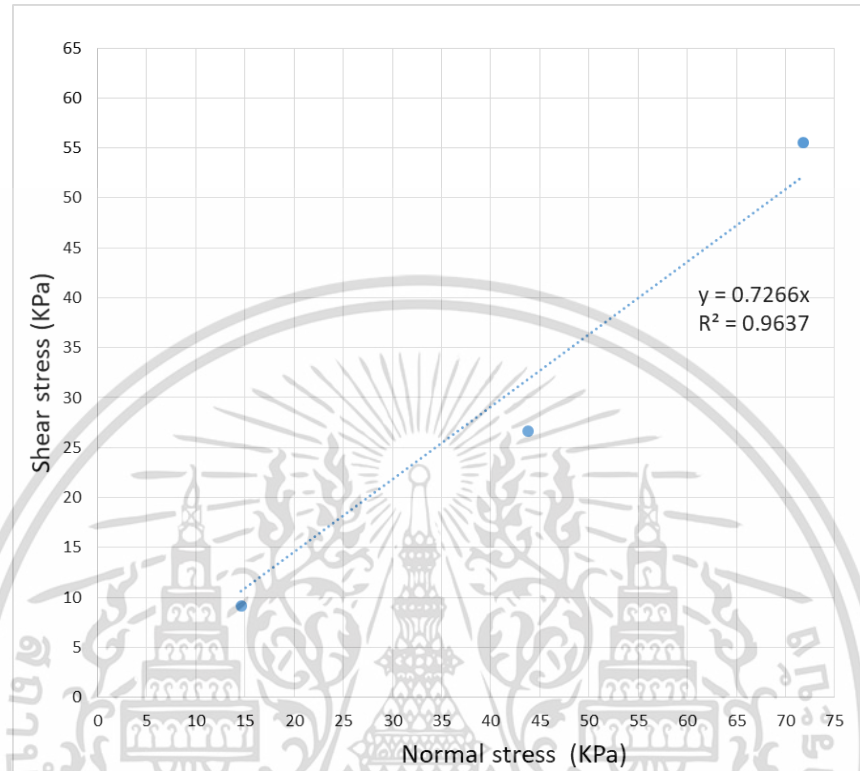
รูปที่ 4.8 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress (KPa) กับ Horizontal displacement (mm) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0.4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง



รูปที่ 4.9 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Vertical displacement (mm) กับ Horizontal displacement (mm) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0.4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

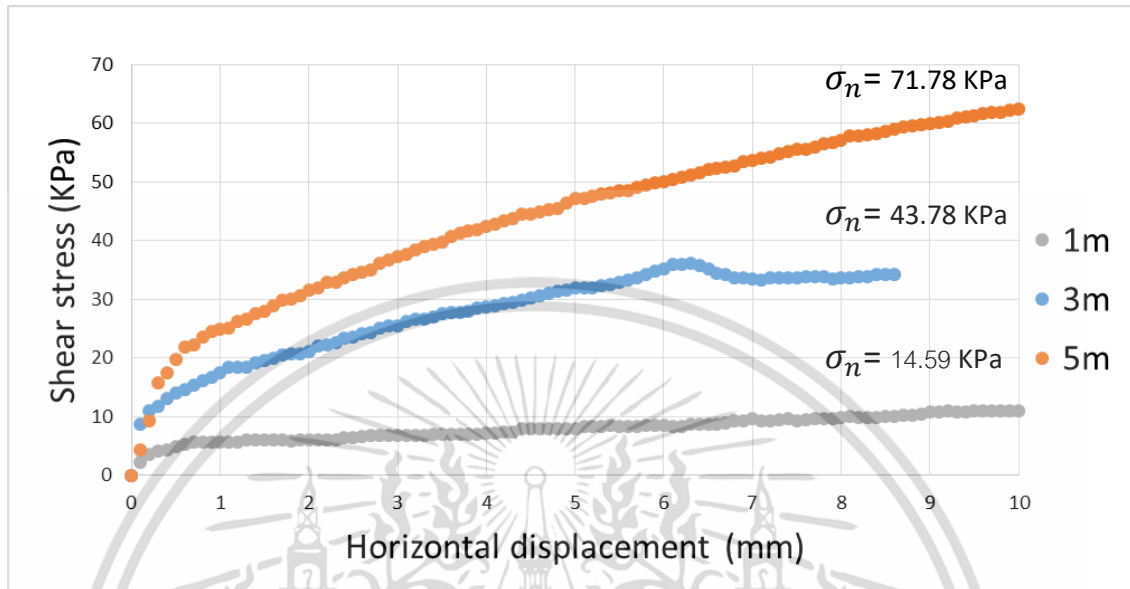
จากนั้นนำกำลังรับแรงเฉือนสูงสุดของแต่ละความลึกมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Normal Stress (KPa) และ Shear Stress (KPa) เพื่อหามุมเสียดทานภายใน (Internal Friction Angle) ได้ดังนี้



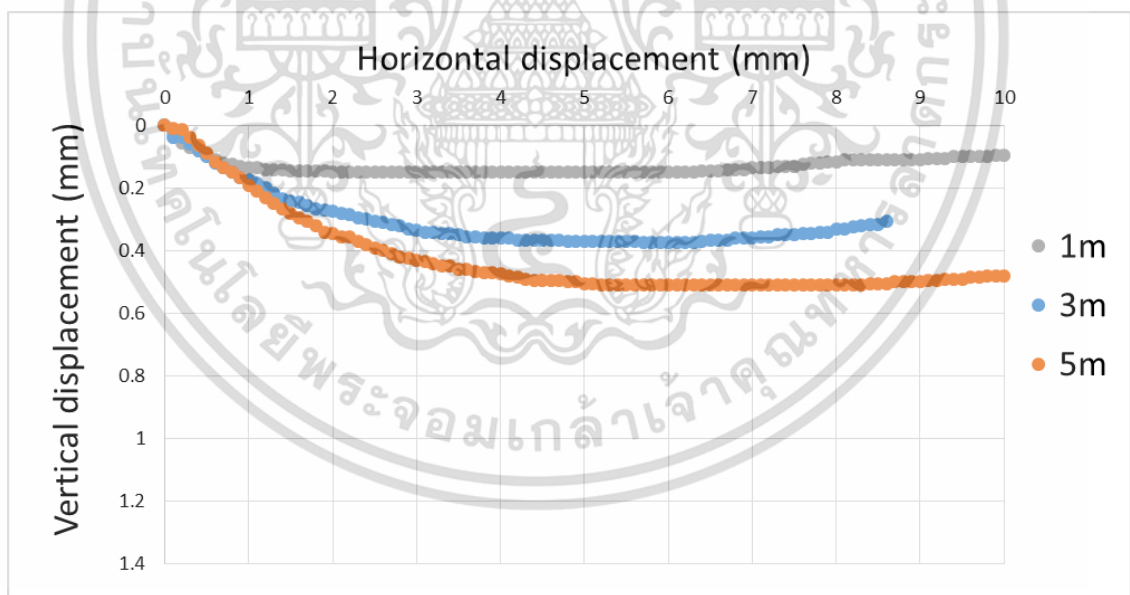
รูปที่ 4.10 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress (KPa) กับ Normal stress (KPa) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0.4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง

จากกราฟจะเห็นว่า ดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0.4 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักดินแห้ง มีค่ามุมเสียดทานภายใน (Internal Friction Angle) เท่ากับ 35.94°

4.2.4 ผลการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนโดยตรงของดินผสมเศษขยะพลาสติก 1.0 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักดินแห้ง
ได้ผลดังนี้



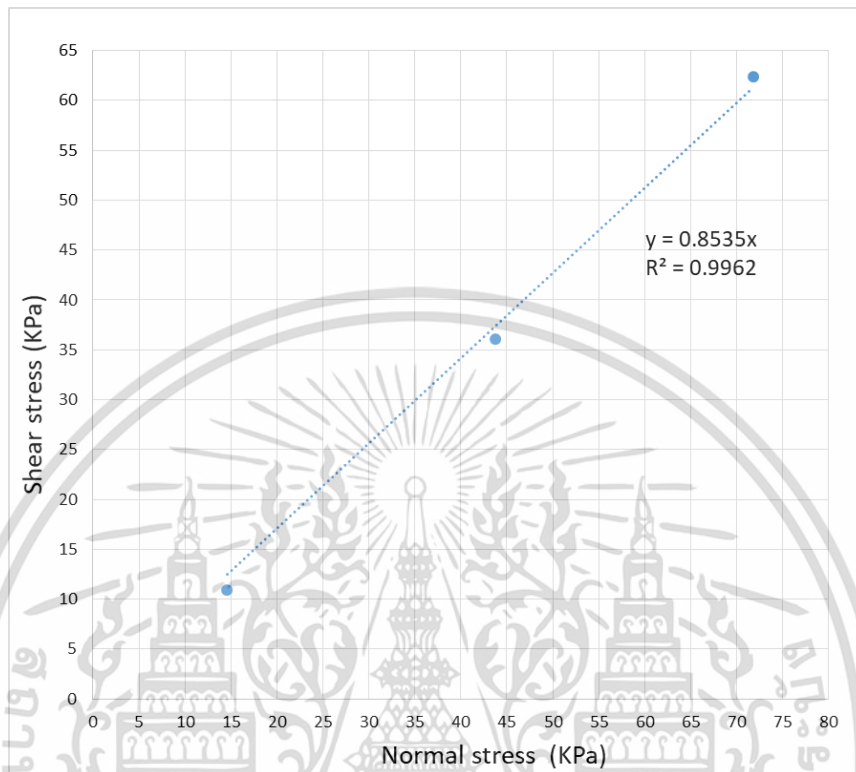
รูปที่ 4.11 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress (KPa) กับ Horizontal displacement (mm) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง



รูปที่ 4.12 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Vertical displacement (mm) กับ Horizontal displacement (mm) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

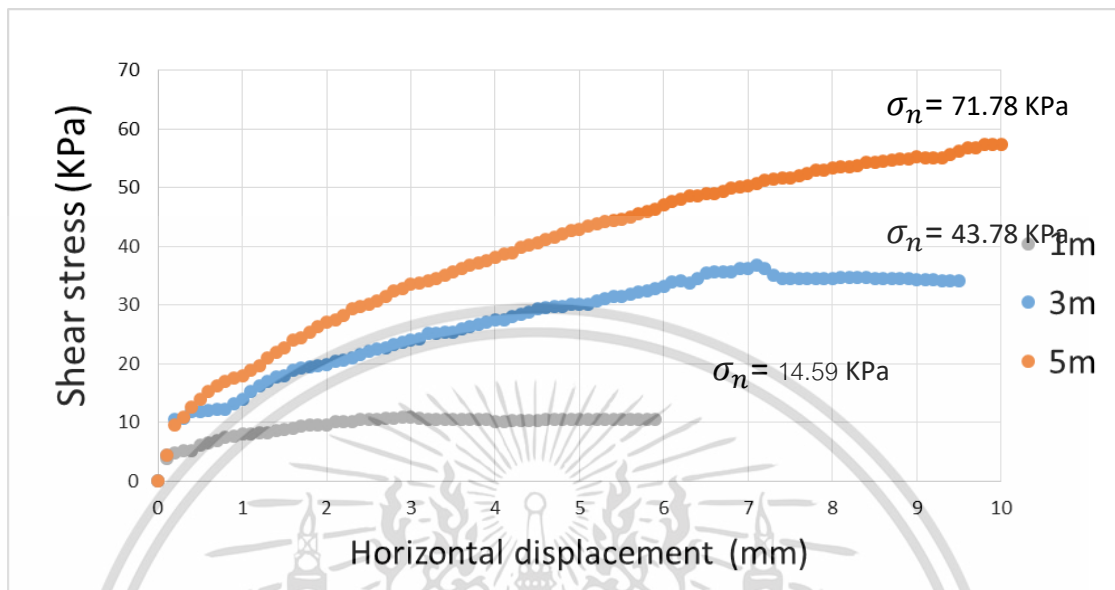
จากนั้นนำกำลังรับแรงเฉือนสูงสุดของแต่ละความลึกมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Normal Stress (KPa) และ Shear Stress (KPa) เพื่อหามุมเสียดทานภายใน (Internal Friction Angle) ได้ดังนี้



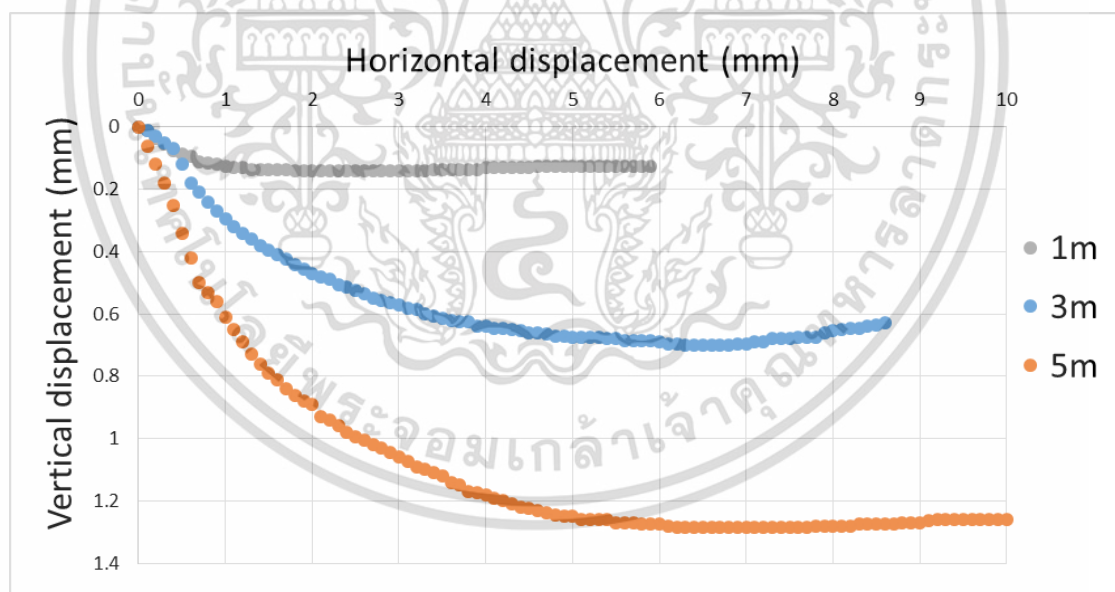
รูปที่ 4.13 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress (KPa) กับ Normal stress (KPa) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง

จากกราฟจะเห็นว่า ดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 1.0 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักดินแห้ง มีค่ามุมเสียดทานภายใน (Internal Friction Angle) เท่ากับ 40.36°

4.2.5 ผลการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนโดยตรงของดินผสมเศษขยะพลาสติก 2.0 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักดินแห้ง
ได้ผลดังนี้



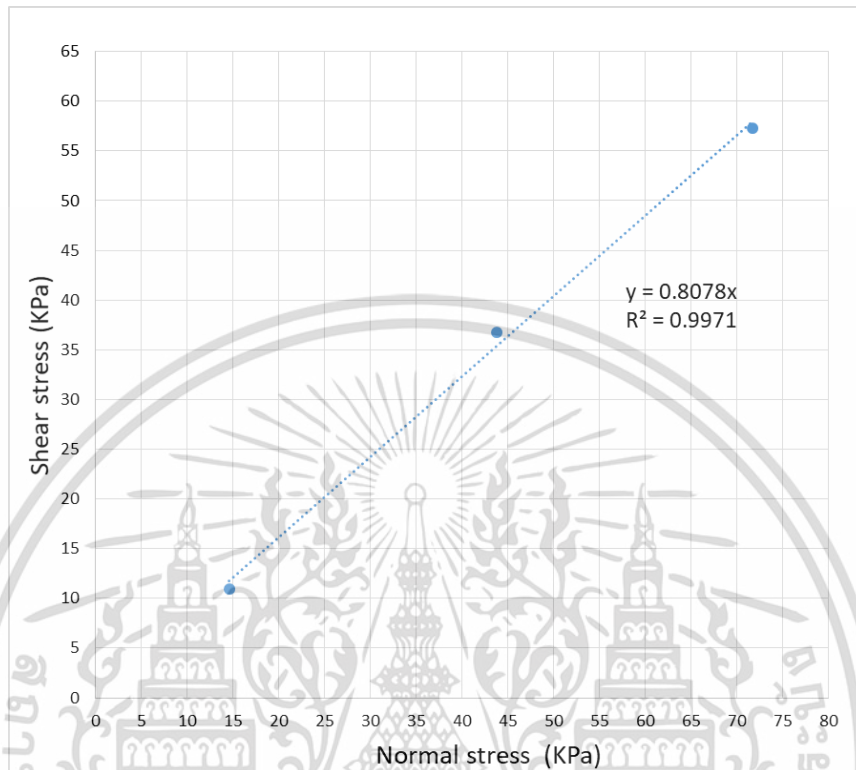
รูปที่ 4.14 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress (KPa) กับ Horizontal displacement (mm) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 2.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง



รูปที่ 4.15 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Vertical displacement (mm) กับ Horizontal displacement (mm) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 2.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นนำกำลังรับแรงเฉือนสูงสุดของแต่ละความลึกมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Normal Stress (KPa) และ Shear Stress (KPa) เพื่อหามุมเสียดทานภายใน (Internal Friction Angle) ได้ดังนี้



รูปที่ 4.16 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress (KPa) กับ Normal stress (KPa) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 2.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง

จากกราฟจะเห็นว่า ดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 2.0 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักดินแห้ง มีค่ามุมเสียดทานภายใน (Internal Friction Angle) เท่ากับ 38.66°

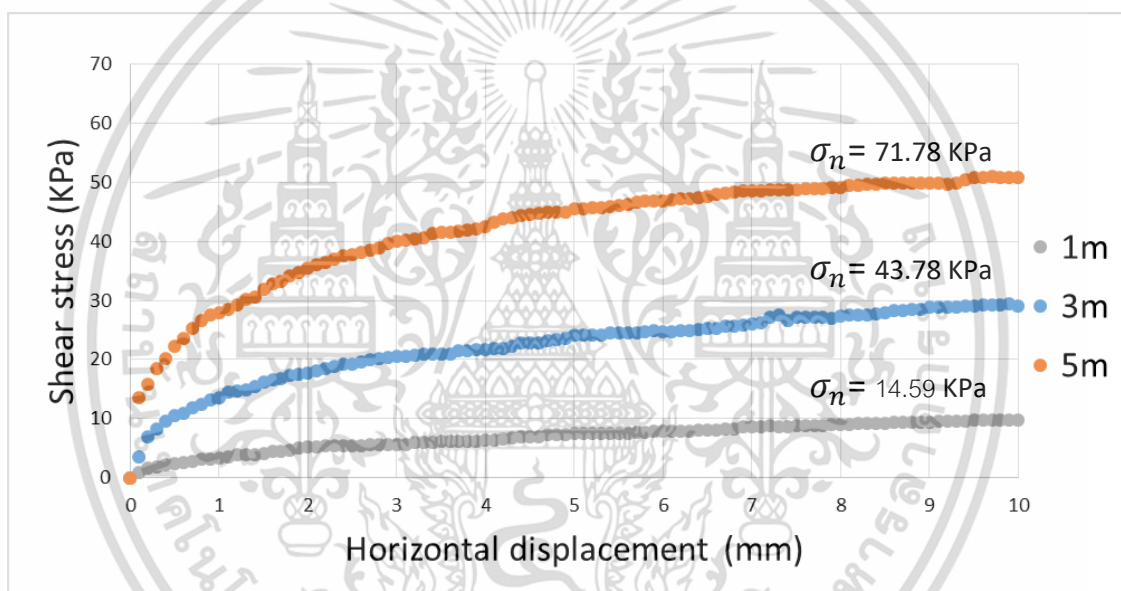
4.3 ผลจากการทดสอบหากล้างรับแรงเฉือนของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก โดยทำการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างของพลาสติก ในสภาวะอิ่มตัวด้วยน้ำ

ซึ่งการทดสอบนี้จะเลือกสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุดมา 2 สัดส่วน คือ 0.4 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ โดยนำห้ดินแห้ง เพื่อทำการทดสอบกำลังรับแรงเฉือน

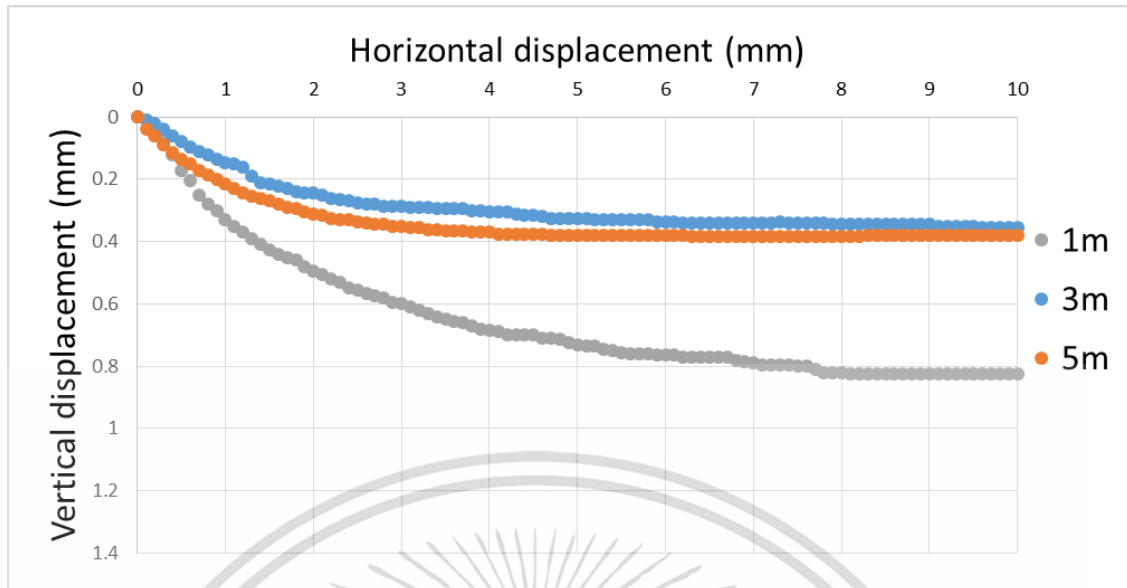
4.3.1 ผลการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนโดยตรงของดินผสมเศษขยะพลาสติก 0.4 เปอร์เซ็นต์โดยนำห้ดินแห้ง โดยทำการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างของพลาสติก

ซึ่งการทดสอบจะทำการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างของพลาสติกเป็นจำนวน 2 ตัวอย่าง ได้ผลดังนี้

ตัวอย่างที่ 1

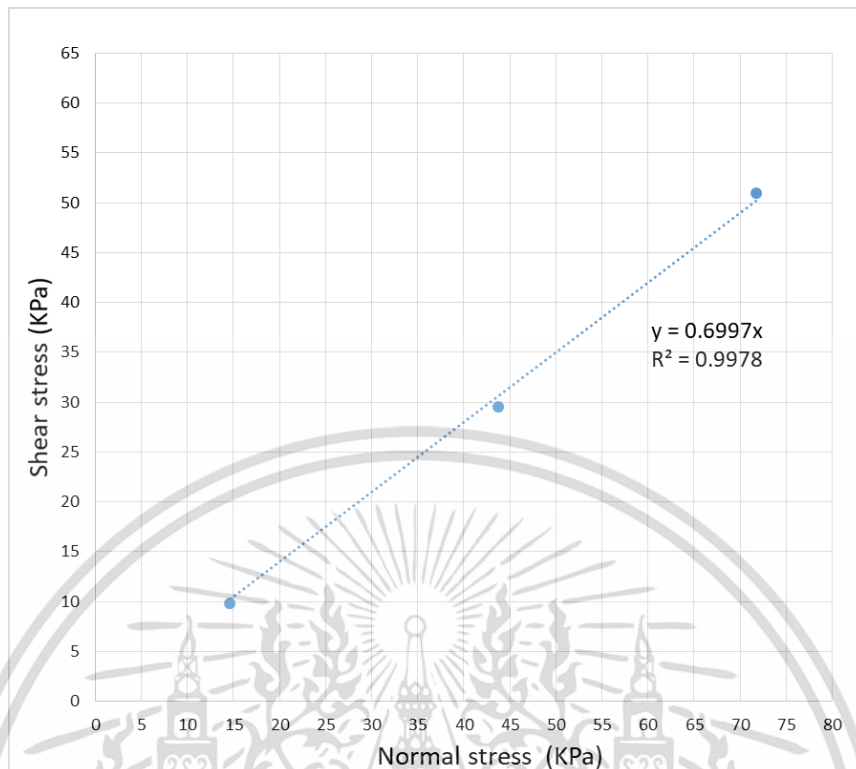


รูปที่ 4.17 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress (KPa) กับ Horizontal displacement (mm) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0.4 เปอร์เซ็นต์โดยนำห้ดินแห้ง โดยทำการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างของพลาสติก ตัวอย่างที่ 1



รูปที่ 4.18 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Vertical displacement (mm) กับ Horizontal displacement (mm) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0.4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง โดยทำการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างของพลาสติก ตัวอย่างที่ 1

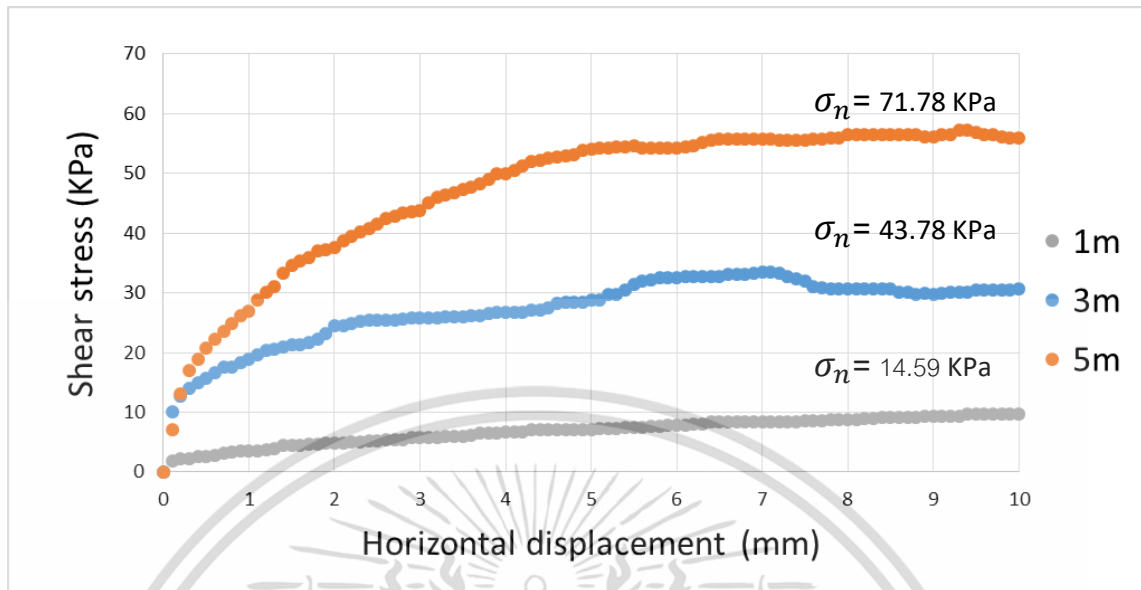
จากนั้นนำกำลังรับแรงเฉือนสูงสุดของแต่ละความลึกมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Normal Stress (KPa) และ Shear Stress (KPa) เพื่อหามุมเสียดทานภายใน (Internal Friction Angle) ได้ดังนี้



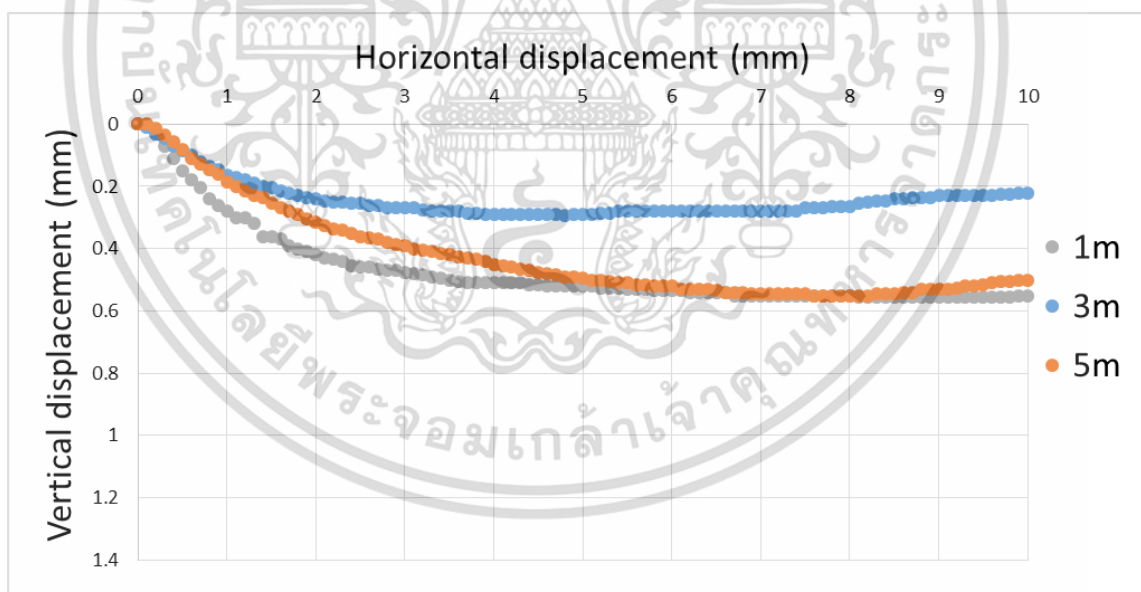
รูปที่ 4.19 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress (KPa) กับ Normal stress (KPa) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0.4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง โดยทำการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างของพลาสติก ตัวอย่างที่ 1

จากกราฟจะเห็นว่า ดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0.4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง มีค่ามุมเสียดทานภายใน (Internal Friction Angle) เท่ากับ 34.99°

ตัวอย่างที่ 2

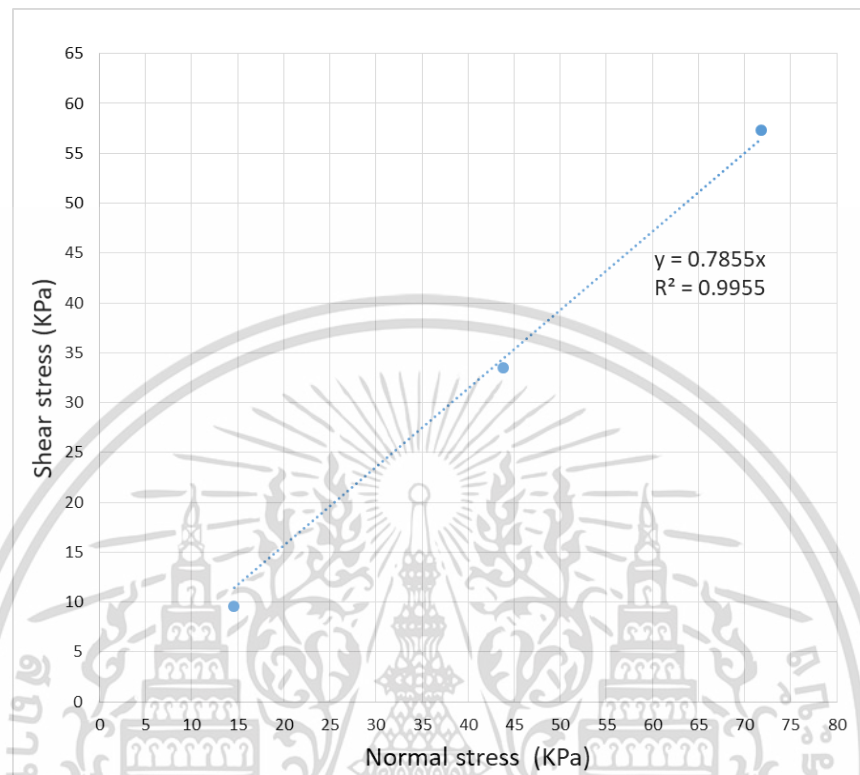


รูปที่ 4.20 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress (KPa) กับ Horizontal displacement (mm) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0.4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง โดยทำการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างของพลาสติก ตัวอย่างที่ 2



รูปที่ 4.21 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Vertical displacement (mm) กับ Horizontal displacement (mm) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0.4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง โดยทำการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างของพลาสติก ตัวอย่างที่ 2

จากนั้นนำกำลังรับแรงเฉือนสูงสุดของแต่ละความลึกมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Normal Stress (KPa) และ Shear Stress (KPa) เพื่อหามุมเสียดทานภายใน (Internal Friction Angle) ได้ดังนี้



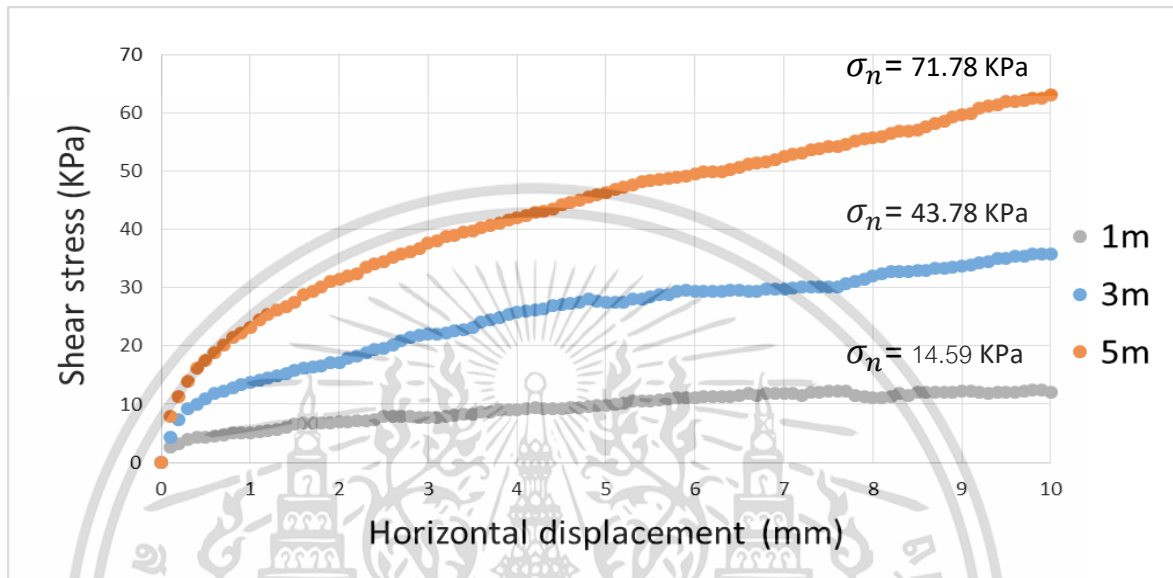
รูปที่ 4.22 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress (KPa) กับ Normal stress (KPa) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0.4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้งโดยทำการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างของพลาสติก ตัวอย่างที่ 2

จากกราฟจะเห็นว่า ดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0.4 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักดินแห้ง มีค่ามุมเสียดทานภายใน (Internal Friction Angle) เท่ากับ 38.07°

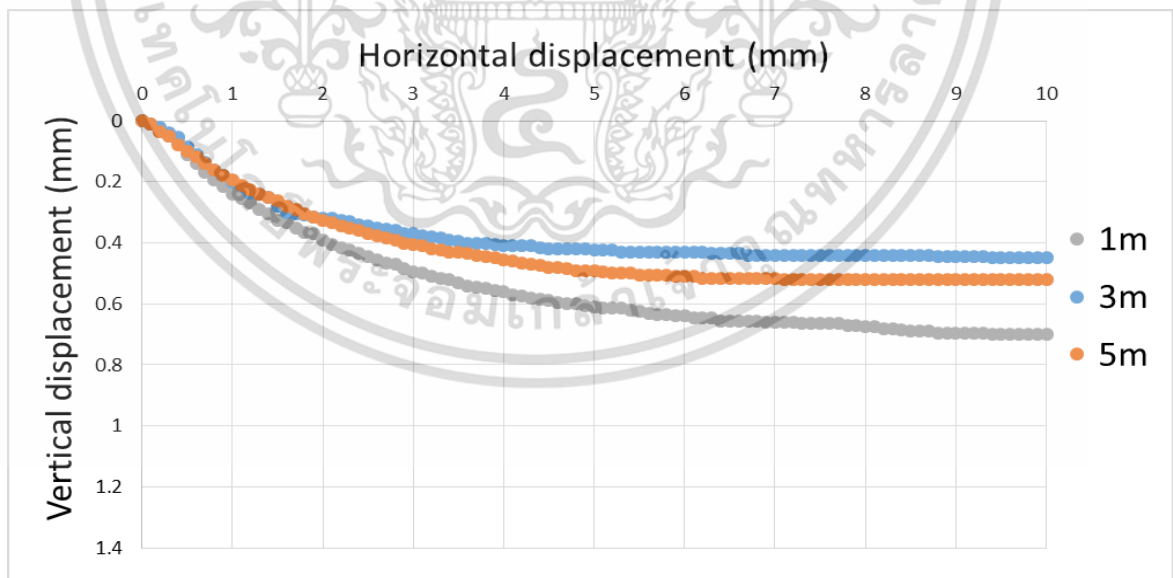
4.3.2 ผลการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนโดยตรงของดินผสมเศษขยะพลาสติก 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง โดยทำการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างของพลาสติก

ซึ่งการทดสอบจะทำการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างของพลาสติกเป็นจำนวน 2 ตัวอย่าง
ได้ผลดังนี้

ตัวอย่างที่ 1

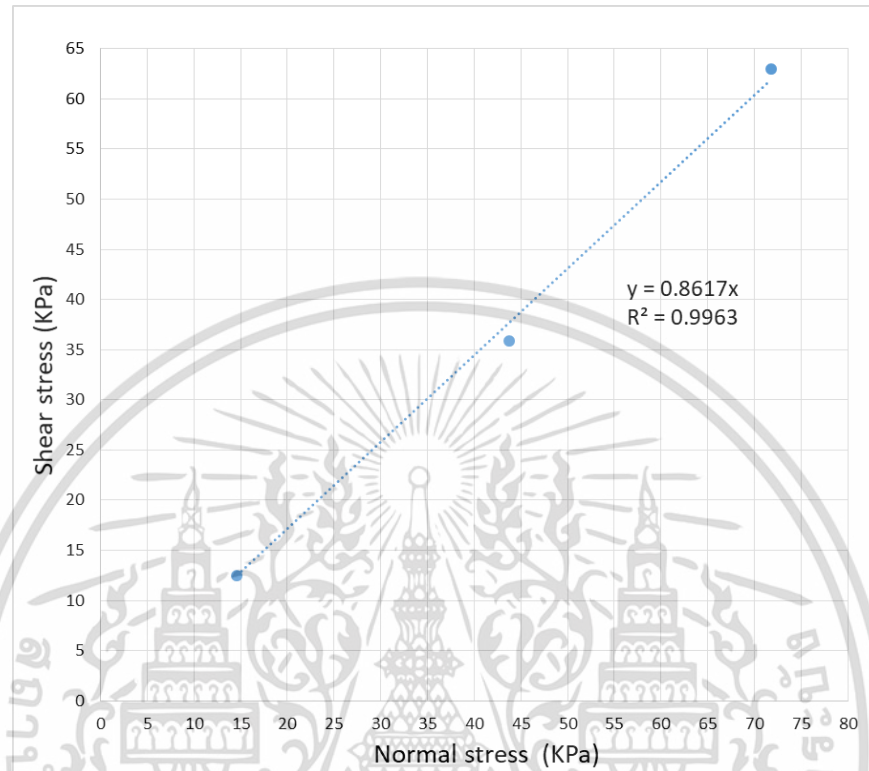


รูปที่ 4.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress (KPa) กับ Horizontal displacement (mm) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง โดยทำการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างของพลาสติก ตัวอย่างที่ 1



รูปที่ 4.24 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Vertical displacement (mm) กับ Horizontal displacement (mm) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง โดยทำการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างของพลาสติก ตัวอย่างที่ 1

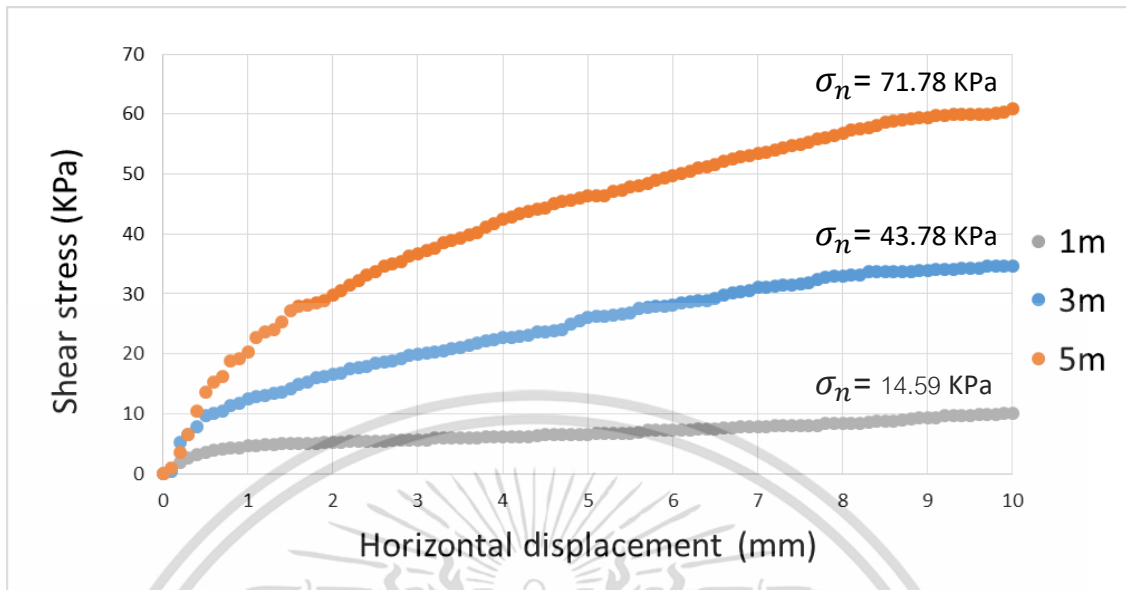
จากนั้นนำกำลังรับแรงเฉือนสูงสุดของแต่ละความลึกมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Normal Stress (KPa) และ Shear Stress (KPa) เพื่อหามุมเสียดทานภายใน (Internal Friction Angle) ได้ดังนี้



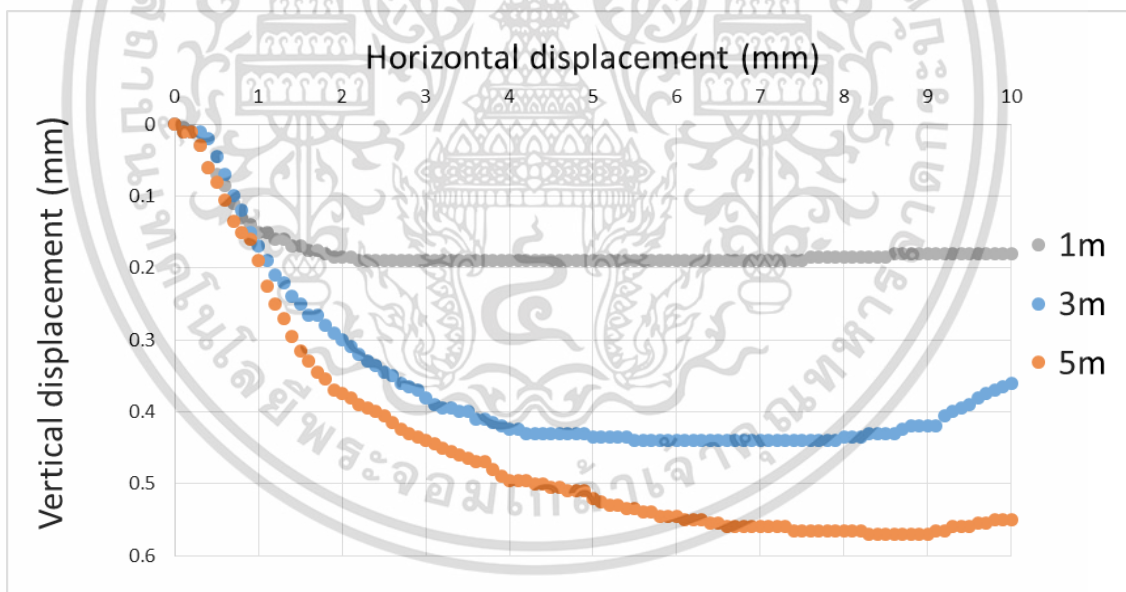
รูปที่ 4.25 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress (KPa) กับ Normal stress (KPa) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้งโดยทำการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างของพลาสติก ตัวอย่างที่ 1

จากกราฟจะเห็นว่า ดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 1.0 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักดินแห้ง มีค่ามุมเสียดทานภายใน (Internal Friction Angle) เท่ากับ 40.69°

ตัวอย่างที่ 2

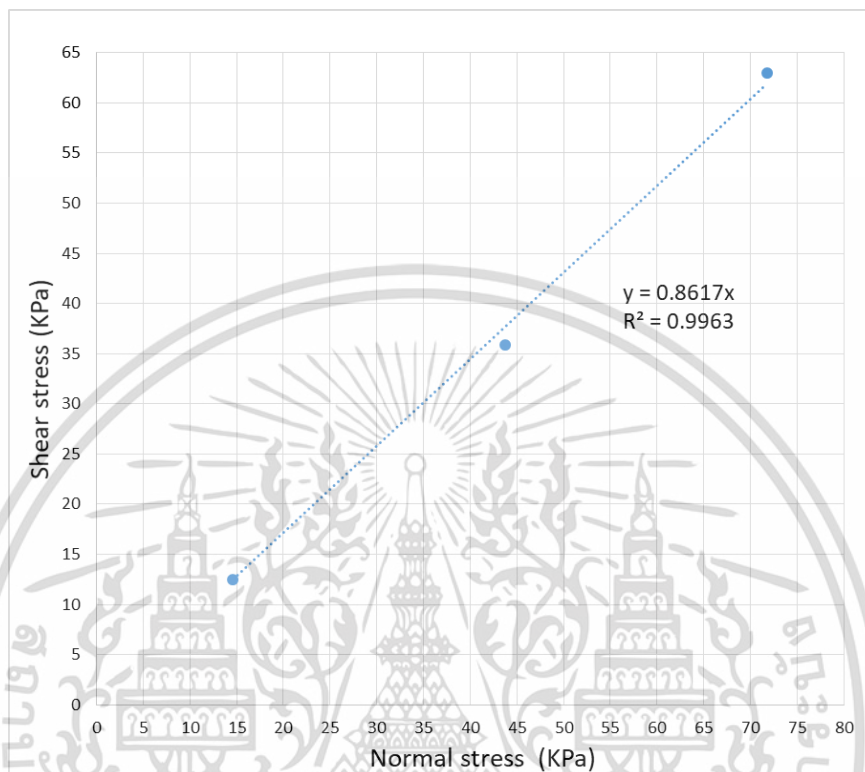


รูปที่ 4.26 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress (KPa) กับ Horizontal displacement (mm) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง โดยทำการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างของพลาสติก ตัวอย่างที่ 2



รูปที่ 4.27 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Vertical displacement (mm) กับ Horizontal displacement (mm) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง โดยทำการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างของพลาสติก ตัวอย่างที่ 2

จากนั้นนำกำลังรับแรงเฉือนสูงสุดของแต่ละความลึกมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Normal Stress (KPa) และ Shear Stress (KPa) เพื่อหามุมเสียดทานภายใน (Internal Friction Angle) ได้ดังนี้



รูปที่ 4.28 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress (KPa) กับ Normal stress (KPa) ของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้งโดยทำการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างของพลาสติก ตัวอย่างที่ 2

จากกราฟจะเห็นว่า ดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 1.0 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักดินแห้ง มีค่ามุมเสียดทานภายใน (Internal Friction Angle) เท่ากับ 39.52°

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา

5.1 บทนำ

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณเศษขยะพลาสติกโดนน้ำหนักดินแห้งกับกำลังต้านทานแรงเฉือน โดยการทดสอบได้ด้วยการทดสอบแรงเฉือน ซึ่งสามารถอธิบาย พฤติกรรมของดินลูกรังที่ผสมเศษขยะพลาสติกในปริมาณต่างๆได้

5.2 สรุปผลการทดลอง

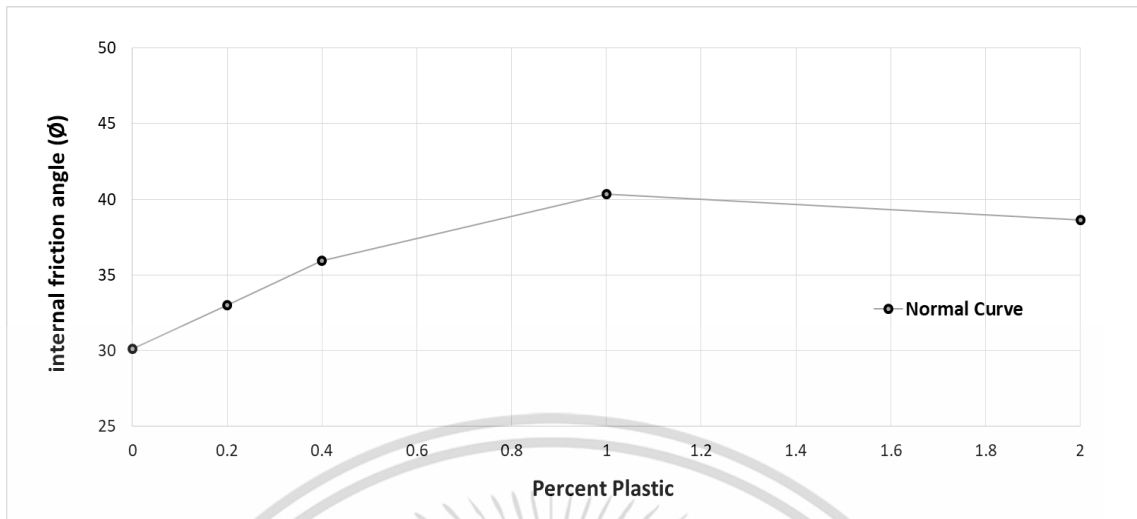
งานวิจัยนี้ทำเพื่อศึกษาการใช้เศษขยะพลาสติกในการเพิ่มกำลังต้านทานแรงเฉือนให้กับดินลูกรัง ด้วยการทดสอบแรงเฉือนโดยตรง ซึ่งให้ข้อสรุปดังนี้

5.2.1 พฤติกรรมในการรับแรงเฉือนและการหลุดตัวของดินลูกรังเมื่อผสมเศษขยะพลาสติก

ในการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของดินลูกรังเมื่อผสมเศษขยะพลาสติกที่อัตราส่วนต่างๆ จะทำให้ดินลูกรังมีพฤติกรรมในการรับแรงเฉือนเพิ่มขึ้น เนื่องจากขยะพลาสติกสามารถช่วยในการเสริมกำลังของดินลูกรัง และจะทำให้ดินลูกรังมีพฤติกรรมแบบDuctileคือมีความเหนียวเพิ่มมากขึ้นเป็นผลมาจากเศษขยะพลาสติก แต่ในขณะเดียวกันพฤติกรรมของการหลุดตัวของดินลูกรังเมื่อผสมเศษขยะพลาสติกที่อัตราส่วนต่างๆนั้น จะส่งผลให้ดินลูกรังมีพฤติกรรมการเคลื่อนตัวเพิ่มขึ้น ซึ่งการเคลื่อนตัวที่เพิ่มขึ้นนี้เป็นผลมาจากเมื่อน้ำเศษขยะพลาสติกเข้าไปผสมจะทำให้ดินลูกรังมีช่องว่างมากขึ้น และทำให้การเคลื่อนตัวมากขึ้นตามไปด้วย

5.2.2 อัตราส่วนของพลาสติกที่เหมาะสมที่สุดในการนำมาผสมกับดินลูกรัง

จากการทดสอบแรงเฉือนโดยตรงนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Shear Stress (KPa) กับ Normal Stress (KPa) เพื่อหาค่ามุมเสียดทานภายใน (Internal Friction Angle) ซึ่งการผสมเศษขยะพลาสติกด้วย 0%, 0.2%, 0.4%, 1% และ 2% โดยน้ำหนักดินแห้ง ทำให้มีค่ามุมเสียดทานภายใน (Internal Friction Angle) เท่ากับ 30.11° , 33.02° , 35.94° , 40.36° และ 38.66° ตามลำดับ จากนั้นจึงนำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Internal friction angle กับ Percent Plastic ดังรูปที่ 5.1

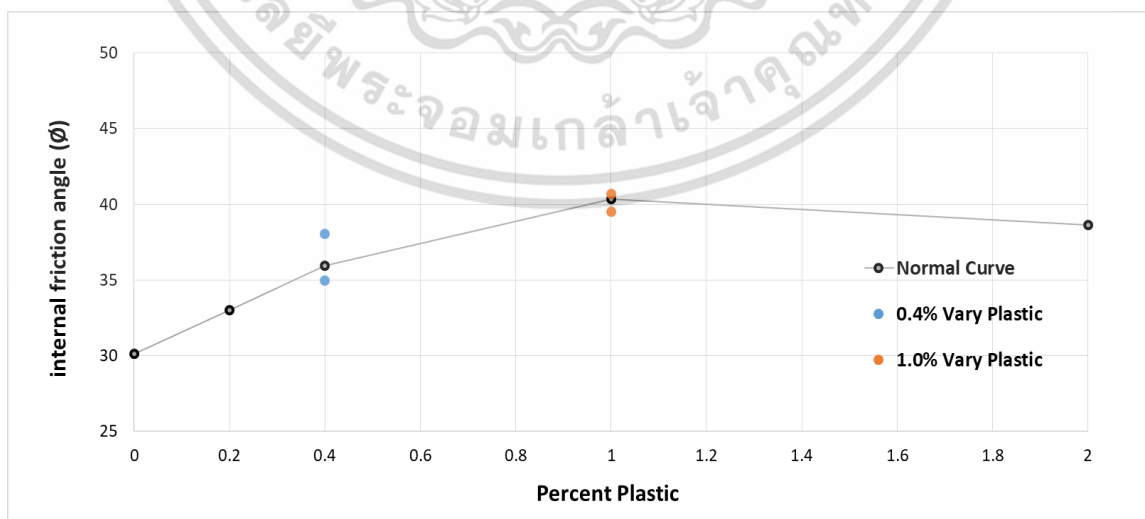


รูปที่ 5.1 รูปโค้งอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดของพลาสติก

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Internal friction angle กับ Percent Plastic จะเห็นได้ว่า ปริมาณเศษขยะพลาสติก 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง เป็นปริมาณพลาสติกที่เหมาะสมที่สุดสำหรับ เพิ่มกำลังรับแรงเฉือนของดินลูกรัง

5.2.3 กำลังรับแรงเฉือนของดินเมื่อทำการการเปลี่ยนขนาดคละ และรูปร่างของเศษขยะพลาสติก

ทำการทดสอบโดยเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดมา 2 อัตราส่วน ได้แก่ ปริมาณเศษขยะพลาสติก 0.4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง และปริมาณเศษขยะพลาสติก 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง โดยจะใช้ปริมาณเศษขยะพลาสติกโดยน้ำหนักเท่าเดิม แต่จะทำการเปลี่ยนแปลง ขนาด และรูปร่างของเศษขยะพลาสติก ซึ่งได้ผลดังรูปที่ 5.2

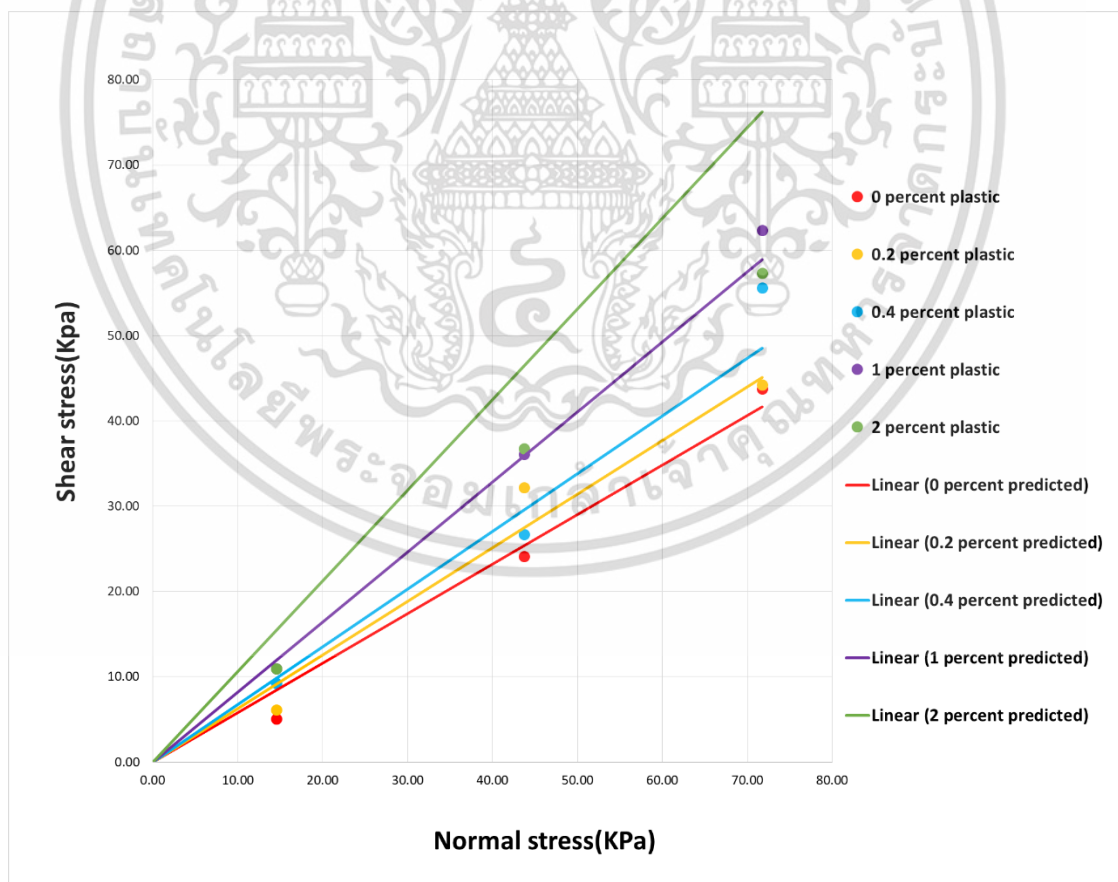


รูปที่ 5.2 รูปโค้งเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างของพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Internal friction angle กับ Percent Plastic จะเห็นได้ว่าขนาดและรูปร่างของพลาสติกที่เปลี่ยนแปลงไป ส่งผลให้กำลังรับแรงเฉือนของดินลูกรังผสมพลาสติกเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ซึ่งจะสังเกตได้ว่าที่ปริมาณเศษขยะพลาสติก 0.4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง มีการเปลี่ยนแปลงของมุมเสียดทานภายในมากกว่าที่ปริมาณเศษขยะพลาสติก 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง เพราะว่าปริมาณเศษขยะพลาสติก 0.4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้งจะมีความแปรปรวนของขนาดและรูปร่างของเศษขยะพลาสติกมากกว่า ปริมาณเศษขยะพลาสติก 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง

นอกจากนี้งานวิจัยของ Chunling Li , M.ASCE and Jorge G. Zonberg , M.ASCE ได้เสนอสมการคาดคะเนกำลังรับแรงเฉือนของดินผสมเส้นใยซึ่งการพังทลายเกิดจากเส้นใยถูกดึงออก (fiber pullout) ซึ่งสมการมีดังนี้ $S_{eq,p} = c_{eq,p} + (\tan \phi)_{eq,p} \cdot \sigma_n$ จากสมการเราสามารถสร้างเส้นคาดคะเนกำลังรับแรงเฉือนของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติกที่ปริมาณต่างๆ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับกำลังรับแรงเฉือนของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติกที่ได้จากการทดสอบ ได้ดังนี้



รูปที่ 5.3 รูปเส้นคาดคะเนกำลังรับแรงเฉือนของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการคาดคะเนกำลังรับแรงเฉือนของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก พบว่า กำลังรับแรงเฉือนของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้งที่คาดคะเนมีความคลาดเคลื่อนไปจากผลการทดสอบจริง 2.28 กิโลปาสคาล , กำลังรับแรงเฉือนของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0.2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้งที่คาดคะเนมีความคลาดเคลื่อนไปจากผลการทดสอบจริง 2.87 กิโลปาสคาล , กำลังรับแรงเฉือนของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0.4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้งที่คาดคะเนมีความคลาดเคลื่อนไปจากผลการทดสอบจริง 3.54 กิโลปาสคาล , กำลังรับแรงเฉือนของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้งที่คาดคะเนมีความคลาดเคลื่อนไปจากผลการทดสอบจริง 1.53 กิโลปาสคาล , กำลังรับแรงเฉือนของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้งที่คาดคะเนมีความคลาดเคลื่อนไปจากผลการทดสอบจริง 11.09 กิโลปาสคาล

จะเห็นได้ว่าที่ กำลังรับแรงเฉือนของดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้งที่คาดคะเนมีความคลาดเคลื่อนไปจากผลการทดสอบจริงมากเนื่องจาก สมการที่ใช้คาดคะเนข้างต้น กำลังรับแรงเฉือนจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับเปอร์เซ็นต์พลาสติก ซึ่งหมายถึงเมื่อเปอร์เซ็นต์พลาสติกเพิ่มขึ้น กำลังรับแรงเฉือนจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย แต่ในความเป็นจริงเมื่อเราผสมเศษขยะพลาสติกเพิ่มขึ้นจนถึงปริมาณหนึ่ง ซึ่งเป็นปริมาณสูงสุดที่จะช่วยเสริมกำลังรับแรงเฉือนของดิน ถ้าหากเราผสมเศษขยะพลาสติกมากกว่านี้ช่องว่างจะมากขึ้นและกำลังรับแรงเฉือนของดินก็จะลดลงตามลำดับ

5.3 ข้อเสนอแนะ

- 5.3.1 สามารถนำไปศึกษาต่อในการปรับปรุงคุณภาพของดิน
- 5.3.2 เพิ่มจำนวนการทดสอบให้มากขึ้นเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของกำลังรับแรงเฉือนเนื่องจากพลาสติกมีขนาด และรูปร่างไม่แน่นอน
- 5.3.3 ใช้ Shearing rate ให้เหมาะสมขึ้นกับดินแต่ละชนิด
- 5.3.4 เพิ่มการทดสอบหาลำกำลังรับแรงเฉือนในสถานะไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ
- 5.3.5 ทำการทดสอบ Compressibility เพื่อสังเกตการทรุดตัวของดินผสมเศษขยะพลาสติก

บรรณานุกรม

รศ.สุพจน์ ศรีนิล,รศ.ดร.แหลมทอง เหล่าคงถาวร และอ.ชลธิ์ เร่บ้านเกาะ . 2560. **คู่มือปฏิบัติการทดลอง**

ปฐพีกลศาสตร์. กรุงเทพฯ : คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.

Chaosheng Tang, Bin shi, Wei Gao, Fengjun Chen, Yi Cai. (2007 June), “Strength and mechanical behavior of short polypropylene fiber reinforced and cement stabilized clayey soil,” **Geotextiles and Geomembranes**, 25(3) : 194-202.

G.L.Sivakurma Babu, M.ASCE and Sandeep Kumar Chouksey, S.M.ASCE, (2011 March) “Stress–strain response of plastic waste mixed soil,” **Waste Management**, 31(3) : 481-488.

Chunling Li, M.ASCE and Jorge G. Zornberg, M.ASCE, (2013 January) “Mobilization of Reinforcement Forces in Fiber-Reinforced Soil,” **Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering**. 139(1) : 107-115.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบ Direct shear test

ตารางที่ ก-1 ดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0% โดยน้ำหนักดินแห้ง

Horizontal displacement (mm)	Normal Displacement (mm)			Proving ring reading (Division)			Shear stress (KPa)		
	Depth(m)			Depth(m)			Depth(m)		
	1 m	3 m	5 m	1 m	3 m	5 m	1 m	3 m	5 m
0.00	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000
0.10	0.015	0.025	0.035	8.0	19.0	33.0	3.500	8.312	14.437
0.20	0.035	0.050	0.055	8.0	24.0	39.0	3.500	10.500	17.062
0.30	0.045	0.060	0.070	8.0	26.0	44.0	3.500	11.375	19.250
0.40	0.050	0.065	0.090	8.5	28.0	45.0	3.719	12.250	19.687
0.50	0.055	0.080	0.105	9.0	29.0	48.0	3.937	12.687	21.000
0.60	0.060	0.090	0.125	9.0	30.0	49.5	3.937	13.125	21.656
0.70	0.065	0.095	0.135	9.0	32.0	51.5	3.937	14.000	22.531
0.80	0.070	0.100	0.155	9.0	33.0	53.0	3.937	14.437	23.187
0.90	0.080	0.110	0.165	9.0	33.0	55.0	3.937	14.437	24.062
1.00	0.100	0.120	0.175	9.0	34.0	57.0	3.937	14.875	24.937
1.10	0.115	0.125	0.190	9.0	34.5	58.5	3.937	15.094	25.594
1.20	0.120	0.135	0.200	9.5	35.5	60.5	4.156	15.531	26.469
1.30	0.120	0.140	0.210	9.5	36.0	62.0	4.156	15.750	27.125
1.40	0.120	0.145	0.220	9.5	36.5	64.0	4.156	15.969	28.000
1.50	0.120	0.150	0.230	9.5	37.0	65.0	4.156	16.187	28.437
1.60	0.125	0.155	0.235	9.5	37.5	67.0	4.156	16.406	29.312
1.70	0.125	0.155	0.240	9.5	38.0	68.0	4.156	16.625	29.750
1.80	0.130	0.160	0.245	9.5	38.0	69.5	4.156	16.625	30.406
1.90	0.130	0.168	0.255	10.0	38.0	70.5	4.375	16.625	30.844
2.00	0.130	0.170	0.260	10.0	39.0	71.0	4.375	17.062	31.062
2.10	0.135	0.170	0.265	10.0	40.0	72.5	4.375	17.500	31.719
2.20	0.135	0.175	0.270	10.0	40.0	74.0	4.375	17.500	32.375
2.30	0.135	0.180	0.275	10.0	40.5	75.0	4.375	17.719	32.812

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ส่วนตัวสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้ท่านไปใช้ประโยชน์ในการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.40	0.135	0.185	0.280	10.0	41.0	76.0	4.375	17.937	33.250
2.50	0.135	0.185	0.285	10.0	41.5	76.5	4.375	18.156	33.469
2.60	0.135	0.185	0.290	10.0	42.0	78.0	4.375	18.375	34.125
2.70	0.135	0.190	0.290	10.0	42.5	78.0	4.375	18.594	34.125
2.80	0.135	0.190	0.295	10.0	42.5	79.0	4.375	18.594	34.562
2.90	0.135	0.190	0.300	10.0	43.0	80.0	4.375	18.812	35.000
3.00	0.135	0.190	0.305	10.0	43.0	81.0	4.375	18.812	35.437
3.10	0.135	0.190	0.305	11.0	43.5	82.0	4.812	19.031	35.875
3.20	0.135	0.195	0.305	11.0	44.0	82.5	4.812	19.250	36.094
3.30	0.135	0.195	0.315	11.0	45.0	83.5	4.812	19.687	36.531
3.40	0.135	0.200	0.320	11.0	45.0	84.0	4.812	19.687	36.750
3.50	0.135	0.200	0.320	11.5	45.0	84.5	5.031	19.687	36.969
3.60	0.135	0.200	0.325	11.5	45.5	86.0	5.031	19.906	37.625
3.70	0.135	0.205	0.330	11.5	45.5	86.5	5.031	19.906	37.844
3.80	0.135	0.210	0.330	11.5	46.0	88.0	5.031	20.125	38.500
3.90	0.135	0.210	0.335	11.5	46.5	88.0	5.031	20.344	38.500
4.00	0.135	0.210	0.335	11.5	47.0	88.5	5.031	20.562	38.719
4.10	0.135	0.210	0.335	11.5	47.0	89.0	5.031	20.562	38.937
4.20		0.210	0.340		47.0	89.0		20.562	38.937
4.30		0.215	0.345		48.0	91.0		21.000	39.812
4.40		0.215	0.345		48.0	92.0		21.000	40.250
4.50		0.215	0.345		48.5	92.0		21.219	40.250
4.60		0.215	0.350		49.0	92.5		21.437	40.469
4.70		0.215	0.350		49.5	92.5		21.656	40.469
4.80		0.215	0.350		50.0	92.5		21.875	40.469
4.90		0.215	0.355		49.5	93.0		21.656	40.687
5.00		0.215	0.355		49.0	93.0		21.437	40.687
5.10		0.215	0.360		49.5	93.5		21.656	40.906
5.20		0.215	0.365		50.0	94.0		21.875	41.125
5.30		0.215	0.365		49.0	95.0		21.437	41.562
5.40		0.220	0.370		49.0	96.0		21.437	42.000
5.50		0.220	0.370		50.0	97.0		21.875	42.437

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.60		0.220	0.370		49.5	98.0		21.656	42.875
5.70		0.220	0.370		50.0	98.5		21.875	43.094
5.80		0.225	0.375		50.0	99.0		21.875	43.312
5.90		0.225	0.380		50.0	99.0		21.875	43.312
6.00		0.225	0.380		50.0	99.5		21.875	43.531
6.10		0.230	0.380		50.5	99.5		22.094	43.531
6.20		0.230	0.380		52.0	99.5		22.750	43.531
6.30		0.230	0.380		52.0	100.0		22.750	43.750
6.40		0.235	0.380		52.0	100.0		22.750	43.750
6.50		0.235	0.380		52.0	100.5		22.750	43.969
6.60		0.235	0.380		52.0	100.5		22.750	43.969
6.70		0.235	0.380		53.0	100.5		23.187	43.969
6.80		0.235	0.385		54.0	101.0		23.625	44.187
6.90		0.235	0.385		54.0	101.5		23.625	44.406
7.00		0.235	0.385		53.5	101.5		23.406	44.406
7.10		0.235	0.385		53.0	101.0		23.187	44.187
7.20		0.235	0.385		53.0	101.0		23.187	44.187
7.30		0.235	0.385		53.0	101.5		23.187	44.406
7.40		0.235	0.385		53.5	101.0		23.406	44.187
7.50		0.240	0.385		53.5	101.0		23.406	44.187
7.60		0.240	0.385		54.0	101.0		23.625	44.187
7.70		0.240	0.385		54.0	101.0		23.625	44.187
7.80		0.240	0.385		55.0	101.0		24.062	44.187
7.90		0.240	0.385		55.0	100.5		24.062	43.969
8.00		0.240	0.385		54.5	100.5		23.844	43.969
8.10		0.240	0.390		55.0	100.5		24.062	43.969
8.20		0.240	0.395		54.5	100.5		23.844	43.969
8.30		0.240	0.395		54.5	100.5		23.844	43.969
8.40		0.245	0.395		54.5	100.5		23.844	43.969
8.50		0.245			54.5			23.844	
8.60		0.245			54.5			23.844	
8.70		0.245			54.5			23.844	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-2 ดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0.2% โดยน้ำหนักดินแห้ง

Horizontal displacement (mm)	Normal Displacement (mm)			Proving ring reading (Division)			Shear stress (KPa)		
	Depth(m)			Depth(m)			Depth(m)		
	1 m	3 m	5 m	1 m	3 m	5 m	1 m	3 m	5 m
0.00	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000
0.10	0.010	0.015	0.020	3.0	21.0	25.0	1.312	9.187	10.937
0.20	0.035	0.040	0.045	5.5	26.5	34.0	2.406	11.594	14.875
0.30	0.060	0.055	0.065	6.0	32.0	41.0	2.625	14.000	17.937
0.40	0.085	0.070	0.085	7.0	34.0	45.0	3.062	14.875	19.687
0.50	0.120	0.090	0.105	9.0	35.0	47.0	3.937	15.312	20.562
0.60	0.130	0.100	0.120	9.5	36.0	50.0	4.156	15.750	21.875
0.70	0.135	0.115	0.135	10.5	38.0	53.0	4.594	16.625	23.187
0.80	0.140	0.125	0.145	10.5	39.5	55.0	4.594	17.281	24.062
0.90	0.150	0.140	0.160	10.5	39.5	58.0	4.594	17.281	25.375
1.00	0.160	0.155	0.170	10.5	40.0	59.0	4.594	17.500	25.812
1.10	0.170	0.165	0.180	10.5	43.0	62.0	4.594	18.812	27.125
1.20	0.180	0.175	0.190	10.5	45.0	63.0	4.594	19.687	27.562
1.30	0.195	0.185	0.195	11.0	46.0	63.0	4.812	20.125	27.562
1.40	0.200	0.190	0.205	11.0	45.0	65.0	4.812	19.687	28.437
1.50	0.210	0.200	0.205	11.0	45.5	66.5	4.812	19.906	29.094
1.60	0.215	0.205	0.220	11.5	45.0	66.5	5.031	19.687	29.094
1.70	0.220	0.210	0.230	11.5	46.0	68.0	5.031	20.125	29.750
1.80	0.220	0.215	0.230	11.5	46.0	69.0	5.031	20.125	30.187
1.90	0.220	0.215	0.245	12.0	46.0	70.0	5.250	20.125	30.625
2.00	0.225	0.220	0.250	12.0	48.0	71.0	5.250	21.000	31.062
2.10	0.230	0.220	0.255	11.5	49.0	72.0	5.031	21.437	31.500
2.20	0.230	0.225	0.265	12.0	49.5	72.5	5.250	21.656	31.719
2.30	0.230	0.230	0.270	12.0	49.5	74.0	5.250	21.656	32.375
2.40	0.230	0.235	0.275	12.0	50.0	75.0	5.250	21.875	32.812

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.50	0.230	0.235	0.280	12.0	50.0	75.0	5.250	21.875	32.812
2.60	0.230	0.240	0.280	12.5	50.5	76.0	5.469	22.094	33.250
2.70	0.230	0.240	0.285	13.0	51.0	77.0	5.687	22.312	33.687
2.80	0.230	0.240	0.290	12.5	51.5	77.5	5.469	22.531	33.906
2.90	0.230	0.250	0.295	13.0	52.0	79.0	5.687	22.750	34.562
3.00	0.230	0.255	0.295	13.0	52.5	79.5	5.687	22.969	34.781
3.10	0.230	0.260	0.295	13.0	53.0	79.5	5.687	23.187	34.781
3.20	0.230	0.265	0.300	13.0	54.0	80.0	5.687	23.625	35.000
3.30	0.230	0.270	0.300	13.0	54.0	80.0	5.687	23.625	35.000
3.40	0.230	0.275	0.305	13.0	54.0	80.5	5.687	23.625	35.219
3.50	0.230	0.275	0.305	13.0	54.0	81.0	5.687	23.625	35.437
3.60	0.230	0.280	0.305	13.5	55.0	81.5	5.906	24.062	35.656
3.70	0.235	0.280	0.305	14.0	55.0	82.0	6.125	24.062	35.875
3.80	0.235	0.285	0.305	13.0	55.5	82.5	5.687	24.281	36.094
3.90	0.235	0.285	0.315	13.0	55.5	83.0	5.687	24.281	36.312
4.00	0.235	0.290	0.315	13.0	56.0	83.5	5.687	24.500	36.531
4.10	0.235	0.295	0.315	13.0	56.5	83.5	5.687	24.719	36.531
4.20	0.235	0.300	0.315	13.0	56.5	84.0	5.687	24.719	36.750
4.30	0.235	0.300	0.315	13.0	57.0	85.0	5.687	24.937	37.187
4.40	0.235	0.300	0.320	13.0	57.5	85.5	5.687	25.156	37.406
4.50	0.235	0.305	0.320	13.0	57.5	86.0	5.687	25.156	37.625
4.60	0.235	0.305	0.320	13.0	58.0	86.5	5.687	25.375	37.844
4.70		0.305	0.325		58.5	86.5		25.594	37.844
4.80		0.305	0.325		58.5	87.0		25.594	38.062
4.90		0.310	0.325		59.0	87.5		25.812	38.281
5.00		0.315	0.325		59.5	88.0		26.031	38.500
5.10		0.315	0.325		60.0	88.0		26.250	38.500
5.20		0.315	0.330		60.0	88.5		26.250	38.719
5.30		0.320	0.330		60.5	89.0		26.469	38.937
5.40		0.320	0.335		60.5	89.0		26.469	38.937
5.50		0.320	0.335		61.0	89.0		26.687	38.937
5.60		0.320	0.335		62.0	89.0		27.125	38.937

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.70		0.320	0.335		63.0	89.5		27.562	39.156
5.80		0.330	0.340		63.0	90.0		27.562	39.375
5.90		0.330	0.340		63.5	90.0		27.781	39.375
6.00		0.335	0.345		63.0	90.5		27.562	39.594
6.10		0.335	0.345		63.0	91.0		27.562	39.812
6.20		0.335	0.345		63.0	91.0		27.562	39.812
6.30		0.335	0.345		64.0	91.5		28.000	40.031
6.40		0.335	0.345		64.0	92.0		28.000	40.250
6.50		0.335	0.345		64.0	92.5		28.000	40.469
6.60		0.335	0.350		64.5	93.0		28.219	40.687
6.70		0.335	0.350		65.0	93.0		28.437	40.687
6.80		0.335	0.350		65.0	94.0		28.437	41.125
6.90		0.335	0.350		66.0	94.0		28.875	41.125
7.00		0.335	0.355		67.5	94.5		29.531	41.344
7.10		0.335	0.355		68.5	94.5		29.969	41.344
7.20		0.335	0.355		69.0	95.0		30.187	41.562
7.30		0.335	0.355		69.0	95.0		30.187	41.562
7.40		0.335	0.355		69.5	95.5		30.406	41.781
7.50		0.335	0.360		70.0	96.0		30.625	42.000
7.60		0.335	0.360		70.0	96.0		30.625	42.000
7.70		0.335	0.360		70.0	96.0		30.625	42.000
7.80		0.335	0.360		70.0	96.0		30.625	42.000
7.90		0.335	0.360		70.0	96.0		30.625	42.000
8.00		0.335	0.360		70.0	96.5		30.625	42.219
8.10		0.335	0.360		71.0	96.5		31.062	42.219
8.20		0.335	0.365		71.0	97.0		31.062	42.437
8.30		0.335	0.370		71.0	97.0		31.062	42.437
8.40		0.335	0.370		71.5	97.5		31.281	42.656
8.50		0.335	0.370		72.0	97.5		31.500	42.656
8.60		0.335	0.370		72.0	97.5		31.500	42.656
8.70		0.335	0.375		73.0	98.0		31.937	42.875
8.80		0.335	0.375		73.0	97.5		31.937	42.656

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.90		0.335	0.375		73.5	98.0		32.156	42.875
9.00		0.335	0.375		73.0	98.5		31.937	43.094
9.10		0.335	0.375		72.5	98.5		31.719	43.094
9.20		0.335	0.375		72.5	99.5		31.719	43.531
9.30		0.335	0.375		72.5	99.5		31.719	43.531
9.40		0.335	0.375		72.5	100.0		31.719	43.750
9.50			0.380			100.0			43.750
9.60			0.380			100.0			43.750
9.70			0.380			100.5			43.969
9.80			0.380			101.0			44.187
9.90			0.380			101.0			44.187
10.00			0.380			101.0			44.187

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-3 ดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0.4% โดยน้ำหนักดินแห้ง

Horizontal displacement (mm.)	Normal Displacement (mm.)			Proving ring reading			Shear stress (KPa)		
	Depth(m)			Depth(m)			Depth(m)		
	1 m	3 m	5 m	1 m	3 m	5 m	1 m	3 m	5 m
0.00	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000
0.10	0.010	0.025	0.030	4.0	15.0	31.0	1.750	6.562	13.562
0.20	0.025	0.050	0.055	6.0	21.0	37.0	2.625	9.187	16.187
0.30	0.055	0.070	0.080	7.0	24.0	39.0	3.062	10.500	17.062
0.40	0.080	0.090	0.105	7.5	27.0	43.0	3.281	11.812	18.812
0.50	0.110	0.105	0.130	8.5	27.5	47.0	3.719	12.031	20.562
0.60	0.130	0.120	0.150	9.0	30.0	50.0	3.937	13.125	21.875
0.70	0.160	0.135	0.170	9.0	31.0	53.0	3.937	13.562	23.187
0.80	0.170	0.145	0.185	9.5	32.0	55.0	4.156	14.000	24.062
0.90	0.195	0.150	0.205	10.0	33.0	57.0	4.375	14.437	24.937
1.00	0.210	0.160	0.220	10.0	34.0	59.0	4.375	14.875	25.812
1.10	0.225	0.170	0.240	10.5	34.5	62.0	4.594	15.094	27.125
1.20	0.255	0.175	0.250	10.5	35.0	64.0	4.594	15.312	28.000
1.30	0.280	0.180	0.275	10.5	36.0	68.0	4.594	15.750	29.750
1.40	0.300	0.190	0.290	11.0	37.0	70.0	4.812	16.187	30.625
1.50	0.335	0.195	0.300	11.0	37.5	72.0	4.812	16.406	31.500
1.60	0.345	0.200	0.305	11.0	39.0	73.5	4.812	17.062	32.156
1.70	0.360	0.205	0.315	11.0	39.0	75.5	4.812	17.062	33.031
1.80	0.370	0.205	0.325	11.5	39.5	77.0	5.031	17.281	33.687
1.90	0.385	0.210	0.330	12.0	40.5	79.0	5.250	17.719	34.562
2.00	0.400	0.220	0.340	12.0	41.0	80.0	5.250	17.937	35.000
2.10	0.410	0.225	0.345	12.0	41.0	81.0	5.250	17.937	35.437
2.20	0.420	0.230	0.355	12.5	42.0	82.5	5.469	18.375	36.094
2.30	0.430	0.235	0.360	12.5	42.5	84.0	5.469	18.594	36.750
2.40	0.440	0.235	0.365	13.0	43.0	85.5	5.687	18.812	37.406
2.50	0.450	0.240	0.370	13.0	43.0	86.5	5.687	18.812	37.844

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปยังที่อื่นโดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.60	0.460	0.245	0.375	13.0	43.0	88.5	5.687	18.812	38.719
2.70	0.470	0.245	0.380	13.0	43.5	89.0	5.687	19.031	38.937
2.80	0.480	0.250	0.385	13.5	44.0	91.0	5.906	19.250	39.812
2.90	0.490	0.250	0.390	14.0	44.5	92.0	6.125	19.469	40.250
3.00	0.495	0.250	0.390	14.0	44.5	93.0	6.125	19.469	40.687
3.10	0.500	0.255	0.400	14.0	45.0	94.0	6.125	19.687	41.125
3.20	0.505	0.255	0.405	14.0	45.5	95.0	6.125	19.906	41.562
3.30	0.510	0.255	0.415	14.5	46.0	96.0	6.344	20.125	42.000
3.40	0.510	0.255	0.420	15.0	46.5	97.0	6.562	20.344	42.437
3.50	0.515	0.255	0.425	15.0	46.5	98.0	6.562	20.344	42.875
3.60	0.515	0.255	0.430	15.0	46.5	99.5	6.562	20.344	43.531
3.70	0.515	0.255	0.435	15.5	46.5	100.5	6.781	20.344	43.969
3.80	0.520	0.255	0.435	15.5	47.0	101.5	6.781	20.562	44.406
3.90	0.525	0.255	0.435	15.5	47.0	102.5	6.781	20.562	44.844
4.00	0.525	0.255	0.440	16.0	47.5	103.0	7.000	20.781	45.062
4.10	0.525	0.260	0.445	16.0	48.0	104.0	7.000	21.000	45.500
4.20	0.530	0.260	0.445	16.0	48.0	105.0	7.000	21.000	45.937
4.30	0.530	0.260	0.445	16.0	48.0	106.0	7.000	21.000	46.375
4.40	0.530	0.260	0.450	16.0	48.5	107.0	7.000	21.219	46.812
4.50	0.530	0.260	0.450	16.0	49.0	107.5	7.000	21.437	47.031
4.60	0.530	0.260	0.450	16.5	49.5	108.5	7.219	21.656	47.469
4.70	0.530	0.265	0.450	16.5	49.5	109.5	7.219	21.656	47.906
4.80	0.530	0.265	0.450	16.5	50.0	110.0	7.219	21.875	48.125
4.90	0.535	0.265	0.455	16.5	50.0	111.0	7.219	21.875	48.562
5.00	0.535	0.265	0.455	17.0	50.5	112.0	7.437	22.094	49.000
5.10	0.535	0.265	0.460	17.0	50.5	113.0	7.437	22.094	49.437
5.20	0.535	0.265	0.460	17.0	50.5	113.5	7.437	22.094	49.656
5.30	0.535	0.265	0.460	17.0	51.0	114.0	7.437	22.312	49.875
5.40	0.540	0.265	0.465	17.5	51.0	115.0	7.656	22.312	50.312
5.50	0.540	0.265	0.465	17.5	51.5	115.5	7.656	22.531	50.531
5.60	0.540	0.265	0.465	18.0	52.0	116.0	7.875	22.750	50.750
5.70	0.540	0.265	0.465	18.0	52.0	116.0	7.875	22.750	50.750

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.80	0.540	0.265	0.465	18.0	52.0	116.5	7.875	22.750	50.969
5.90	0.540	0.265	0.465	18.0	52.0	117.0	7.875	22.750	51.187
6.00	0.540	0.265	0.465	18.0	52.5	117.0	7.875	22.969	51.187
6.10	0.540	0.265	0.465	18.0	52.5	117.0	7.875	22.969	51.187
6.20	0.540	0.265	0.465	18.0	52.5	116.5	7.875	22.969	50.969
6.30	0.540	0.265	0.465	18.0	53.0	116.5	7.875	23.187	50.969
6.40	0.540	0.265	0.465	18.0	53.0	116.5	7.875	23.187	50.969
6.50	0.540	0.265	0.465	18.0	53.0	116.0	7.875	23.187	50.750
6.60	0.540	0.265	0.460	18.5	53.5	116.0	8.094	23.406	50.750
6.70	0.540	0.265	0.460	18.5	54.0	118.0	8.094	23.625	51.625
6.80	0.540	0.265	0.455	18.5	54.0	119.0	8.094	23.625	52.062
6.90	0.540	0.265	0.455	19.0	54.5	119.0	8.312	23.844	52.062
7.00	0.540	0.265	0.455	19.0	55.0	119.0	8.312	24.062	52.062
7.10	0.540	0.265	0.455	19.0	55.0	119.5	8.312	24.062	52.281
7.20	0.540	0.265	0.455	19.0	55.5	120.0	8.312	24.281	52.500
7.30	0.540	0.265	0.455	19.0	56.0	120.0	8.312	24.500	52.500
7.40	0.540	0.265	0.455	19.0	56.0	120.0	8.312	24.500	52.500
7.50	0.540	0.265	0.455	19.0	56.0	120.0	8.312	24.500	52.500
7.60	0.540	0.265	0.455	19.0	56.5	120.5	8.312	24.719	52.719
7.70	0.535	0.265	0.455	19.0	56.5	121.0	8.312	24.719	52.937
7.80	0.535	0.265	0.455	19.5	57.0	121.5	8.531	24.937	53.156
7.90	0.535	0.265	0.455	19.5	57.0	122.0	8.531	24.937	53.375
8.00	0.535	0.265	0.455	19.5	57.0	122.0	8.531	24.937	53.375
8.10	0.535	0.265	0.455	20.0	57.5	123.0	8.750	25.156	53.812
8.20	0.535	0.265	0.455	20.0	57.5	123.0	8.750	25.156	53.812
8.30	0.535	0.265	0.455	20.0	58.0	123.0	8.750	25.375	53.812
8.40	0.535	0.265	0.455	20.5	58.0	124.0	8.969	25.375	54.250
8.50	0.530	0.265	0.455	20.0	58.0	124.5	8.750	25.375	54.469
8.60	0.530	0.265	0.455	20.0	58.5	125.0	8.750	25.594	54.687
8.70	0.530	0.265	0.455	20.0	59.0	125.0	8.750	25.812	54.687
8.80	0.530	0.265	0.455	20.0	59.0	125.5	8.750	25.812	54.906
8.90	0.530	0.265	0.455	20.5	59.0	125.5	8.969	25.812	54.906

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.00	0.530	0.265	0.455	21.0	59.0	126.0	9.187	25.812	55.125
9.10	0.530	0.265	0.455	21.0	59.5	126.0	9.187	26.031	55.125
9.20	0.525	0.265	0.455	21.0	59.5	126.0	9.187	26.031	55.125
9.30	0.525	0.265	0.455	21.0	60.0	126.0	9.187	26.250	55.125
9.40	0.525	0.265	0.455	21.0	60.0	126.0	9.187	26.250	55.125
9.50	0.525	0.265	0.455	21.0	60.5	126.0	9.187	26.469	55.125
9.60	0.520	0.265	0.455	21.0	60.5	126.5	9.187	26.469	55.344
9.70	0.520	0.265	0.455	21.0	61.0	126.5	9.187	26.687	55.344
9.80	0.520	0.265	0.455	21.0	61.0	127.0	9.187	26.687	55.562
9.90	0.515	0.265	0.455	21.0	61.0	127.0	9.187	26.687	55.562
10.00	0.515	0.265	0.455	21.0	61.0	127.0	9.187	26.687	55.562



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-4 ดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 1% โดยน้ำหนักดินแห้ง

Horizontal displacement (mm.)	Normal Displacement (mm.)			Proving ring reading (Division)			Shear stress (KPa)		
	Depth(m)			Depth(m)			Depth(m)		
	1 m	3 m	5 m	1 m	3 m	5 m	1 m	3 m	5 m
0.00	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000
0.10	0.025	0.040	0.010	5.0	20.0	10.0	2.187	8.750	4.375
0.20	0.055	0.040	0.015	8.0	25.0	21.0	3.500	10.937	9.187
0.30	0.070	0.060	0.040	9.5	27.0	36.0	4.156	11.812	15.750
0.40	0.080	0.080	0.065	10.0	30.0	40.0	4.375	13.125	17.500
0.50	0.095	0.100	0.090	11.0	32.0	45.0	4.812	14.000	19.687
0.60	0.110	0.120	0.115	12.0	33.5	50.0	5.250	14.656	21.875
0.70	0.120	0.135	0.135	13.0	35.0	51.0	5.687	15.312	22.312
0.80	0.125	0.150	0.150	13.0	37.0	54.0	5.687	16.187	23.625
0.90	0.130	0.165	0.165	13.0	38.0	56.0	5.687	16.625	24.500
1.00	0.135	0.175	0.190	13.0	40.0	57.0	5.687	17.500	24.937
1.10	0.135	0.185	0.210	13.0	42.0	57.5	5.687	18.375	25.156
1.20	0.140	0.200	0.230	13.0	42.0	60.0	5.687	18.375	26.250
1.30	0.140	0.215	0.250	14.0	42.0	61.0	6.125	18.375	26.687
1.40	0.140	0.235	0.265	14.0	44.0	63.0	6.125	19.250	27.562
1.50	0.145	0.240	0.280	14.0	44.5	64.0	6.125	19.469	28.000
1.60	0.145	0.245	0.295	14.0	45.5	66.0	6.125	19.906	28.875
1.70	0.145	0.255	0.305	14.0	47.0	68.0	6.125	20.562	29.750
1.80	0.145	0.265	0.320	13.5	47.5	68.5	5.906	20.781	29.969
1.90	0.145	0.270	0.340	14.0	47.5	70.0	6.125	20.781	30.625
2.00	0.150	0.275	0.345	14.0	48.0	72.0	6.125	21.000	31.500
2.10	0.150	0.280	0.355	14.0	50.5	73.0	6.125	22.094	31.937
2.20	0.150	0.285	0.355	14.0	51.0	75.0	6.125	22.312	32.812
2.30	0.150	0.295	0.370	14.0	51.5	75.0	6.125	22.531	32.812
2.40	0.150	0.300	0.380	14.5	53.5	77.0	6.344	23.406	33.687
2.50	0.150	0.305	0.390	14.5	54.0	78.0	6.344	23.625	34.125

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ขออนุญาตจากเจ้าของเอกสาร

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.60	0.150	0.310	0.400	15.0	55.0	79.0	6.562	24.062	34.562
2.70	0.150	0.315	0.410	15.5	55.5	80.0	6.781	24.281	35.000
2.80	0.150	0.320	0.420	15.5	57.5	82.5	6.781	25.156	36.094
2.90	0.150	0.330	0.425	15.5	58.0	84.0	6.781	25.375	36.750
3.00	0.150	0.335	0.430	15.5	58.0	85.0	6.781	25.375	37.187
3.10	0.150	0.340	0.435	15.5	60.0	86.0	6.781	26.250	37.625
3.20	0.150	0.340	0.440	15.5	61.0	88.0	6.781	26.687	38.500
3.30	0.150	0.345	0.450	15.5	61.0	89.0	6.781	26.687	38.937
3.40	0.150	0.345	0.450	16.0	61.5	90.0	7.000	26.906	39.375
3.50	0.150	0.350	0.460	16.0	63.0	91.0	7.000	27.562	39.812
3.60	0.150	0.355	0.460	16.0	63.5	93.0	7.000	27.781	40.687
3.70	0.150	0.355	0.465	16.0	63.5	94.5	7.000	27.781	41.344
3.80	0.150	0.360	0.470	16.0	64.0	95.0	7.000	28.000	41.562
3.90	0.150	0.360	0.470	16.0	65.0	95.5	7.000	28.437	41.781
4.00	0.150	0.360	0.475	16.5	65.5	97.0	7.219	28.656	42.437
4.10	0.150	0.360	0.480	16.5	66.0	98.0	7.219	28.875	42.875
4.20	0.150	0.365	0.485	17.0	67.0	99.0	7.437	29.312	43.312
4.30	0.150	0.365	0.490	17.0	67.5	100.0	7.437	29.531	43.750
4.40	0.150	0.365	0.495	18.0	68.0	101.5	7.875	29.750	44.406
4.50	0.150	0.365	0.495	18.0	69.0	101.5	7.875	30.187	44.406
4.60	0.150	0.365	0.495	18.0	70.0	102.5	7.875	30.625	44.844
4.70	0.150	0.365	0.495	18.0	71.0	103.5	7.875	31.062	45.281
4.80	0.150	0.370	0.500	18.0	71.5	104.0	7.875	31.281	45.500
4.90	0.150	0.370	0.500	18.0	72.0	106.0	7.875	31.500	46.375
5.00	0.150	0.370	0.505	18.0	73.0	108.0	7.875	31.937	47.250
5.10	0.150	0.370	0.505	19.0	73.0	108.0	8.312	31.937	47.250
5.20	0.150	0.370	0.510	19.0	73.0	108.5	8.312	31.937	47.469
5.30	0.150	0.370	0.510	19.0	74.0	109.5	8.312	32.375	47.906
5.40	0.150	0.370	0.510	19.5	74.5	110.0	8.531	32.594	48.125
5.50	0.150	0.370	0.510	19.0	75.0	111.0	8.312	32.812	48.562
5.60	0.150	0.370	0.510	19.0	76.0	111.0	8.312	33.250	48.562
5.70	0.150	0.375	0.510	19.0	77.0	112.0	8.312	33.687	49.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.80	0.150	0.375	0.510	19.5	78.0	113.0	8.531	34.125	49.437
5.90	0.150	0.375	0.510	19.5	79.5	114.0	8.531	34.781	49.875
6.00	0.150	0.375	0.510	19.5	80.5	114.5	8.531	35.219	50.094
6.10	0.150	0.375	0.510	19.0	82.0	115.0	8.312	35.875	50.312
6.20	0.150	0.375	0.510	19.0	82.0	116.0	8.312	35.875	50.750
6.30	0.150	0.375	0.510	20.0	82.5	117.0	8.750	36.094	51.187
6.40	0.145	0.370	0.510	20.0	81.5	118.0	8.750	35.656	51.625
6.50	0.145	0.365	0.510	20.0	80.5	119.0	8.750	35.219	52.062
6.60	0.145	0.365	0.510	20.0	78.5	119.5	8.750	34.344	52.281
6.70	0.140	0.365	0.510	20.5	78.0	120.0	8.969	34.125	52.500
6.80	0.140	0.360	0.510	21.0	77.0	120.5	9.187	33.687	52.719
6.90	0.140	0.360	0.510	21.0	77.0	122.0	9.187	33.687	53.375
7.00	0.135	0.360	0.510	22.0	76.5	122.5	9.625	33.469	53.594
7.10	0.135	0.355	0.510	21.0	76.0	123.5	9.187	33.250	54.031
7.20	0.135	0.355	0.510	21.0	77.0	124.0	9.187	33.687	54.250
7.30	0.130	0.350	0.510	21.5	77.0	125.0	9.406	33.687	54.687
7.40	0.130	0.350	0.510	22.0	77.0	126.0	9.625	33.687	55.125
7.50	0.130	0.350	0.510	21.0	77.0	127.0	9.187	33.687	55.562
7.60	0.125	0.345	0.510	21.5	77.5	127.0	9.406	33.906	55.562
7.70	0.120	0.345	0.510	22.0	77.5	128.0	9.625	33.906	56.000
7.80	0.120	0.340	0.510	22.0	77.5	129.0	9.625	33.906	56.437
7.90	0.115	0.340	0.510	22.0	76.5	129.5	9.625	33.469	56.656
8.00	0.115	0.330	0.510	22.5	77.0	130.5	9.844	33.687	57.094
8.10	0.110	0.330	0.510	23.0	77.0	132.0	10.062	33.687	57.750
8.20	0.110	0.325	0.510	22.5	77.5	132.0	9.844	33.906	57.750
8.30	0.110	0.320	0.510	22.5	77.5	132.5	9.844	33.906	57.969
8.40	0.110	0.315	0.505	22.5	78.0	133.0	9.844	34.125	58.187
8.50	0.110	0.315	0.505	23.0	78.0	134.0	10.062	34.125	58.625
8.60	0.110	0.305	0.505	23.0	78.0	135.0	10.062	34.125	59.062
8.70	0.110		0.500	23.5		135.5	10.281		59.281
8.80	0.110		0.500	23.5		136.0	10.281		59.500
8.90	0.110		0.500	24.0		136.5	10.500		59.719

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ภายนอก

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.00	0.110		0.500	24.5		137.0	10.719		59.937
9.10	0.105		0.495	24.5		137.5	10.719		60.156
9.20	0.105		0.495	25.0		138.0	10.937		60.375
9.30	0.105		0.490	24.5		139.0	10.719		60.812
9.40	0.100		0.490	24.5		139.5	10.719		61.031
9.50	0.100		0.490	25.0		140.0	10.937		61.250
9.60	0.100		0.485	25.0		141.0	10.937		61.687
9.70	0.100		0.485	25.0		141.5	10.937		61.906
9.80	0.100		0.480	25.0		141.5	10.937		61.906
9.90	0.095		0.480	25.0		142.0	10.937		62.125
10.00	0.095		0.480	25.0		142.5	10.937		62.344



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-5 ดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 2% โดยน้ำหนักดินแห้ง

Horizontal displacement (mm.)	Normal Displacement (mm.)			Proving ring reading (Division)			Shear stress (KPa)		
	Depth(m)			Depth(m)			Depth(m)		
	1 m	3 m	5 m	1 m	3 m	5 m	1 m	3 m	5 m
0.00	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000
0.10	0.010	0.010	0.060	9.0	10.0	10.0	3.937	4.375	4.375
0.20	0.035	0.030	0.120	11.0	24.0	22.0	4.812	10.500	9.625
0.30	0.055	0.050	0.180	12.0	24.5	25.0	5.250	10.719	10.937
0.40	0.075	0.070	0.250	12.0	27.0	29.0	5.250	11.812	12.687
0.50	0.085	0.120	0.340	14.0	27.0	32.0	6.125	11.812	14.000
0.60	0.095	0.180	0.420	15.0	27.5	35.0	6.562	12.031	15.312
0.70	0.110	0.210	0.500	16.0	28.0	37.0	7.000	12.250	16.187
0.80	0.115	0.240	0.530	17.0	28.0	39.0	7.437	12.250	17.062
0.90	0.120	0.270	0.560	17.5	30.0	40.0	7.656	13.125	17.500
1.00	0.125	0.295	0.610	18.5	32.0	41.0	8.094	14.000	17.937
1.10	0.130	0.320	0.650	18.5	35.0	43.0	8.094	15.312	18.812
1.20	0.130	0.340	0.690	19.0	37.0	45.0	8.312	16.187	19.687
1.30	0.135	0.360	0.730	19.0	39.0	48.0	8.312	17.062	21.000
1.40	0.135	0.380	0.760	19.5	40.5	50.0	8.531	17.719	21.875
1.50	0.135	0.395	0.790	20.0	41.0	52.0	8.750	17.937	22.750
1.60	0.135	0.410	0.810	20.5	43.0	55.0	8.969	18.812	24.062
1.70	0.135	0.425	0.840	21.5	44.0	56.0	9.406	19.250	24.500
1.80	0.140	0.440	0.860	22.0	44.5	58.0	9.625	19.469	25.375
1.90	0.140	0.455	0.880	22.0	45.0	60.0	9.625	19.687	26.250
2.00	0.140	0.470	0.890	22.0	45.5	62.0	9.625	19.906	27.125
2.10	0.140	0.480	0.930	23.0	46.5	63.0	10.062	20.344	27.562
2.20	0.140	0.490	0.940	23.0	47.0	64.5	10.062	20.562	28.219
2.30	0.140	0.505	0.960	23.0	48.0	67.0	10.062	21.000	29.312
2.40	0.140	0.515	0.980	24.0	49.5	68.0	10.500	21.656	29.750

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.50	0.140	0.525	0.995	24.0	50.5	69.0	10.500	22.094	30.187
2.60	0.140	0.535	1.005	24.0	51.5	70.0	10.500	22.531	30.625
2.70	0.140	0.550	1.020	24.5	52.0	72.0	10.719	22.750	31.500
2.80	0.140	0.555	1.030	24.5	53.0	74.0	10.719	23.187	32.375
2.90	0.140	0.565	1.045	25.0	54.0	75.0	10.937	23.625	32.812
3.00	0.140	0.570	1.060	25.0	55.0	76.5	10.937	24.062	33.469
3.10	0.140	0.580	1.075	24.5	55.5	77.0	10.719	24.281	33.687
3.20	0.140	0.585	1.090	24.0	57.5	78.0	10.500	25.156	34.125
3.30	0.140	0.600	1.100	24.0	57.5	79.0	10.500	25.156	34.562
3.40	0.135	0.605	1.110	24.0	58.0	80.0	10.500	25.375	35.000
3.50	0.135	0.615	1.120	24.0	58.0	81.5	10.500	25.375	35.656
3.60	0.135	0.620	1.140	24.0	59.5	83.0	10.500	26.031	36.312
3.70	0.135	0.625	1.150	24.0	60.0	84.0	10.500	26.250	36.750
3.80	0.135	0.625	1.170	24.0	61.0	85.0	10.500	26.687	37.187
3.90	0.135	0.640	1.175	24.0	62.0	86.0	10.500	27.125	37.625
4.00	0.130	0.640	1.180	23.0	63.0	87.0	10.062	27.562	38.062
4.10	0.130	0.645	1.190	23.0	63.0	88.5	10.062	27.562	38.719
4.20	0.130	0.645	1.200	23.5	64.0	89.0	10.281	28.000	38.937
4.30	0.130	0.650	1.210	23.5	65.0	91.0	10.281	28.437	39.812
4.40	0.130	0.655	1.220	23.5	66.0	92.0	10.281	28.875	40.250
4.50	0.130	0.660	1.225	23.5	67.0	93.0	10.281	29.312	40.687
4.60	0.125	0.660	1.230	24.0	67.5	94.0	10.500	29.531	41.125
4.70	0.125	0.665	1.240	24.0	68.0	95.0	10.500	29.750	41.562
4.80	0.125	0.670	1.245	24.0	68.0	96.5	10.500	29.750	42.219
4.90	0.125	0.670	1.250	24.0	69.0	97.5	10.500	30.187	42.656
5.00	0.125	0.675	1.250	24.0	69.0	98.0	10.500	30.187	42.875
5.10	0.125	0.675	1.260	24.0	69.0	99.5	10.500	30.187	43.531
5.20	0.125	0.675	1.260	24.0	70.0	100.0	10.500	30.625	43.750
5.30	0.125	0.675	1.260	24.0	71.0	101.0	10.500	31.062	44.187
5.40	0.125	0.680	1.260	24.0	72.0	101.5	10.500	31.500	44.406
5.50	0.125	0.680	1.270	24.0	72.0	102.0	10.500	31.500	44.625
5.60	0.125	0.685	1.270	24.0	73.0	103.0	10.500	31.937	45.062

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ สงวนลิขสิทธิ์ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.70	0.125	0.685	1.270	24.0	73.5	104.0	10.500	32.156	45.500
5.80	0.125	0.685	1.275	24.0	74.0	105.0	10.500	32.375	45.937
5.90	0.125	0.685	1.275	24.0	75.0	106.0	10.500	32.812	46.375
6.00		0.690	1.275		76.0	107.5		33.250	47.031
6.10		0.695	1.280		77.5	109.0		33.906	47.687
6.20		0.695	1.285		78.0	110.0		34.125	48.125
6.30		0.700	1.285		77.0	111.0		33.687	48.562
6.40		0.700	1.285		79.0	111.0		34.562	48.562
6.50		0.700	1.285		81.0	112.0		35.437	49.000
6.60		0.700	1.285		81.5	112.0		35.656	49.000
6.70		0.700	1.285		81.5	113.0		35.656	49.437
6.80		0.700	1.285		81.5	114.0		35.656	49.875
6.90		0.695	1.285		83.0	114.5		36.312	50.094
7.00		0.695	1.285		83.0	115.0		36.312	50.312
7.10		0.690	1.285		84.0	116.0		36.750	50.750
7.20		0.690	1.285		83.0	117.0		36.312	51.187
7.30		0.680	1.285		80.0	117.5		35.000	51.406
7.40		0.680	1.285		79.0	118.0		34.562	51.625
7.50		0.680	1.285		79.0	118.0		34.562	51.625
7.60		0.675	1.285		79.0	119.0		34.562	52.062
7.70		0.675	1.285		79.0	120.0		34.562	52.500
7.80		0.675	1.280		79.0	121.0		34.562	52.937
7.90		0.660	1.280		79.0	121.0		34.562	52.937
8.00		0.655	1.280		79.0	122.0		34.562	53.375
8.10		0.650	1.280		79.5	122.5		34.781	53.594
8.20		0.645	1.280		79.5	122.5		34.781	53.594
8.30		0.645	1.275		79.5	123.0		34.781	53.812
8.40		0.640	1.275		79.5	124.0		34.781	54.250
8.50		0.635	1.275		79.0	124.0		34.562	54.250
8.60		0.630	1.275		79.0	124.5		34.562	54.469
8.70		0.625	1.275		79.0	125.0		34.562	54.687
8.80		0.625	1.270		79.0	125.5		34.562	54.906

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.90		0.625	1.270		79.0	125.5		34.562	54.906
9.00		0.620	1.270		78.5	126.5		34.344	55.344
9.10		0.620	1.265		78.5	126.0		34.344	55.125
9.20		0.615	1.260		78.5	126.0		34.344	55.125
9.30		0.615	1.260		78.0	126.0		34.125	55.125
9.40		0.610	1.260		78.0	127.0		34.125	55.562
9.50		0.610	1.260		78.0	128.5		34.125	56.219
9.60		0.605	1.260		78.0	130.0		34.125	56.875
9.70		0.600	1.260		78.0	130.0		34.125	56.875
9.80		0.600	1.260		78.0	131.0		34.125	57.312
9.90		0.600	1.260		78.0	131.0		34.125	57.312
10.00		0.600	1.260		78.0	131.0		34.125	57.312

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-6 ดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0.4% โดยน้ำหนักดินแห้ง (เปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่าง ตัวอย่างที่ 1)

Horizontal displacement (mm.)	Normal Displacement (mm)			Proving ring reading (Division)			Shear stress (KPa)		
	Depth(m)			Depth(m)			Depth(m)		
	1 m	3 m	5 m	1 m	3 m	5 m	1 m	3 m	5 m
0.00	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000
0.10	0.010	0.010	0.040	2.0	10.0	31.0	0.875	4.375	13.562
0.20	0.035	0.020	0.060	3.5	17.0	36.0	1.531	7.437	15.750
0.30	0.080	0.040	0.090	4.0	21.0	42.0	1.750	9.187	18.375
0.40	0.120	0.055	0.115	5.0	23.0	46.0	2.187	10.062	20.125
0.50	0.170	0.085	0.135	5.5	25.0	51.0	2.406	10.937	22.312
0.60	0.205	0.110	0.150	6.0	27.0	54.0	2.625	11.812	23.625
0.70	0.250	0.135	0.170	6.5	28.0	58.0	2.844	12.250	25.375
0.80	0.280	0.160	0.185	7.0	29.5	61.0	3.062	12.906	26.687
0.90	0.300	0.180	0.200	7.0	30.5	63.0	3.062	13.344	27.562
1.00	0.330	0.200	0.215	7.5	31.5	64.0	3.281	13.781	28.000
1.10	0.350	0.215	0.230	8.0	32.5	65.0	3.500	14.219	28.437
1.20	0.370	0.235	0.245	9.0	33.0	67.0	3.937	14.437	29.312
1.30	0.390	0.240	0.255	9.0	34.0	69.0	3.937	14.875	30.187
1.40	0.410	0.250	0.260	9.0	35.0	70.0	3.937	15.312	30.625
1.50	0.425	0.280	0.270	9.5	36.0	73.0	4.156	15.750	31.937
1.60	0.440	0.300	0.280	10.0	37.0	75.0	4.375	16.187	32.812
1.70	0.450	0.305	0.290	10.0	37.5	76.0	4.375	16.406	33.250
1.80	0.460	0.310	0.295	10.5	38.0	78.0	4.594	16.625	34.125
1.90	0.480	0.315	0.305	11.5	39.0	79.5	5.031	17.062	34.781
2.00	0.495	0.320	0.310	12.0	39.0	81.0	5.250	17.062	35.437
2.10	0.505	0.320	0.315	12.0	41.0	82.5	5.250	17.937	36.094
2.20	0.520	0.325	0.325	12.5	42.0	83.5	5.469	18.375	36.531
2.30	0.530	0.330	0.330	12.5	43.0	84.5	5.469	18.812	36.969

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.40	0.550	0.340	0.330	12.5	44.5	86.0	5.469	19.469	37.625
2.50	0.555	0.345	0.335	12.5	45.0	86.5	5.469	19.687	37.844
2.60	0.565	0.350	0.340	12.5	46.0	87.0	5.469	20.125	38.062
2.70	0.575	0.355	0.345	13.0	48.0	88.0	5.687	21.000	38.500
2.80	0.580	0.360	0.345	13.0	49.0	89.0	5.687	21.437	38.937
2.90	0.595	0.370	0.350	13.0	50.0	90.5	5.687	21.875	39.594
3.00	0.600	0.370	0.350	13.0	50.5	91.5	5.687	22.094	40.031
3.10	0.610	0.375	0.355	13.0	50.5	92.0	5.687	22.094	40.250
3.20	0.620	0.380	0.355	13.5	51.0	92.5	5.906	22.312	40.469
3.30	0.630	0.385	0.360	13.5	51.5	93.0	5.906	22.531	40.687
3.40	0.640	0.390	0.360	13.5	52.0	94.5	5.906	22.750	41.344
3.50	0.650	0.395	0.365	14.0	53.0	95.0	6.125	23.187	41.562
3.60	0.655	0.400	0.365	14.0	55.0	95.0	6.125	24.062	41.562
3.70	0.660	0.400	0.365	14.0	56.0	95.5	6.125	24.500	41.781
3.80	0.670	0.400	0.370	14.0	57.0	96.0	6.125	24.937	42.000
3.90	0.680	0.405	0.370	14.0	58.0	96.5	6.125	25.375	42.219
4.00	0.685	0.410	0.370	14.5	59.0	97.0	6.344	25.812	42.437
4.10	0.690	0.410	0.375	14.5	59.5	99.0	6.344	26.031	43.312
4.20	0.700	0.410	0.375	15.0	60.0	100.0	6.562	26.250	43.750
4.30	0.700	0.410	0.375	15.5	60.5	100.5	6.781	26.469	43.969
4.40	0.700	0.415	0.375	16.0	61.5	101.5	7.000	26.906	44.406
4.50	0.700	0.420	0.375	16.0	62.0	102.0	7.000	27.125	44.625
4.60	0.710	0.420	0.375	16.0	62.5	102.5	7.000	27.344	44.844
4.70	0.710	0.420	0.380	16.5	63.0	103.0	7.219	27.562	45.062
4.80	0.715	0.420	0.380	16.5	64.0	103.0	7.219	28.000	45.062
4.90	0.725	0.420	0.380	16.5	63.5	103.0	7.219	27.781	45.062
5.00	0.730	0.425	0.380	17.0	63.0	104.0	7.437	27.562	45.500
5.10	0.735	0.425	0.380	17.0	63.0	104.0	7.437	27.562	45.500
5.20	0.735	0.425	0.380	17.0	63.0	104.5	7.437	27.562	45.719
5.30	0.745	0.430	0.380	17.0	64.0	104.5	7.437	28.000	45.719
5.40	0.750	0.430	0.380	17.0	64.0	105.0	7.437	28.000	45.937
5.50	0.755	0.430	0.380	17.0	65.0	105.5	7.437	28.437	46.156

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ สงวนลิขสิทธิ์ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.60	0.760	0.430	0.380	17.0	66.0	106.0	7.437	28.875	46.375
5.70	0.760	0.430	0.380	17.5	66.0	106.5	7.656	28.875	46.594
5.80	0.760	0.430	0.380	17.5	67.0	107.0	7.656	29.312	46.812
5.90	0.765	0.430	0.380	18.0	67.5	107.0	7.875	29.531	46.812
6.00	0.765	0.430	0.380	18.0	67.0	107.0	7.875	29.312	46.812
6.10	0.765	0.430	0.380	18.0	67.0	107.5	7.875	29.312	47.031
6.20	0.770	0.430	0.380	18.0	67.0	108.0	7.875	29.312	47.250
6.30	0.770	0.435	0.385	18.0	67.0	108.0	7.875	29.312	47.250
6.40	0.770	0.435	0.385	18.5	67.5	108.5	8.094	29.531	47.469
6.50	0.770	0.435	0.385	18.5	67.5	109.0	8.094	29.531	47.687
6.60	0.770	0.435	0.385	18.5	67.0	109.5	8.094	29.312	47.906
6.70	0.770	0.440	0.385	19.0	67.0	110.0	8.312	29.312	48.125
6.80	0.780	0.440	0.385	19.0	68.0	110.5	8.312	29.750	48.344
6.90	0.785	0.440	0.385	19.5	68.0	111.0	8.531	29.750	48.562
7.00	0.790	0.440	0.385	19.5	68.0	111.0	8.531	29.750	48.562
7.10	0.795	0.440	0.385	19.5	68.5	111.0	8.531	29.969	48.562
7.20	0.795	0.440	0.385	20.0	69.0	111.5	8.750	30.187	48.781
7.30	0.795	0.440	0.385	19.5	69.0	111.5	8.531	30.187	48.781
7.40	0.795	0.440	0.385	19.5	69.0	111.5	8.531	30.187	48.781
7.50	0.800	0.440	0.385	20.0	69.0	111.5	8.750	30.187	48.781
7.60	0.800	0.440	0.385	20.0	69.0	112.0	8.750	30.187	49.000
7.70	0.810	0.440	0.385	20.0	70.0	112.0	8.750	30.625	49.000
7.80	0.820	0.440	0.385	20.0	71.0	112.0	8.750	31.062	49.000
7.90	0.820	0.440	0.385	20.5	72.0	112.5	8.969	31.500	49.219
8.00	0.820	0.440	0.385	20.5	73.0	112.5	8.969	31.937	49.219
8.10	0.825	0.440	0.385	20.5	74.0	113.0	8.969	32.375	49.437
8.20	0.825	0.440	0.385	21.0	75.0	113.0	9.187	32.812	49.437
8.30	0.825	0.440	0.380	21.0	75.0	113.5	9.187	32.812	49.656
8.40	0.825	0.440	0.380	21.0	75.0	113.5	9.187	32.812	49.656
8.50	0.825	0.440	0.380	21.0	75.5	114.0	9.187	33.031	49.875
8.60	0.825	0.440	0.380	21.5	75.5	114.0	9.406	33.031	49.875
8.70	0.825	0.440	0.380	21.5	76.0	114.0	9.406	33.250	49.875

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ สงวนลิขสิทธิ์ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.80	0.825	0.445	0.380	21.5	76.0	114.0	9.406	33.250	49.875
8.90	0.825	0.445	0.380	21.5	76.5	114.0	9.406	33.469	49.875
9.00	0.825	0.445	0.380	21.5	77.0	114.0	9.406	33.687	49.875
9.10	0.825	0.445	0.380	22.0	77.5	114.0	9.625	33.906	49.875
9.20	0.825	0.445	0.380	22.0	78.5	113.5	9.625	34.344	49.656
9.30	0.825	0.445	0.380	22.0	79.0	114.0	9.625	34.562	49.875
9.40	0.825	0.450	0.380	22.0	80.0	115.5	9.625	35.000	50.531
9.50	0.825	0.450	0.380	22.5	80.0	116.0	9.844	35.000	50.750
9.60	0.825	0.450	0.380	22.5	81.0	116.0	9.844	35.437	50.750
9.70	0.825	0.450	0.380	22.5	81.0	116.5	9.844	35.437	50.969
9.80	0.825	0.450	0.380	22.5	82.0	116.0	9.844	35.875	50.750
9.90	0.825	0.450	0.380	22.5	82.0	116.0	9.844	35.875	50.750
10.00	0.825	0.450	0.380	22.5	82.0	116.0	9.844	35.875	50.750

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-7 ดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 0.4% โดยน้ำหนักดินแห้ง (เปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่าง ตัวอย่างที่ 2)

Horizontal displacement (mm.)	Normal Displacement (mm.)			Proving ring reading (Division)			Shear stress (KPa)		
	Depth(m)			Depth(m)			Depth(m)		
	1 m	3 m	5 m	1 m	3 m	5 m	1 m	3 m	5 m
0.00	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000
0.10	0.010	0.010	0.000	4.0	23.0	16.0	1.750	10.062	7.000
0.20	0.030	0.030	0.015	5.0	29.0	30.0	2.187	12.687	13.125
0.30	0.070	0.045	0.035	5.0	32.0	39.0	2.187	14.000	17.062
0.40	0.110	0.070	0.055	6.0	34.0	43.0	2.625	14.875	18.812
0.50	0.150	0.085	0.080	6.0	36.0	47.5	2.625	15.750	20.781
0.60	0.180	0.100	0.110	6.5	38.0	51.0	2.844	16.625	22.312
0.70	0.205	0.120	0.130	7.0	40.0	54.0	3.062	17.500	23.625
0.80	0.240	0.135	0.145	7.5	40.0	57.0	3.281	17.500	24.937
0.90	0.260	0.145	0.160	8.0	42.0	60.0	3.500	18.375	26.250
1.00	0.280	0.165	0.185	8.0	43.0	61.5	3.500	18.812	26.906
1.10	0.300	0.170	0.200	8.0	45.0	66.0	3.500	19.687	28.875
1.20	0.300	0.180	0.215	8.5	46.5	69.0	3.719	20.344	30.187
1.30	0.320	0.190	0.230	9.0	47.0	71.0	3.937	20.562	31.062
1.40	0.360	0.200	0.235	10.0	48.0	76.0	4.375	21.000	33.250
1.50	0.360	0.205	0.255	10.0	48.5	79.0	4.375	21.219	34.562
1.60	0.370	0.215	0.270	10.0	48.5	81.0	4.375	21.219	35.437
1.70	0.390	0.220	0.280	10.5	49.5	82.0	4.594	21.656	35.875
1.80	0.400	0.230	0.290	10.5	51.0	84.5	4.594	22.312	36.969
1.90	0.410	0.235	0.305	11.0	53.0	85.0	4.812	23.187	37.187
2.00	0.420	0.240	0.315	11.0	56.0	86.0	4.812	24.500	37.625
2.10	0.430	0.245	0.325	11.0	56.0	88.5	4.812	24.500	38.719
2.20	0.435	0.250	0.335	11.5	57.0	90.0	5.031	24.937	39.375
2.30	0.440	0.250	0.340	11.5	57.5	92.0	5.031	25.156	40.250

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.40	0.455	0.255	0.350	12.0	58.0	93.0	5.250	25.375	40.687
2.50	0.460	0.255	0.360	12.0	58.0	95.0	5.250	25.375	41.562
2.60	0.460	0.260	0.365	12.5	58.0	97.0	5.469	25.375	42.437
2.70	0.465	0.260	0.370	12.5	58.0	98.0	5.469	25.375	42.875
2.80	0.470	0.270	0.380	12.5	58.5	99.0	5.469	25.594	43.312
2.90	0.470	0.270	0.385	13.0	59.0	99.5	5.687	25.812	43.531
3.00	0.475	0.270	0.390	13.0	59.0	100.0	5.687	25.812	43.750
3.10	0.480	0.270	0.400	13.0	59.0	103.0	5.687	25.812	45.062
3.20	0.485	0.275	0.405	13.0	59.0	105.0	5.687	25.812	45.937
3.30	0.490	0.280	0.410	13.5	59.5	106.0	5.906	26.031	46.375
3.40	0.495	0.280	0.415	13.5	59.5	107.0	5.906	26.031	46.812
3.50	0.500	0.280	0.420	13.5	59.5	108.0	5.906	26.031	47.250
3.60	0.505	0.280	0.425	14.0	60.0	109.0	6.125	26.250	47.687
3.70	0.510	0.285	0.430	15.0	60.0	110.5	6.562	26.250	48.344
3.80	0.510	0.285	0.435	15.0	60.5	112.0	6.562	26.469	49.000
3.90	0.510	0.290	0.440	15.0	61.0	114.0	6.562	26.687	49.875
4.00	0.510	0.290	0.450	15.5	61.0	114.0	6.781	26.687	49.875
4.10	0.510	0.290	0.455	15.5	61.0	115.5	6.781	26.687	50.531
4.20	0.510	0.290	0.460	15.5	61.0	117.0	6.781	26.687	51.187
4.30	0.510	0.290	0.465	16.0	62.0	119.0	7.000	27.125	52.062
4.40	0.515	0.290	0.470	16.0	62.0	119.5	7.000	27.125	52.281
4.50	0.515	0.290	0.475	16.0	63.0	120.0	7.000	27.562	52.500
4.60	0.520	0.290	0.480	16.0	64.5	120.5	7.000	28.219	52.719
4.70	0.520	0.290	0.485	16.0	65.0	121.0	7.000	28.437	52.937
4.80	0.520	0.295	0.490	16.0	65.0	121.5	7.000	28.437	53.156
4.90	0.520	0.290	0.490	16.0	65.0	123.0	7.000	28.437	53.812
5.00	0.520	0.290	0.495	16.0	66.0	123.5	7.000	28.875	54.031
5.10	0.520	0.290	0.500	16.5	66.0	124.0	7.219	28.875	54.250
5.20	0.525	0.285	0.500	16.5	68.0	124.0	7.219	29.750	54.250
5.30	0.525	0.285	0.505	16.5	68.0	124.5	7.219	29.750	54.469
5.40	0.525	0.280	0.510	17.0	69.5	124.5	7.437	30.406	54.469
5.50	0.530	0.280	0.510	17.0	72.0	125.0	7.437	31.500	54.687

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.60	0.530	0.280	0.515	17.0	73.0	124.0	7.437	31.937	54.250
5.70	0.530	0.280	0.515	17.5	73.5	124.0	7.656	32.156	54.250
5.80	0.535	0.280	0.520	17.5	74.5	124.0	7.656	32.594	54.250
5.90	0.535	0.280	0.520	18.0	74.5	124.0	7.875	32.594	54.250
6.00	0.535	0.280	0.520	18.0	74.5	124.0	7.875	32.594	54.250
6.10	0.535	0.280	0.530	18.0	75.0	124.5	7.875	32.812	54.469
6.20	0.540	0.280	0.530	18.5	75.0	125.0	8.094	32.812	54.687
6.30	0.540	0.280	0.530	18.5	75.0	126.0	8.094	32.812	55.125
6.40	0.540	0.280	0.530	19.0	75.0	127.0	8.312	32.812	55.562
6.50	0.540	0.280	0.535	19.0	75.0	127.5	8.312	32.812	55.781
6.60	0.540	0.280	0.540	19.0	75.5	127.5	8.312	33.031	55.781
6.70	0.550	0.280	0.540	19.0	75.5	127.5	8.312	33.031	55.781
6.80	0.550	0.280	0.540	19.0	75.5	127.5	8.312	33.031	55.781
6.90	0.550	0.280	0.545	19.0	76.0	127.5	8.312	33.250	55.781
7.00	0.550	0.280	0.545	19.0	76.5	127.5	8.312	33.469	55.781
7.10	0.550	0.280	0.545	19.0	76.5	127.5	8.312	33.469	55.781
7.20	0.550	0.280	0.545	19.0	76.0	127.0	8.312	33.250	55.562
7.30	0.550	0.280	0.545	19.0	75.0	127.0	8.312	32.812	55.562
7.40	0.550	0.280	0.545	19.0	74.0	127.0	8.312	32.375	55.562
7.50	0.550	0.270	0.545	19.5	73.0	127.0	8.531	31.937	55.562
7.60	0.550	0.270	0.550	19.5	71.0	127.5	8.531	31.062	55.781
7.70	0.550	0.270	0.550	19.5	70.5	127.5	8.531	30.844	55.781
7.80	0.550	0.265	0.550	20.0	70.0	128.0	8.750	30.625	56.000
7.90	0.550	0.265	0.550	20.0	70.0	128.0	8.750	30.625	56.000
8.00	0.550	0.265	0.550	20.0	70.0	129.0	8.750	30.625	56.437
8.10	0.555	0.255	0.550	20.0	70.0	129.0	8.750	30.625	56.437
8.20	0.555	0.250	0.550	20.5	70.0	129.0	8.969	30.625	56.437
8.30	0.555	0.245	0.545	20.5	70.0	129.0	8.969	30.625	56.437
8.40	0.555	0.245	0.545	21.0	70.0	129.0	9.187	30.625	56.437
8.50	0.555	0.240	0.545	21.0	70.0	129.0	9.187	30.625	56.437
8.60	0.555	0.240	0.540	21.0	69.0	129.0	9.187	30.187	56.437
8.70	0.555	0.235	0.540	21.0	69.0	129.0	9.187	30.187	56.437

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ สงวนลิขสิทธิ์ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.80	0.555	0.235	0.530	21.0	68.0	129.0	9.187	29.750	56.437
8.90	0.555	0.235	0.530	21.5	68.5	128.5	9.406	29.969	56.219
9.00	0.555	0.230	0.530	21.5	68.0	128.5	9.406	29.750	56.219
9.10	0.555	0.230	0.530	21.5	68.5	129.0	9.406	29.969	56.437
9.20	0.555	0.230	0.525	21.5	69.0	129.0	9.406	30.187	56.437
9.30	0.555	0.230	0.520	21.5	69.0	131.0	9.406	30.187	57.312
9.40	0.555	0.230	0.520	22.0	69.0	131.0	9.625	30.187	57.312
9.50	0.555	0.230	0.515	22.0	69.5	130.0	9.625	30.406	56.875
9.60	0.555	0.230	0.510	22.0	69.5	129.0	9.625	30.406	56.437
9.70	0.555	0.225	0.505	22.0	69.5	129.0	9.625	30.406	56.437
9.80	0.555	0.225	0.505	22.0	69.5	128.5	9.625	30.406	56.219
9.90	0.550	0.220	0.500	22.0	69.5	128.0	9.625	30.406	56.000
10.00	0.550	0.220	0.500	22.0	70.0	128.0	9.625	30.625	56.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-8 ดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 1% โดยน้ำหนักดินแห้ง (เปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่าง ตัวอย่างที่ 1)

Horizontal displacement (mm.)	Normal Displacement (mm)			Proving ring reading (Division)			Shear stress (KPa)		
	Depth(m)			Depth(m)			Depth(m)		
	1 m	3 m	5 m	1 m	3 m	5 m	1 m	3 m	5 m
0.00	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000
0.10	0.010	0.010	0.010	6.0	10.0	18.0	2.625	4.375	7.875
0.20	0.035	0.020	0.035	7.5	17.0	26.0	3.281	7.437	11.375
0.30	0.050	0.040	0.050	9.0	21.0	32.0	3.937	9.187	14.000
0.40	0.070	0.055	0.080	10.0	23.0	37.0	4.375	10.062	16.187
0.50	0.110	0.085	0.100	10.0	25.0	40.0	4.375	10.937	17.500
0.60	0.140	0.110	0.120	10.5	27.0	43.0	4.594	11.812	18.812
0.70	0.170	0.135	0.140	11.0	28.0	46.0	4.812	12.250	20.125
0.80	0.195	0.160	0.160	11.5	29.5	49.0	5.031	12.906	21.437
0.90	0.215	0.180	0.180	11.5	30.5	51.0	5.031	13.344	22.312
1.00	0.240	0.200	0.195	11.5	31.5	53.0	5.031	13.781	23.187
1.10	0.255	0.215	0.210	12.0	32.5	56.0	5.250	14.219	24.500
1.20	0.270	0.235	0.225	12.5	33.0	58.0	5.469	14.437	25.375
1.30	0.290	0.240	0.240	13.0	34.0	60.0	5.687	14.875	26.250
1.40	0.305	0.250	0.250	14.0	35.0	61.0	6.125	15.312	26.687
1.50	0.325	0.280	0.260	15.0	36.0	63.0	6.562	15.750	27.562
1.60	0.335	0.300	0.280	15.5	37.0	66.0	6.781	16.187	28.875
1.70	0.350	0.305	0.290	15.5	37.5	67.0	6.781	16.406	29.312
1.80	0.365	0.310	0.305	15.5	38.0	69.0	6.781	16.625	30.187
1.90	0.370	0.315	0.315	15.5	39.0	71.0	6.781	17.062	31.062
2.00	0.390	0.320	0.325	16.0	39.0	72.0	7.000	17.062	31.500
2.10	0.405	0.320	0.335	16.0	41.0	73.0	7.000	17.937	31.937
2.20	0.415	0.325	0.345	16.5	42.0	74.0	7.219	18.375	32.375
2.30	0.425	0.330	0.350	16.5	43.0	76.5	7.219	18.812	33.469

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.40	0.435	0.340	0.360	17.0	44.5	78.0	7.437	19.469	34.125
2.50	0.445	0.345	0.370	18.0	45.0	79.0	7.875	19.687	34.562
2.60	0.455	0.350	0.375	18.0	46.0	80.5	7.875	20.125	35.219
2.70	0.465	0.355	0.385	18.0	48.0	82.0	7.875	21.000	35.875
2.80	0.470	0.360	0.390	18.0	49.0	82.5	7.875	21.437	36.094
2.90	0.485	0.370	0.400	17.5	50.0	84.0	7.656	21.875	36.750
3.00	0.495	0.370	0.405	17.5	50.5	86.0	7.656	22.094	37.625
3.10	0.500	0.375	0.410	17.5	50.5	87.0	7.656	22.094	38.062
3.20	0.510	0.380	0.420	18.0	51.0	88.5	7.875	22.312	38.719
3.30	0.515	0.385	0.425	18.5	51.5	89.0	8.094	22.531	38.937
3.40	0.520	0.390	0.430	19.0	52.0	90.5	8.312	22.750	39.594
3.50	0.530	0.395	0.430	19.0	53.0	91.0	8.312	23.187	39.812
3.60	0.540	0.400	0.435	20.0	55.0	92.0	8.750	24.062	40.250
3.70	0.545	0.400	0.440	20.0	56.0	93.0	8.750	24.500	40.687
3.80	0.550	0.400	0.445	20.5	57.0	94.0	8.969	24.937	41.125
3.90	0.555	0.405	0.450	20.5	58.0	95.0	8.969	25.375	41.562
4.00	0.560	0.410	0.455	20.5	59.0	96.0	8.969	25.812	42.000
4.10	0.570	0.410	0.460	21.0	59.5	97.0	9.187	26.031	42.437
4.20	0.575	0.410	0.465	21.5	60.0	98.0	9.406	26.250	42.875
4.30	0.580	0.410	0.470	21.0	60.5	98.5	9.187	26.469	43.094
4.40	0.585	0.415	0.475	21.0	61.5	99.5	9.187	26.906	43.531
4.50	0.590	0.420	0.480	21.0	62.0	101.0	9.187	27.125	44.187
4.60	0.595	0.420	0.480	21.5	62.5	102.0	9.406	27.344	44.625
4.70	0.600	0.420	0.485	21.5	63.0	103.0	9.406	27.562	45.062
4.80	0.600	0.420	0.490	22.0	64.0	104.0	9.625	28.000	45.500
4.90	0.605	0.420	0.490	22.5	63.5	105.0	9.844	27.781	45.937
5.00	0.610	0.425	0.490	22.5	63.0	106.0	9.844	27.562	46.375
5.10	0.615	0.425	0.495	23.0	63.0	107.0	10.062	27.562	46.812
5.20	0.615	0.425	0.500	23.5	63.0	108.0	10.281	27.562	47.250
5.30	0.615	0.430	0.500	24.0	64.0	109.0	10.500	28.000	47.687
5.40	0.620	0.430	0.500	24.0	64.0	110.0	10.500	28.000	48.125
5.50	0.625	0.430	0.505	24.0	65.0	110.5	10.500	28.437	48.344

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ สงวนลิขสิทธิ์ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.60	0.630	0.430	0.505	24.5	66.0	111.0	10.719	28.875	48.562
5.70	0.635	0.430	0.505	25.0	66.0	111.5	10.937	28.875	48.781
5.80	0.635	0.430	0.505	25.5	67.0	112.0	11.156	29.312	49.000
5.90	0.640	0.430	0.510	25.5	67.5	112.5	11.156	29.531	49.219
6.00	0.640	0.430	0.510	25.5	67.0	113.0	11.156	29.312	49.437
6.10	0.645	0.430	0.510	26.0	67.0	114.0	11.375	29.312	49.875
6.20	0.645	0.430	0.515	26.0	67.0	114.0	11.375	29.312	49.875
6.30	0.645	0.435	0.515	26.0	67.0	114.0	11.375	29.312	49.875
6.40	0.655	0.435	0.515	26.0	67.5	115.0	11.375	29.531	50.312
6.50	0.655	0.435	0.515	26.5	67.5	116.0	11.594	29.531	50.750
6.60	0.655	0.435	0.515	27.0	67.0	117.0	11.812	29.312	51.187
6.70	0.655	0.440	0.515	26.5	67.0	117.5	11.594	29.312	51.406
6.80	0.655	0.440	0.515	27.0	68.0	118.0	11.812	29.750	51.625
6.90	0.660	0.440	0.515	27.0	68.0	119.0	11.812	29.750	52.062
7.00	0.660	0.440	0.515	27.0	68.0	120.0	11.812	29.750	52.500
7.10	0.660	0.440	0.520	27.0	68.5	121.0	11.812	29.969	52.937
7.20	0.660	0.440	0.520	26.5	69.0	121.5	11.594	30.187	53.156
7.30	0.665	0.440	0.520	27.5	69.0	122.5	12.031	30.187	53.594
7.40	0.665	0.440	0.520	27.5	69.0	123.0	12.031	30.187	53.812
7.50	0.665	0.440	0.520	28.0	69.0	124.0	12.250	30.187	54.250
7.60	0.665	0.440	0.520	28.0	69.0	124.0	12.250	30.187	54.250
7.70	0.665	0.440	0.520	28.0	70.0	125.0	12.250	30.625	54.687
7.80	0.670	0.440	0.520	26.5	71.0	126.0	11.594	31.062	55.125
7.90	0.670	0.440	0.520	26.0	72.0	127.0	11.375	31.500	55.562
8.00	0.675	0.440	0.520	25.5	73.0	127.5	11.156	31.937	55.781
8.10	0.675	0.440	0.520	25.5	74.0	128.0	11.156	32.375	56.000
8.20	0.680	0.440	0.520	26.0	75.0	129.0	11.375	32.812	56.437
8.30	0.680	0.440	0.520	27.0	75.0	130.0	11.812	32.812	56.875
8.40	0.685	0.440	0.520	26.5	75.0	130.0	11.594	32.812	56.875
8.50	0.690	0.440	0.520	27.5	75.5	130.5	12.031	33.031	57.094
8.60	0.690	0.440	0.520	27.5	75.5	131.5	12.031	33.031	57.531
8.70	0.690	0.440	0.520	27.5	76.0	133.0	12.031	33.250	58.187

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.80	0.695	0.445	0.520	27.5	76.0	134.0	12.031	33.250	58.625
8.90	0.695	0.445	0.520	27.5	76.5	135.5	12.031	33.469	59.281
9.00	0.695	0.445	0.520	28.0	77.0	136.5	12.250	33.687	59.719
9.10	0.695	0.445	0.520	28.0	77.5	137.0	12.250	33.906	59.937
9.20	0.695	0.445	0.520	27.5	78.5	139.0	12.031	34.344	60.812
9.30	0.695	0.445	0.520	27.0	79.0	140.0	11.812	34.562	61.250
9.40	0.700	0.450	0.520	27.5	80.0	140.5	12.031	35.000	61.469
9.50	0.700	0.450	0.520	27.5	80.0	141.5	12.031	35.000	61.906
9.60	0.700	0.450	0.520	27.5	81.0	141.5	12.031	35.437	61.906
9.70	0.700	0.450	0.520	28.0	81.0	142.0	12.250	35.437	62.125
9.80	0.700	0.450	0.520	28.5	82.0	143.0	12.469	35.875	62.562
9.90	0.700	0.450	0.520	28.5	82.0	143.0	12.469	35.875	62.562
10.00	0.700	0.450	0.520	27.5	82.0	144.0	12.031	35.875	63.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-9 ดินลูกรังผสมเศษขยะพลาสติก 1% โดยน้ำหนักดินแห้ง (เปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่าง ตัวอย่างที่ 2)

Horizontal displacement (mm)	Normal Displacement (mm)			Proving ring reading (Division)			Shear stress (KPa)		
	Depth(m)			Depth(m)			Depth(m)		
	1 m	3 m	5 m	1 m	3 m	5 m	1 m	3 m	5 m
0.00	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000
0.10	0.005	0.010	0.010	1.0	1.0	2.0	0.437	0.437	0.875
0.20	0.010	0.010	0.010	4.5	12.0	8.0	1.969	5.250	3.500
0.30	0.030	0.010	0.030	6.0	15.0	15.0	2.625	6.562	6.562
0.40	0.060	0.020	0.060	7.5	18.0	24.0	3.281	7.875	10.500
0.50	0.070	0.045	0.080	8.0	22.0	31.0	3.500	9.625	13.562
0.60	0.085	0.070	0.105	9.0	23.0	35.0	3.937	10.062	15.312
0.70	0.110	0.100	0.135	9.5	24.0	37.0	4.156	10.500	16.187
0.80	0.130	0.120	0.150	10.0	26.0	43.0	4.375	11.375	18.812
0.90	0.140	0.150	0.160	10.0	27.0	44.0	4.375	11.812	19.250
1.00	0.150	0.170	0.190	10.5	28.5	46.5	4.594	12.469	20.344
1.10	0.150	0.190	0.225	10.5	29.5	52.0	4.594	12.906	22.750
1.20	0.160	0.210	0.250	11.0	30.0	54.0	4.812	13.125	23.625
1.30	0.160	0.220	0.270	11.0	30.5	55.0	4.812	13.344	24.062
1.40	0.170	0.240	0.295	11.5	31.0	58.0	5.031	13.562	25.375
1.50	0.170	0.250	0.315	11.5	32.5	62.0	5.031	14.219	27.125
1.60	0.175	0.265	0.330	11.5	34.0	64.0	5.031	14.875	28.000
1.70	0.175	0.265	0.345	11.5	35.0	64.5	5.031	15.312	28.219
1.80	0.180	0.280	0.355	11.5	36.5	65.0	5.031	15.969	28.437
1.90	0.185	0.290	0.370	12.0	37.0	66.0	5.250	16.187	28.875
2.00	0.185	0.300	0.375	12.0	38.0	68.0	5.250	16.625	29.750
2.10	0.185	0.310	0.380	12.0	38.5	70.0	5.250	16.844	30.625
2.20	0.190	0.320	0.390	12.5	40.0	72.0	5.469	17.500	31.500
2.30	0.190	0.330	0.395	12.5	40.5	73.5	5.469	17.719	32.156

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.40	0.190	0.335	0.400	12.5	41.0	76.0	5.469	17.937	33.250
2.50	0.190	0.345	0.405	12.5	42.0	77.0	5.469	18.375	33.687
2.60	0.190	0.350	0.415	12.5	42.5	79.0	5.469	18.594	34.562
2.70	0.190	0.360	0.425	13.0	43.0	80.0	5.687	18.812	35.000
2.80	0.190	0.365	0.430	13.0	44.0	81.0	5.687	19.250	35.437
2.90	0.190	0.370	0.435	13.0	45.0	83.0	5.687	19.687	36.312
3.00	0.190	0.380	0.440	13.0	45.5	84.0	5.687	19.906	36.750
3.10	0.190	0.390	0.445	13.0	46.0	85.0	5.687	20.125	37.187
3.20	0.190	0.395	0.450	13.5	46.5	86.0	5.906	20.344	37.625
3.30	0.190	0.395	0.455	13.5	47.0	88.0	5.906	20.562	38.500
3.40	0.190	0.400	0.460	13.5	47.5	89.0	5.906	20.781	38.937
3.50	0.190	0.400	0.465	13.5	48.0	90.0	5.906	21.000	39.375
3.60	0.190	0.410	0.470	13.5	49.0	91.0	5.906	21.437	39.812
3.70	0.190	0.410	0.470	13.5	50.0	92.0	5.906	21.875	40.250
3.80	0.190	0.415	0.480	14.0	50.5	94.0	6.125	22.094	41.125
3.90	0.190	0.420	0.490	14.0	51.0	95.5	6.125	22.312	41.781
4.00	0.190	0.425	0.495	14.0	52.0	97.0	6.125	22.750	42.437
4.10	0.190	0.425	0.495	14.0	52.0	98.0	6.125	22.750	42.875
4.20	0.190	0.430	0.495	14.0	52.5	99.0	6.125	22.969	43.312
4.30	0.190	0.430	0.500	14.0	53.0	100.0	6.125	23.187	43.750
4.40	0.190	0.430	0.500	14.5	54.0	101.0	6.344	23.625	44.187
4.50	0.190	0.430	0.505	15.0	54.0	101.5	6.562	23.625	44.406
4.60	0.190	0.430	0.505	15.0	54.5	103.0	6.562	23.844	45.062
4.70	0.190	0.430	0.510	15.0	55.0	104.0	6.562	24.062	45.500
4.80	0.190	0.430	0.510	15.0	57.0	104.5	6.562	24.937	45.719
4.90	0.190	0.430	0.510	15.0	58.5	105.0	6.562	25.594	45.937
5.00	0.190	0.435	0.520	15.0	59.5	106.0	6.562	26.031	46.375
5.10	0.190	0.435	0.525	15.5	60.0	106.0	6.781	26.250	46.375
5.20	0.190	0.435	0.530	15.5	60.0	106.0	6.781	26.250	46.375
5.30	0.190	0.435	0.530	15.5	60.5	107.5	6.781	26.469	47.031
5.40	0.190	0.435	0.535	15.5	61.0	108.0	6.781	26.687	47.250
5.50	0.190	0.440	0.535	15.5	61.5	109.5	6.781	26.906	47.906

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ สงวนลิขสิทธิ์ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ภายนอก

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.60	0.190	0.440	0.540	16.0	63.0	110.0	7.000	27.562	48.125
5.70	0.190	0.440	0.540	16.5	63.5	110.5	7.219	27.781	48.344
5.80	0.190	0.440	0.545	16.5	64.0	112.0	7.219	28.000	49.000
5.90	0.190	0.440	0.545	16.5	64.0	113.0	7.219	28.000	49.437
6.00	0.190	0.440	0.545	16.5	64.5	113.5	7.219	28.219	49.656
6.10	0.190	0.440	0.550	16.5	65.0	114.5	7.219	28.437	50.094
6.20	0.190	0.440	0.550	16.5	65.5	115.5	7.219	28.656	50.531
6.30	0.190	0.440	0.550	17.0	66.0	116.5	7.437	28.875	50.969
6.40	0.190	0.440	0.555	17.0	66.0	117.0	7.437	28.875	51.187
6.50	0.190	0.440	0.555	17.0	67.0	118.0	7.437	29.312	51.625
6.60	0.190	0.440	0.560	17.5	68.0	119.0	7.656	29.750	52.062
6.70	0.190	0.440	0.560	17.5	69.0	120.0	7.656	30.187	52.500
6.80	0.190	0.440	0.560	18.0	69.5	121.0	7.875	30.406	52.937
6.90	0.190	0.440	0.560	18.0	70.0	121.5	7.875	30.625	53.156
7.00	0.190	0.440	0.560	18.0	71.0	122.0	7.875	31.062	53.375
7.10	0.190	0.440	0.560	18.0	71.0	122.5	7.875	31.062	53.594
7.20	0.190	0.440	0.560	18.5	71.5	123.5	8.094	31.281	54.031
7.30	0.190	0.440	0.560	18.5	72.0	124.5	8.094	31.500	54.469
7.40	0.190	0.440	0.565	18.5	72.0	125.0	8.094	31.500	54.687
7.50	0.190	0.440	0.565	18.5	72.5	125.5	8.094	31.719	54.906
7.60	0.185	0.440	0.565	18.5	73.0	126.5	8.094	31.937	55.344
7.70	0.185	0.440	0.565	18.5	74.0	127.5	8.094	32.375	55.781
7.80	0.185	0.440	0.565	19.0	75.0	128.0	8.312	32.812	56.000
7.90	0.185	0.440	0.565	19.0	75.5	129.0	8.312	33.031	56.437
8.00	0.185	0.435	0.565	19.0	75.5	130.0	8.312	33.031	56.875
8.10	0.185	0.435	0.565	19.0	76.0	131.0	8.312	33.250	57.312
8.20	0.185	0.435	0.565	19.0	76.0	131.5	8.312	33.250	57.531
8.30	0.185	0.430	0.570	19.5	77.0	132.0	8.531	33.687	57.750
8.40	0.185	0.430	0.570	20.0	77.0	133.0	8.750	33.687	58.187
8.50	0.185	0.430	0.570	20.0	77.0	134.0	8.750	33.687	58.625
8.60	0.180	0.430	0.570	20.0	77.0	134.5	8.750	33.687	58.844
8.70	0.180	0.425	0.570	20.5	77.0	135.0	8.969	33.687	59.062

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ สงวนลิขสิทธิ์ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.80	0.180	0.420	0.570	21.0	77.0	135.5	9.187	33.687	59.281
8.90	0.180	0.420	0.570	21.5	77.5	136.0	9.406	33.906	59.500
9.00	0.180	0.420	0.570	21.5	77.5	136.0	9.406	33.906	59.500
9.10	0.180	0.420	0.565	21.5	78.0	136.5	9.406	34.125	59.719
9.20	0.180	0.405	0.565	22.0	78.0	136.5	9.625	34.125	59.719
9.30	0.180	0.400	0.560	22.0	78.0	137.0	9.625	34.125	59.937
9.40	0.180	0.395	0.560	22.0	78.5	137.0	9.625	34.344	59.937
9.50	0.180	0.390	0.560	22.0	78.5	137.0	9.625	34.344	59.937
9.60	0.180	0.380	0.555	22.5	78.5	137.0	9.844	34.344	59.937
9.70	0.180	0.375	0.555	22.5	79.0	137.0	9.844	34.562	59.937
9.80	0.180	0.370	0.550	22.5	79.0	137.5	9.844	34.562	60.156
9.90	0.180	0.365	0.550	23.0	79.0	138.0	10.062	34.562	60.375
10.00	0.180	0.360	0.550	23.0	79.0	139.0	10.062	34.562	60.812

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-1 ตารางการคาดคะเนกำลังรับแรงเฉือนของดินลูกรังผสมพลาสติก

Percent plastic	depth	σ_n (KPa)	α	n	χ	$c, i\phi$	ϕ	$\tan\phi$	S (KPa)
0.0	1.00	14.59	1.00	52.00	0.000	0.80	30.11	0.58	8.46
	3.00	43.78	1.00	52.00	0.000	0.80	30.11	0.58	25.39
	5.00	71.78	1.00	52.00	0.000	0.80	30.11	0.58	41.63
0.2	1.00	14.59	1.00	52.00	0.002	0.80	30.11	0.58	9.17
	3.00	43.78	1.00	52.00	0.002	0.80	30.11	0.58	27.50
	5.00	71.78	1.00	52.00	0.002	0.80	30.11	0.58	45.09
0.4	1.00	14.59	1.00	52.00	0.004	0.80	30.11	0.58	9.87
	3.00	43.78	1.00	52.00	0.004	0.80	30.11	0.58	29.61
	5.00	71.78	1.00	52.00	0.004	0.80	30.11	0.58	48.55
1.0	1.00	14.59	1.00	52.00	0.010	0.80	30.11	0.58	11.98
	3.00	43.78	1.00	52.00	0.010	0.80	30.11	0.58	35.95
	5.00	71.78	1.00	52.00	0.010	0.80	30.11	0.58	58.94
2.0	1.00	14.59	1.00	52.00	0.020	0.80	30.11	0.58	15.50
	3.00	43.78	1.00	52.00	0.020	0.80	30.11	0.58	46.51
	5.00	71.78	1.00	52.00	0.020	0.80	30.11	0.58	76.26

หมายเหตุ

$$S_{eq,p} = (1 + \alpha \cdot \eta \cdot \chi \cdot c_{i,c}) \cdot c + (1 + \alpha \cdot \eta \cdot \chi \cdot c_{i,\phi}) \sigma_n$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ	$S_{eq,p}$	=	กำลังรับแรงเฉือน
	σ_n	=	ความเค้นปกติเฉลี่ยที่กระทำต่อเส้นใย
	C	=	ค่าความเชื่อมแน่นของดิน
	$C_{i,c}$	=	$\frac{\text{ค่าความเชื่อมแน่นของเส้นใย}(a)}{\text{ค่าความเชื่อมแน่นของดิน}(C)}$
	$C_{i,\phi}$	=	ค่าองค์ประกอบความเสียดทาน = $\frac{\tan(\text{มุมเสียดทานของเส้นใย})}{\tan(\text{มุมเสียดทานของดิน})}$
	α	=	ค่าสัมประสิทธิ์เชิงประจักษ์ที่ใช้อธิบายการวางตัวของเส้นใย = 1
	n	=	$\frac{\text{ความยาวของเส้นใย}}{\text{เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใย}}$
	χ	=	$\frac{\text{น้ำหนักของเส้นใย}}{\text{น้ำหนักของดินแห้ง}}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้