

การศึกษาความคงทนของกระสอบพลาสติกแบบมีปีก DURABILITY OF PLASTIC FLAPPED SOIL BAGS

ชิตพล วงศ์สกุลเกียรติ^{1,*}, อภินิติ โชติสังกา¹, อรทัย จงประทีป² และ ศิริประภา ปิติภัทรบูรณ์²

¹ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย

²ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย

*Corresponding author address: chidpon.wo@ku.th

บทคัดย่อ

ดินถล่มเป็นเหตุการณ์ที่สร้างความเสียหายให้แก่มนุษย์และทรัพย์สินเป็นอย่างมาก การนำกระสอบมีปีกมาประยุกต์ใช้ป้องกันและปรับปรุงเสถียรภาพของลาดดินจัดเป็นวิธีที่เหมาะสมรูปแบบหนึ่ง กระสอบมีปีกถูกออกแบบให้มีส่วนปีกเพื่อเสริมแรงยึดเหนี่ยวระหว่างกัน การนำไปใช้งานไม่ซับซ้อน การประยุกต์ใช้งานในสภาพแวดล้อมระยะยาวจึงจำเป็นต้องศึกษาวิเคราะห์ความคงทนของกระสอบมีปีก โดยงานวิจัยนำเสนอผลการทดสอบรูปแบบของกระสอบมีปีกที่มีการพัฒนาขึ้นสองรูปแบบได้แก่ ก) กระสอบมีปีกแบบเดิม(ผลิตจากเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง และโพลีโพรพิลีน) ข) กระสอบมีปีกแบบเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม(ผลิตจากเม็ดพลาสติกรีไซเคิล) การทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของกระสอบมีปีก คือ การทดสอบกำลังรับแรงดึง การทดสอบกำลังต้านทานการเจาะทะลุ การทดสอบความทนต่อสภาวะแวดล้อมโดยวิธีเร่งสภาวะ และวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง ผลของการศึกษาวิจัยแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของคุณสมบัติทางวิศวกรรมของกระสอบมีปีกในแต่ละรูปแบบข้างต้นในระยะยาวและข้อจำกัดในการนำกระสอบมีปีกมาประยุกต์ใช้ในงานวิศวกรรมปฐพี

คำสำคัญ: กระสอบมีปีก, เม็ดพลาสติกรีไซเคิล, แผ่นวัสดุใยสังเคราะห์, ความคงทน

Abstract

Landslides are extremely damaging to humans and property. The application of flapped soil bags to prevent and improve soil slope stability is one of the appropriate methods in this regard. The flapped soil bags are designed with a wing section to strengthen the bond between them, and implementation is not complicated. For long-term applications, the durability of the winged sacks is required. This research presented the results of two developed models of the winged sack: A) original flapped soil bag made of (HDPE/PP) B) flapped soil bag made of recycled plastic. The laboratory tests include tensile tests, puncture tests, effect of exposure using fluorescent UV condensation apparatus and optical microscope. The test results illustrate the long-term trend of the engineering properties of flapped soil bags in each of the above models and the limitations on the application of flapped soil bags in geotechnical engineering application.

Keywords: flapped soil bag, recycled plastic, geotextile sheet, durability

1. บทนำ

กระสอบพลาสติกแบบมีปีก เป็นโครงการร่วมมือระหว่างมูลนิธิชัยพัฒนา สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร(องค์การมหาชน) กรมทรัพยากรธรณี และบริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด(มหาชน) ถูกนำไปใช้ประโยชน์หลากหลาย อาทิเช่น เพื่อป้องกันดินถล่มในบริเวณที่ลาดชัน ป้องกันการกัดเซาะของน้ำตามแนวตลิ่ง รวมถึงการทำฝายชะลอความเร็วของน้ำ ก่อไกรและคัน (2556) ทำการศึกษาคุณสมบัติการรับแรงของกระสอบพลาสติกแบบมีปีกพบว่า กระสอบพลาสติกแบบมีปีกมีกำลังยึดเหนี่ยวระหว่างกระสอบสูงกว่ากระสอบธรรมดาอย่างมากโดยมุมเสียดทานภายในมีค่ามากกว่ากระสอบธรรมดาถึง 3 เท่า เนื่องจากจุดเด่นของกระสอบพลาสติกแบบมีปีกเมื่อวางเรียงซ้อนทับกันส่วนปีกจะช่วยเสริมแรงยึดเหนี่ยวระหว่างกระสอบ วัสดุในพื้นที่สามารถ

นำมาบรรจุในกระสอบได้ น้ำหนักเบาขนย้ายสะดวก เหมาะสำหรับกรณีฉุกเฉิน การเรียงกระสอบสามารถทำได้โดยแรงงานคนไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องจักรก่อสร้างพิเศษ

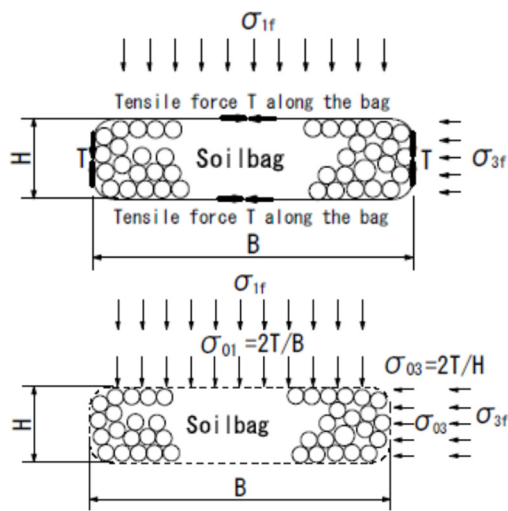
โดยทั่วไปกระสอบพลาสติกจะรวมอยู่ในโครงสร้างชั่วคราวเนื่องจากมีแนวโน้มที่จะเสื่อมสภาพเมื่อได้รับแสงแดดเป็นเวลานาน แต่กระสอบพลาสติกแบบมีปีกได้รับการออกแบบให้ทนทานต่อรังสี UV นานถึง 15 ปี (เอกสารแนะนำกระสอบพลาสติกแบบมีปีก บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด(มหาชน)) จากประเด็นข้างต้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาวิเคราะห์ความคงทนของกระสอบพลาสติกแบบมีปีกเมื่อระยะเวลาผ่านไป โดยวิธีการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงดึง การทดสอบกำลังต้านทานการเจาะทะลุเปรียบเทียบตามอายุการใช้งาน

2. วิธีวิจัย

2.1. ทฤษฎี

Matsuoka & Liu (2006) ได้นิยามมุมระหว่างทิศทางของน้ำหนักรกระทำกับกระสอบดิน ในแนวตั้ง (σ_{1f}) และแนวราบ (σ_{3f}) จนถึงจุดพิบัติ กระสอบจะเกิดการยุบตัวในแนวตั้งและพองตัวในแนวด้านข้าง ทำให้เกิดแรงตึง (T) ที่ผิวกระสอบ เสมือนกับหน่วยแรงรอบข้าง เมื่อ B และ H หมายถึงความกว้างและความสูงของกระสอบแสดงดังรูปที่ 1 สามารถคำนวณได้โดยสมการที่ (1) จากเงื่อนไขการพิบัติ Mohr-coloumb

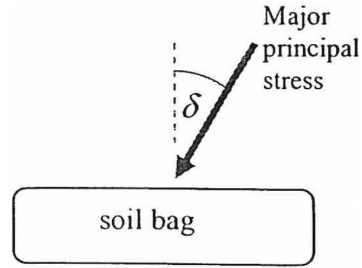
$$\sigma_{1f} = \sigma_{3f} K_p + \frac{2T}{B} \left(\frac{B}{H} K_p - 1 \right) \quad (1)$$



รูปที่ 1 การวิเคราะห์แรงที่กระทำบนกระสอบดิน (Soilbag) และอนุภาคดินในกระสอบ (ที่มา Matsuoka & Liu ,(2006))

Matsuoka & Liu (2006) ได้เสนอวิธีพิจารณากำลัังที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากแรงตึงในวัสดุกระสอบในลักษณะ Cohesion (c) จากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ ค่า $c(\delta)$ เป็นฟังก์ชันกับทิศทางของหน่วยแรงหลัก (Major principal stress) ที่กระทำกับกระสอบแสดงดังรูปที่ 2 จะเห็นได้ว่ากระสอบจะรับแรงได้มากที่สุดหากค่ามุม $\delta = 0$ องศา และไม่ช่วยรับแรงเลยเมื่อหน่วยแรงหลักกระทำตั้งฉาก ($\delta = 90$ องศา) กับด้านสั้นของกระสอบ โดยค่า c มากที่สุดแสดงดังสมการ (2)

$$c = \frac{T}{B\sqrt{K_p}} \left(\frac{B}{H} K_p - 1 \right) \quad (2)$$



รูปที่ 2 นิยามมุม δ แสดงทิศทางของหน่วยแรงหลัก (Major principal stress) ที่กระทำกับแนวการเรียงกระสอบ (ที่มา อภินิติ โชติสังกาศ (2013))

2.2. วัสดุ

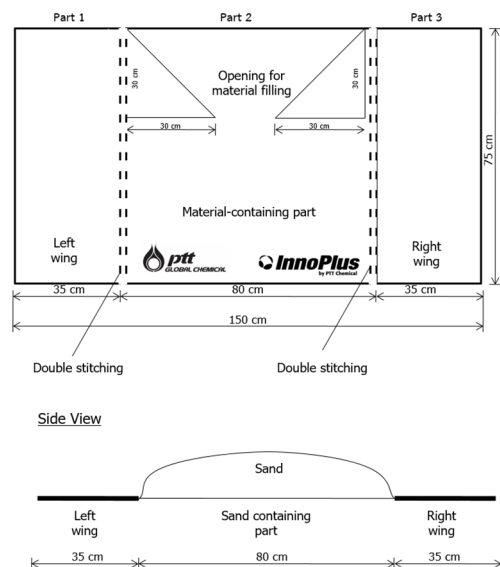
กระสอบพลาสติกแบบมีปีก เป็นแผ่นใยสังเคราะห์ชนิดถักทอ ลักษณะของเส้นใยที่ได้จึงเรียงตัวเป็นระเบียบ ปากกระสอบไม่ต้องมัดเพื่อปิดปากกระสอบ การออกแบบเพิ่มปีกเย็บประกอบแบบเชื่อมคู่กับตัวกระสอบ แสดงดังรูปที่ 3 รวมทั้งการเติมสารป้องกันแสง UV เพื่อเพิ่มอายุการใช้งานได้นานยิ่งขึ้น โดยงานวิจัยนำเสนอผลการทดสอบรูปแบบของกระสอบมีปีกที่มีการพัฒนาขึ้นสองรูปแบบได้แก่

2.2.1. กระสอบมีปีกแบบเดิม

กระสอบมีปีกแบบเดิม ผลิตจากจากเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง และโพลีพรพิลีน

2.2.2. กระสอบมีปีกแบบเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

กระสอบมีปีกแบบเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ผลิตจากเม็ดพลาสติกรีไซเคิล



รูปที่ 3 ขนาดกระสอบพลาสติกแบบมีปีก โดยบริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด(มหาชน)

2.3. วิธีการ

2.3.1. การทดสอบหาน้ำหนักต่อหน่วย (UNIT WEIGHT)

ทดสอบหาน้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่ของวัสดุกระสอบมีปีก กระสอบมีปีกแบบเต็ม(ผลิตจากเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง และโพลีโพรพิลีน) และกระสอบมีปีกแบบเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม(ผลิตจากเม็ดพลาสติกกรีไซเคิล) ตาม ASTM D5261 วิธีทดสอบมาตรฐานสำหรับการวัดมวลต่อหน่วยพื้นที่ของ GEOTEXTILES โดยการนำชิ้นงานทดสอบหาค่ากำลังรับแรงดึง ชิ้นงานทดสอบหาค่ากำลังต้านทานการเจาะทะลุ และชิ้นงานทดสอบการเร่งสภาวะในห้องปฏิบัติการ ซึ่งน้ำหนักและคำนวณหาค่าน้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่ โดยเครื่องชั่งความละเอียด 0.01 กรัม น้ำหนักของชิ้นตัวอย่างมีหน่วยกรัมต่อ พื้นที่ชิ้นงานหน่วยเป็นตารางมิลลิเมตร นำมาสรุปรายงานข้อมูลมวลต่อหน่วยพื้นที่

2.3.2. การทดสอบหาค่ากำลังรับแรงดึง (TENSILE PROPERTIES)

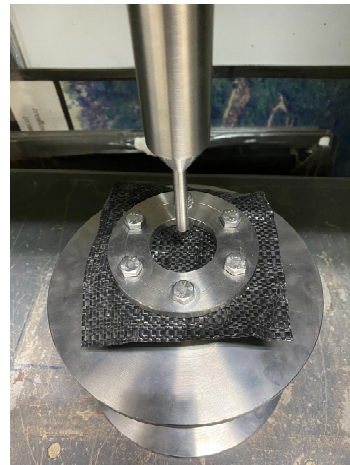
การทดสอบหาค่ากำลังรับแรงดึงของวัสดุกระสอบมีปีก กระสอบมีปีกแบบเต็ม(ผลิตจากเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง และโพลีโพรพิลีน) และกระสอบมีปีกแบบเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม(ผลิตจากเม็ดพลาสติกกรีไซเคิล) เปรียบเทียบมาตรฐาน ASTM D882 เตรียมชิ้นงานตัวอย่างจำนวน 10 ชิ้นงาน โดยแบ่งเป็นชิ้นทดสอบทิศทางขนานกับทิศทางการผลิต(Machine Direction , MD) 5 ชิ้นงาน และชิ้นทดสอบทิศทางตั้งฉากกับทิศทางการผลิต (Cross-Machine Direction , CD) 5 ชิ้นงาน ขนาดกว้าง 25.4 มิลลิเมตร ยาว 101.6 มิลลิเมตร เพื่อใช้ทดสอบในห้องปฏิบัติการ ดังรูปที่ 4 ทดสอบที่ความเร็วเครื่อง 150 มิลลิเมตรต่อนาที ผลการทดสอบที่ได้คือค่ากำลังรับแรงดึงเฉลี่ยทั้งในทิศทางขนานกับทิศทางการผลิตและทิศทางตั้งฉากกับทิศทางการผลิต



รูปที่ 4 การทดสอบหาค่ากำลังรับแรงดึง

2.3.3. การทดสอบหาค่ากำลังต้านทานการเจาะทะลุ (PIN PUNCTURE RESISTANCE)

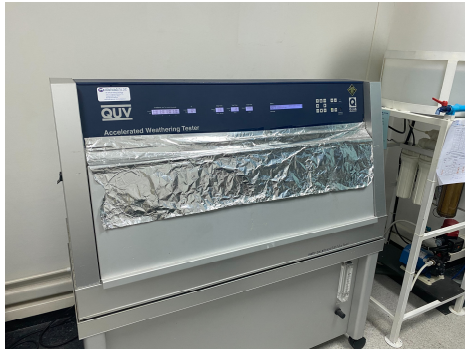
การทดสอบหาค่ากำลังต้านทานการเจาะทะลุ เป็นการทดสอบคุณสมบัติสำคัญสำหรับ Geotextile โดยการทดสอบใช้เครื่องมือตามข้อกำหนดของ ASTM D4833 ขั้นตอนการทดสอบ คือ เตรียมชิ้นงานขนาด 127 x 127 มิลลิเมตร ยึดเข้ากับฐานจับชิ้นงาน (Ring Clamp) ที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 45 มิลลิเมตร และหัวเจาะชิ้นงานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 8 มิลลิเมตร ส่วนปลายหัวเจาะถูกกลมมุม (Chamfer) ขนาด 0.8 มิลลิเมตร ปรับตำแหน่งหัวเจาะกึ่งกลางชิ้นงาน ดังรูปที่ 5 ความเร็วในการเจาะทะลุ 150 มิลลิเมตรต่อนาที อ่านค่ากำลังต้านทานการเจาะทะลุสูงส่งสุด นำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบ



รูปที่ 5 การทดสอบหาค่ากำลังต้านทานการเจาะทะลุ

2.3.4. การทดสอบความทนต่อสภาวะแวดล้อมโดยวิธีเร่งสภาวะ (EFFECT OF EXPOSURE OF UNREINFORCED POLYOLEFIN GEOMEMBRANE USING FLUORESCENT UV CONDENSATION APPA-RATUS)

การทดสอบความทนต่อสภาวะแวดล้อมโดยวิธีเร่งสภาวะ คือ การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุโดยการจำลองสภาวะอากาศที่จะทำให้วัสดุเสื่อมสภาพ อันเนื่องมาจากแสงแดด ความชื้น สภาวะอากาศและความร้อน มาตรฐาน ASTM D7238 ขั้นตอนทดสอบนำชิ้นงานใส่ในเครื่อง QUV แสดงดังรูปที่ 6 กำหนดระดับการฉายรังสี 0.78 วัตต์ต่อเมตรกำลังสองนาโนเมตร ที่ความยาวคลื่น 340 นาโนเมตร ระยะเวลา 20 ชั่วโมงต่อวัน ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส สลับกับการสร้างการควบแน่นของน้ำ ระยะเวลา 4 ชั่วโมงต่อวัน โดยระยะเวลาการทดสอบทั้งหมด 20 วัน เตรียมชิ้นงานจำนวน 5 ชิ้นตัวอย่างทิศทางขนานกับทิศทางการผลิต(MD) และนำชิ้นงานดังกล่าวทดสอบหาค่ากำลังรับแรงดึง ผลการทดสอบที่ได้คือค่ากำลังรับแรงดึงเฉลี่ยในทิศทางขนานกับทิศทางการผลิต(MD)



รูปที่ 6 การทดสอบการเร่งสภาพด้วยแสงยูวี

2.3.5. การส่องกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง(OPTICAL MICROSCOPE)

การทดสอบส่องกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงเป็นการทดสอบรูปแบบหนึ่งที่ใช้แสงเป็นตัวช่วยในการทำให้มองเห็นภาพ โดยแสงจะวิ่งผ่านระบบเลนส์ต่างๆ และมีการส่องไปที่วัตถุก่อนที่แสงจะส่องผ่านเข้าสู่สายตาเรา ใช้ดูลักษณะพื้นผิวของกระสอบมีปีกแบบเดิม อายุการใช้งานในสนาม 1, 94 และ 2063 วัน และพื้นผิวการเร่งสภาพในห้องปฏิบัติการอายุ 20 วัน กระสอบมีปีกแบบเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมอายุการใช้งาน 1 และทดสอบการเร่งสภาพในห้องปฏิบัติการเป็นระยะเวลา 20 วัน บันทึกรูปภาพในรูปแบบสองมิติโดยกำหนดกำลังขยาย 5 เท่า นำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบ

3. ผลการทดสอบ

3.1. ผลการทดสอบหาน้ำหนักต่อหน่วย(UNIT WEIGHT)

ค่าน้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่ของวัสดุกระสอบมีปีกแบบเดิมพบว่ามีความโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แสดงดังตารางที่ 1 ค่าน้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่ในการเร่งสภาพในห้องปฏิบัติการพบว่ากระสอบมีปีกแบบเดิมและกระสอบมีปีกแบบเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ผลทดสอบหาน้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่ของวัสดุกระสอบมีปีกแบบเดิม

Original flapped soil bag made of (HDPE/PP)			
Age (days)	Unit weight (g/m ²)		
	Tensile tests	Puncture tests	Average
1	165.85 (S.D.=1.63)	164.05 (S.D.=3.21)	165.25 (S.D.=2.33)
94*	180.58 (S.D.=2)	179.06 (S.D.=4.26)	180.07 (S.D.=2.88)
2063**	168.18 (S.D.=4.17)	169.88 (S.D.=7.18)	168.74 (S.D.=5.15)

*กระสอบมีปีกแบบเดิม อายุ 94 วัน ตัวอย่างชิ้นงานจาก

บ้านอีต่อง ต.ปี่อ็อก อ.ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี

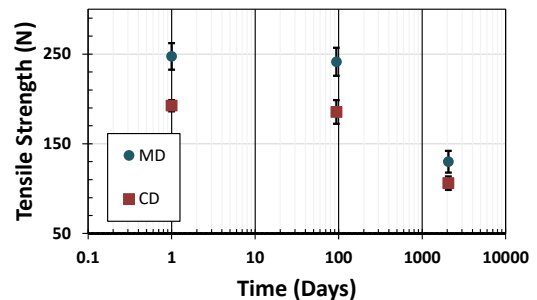
**กระสอบมีปีกแบบเดิม อายุ 5 ปี 8 เดือน ตัวอย่างชิ้นงานจากบ้านผามูบ ต.แม่พูล อ.ลับแล จ.อุตรดิตถ์ (อภินิติและ คณะ, 2560) ตารางที่ 2 ผลทดสอบหาน้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่ของวัสดุกระสอบมีปีกแบบเดิม และกระสอบมีปีกแบบเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ชิ้นงานทดสอบการเร่งสภาพในห้องปฏิบัติการ

Flapped soil bags type	Age (days)	Unit weight (g/m ²)
A) original flapped soil bag made of (HDPE/PP)	1	165.85 (S.D.=1.63)
	20*	165.08 (S.D.=2.12)
B) flapped soil bag made of recycled plastic	1	155.39 (S.D.=2.86)
	20*	155.00 (S.D.=2.74)

*ระยะเวลาทดสอบการเร่งสภาพในห้องปฏิบัติการ

3.2. ผลการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงดึง(TENSILE PROPERTIES)

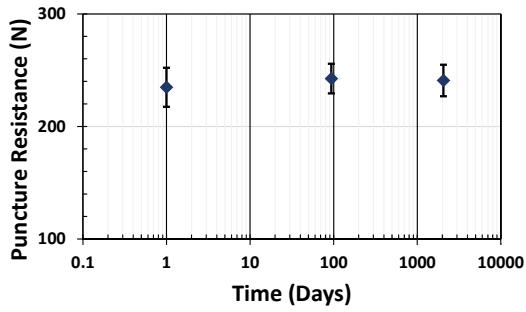
ค่ากำลังรับแรงดึงกระสอบมีปีกแบบเดิมที่ศทางขนานกับทิศทางการผลิต(MD)และทิศทางตั้งฉากกับทิศทางการผลิต(CD) พบว่าอายุการใช้งานในสนาม 94 วัน มีค่ากำลังรับแรงดึงลดลงเล็กน้อย และอายุการใช้งานในสนาม 2,063 วัน มีค่ากำลังรับแรงดึงลดลงมาก แสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงกระสอบมีปีกแบบเดิม ทิศทางขนานกับทิศทางการผลิต(MD) และทิศทางตั้งฉากกับทิศทางการผลิต(CD)

3.3. ผลการทดสอบหาค่ากำลังต้านทานการเจาะทะลุ (PIN PUNCTURE RESISTANCE)

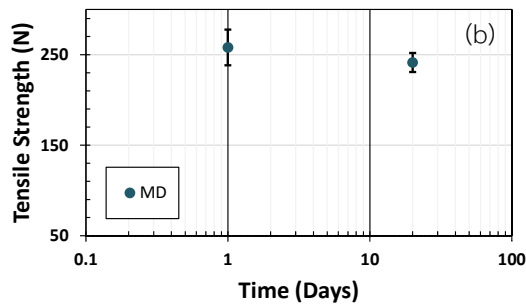
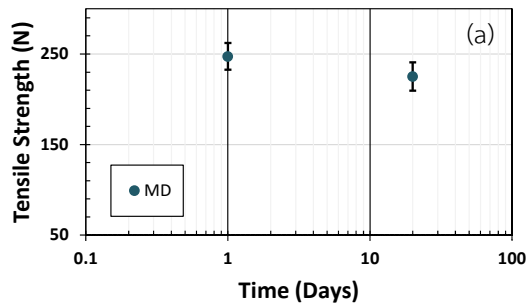
ค่ากำลังต้านทานการเจาะทะลุ กระสอบมีปีกแบบเดิมพบว่าอายุการใช้งานในสนาม 94 และ 2063 วัน มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แสดงดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ผลการทดสอบกำลังต้านทานการเจาะทะลุกระสอบมีปีกแบบเดิม

3.4. ผลการทดสอบการเร่งสภาวะในห้องปฏิบัติการ (EFFECT OF EXPOSURE USING FLUORESCENT UV CONDENSATION APPARATUS)

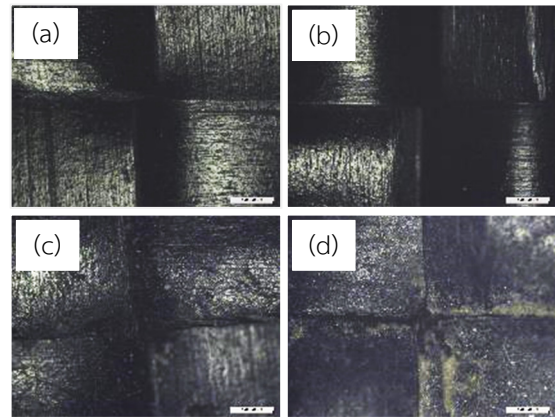
การทดสอบการเร่งสภาวะในห้องปฏิบัติการ เป็นระยะเวลา 20 วัน กระสอบมีปีกแบบเดิมและแบบเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมทิศทางขนานกับทิศทางการผลิต(MD) พบว่าค่ากำลังรับแรงดึงลดลงเล็กน้อย แสดงดังรูปที่ 9



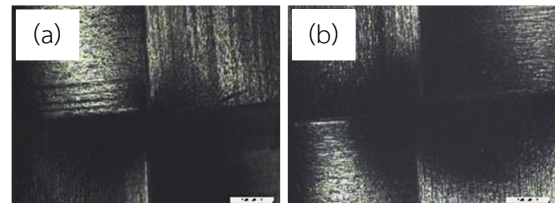
รูปที่ 9 ผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงกระสอบมีปีกอายุ 1 วัน และอายุ 20 วันในการเร่งสภาวะด้วยแสงยูวี (a)กระสอบมีปีกแบบเดิม ทิศทางขนานกับทิศทางการผลิต(MD) (b)กระสอบมีปีกแบบเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมทิศทางขนานกับทิศทางการผลิต(MD)

3.5. ผลการส่องกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง(OPTICAL MICROSCOPE)

การทดสอบส่องกล้องจุลทรรศน์ เปรียบเทียบรูปภาพกำลังขยาย 5 เท่า กระสอบมีปีกแบบเดิมที่ผ่านการใช้งานในสนามอายุ 2,063 วัน พบว่ามีเม็ดดินละเอียดแทรกตัวระหว่างแนวสาน กระสอบจำนวนมาก และมีลักษณะสีซีดจางจากเดิม ในส่วนของ การเร่งสภาวะในห้องปฏิบัติการ ระยะเวลา 20 วัน กระสอบมีปีกแบบเดิมและแบบเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมีลักษณะไม่แตกต่างจากเดิมมาก แสดงดังรูปที่ 10 และ 11



รูปที่ 10 รูปภาพกำลังขยาย 5 เท่ากระสอบมีปีกแบบเดิม (a)อายุ 1 วัน (b)เร่งสภาวะในห้องปฏิบัติการ 20 วัน (c)ผ่านการใช้งานในสนามอายุ 94 วัน (d)ผ่านการใช้งานในสนามอายุ 2063 วัน



รูปที่ 11 รูปภาพกำลังขยาย 5 เท่า กระสอบมีปีกแบบเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (a)อายุ 1 วัน (b)เร่งสภาวะในห้องปฏิบัติการ 20 วัน

4. วิจัยและสรุปผล

งานวิจัยนี้เป็นการทดสอบความคงทนของกระสอบพลาสติก พบว่า กระสอบมีปีกแบบเดิม มีค่ากำลังรับแรงดึงทิศทางขนานกับทิศทางการผลิต(MD) ลดลงประมาณ 2% และ 47% เมื่ออายุการใช้งานในสนาม 94 และ 2063 วันตามลำดับ ค่ากำลังรับแรงดึงตั้งฉากกับทิศทางการผลิต(CD) ลดลงประมาณ 4% และ 45% เมื่ออายุการใช้งานในสนาม 94 และ 2063 วันตามลำดับ เมื่อนำมาพิจารณาหาค่า Cohesion ตามทฤษฎี Matsuoka & Liu (2006) ดังสมการ(2) กำหนดให้กระสอบมีความกว้าง 80 เซนติเมตร

ความสูง 15 เซนติเมตร บรรจุทรายภายในกระสอบ($\phi=30$ องศา) จะได้ค่า Cohesion ดังตารางที่ 3 พบว่ามีสัดส่วนการลดลงของกำลังตามอายุการใช้งาน

ผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงการเร่งสภาวะในห้องปฏิบัติการ อายุ 20 วัน กระสอบมีปีกแบบเดิม และกระสอบมีปีกแบบเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม มีค่าลดลงประมาณ 9% และ 6% ตามลำดับ เมื่อนำมาพิจารณาหาค่า Cohesion ตามทฤษฎี Matsuoka & Liu (2006) เช่นเดียวกัน จะได้ค่า Cohesion ดังตารางที่ 4 ซึ่งเห็นได้ว่ามีสัดส่วนการลดลงของกำลังตามเวลาเช่นเดียวกับกำลังรับแรงดึง

การทดสอบส่องกล้องจุลทรรศน์ เปรียบเทียบรูปภาพพบว่า กระสอบมีปีกแบบเดิม มีแนวโน้มเม็ดดินละเอียดแทรกตัวระหว่างแนวสานกระสอบเพิ่มขึ้นตามอายุการใช้งาน สอดคล้องกับค่าน้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามอายุการใช้งานมีส่วนช่วยเสริมกำลังต้านทานการเจาะทะลุ ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (ประมาณ 3 %) เมื่ออายุการใช้งานในสนาม 2063 วัน

ตารางที่ 3 ค่า Cohesion กระสอบตามทฤษฎี Matsuoka & Liu (กระสอบแบบไม่มีปีก) เปรียบเทียบตามอายุการใช้งาน

Flapped soil bags type		Age (days)	Cohesion (kPa)
A) original flapped soil bag made of (HDPE/PP)	MD	1	20.29
	CD	94	19.80
		2063	10.66
B) flapped soil bag made of recycled plastic	MD	1	15.78
		94	15.21
		2063	8.71
CD	1	21.16	
	1	16.50	

ตารางที่ 4 ค่า Cohesion กระสอบตามทฤษฎี Matsuoka & Liu (กระสอบแบบไม่มีปีก) เปรียบเทียบการเร่งสภาวะในห้องปฏิบัติการ

Flapped soil bags type		Age (days)	Cohesion (kPa)
A) original flapped soil bag made of (HDPE/PP)	MD	1	20.29
	20	18.47	
B) flapped soil bag made of recycled plastic	MD	1	21.16
	20	19.80	

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บริษัท พีทีที โกลบอลเคมิคอล จำกัด (มหาชน) สำหรับกระสอบมีปีกเพื่องานวิจัยนี้ และขอขอบคุณผู้สนับสนุน

ทั้งหมดที่มีส่วนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จบรรลุวัตถุประสงค์

6. การอ้างอิง

- [1] ASTM. (2020). *Standard Test Method for Index Puncture Resistance of Geomembranes and Related Products*. American Society for Testing and Materials International, West Conshohocken, PA.
- [2] อภินิติ โชติสังกาศ, ดำเนิน เชียงพันธ์ุ, ไกรโรจน์ มหรรณพกุล, อธิจิต สุขปัญญา, นรินทร์ ทรัพย์ชัยนันท์, เจนพล พลังธนสุกิจ, และ วรากร ไม้เรียง (2562) การเสริมเสถียรภาพลาดตลิ่งโดยวิธีวิศวกรรมปฐพี กรณีศึกษาบ้านผามอบ อ.ลับแล จ.อุตรดิตถ์. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 24 วันที่ 10-12 กรกฎาคม 2562 จ.อุตรธานี*
- [3] ASTM. (2019). *Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting*. American Society for Testing and Materials International, West Conshohocken, PA.
- [4] ASTM. (2018). *Standard Test Method for Measuring Mass per Unit Area of Geotextiles*. American Society for Testing and Materials International, West Conshohocken, PA.
- [5] ASTM. (2017). *Standard Test Method for Effect of Exposure of Unreinforced Polyolefin Geomembrane Using Fluorescent UV Condensation Apparatus*. American Society for Testing and Materials International, West Conshohocken, PA.
- [6] Jotisankasa A., Pornpongphatthana K., Vijitpokin S., Wongsakulkiat C., Praphatsorn, W. and Angkanawisalya, K. (2017). Engineering characteristic of flapped soilbags. *Proceedings of 10 th AUN/SEED-Net Regional conference on Geological and Geo-Resource Engineering*, August 2-3, Phom Penh, Cambodia.
- [7] Jotisankasa, A. (2013). *Soil-bioengineering: Use of vegetation and soil engineering for erosion control and slope stabilization*. Pree-One, Bangkok, BKK, TH, 244-246.
- [8] Matsuoka H, Liu, S. (2006). *A new earth reinforcement method using soilbags*. Taylor & Francis, London, LDN, UK, 17-25.