วัสดุทดแทนไม้ที่ทำจากเศษไม้ชานอ้อยและผ้าคอตตอน

Wood substitute material made from sugarcane bagasse and cotton fabric.

อริสรา กตัญญุตาพันธุ์
Arisara Katanyutapant
ณัชชา เลาจริยกุล
Natcha Laojariyakul
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. วัฒนชัย สมิทธากร

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จ.กรุงเทพฯ

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มุ่งเสนอการใช้ขยะทางเกษตรกรรมและผ้าคอตตอนเป็นวัสดุทดแทนไม้ เพื่อลดปัญหาขยะและมลพิษทางอากาศในประเทศไทย โดยพบว่าชานอ้อยเป็นขยะทางเกษตรกรรมที่มีปริมาณมากที่สุดในประเทศ และการที่ชานอ้อยถูกทิ้งโดยการพ่อค้าแม่ค้าชุมชนหลังจากกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายและน้ำอ้อย ส่งผลให้น้ำอ้อยซึมลงดินและทำให้ต้นไม้ตาย นอกจากนี้ ยังมีปัญหาน้ำเน่าเสียและมลพิษทางอากาศจากการทิ้งชานอ้อยลงในคลองและการเผาทิ้ง โครงงานนี้เสนอใช้ชานอ้อยและผ้าคอตตอนในการผลิตวัสดุทดแทนไม้เพื่อลดปัญหาขยะเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมเสื้อผ้า โดยหวังว่าจะมีประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมและช่วยลดปัญหาภาวะโลกร้อนในระดับโลกด้วยการลดปริมาณขยะและการใช้ไม้ในการผลิตวัสดุสำหรับอุตสาหกรรมต่างๆ การวิจัยนี้เป็นการนำเสนอแนวทางใหม่ที่เน้นการนำขยะกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดในทางด้านสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจของประเทศไทยโดยเฉพาะ และเป็นส่วนหนึ่งในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจาก Fast Fashion ที่ก่อให้เกิดปัญหาโลกร้อนและปัญหาขยะเสื้อผ้าในระดับโลกด้วยการใช้ผ้าคอตตอนในการผลิตวัสดุทดแทนไม้ โดยหวังว่านวัตกรรมนี้จะได้รับการตอบรับและนำไปใช้งานอย่างแพร่หลายในอนาคต เพื่อสร้างสังคมที่ยั่งยืนและมั่งคั่งในทุกด้านของชีวิตและการพัฒนาอย่างยั่งยืนในอนาคต

Abstract

This research proposes the use of agricultural waste and cotton fabric as alternative materials to wood, aiming to reduce waste issues and air pollution in Thailand. It was found that sugarcane residues are the most abundant agricultural waste in the country, and the dumping of sugarcane residues by local traders after the sugar and molasses production processes leads to water pollution and tree deaths due to sugarcane residue seepage into the soil. Moreover, there are problems of water pollution and air pollution from the dumping of sugarcane residues into canals and from incineration. This project suggests using sugarcane residues and cotton fabric to produce wood substitutes to reduce agricultural and textile waste issues. The hope is that this will benefit the environment and help mitigate global warming by reducing waste quantities and wood usage in various industries. This research presents a new approach that emphasizes the reuse of waste for maximum environmental and economic benefits in Thailand, particularly in addressing the issues caused by Fast Fashion, which contributes to global warming and textile waste problems worldwide by using cotton fabric to produce wood substitutes. It is hoped that this innovation will be widely accepted and implemented in the future to create a sustainable society and comprehensive development in all aspects of life for a sustainable future.

1. คำนำ

จากการสืบค้นข้อมูลขยะทางเกษตรกรรมในประเทศไทยพบว่าชานอ้อย เป็นหนึ่งในขยะทางเกษตรกรรมที่มีมากสุดในไทย อีกทั้งจากการสืบค้นข้อมูลขยะทางอุตสาหกรรมเสื้อผ้าที่มีปริมาณสูงขึ้นเรื่อยๆ จากกระแสความนิยมทั่วโลกของ Fast Fashion ซึ่งจากปัญหานี้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และเป็นอีกสาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหาภาวะโลกร้อนที่กำลังเป็นปัญหาใหญ่ระดับโลก โดยโครงงานนี้จะนำขยะจากชานอ้อยและเศษผ้ามาทำเป็นวัสดุทดแทนไม้ที่ทำจากชานอ้อยและเศษผ้าเพื่อหวังว่าจะสามารถลดปัญหาขยะเกษตรกรรมในประเทศไทย รวมถึงลดปัญหาขยะอุตสาหกรรมเสื้อผ้าซึ่งก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนซึ่ง

เป็นปัญหาระดับโลกเช่นกัน และหวังว่าจะนำไปใช้งานและก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

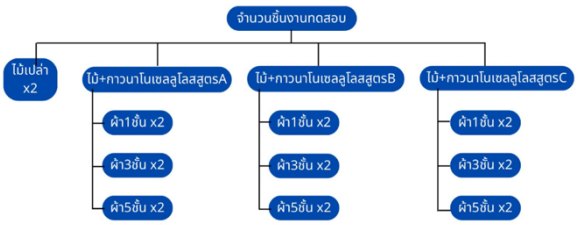
2. วิธีการทดลอง

การทำการวิจัยได้ทำการจัดเตรียมวัสดุได้แก่ ไม้อัดผสมชานอ้อย 30 x 8 เซนติเมตร ผ้าคอตตอน 100% กาวนาโนเซลลูโลส 3 สูตรดังตารางที่ 1 โดยแบ่งออกเป็นชิ้นงานผ้า1,3,5 ชั้น โดยการขึ้นรูปวัสดุ นำผ้าคอตตอน 100% ติดกับไม้อัดชานอ้อยด้วยการทากาวนาโนเซลลูโลส และนำเข้าเตาอบด้วยอุณหภูมิ 80 องศา โดยมีแผ่นเหล็กที่กดทับน้ำหนัก 8.5 กิโลกรัม จากนั้นนำชิ้นงานมาเลเซอร์ให้มีขนาดสำหรับการทดสอบการรับแรงดัดและการรับแรงดึง โดยชิ้นงานรับแรงดัดมีขนาด 29.1 x 7.6 x ความหนา เซนติเมตร และสำหรับชิ้นงานรับแรงดึง มีขนาดดังรูปที่ 1 ซึ่งมีลักษณะเป็นรูปใบพาย จากนั้นนำมาทดสอบแรงดึงและแรงดัดด้วยเครื่องทดสอบ Autograph Shimadzu AG100E โดยทำการทดสอบยึดตามมาตรฐาน ASTM D1037-12-2020

ตารางที่ 1 อัตราส่วนกาวนาโนเซลลูโลส

Ingredient	A	B	C
Glue	40.00 %	40.00 %	40.00 %
Nano (10% solid)	5.56 %	16.68 %	27.80 %
Starch	3.90%	3.90%	3.90 %
Water	50.54 %	39.42 %	28.30 %

รูปที่ 1 ชิ้นงานไม้อัดผสมชานอ้อยสำหรับการทดสอบการรับแรงดึง



รูปที่ 2 ชิ้นงานวัสดุทดแทนไม้

รูปที่ 3 การทากาวบนชิ้นงาน

รูปที่ 4 ชิ้นงานที่ขึ้นรูปแล้วสำหรับทดสอบ Flexural Stress

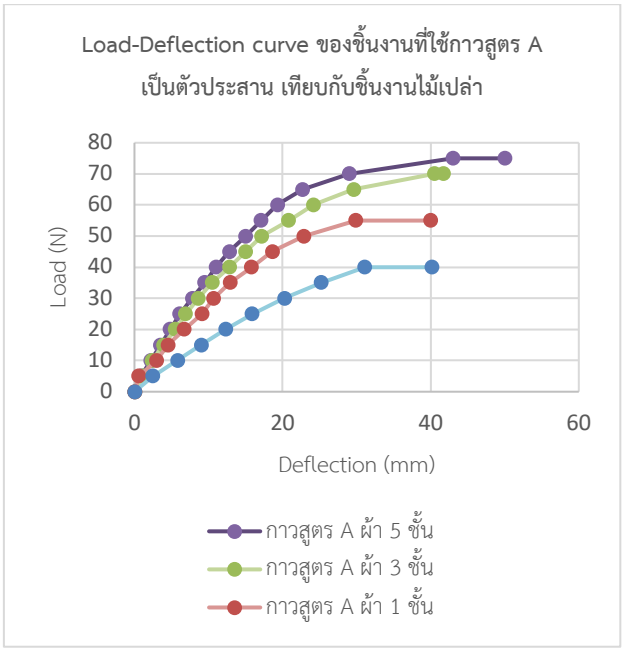
รูปที่ 5 ชิ้นงานที่ขึ้นรูปแล้วสำหรับทดสอบ Tensile Stress

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

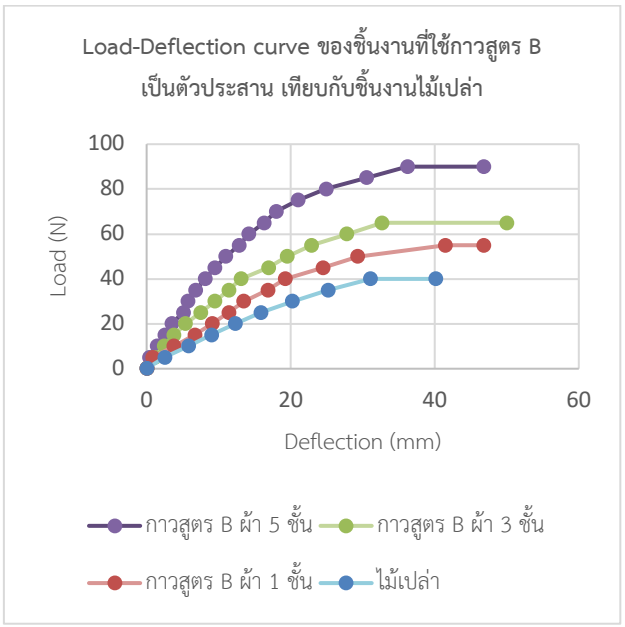
การทำการวิจัยได้ผลการทดสอบกำลังรับแรงดัดและกำลังรับแรงดึงดังนี้

3.1 ผลจากการทดสอบแรงดัด (Static bending test)

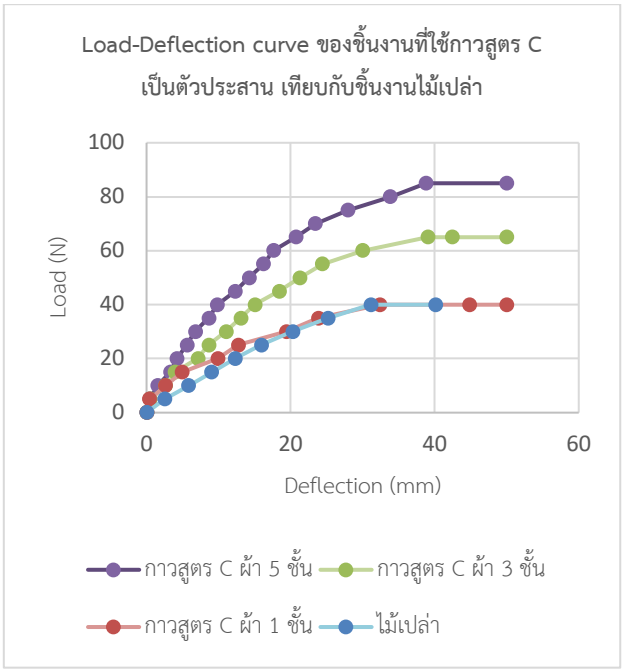
การทดสอบการรับแรงดัด โดยอ้างอิงมาตรฐาน ASTM-D1037-2020 จากการทดสอบพบว่าเมื่อพิจารณาจาก Load-Deflection curve โดยแบ่งตามกาว 3 สูตร ในรูปที่ 6, 7 และ 8 พบว่าแนวโน้มกราฟไปในทางเดียวกัน คือยิ่งชิ้นงานมีจำนวนผ้ามาก ก็มีประสิทธิภาพในการรับแรงดัดมากกว่า โดยชิ้นงานทั้งหมดมีกำลังรับแรงดีกว่าไม้ที่ไม่มีผ้า



รูปที่ 6 Load- Deflection curve ของชิ้นงาน ที่มีส่วนผสมของกาวสูตร A

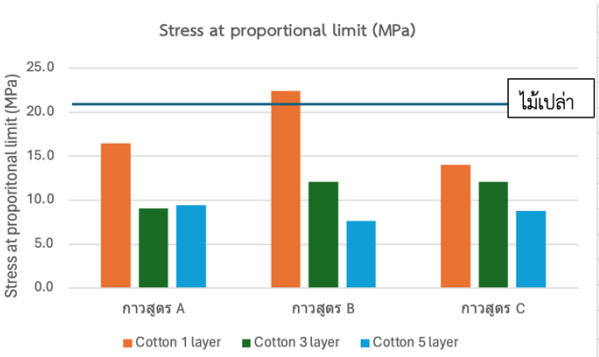


รูปที่ 7 Load- Deflection curve ของชิ้นงาน ที่มีส่วนผสมของกาวสูตร B



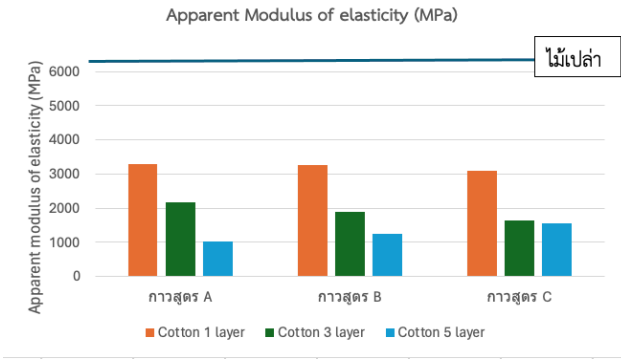
รูปที่ 8 Load- Deflection curve ของชิ้นงาน ที่มีส่วนผสมของกาวสูตร C

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาจาก Stress at proportional limit ในรูปที่ 9 แล้ว ยิ่งจำนวนชั้นผ้ามากขึ้น กำลังรับแรงดัดของชิ้นงานยิ่งมีค่าลดลง ซึ่งตรงกันข้ามกับแนวโน้มของ Load-Deflection curve คาดว่าน่าจะเกิดจากที่ชิ้นงานที่มีผ้ามากขึ้นนั้นมีความหนามาก ทำให้ได้ค่า Stress ที่น้อย ดังนั้นกำลังรับแรงดัดแปรผกผันกับปริมาณผ้าที่ใช้ และจะเห็นว่าชิ้นงานที่มีผ้า 1 ชั้นด้วยกาวสูตร B ทำให้มี Stress มากกว่าไม้เปล่า ซึ่งแปลกจากแนวโน้มของค่าอื่นๆ คาดว่าอาจเกิดจากความผิดพลาดในการขึ้นรูปหรือการทดสอบ



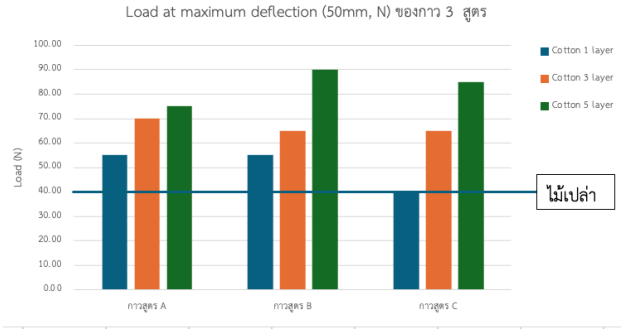
รูปที่ 9 กราฟความสัมพันธ์ของ Stress at proportional limit และจำนวนผ้า.

จากรูปที่ 10 เมื่อพิจารณาโมดูลัสความยืดหยุ่นพบว่าปริมาณผ้าส่งผลต่อโมดูลัสของวัสดุโดยเมื่อมีจำนวนผ้ามากขึ้น โมดูลัสความยืดหยุ่นจะมีค่าลดลง และจะไม่ขึ้นกับสูตรของกาวที่ใช้ โดยชิ้นงานไม้เปล่าที่ไม่มีผ้าเลย มีค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นมากที่สุด (6,425 MPa) และค่าเฉลี่ยของโมดูลัสความยืดหยุ่นจะลดลงเมื่อจำนวนชั้นผ้ามากขึ้น



รูปที่ 10 Apparent Modulus of Elasticity (MPa)

ในทำนองเดียวกัน เมื่อพิจารณากราฟ Load at maximum deflection (50mm, N) โดยแบ่งตามประเภทของกาวแต่ละสูตรดังรูปที่ 11 พบว่าแนวโน้มกราฟมีทิศทางไปในทางเดียวกันคือยิ่งปริมาณผ้ามากก็จะทำให้มีประสิทธิภาพในการรับแรงดัดมากกว่า แต่ประเภทของกาวนาโนเซลลูโลสไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของชิ้นงาน



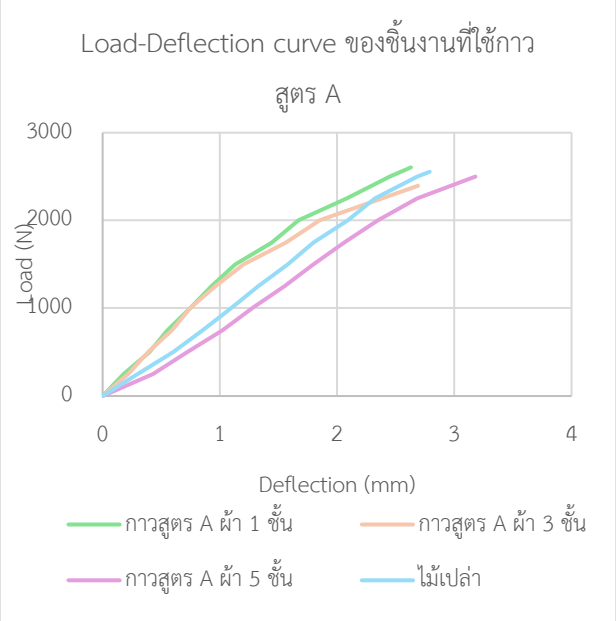
รูปที่ 11 Load at maximum deflection (50mm, N) ของกาวทั้ง 3 สูตร

อย่างไรก็ตาม ในการทดสอบชิ้นงานด้วยเครื่อง Autograph AG100 พบว่าเครื่องทดสอบสามารถทดสอบระยะการยืดของชิ้นงานมากที่สุดที่ 50 มิลลิเมตร ซึ่งจากการทดสอบพบว่าที่ระยะ 50 มิลลิเมตรนั้นชิ้นงานยังไม่ถึงจุดแตกหัก ดังนั้นจึงไม่สามารถหาค่า Ultimate Load ได้ ทำให้ไม่สามารถหาค่าของ Modulus of Rupture และ Work at Maximum Load ได้

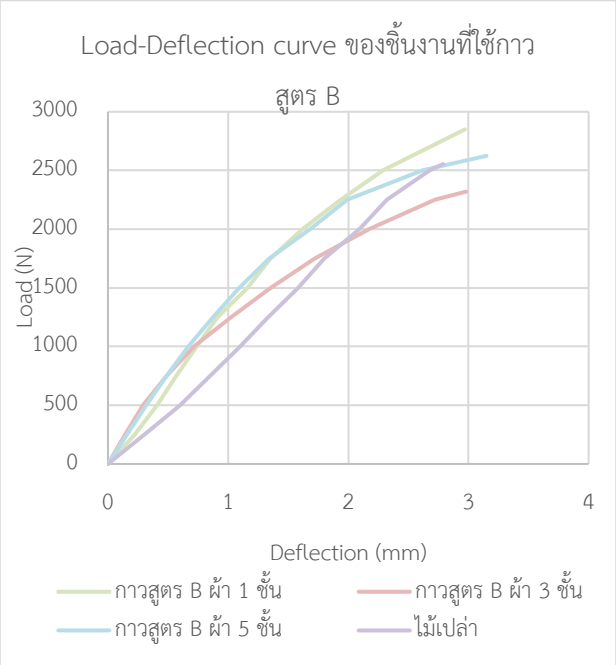
รูปที่ 12 รูปการทดสอบการรับแรงดัด

3.2 ผลจากการทดสอบแรงดึง (Tensile test)

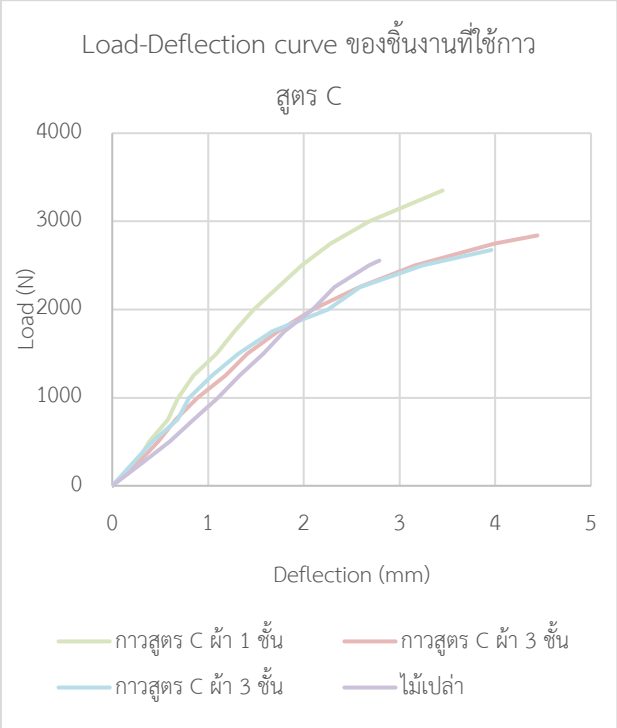
จากการทดสอบ ได้ทำการสร้าง Load-Deflection curve ดังรูปที่ 13, 14, และ 15 พบว่าชิ้นงานที่มีผ้าชั้นเดียวสามารถแรงได้มากที่สุด รองลงมาคือชิ้นงานที่มีผ้า 3 ชั้น และผ้า 5 ชั้นตามลำดับ และที่ระยะยืดเท่ากัน โดยรวมแล้วชิ้นงานที่มีผ้า 1 ชั้น สามารถรับแรงดึงได้มากที่สุด และ Maximum Load สูงที่สุดที่สามารถรับได้มาจากชิ้นงานที่ใช้กาวสูตร A และผ้า 1 ชั้น สามรถรับแรงดึงได้ 3350 นิวตัน ซึ่งดีกว่าชิ้นงานไม้เปล่า 795 นิวตัน คิดเป็น 31.11 %



รูปที่ 13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Load-Deflection ของชิ้นงานและจำนวนผ้า ของกาวสูตร A

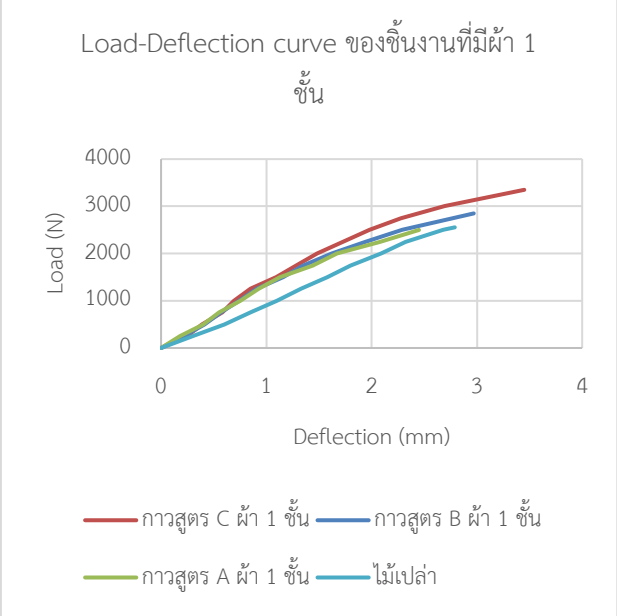


รูปที่ 14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Load-Deflection ของชิ้นงานและจำนวนผ้า ของกาวสูตร B

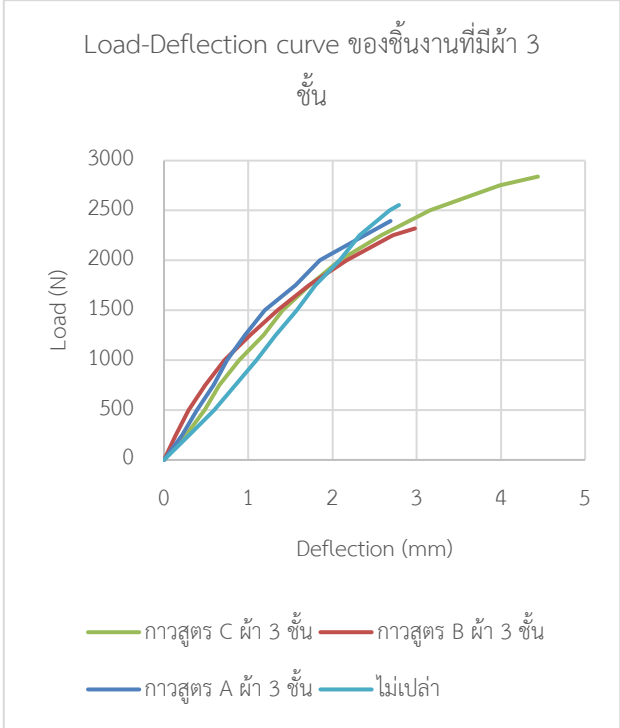


รูปที่ 15 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Load-Deflection ของชิ้นงาน และจำนวนผ้า ของกาวสูตร C

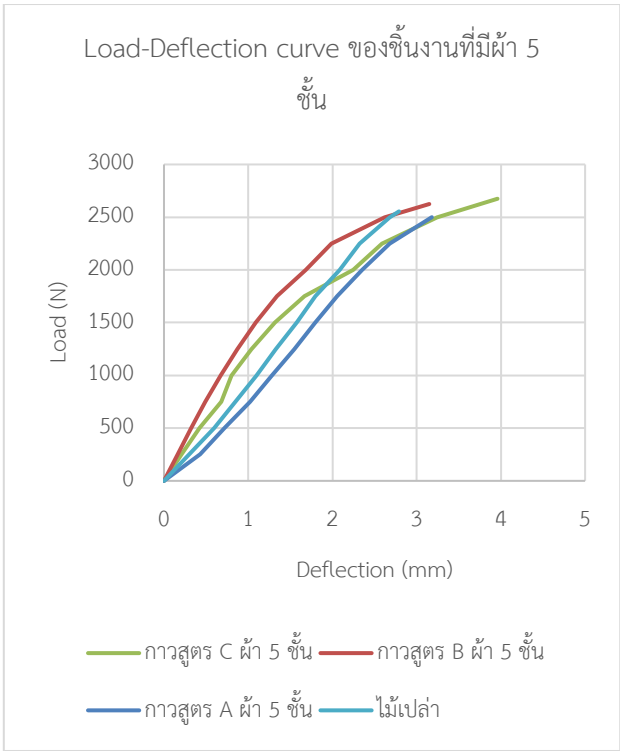
และจากรูปที่ 16, 17 และ 18 พบว่ากาวที่มีสัดส่วนของนาโนเซลลูโลสมีผลต่อความสามารถในการรับแรงโดย ชิ้นงานที่มีสัดส่วนของนาโนเซลลูโลสมากกว่าจะมีค่าการยืดตัวมากกว่าตามลำดับ และมีค่า Maximum Load สูงกว่าเช่นเดียวกัน



รูปที่ *16 Load Deflection curve ของชิ้นงานที่มีผ้า 1 ชั้น*

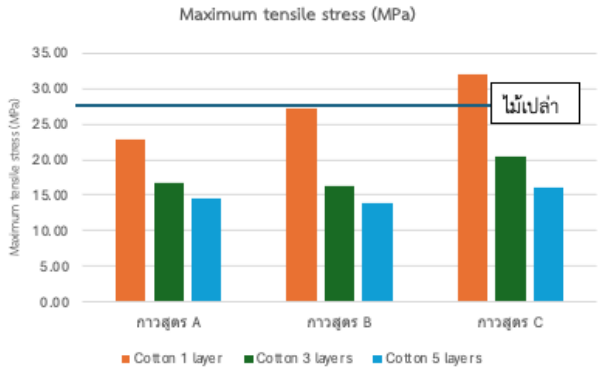


รูปที่ 17 Load Deflection curve ของชิ้นงานที่มีผ้า 3 ชั้น



รูปที่ 18 Load Deflection curve ของชิ้นงานที่มีผ้า 5 ชั้น

อย่างไรก็ตาม เมื่อวิเคราะห์ค่า Maximum tensile stress จากแนวโน้มของกราฟจะได้ว่าผ้า 3ชั้น และ 5ชั้น กำลังรับแรงดึงสูงสุดแปรผกผันกับปริมาณผ้า เมื่อปริมาณผ้ามากขึ้น กำลังรับแรงดึงสูงสุดจะลดลง และกาวชนิดที่ 5 มีประสิทธิภาพมากกว่าชนิดที่ 1 และ 3

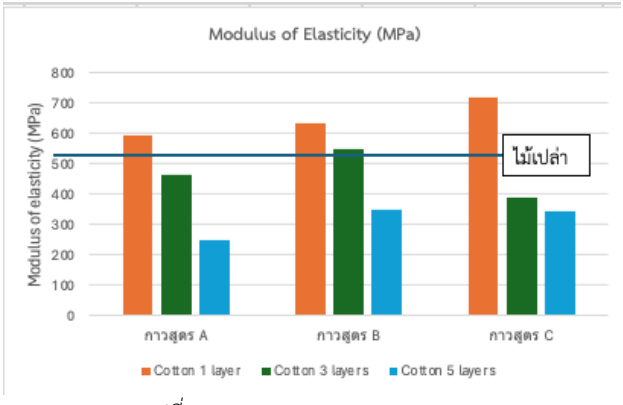


รูปที่ 19 Maximum Tensile stress (MPa)

ตารางที่ 2 Maximum tensile stress (MPa)

Maximum tensile stress (MPa)				
	ไม้เปล่า	ผ้า 1 ชั้น	ผ้า 3 ชั้น	ผ้า 5 ชั้น
	27.44			
กาวสูตรที่ 1	-	22.85	16.81	14.62
กาวสูตรที่ 3	-	27.27	16.28	13.82
กาวสูตรที่ 5	-	32.06	20.48	16.00
เฉลี่ย	27.44	27.39	17.85	14.81

เมื่อพิจารณา Modulus of elasticity พบว่า จากแนวโน้มของกราฟ พบว่าปริมาณสัดส่วนของกาวนาโนเซลลูโลสไม่ได้มีผลต่อ Modulus of Elasticity แต่จำนวนชั้นผ้าแปรผกผันกับค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น โดยยิ่งชิ้นงานมีจำนวนผ้ามากขึ้น ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นยิ่งมีค่าลดลง อย่างไรก็ตาม ชิ้นงานที่มีผ้า 1ชั้น ทำให้มีโมดูลัสความยืดหยุ่นดีกว่าไม้เปล่า

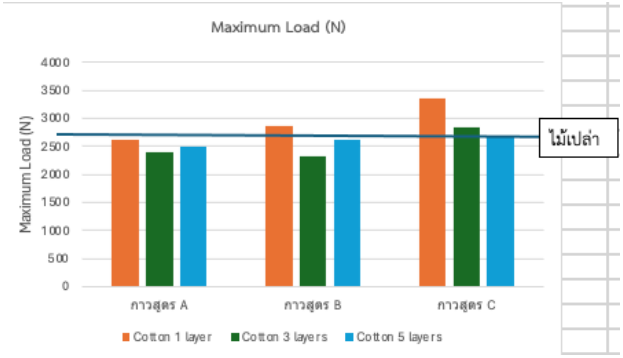


รูปที่ 20 Modulus of Elasticity (MPa)

ตารางที่ 3 Modulus of elasticity (MPa)

Modulus of elasticity (MPa)				
	ผ้า 1 ชั้น	ไม้เปล่า	ผ้า 3 ชั้น	ผ้า 5 ชั้น
		531		
กาวสูตรที่ 1	594	-	466	250
กาวสูตรที่ 3	633	-	548	351
กาวสูตรที่ 5	718	-	390	347
เฉลี่ย	648	531	468	316

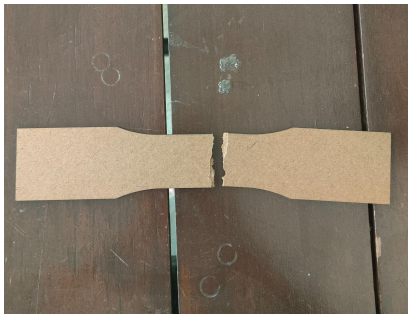
จากนั้นเมื่อพิจารณา Maximum Load ของชิ้นงานจากรูปที่ 21 ในคอลลัมของผ้า 1 ชั้นและผ้า 5 ชั้น พบว่ากาวที่มีสัดส่วนของนาโนเซลลูโลสมากกว่าจะทำให้มีค่า Maximum Load มากกว่า แต่เมื่อพิจารณาที่ปริมาณผ้า พบว่าปริมาณผ้าผ้าแปรผกผันกับ Maximum tensile stress คือยิ่งชิ้นงานที่มีปริมาณผ้ามากขึ้น แรงสูงสุดที่รับได้ยิ่งมีค่าลดลง



รูปที่ 21 Maximum Load (N)

รูปที่ 22 : การทดสอบ tensile test ของชิ้นงานไม้เปล่า

ในส่วนของลักษณะการแตกหัก ชิ้นงานมีการแตกหักเหมือนกันทุกชิ้น คือแตกที่ตัวไม้บริเวณตรงกลางของชิ้นงาน และเป็นเส้นตรงดังรูปที่ 23 และ 24



รูปที่ 23 : ชิ้นงานไม้เปล่าหลังการทดสอบ tensile test

(a) *(b)*

รูปที่ 24 : ชิ้นงานที่ใช้กาวสูตร C ผ้า 3 ชั้น (a)ก่อน และ (b)หลังการทดสอบ tensile test

4. บทสรุป

การสร้างวัสดุทดแทนไม้ที่ทำมาจากเศษไม้ชานอ้อยและกาวนาโนเซลลูโลสด้วยการทับด้วยเหล็ก 8.5 กิโลกรัม และอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยใช้ผ้าประกบผิวไม้บนและล่างจำนวน 1 ชั้น, 3 ชั้น และ 5 ชั้น และใช้กาวสูตร A, B, C พบว่าเมื่อมีปริมาณผ้าเพิ่มขึ้น ชิ้นงานสามารถรับแรงดัดสูงสุดและแรงดึงสูงสุด (Maximum Load) ได้มากขึ้น แต่ส่งผลให้กำลังรับแรงดัดและกำลังรับแรงดึงของชิ้นงาน (Flexural และ Tensile Stress) สำหรับกาวนาโนเซลลูโลส พบว่าประเภทของกาวนาโนเซลลูโลสไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของกำลังรับแรงดัดของชิ้นงาน แต่จะส่งผลต่อกำลังรับแรงดึง โดยเมื่อมีนาโนมากขึ้น จะทำให้รับ Maximum Load ได้มากขึ้น

อย่างไรก็ตาม การทดสอบกำลังรับแรงดัดและกำลังรับแรงดึงอาจเกิดความมผิดพลาดจากการขึ้นรูปชิ้นงานโดยปริมาณกาวที่ทาบนผ้าแต่ละชั้นอาจไม่คงที่ นำไปสู่ผลการทดสอบที่ไม่แม่นยำ และจากข้อจำกัดของเครื่องทดสอบกำลังรับแรงดัดที่ทำให้บันทึกระยะยืดได้เพียง 50 มิลลิเมตร ทำให้ไม่อาจทราบ modulus of rupture ของชิ้นงานได้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจากรศ.ดร.วัฒนชัย สมิทธากร อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่ได้ให้คำเสนอแนะแนวคิดตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆมาโดยตลอดจนโครงงานเล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ รวมทั้งเจ้าหน้าที่ประจำห้องแลปภาคโยธาสำหรับการช่วยแนะนำเครื่องทดสอบชิ้นงานของโครงงานนี้ ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง และท้ายที่สุดขอขอบคุณโรงงานภีดูจำกัดที่ช่วยสนับสนุนโครงงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] อนินท์ มีมนต์, “การผลิตไม้อัดจากซังข้าวโพดสำหรับเป็นผนังฉนวนความร้อนในอาคาร”, สาขาวิศวกรรมศาสตร์และอุตสาหกรรมวิจัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมลคลธัญบุรี, 2552.

[2] Saadman Sakib Rahman, Sumi Siddiqua, Chinchu Cherian, “sustainable application of textile waste fiber in the construction and geotechnical industries: A retrospect.” Faculty of Applied Science, School of Engineering, The University of British Columbia Okanagan, 2565

[3] ฐิตารีย์ สุโรพันธ์, “การผลิตกระดาษจากเศษผ้าฝ้าย” กรมวิทยาศาสตร์บริการ กองวัสดุวิศวกรรม Bulletin of Applied Science Vol. 8 No.8, 2562

[4] Tawee Anuntaruttana and Taweesak Roopsing, “Model development of Innovative Wood Substitutes for the Sustainable Growth of the Thai Wood Substitution Industry.” Faculty of Business Administration, King Mongkut’s University of Technology North Bangkok, J. Open Innov. Technol. Mark. Complex., 2563

[5] Chao Ling, Lamei Guo, Zhengzhou Wang, “A review on the state of flame-retardant cotton fabric: Mechanisms and applications”, Dept Polymer Mat, Sch mat Sci & Engn, Tongji Univ, College of Textiles, Donghua University, 2565

[6] Xiaodong Zhu, Northeast Forestry University

[7] Ts. Dr. Mohamad Nurul Azman, Influence of Hydrophobicity of Acetylated Nanocellulose on the Mechanical Performance of Nitrile Butadiene Rubber (NBR) Composites, 2018