การศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของผ้ากระสอบเส้นใยธรรมชาติผสมน้ำยางพาราธรรมชาติ

A Study on Mechanical Properties of Natural Fiber Bag Mixed Natural Rubber Latex

อริสมันต์ แสงธงทอง[1] และ พินิศ รัตนปรมากุล[2]

[1, 2] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา กองวิศวกรรมไฟฟ้าและโยธา กองการศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

E-mail address: bas_kate_007@hotmail.com[1], pinitrutt@gmail.com[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุคอมโพสิตเสริมแรงด้วยผ้ากระสอบเส้นใยธรรมชาติผสมน้ำยางพาราธรรมชาติในสภาพแวดล้อมปกติ โดยใช้น้ำยางพาราสดและน้ำหมักผลไม้จากพื้นที่ตำบลหนองบัว อำเภอบ้านค่าย จังหวัดระยอง เพื่อทำเป็นวัสดุป้องกันการกัดเซาะตลิ่งที่อนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและเป็นผลผลิตจากธรรมชาติ 100% โดยดำเนินการผสมน้ำยางพาราสดต่อน้ำหมักผลไม้ ที่อัตราส่วน 100:0, 95:5, 90:10, 85:15, 80:20 โดยน้ำหนัก นำไปประสานผ้ากระสอบเส้นใยธรรมชาติ และให้คงรูปด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน 3 วิธี ได้แก่ วิธีที่ 1 ปล่อยให้แห้งตามธรรมชาติ วิธีที่ 2 อบด้วยเตาอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที และวิธีที่ 3 อบด้วยเตาอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที จากนั้นนำชิ้นงานไปทดสอบสมบัติความสามารถในการต้านทานแรงดึง โดยยางพาราขึ้นรูปอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D412 ในขณะที่วัสดุคอมโพสิตอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D3039 และสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำ อ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D5084 และ ASTM D5856 ผลการทดสอบสมบัติความสามารถในการต้านทานแรงดึงของยางพาราขึ้นรูป พบว่าทุกอัตราส่วนมีแรงดึงใกล้เคียงกัน แต่แตกต่างกันที่การยืดตัว โดยอัตราส่วน 90:10 โดยน้ำหนัก มีการยืดตัวมากที่สุด รองลงมาเป็นชิ้นงานที่มีอัตราส่วน 95:5, 85:15, 100:0, 80:20 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ในส่วนวัสดุคอมโพสิตการยืดตัวมีอัตราใกล้เคียงกัน แต่แตกต่างกันที่ความสามารถในการต้านทานแรงดึง โดยอัตราส่วน 95:5 โดยน้ำหนัก มีแรงดึงมากที่สุด รองลงมาเป็นชิ้นงานที่มีอัตราส่วน 85:15, 90:10, 100:0, 80:20 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ เมื่อพิจารณาแรงดึงจากการปรับปรุงคุณภาพยาง พบว่า วิธีอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ให้ค่าการต้านทานแรงดึงสูงสุด รองลงมาเป็นชิ้นงานที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที และปล่อยให้แห้งตามธรรมชาติให้ค่าความต้านทานแรงดึงต่ำสุด ในส่วนสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำ พบว่าทุกอัตราส่วนมีสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำต่ำมาก หรือไม่มีการสูญเสียน้ำ

คำสำคัญ: ผ้ากระสอบเส้นใยธรรมชาติ, น้ำยางพาราธรรมชาติ, กำลังรับแรงดึง, วัสดุคอมโพสิต

Abstract

This research objective is to study the mechanical properties of composite materials reinforced with Natural Fiber Bag Mixed Natural Rubber Latex in a general environment. By mixing the fresh latex and the fermented fruit juice from Nong Bua Subdistrict, Ban Khai District, Rayong Province, the mixed material is organic, friendly, and 100% natural while being capable of preventing the erosion of the bank. The investigation operated by mixing fresh latex with the fermented fruit juice at the ratio of 100:0, 95:5, 90:10, 85:15 and 80:20 by weight, then coordinated with the natural fiber bag and kept its shape by three different methods. The first method is letting it dry in the normal air. The second and third methods were baking in the hot air oven at 60 and 100 degrees Celsius for 60 minutes, respectively. Then, the investigation examined the specimens for tensile strength. The molded natural rubber, composite material, and water permeability coefficient were referred to as the standard of ASTM D412, ASTM D3039, ASTM D5084, and ASTM D5856, respectively. The results of the tensile strength test of molded natural rubber showed that all ratios had similar tensile strength. Differently, the stretching of the molded rubber with the 90:10 by weight proportion gave the best outcome, followed by specimens with ratios of 95:5, 85:15, 100:0 and 80:20 by weight respectively. As for composite materials, the stretching rate was similar. But the difference was that the tensile force ratio of 95:5 by weight gave the most tensile strength, followed by specimens with ratios of 85:15, 90:10, 100:0 and 80:20 by weight respectively. When considering the tensile strength from rubber quality improvement, the investigation found that the hot air treatment at 60 degrees Celsius for 60 minutes provided the highest result, followed by the workpiece that was heated at 100 degrees Celsius for 60 min

and dried naturally to the lowest tensile strength, respectively. As for the water permeability coefficient, the investigation found that every ratio had a very low coefficient of water permeability or impermeability.

Keywords: Natural Fiber Bag, Natural Rubber Latex, Tensile Strength, Composite Materials

1. คำนำ

ในปัจจุบันวิธีการป้องกันแก้ไขการกัดเซาะดินริมตลิ่ง หรือการเพิ่มความแข็งแรงของดินริมตลิ่งเพื่อป้องกันการปะทะของน้ำ นิยมใช้วัสดุทึบน้ำและมีความแข็งแรงสูง เพื่อเป็นเกราะป้องกันไม่ให้เกิดการชะล้างหรือสูญเสียหน้าดินออกไป โดยรูปแบบที่นิยมใช้อาทิเช่น การเรียงหินหน้าตลิ่ง การสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่ง การใช้ถุงปูนทราย การดาดตลิ่งด้วยฟูกคอนกรีตกระสอบมีปีก ฯลฯ ซึ่งวิธีการทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้นเป็นวิธีการที่ไม่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ส่งผลให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นวงกว้าง [1-4] ด้วยเหตุนี้คณะผู้วิจัยจึงได้ตระหนักถึงวัสดุคอมโพสิตที่สามารถป้องกันการกัดเซาะดินริมตลิ่งโดยต้องเป็นวัสดุที่ได้จากธรรมชาติ 100% และเมื่อหมดอายุการใช้งานแล้วสามารถย่อยสลายเป็นแร่ธาตุให้กับธรรมชาติได้ต่อไป จึงเลือกใช้ผ้ากระสอบเส้นใยธรรมชาติเป็นวัสดุเสริมแรงหลัก โดยสามารถหาได้ทุกพื้นที่ในประเทศไทย ซึ่งเส้นใยหลักที่ใช้ผลิตผ้ากระสอบทำมาจากเส้นใยป่านมีความสามารถในการต้านทานแรงดึงเฉลี่ย 393-800 MPa [5] ในส่วนวัสดุประสานเลือกใช้น้ำยางพาราธรรมชาติจากตำบลหนองบัว อำเภอบ้านค่าย จังหวัดระยอง ซึ่งยางพาราเป็นวัสดุที่มีความยืดหยุ่นสูง มีการกระจายตัวและการยึดติดที่ดี มีความสามารถในการต้านทานแรงกระแทกและความสามารถในการต้านทานแรงดึงสูง [6-10]

จากจุดเด่นของผ้ากระสอบเส้นใยธรรมชาติและน้ำยางพาราธรรมชาตินำไปสู่การพัฒนาศักยภาพเพื่อนำมาใช้เป็นวัสดุคอมโพสิตเสริมแรงซึ่งมีคุณสมบัติเชิงกลตรงตามวัตถุประสงค์การใช้งานในทางอุตสาหกรรมก่อสร้างหรือเป็นวัสดุทดแทนสิ่งก่อสร้างได้ โดยเป็นวัสดุที่ได้มาจากสิ่งแวดล้อม 100% ขจัดปัญหาขยะมลพิษให้กับสิ่งแวดล้อมเมื่อหมดอายุการใช้งานและเพิ่มมูลค่าสินค้าเกษตรของประเทศไทยให้เพิ่มสูงขึ้น

รูปที่ 1 ยางพาราที่ได้จากพื้นที่ตำบลหนองบัว อำเภอบ้านค่าย จังหวัดระยอง

2. วัสดุและวิธีดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำยางพาราสดต่อน้ำหมักผลไม้ และอุณหภูมิที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพยางพาราขึ้นรูป ซึ่งเป็น 2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการต้านทานแรงดึงและการยืดตัวของชิ้นงาน โดยในขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่ 1 ดำเนินการทดสอบความสามารถในการรับแรงดึงและการยืดตัวของชิ้นงานในรูปของยางพาราขึ้นรูป และวัสดุคอมโพสิตเสริมแรงด้วยผ้ากระสอบเส้นใยธรรมชาติผสมน้ำยางพาราธรรมชาติ และส่วนที่ 2 ดำเนินการทดสอบสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำของวัสดุคอมโพสิตเสริมแรงด้วยผ้ากระสอบเส้นใยธรรมชาติผสมน้ำยางพาราธรรมชาติ

2.1 วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

ในงานวิจัยครั้งนี้มีวัสดุหลักประกอบไปด้วยผ้ากระสอบเส้นใยธรรมชาติ โดยมีเส้นใยป่านเป็นเส้นใยหลัก ซึ่งจากการทดสอบความสามารถในการต้านทานแรงดึงผ้ากระสอบเส้นใยธรรมชาติในสภาวะไม่เสริมแรง [11] พบว่ามีค่าความต้านทานแรงดึงเท่ากับ 13.631 MPa และน้ำยางพาราสด 100% จากสวนยางพาราในพื้นที่ตำบลหนองบัว อำเภอบ้านค่าย จังหวัดระยอง โดยนำมาผสมกับน้ำหมักผลไม้ ซึ่งมีมะนาวเป็นผลไม้หลัก โดยน้ำหมักมะนาวมีกรดซิตริกเป็นกรดหลัก มีค่า pH = 3.28 มีความสามารถในการต้านทานแรงดึง 13.3 MPa และการยืดตัวสูงสุด 700 % [12]

2.2 สัดส่วนผสมและวิธีการออกแบบส่วนผสม

2.2.1 อัตราส่วนผสมของน้ำยางพาราสดต่อน้ำหมักผลไม้

การออกแบบอัตราส่วนผสมของน้ำยางพาราสดต่อน้ำหมักผลไม้จะคำนึงถึงความสามารถในการรับแรงดึง การยืดตัว ความสามารถในการทำงานได้ และสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำ ซึ่งกระสอบป่าน 1 ผืน ขนาด 43x29 นิ้ว ใช้น้ำยางพาราสดต่อน้ำหมักผลไม้ 1 กิโลกรัม โดยกำหนดอัตราส่วนในการทดสอบที่น้ำยางพาราสดต่อน้ำหมักผลไม้ เท่ากับ 100:0, 95:5, 90:10, 85:15, 80:20 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

รูปที่ 2 การผสมน้ำยางพาราสดต่อน้ำหมักผลไม้และการผลิตชิ้นงาน

2.2.2 การบ่มยาง

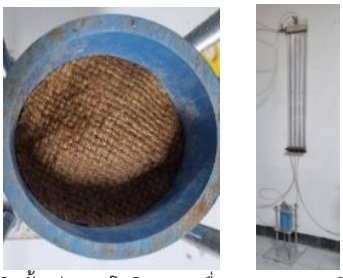
ในการวิจัยครั้งนี้เลือกการบ่มยางด้วยอากาศร้อน (hot air cure) เพื่อปรับปรุงคุณภาพเชิงกลของยางให้ดีขึ้น โดยทำการทดสอบเปรียบเทียบ 3 วิธี ดังนี้ วิธีที่ 1 ปล่อยให้แห้งตามธรรมชาติ วิธีที่ 2 อบด้วยเตาอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที และวิธีที่ 3 อบด้วยเตาอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที [13]

รูปที่ 3 อุปกรณ์ในการบ่มยางด้วยอากาศร้อน

2.3 การออกแบบการทดสอบ

ในการทดสอบความสามารถในการต้านทานแรงดึงใช้เครื่องทดสอบ Universal Testing Machine [14-15] ซึ่งการทดสอบยางพาราขึ้นรูปกำหนดความหนาที่ 10 mm.โดยใช้ขนาดทดสอบชนิด Die A ตามมาตรฐาน ASTM D412 [16] ส่วนวัสดุคอมโพสิต ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D3039 [17] และการทดสอบสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำ ใช้ชุดทดสอบความซึมน้ำของดินด้วยวิธีความดันแปรเปลี่ยน [18] ตามมาตรฐาน ASTM D5084 [19] และ ASTM D5856 [20] โดยกำหนดการทดสอบ 7 วัน ในสภาวะปล่อยให้แห้งตามธรรมชาติ

รูปที่ 4 เครื่องทดสอบ Universal Testing Machine



รูปที่ 5 การติดตั้งแผ่นคอมโพสิตและเครื่องทดสอบความซึมน้ำของดินด้วยวิธีความดันแปรเปลี่ยน

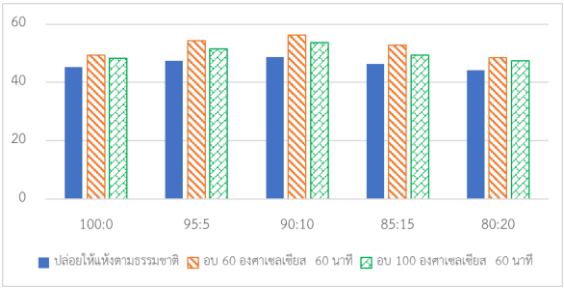
3. ผลการทดสอบและอภิปรายผล

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงและการยืดตัวของยางพาราขึ้นรูป

ตัวอย่าง	ปล่อยให้แห้งตามธรรมชาติ		อบ 60 องศาเซลเซียส 60 นาที		อบ 100 องศาเซลเซียส 60 นาที	
	กำลังรับแรงดึง (MPa)	การยืดตัว (%)	กำลังรับแรงดึง (MPa)	การยืดตัว (%)	กำลังรับแรงดึง (MPa)	การยืดตัว (%)
100:0	0.294	45.318	0.297	49.413	0.291	48.341
95:5	0.278	47.378	0.298	54.268	0.296	51.479
90:10	0.284	48.674	0.279	56.177	0.302	53.647
85:15	0.303	46.243	0.283	52.841	0.289	49.364
80:20	0.288	44.159	0.285	48.589	0.299	47.417

จากตารางที่ 1 ผลการทดสอบของยางพาราขึ้นรูปด้านความสามารถในการต้านทานแรงดึง พบว่า ทุกอัตราส่วนให้ค่าความสามารถในการต้านทานแรงดึง ใกล้เคียงกันที่ 0.3 MPa ในขณะที่ด้านการยืดตัว พบว่า อัตราส่วนน้ำยางพาราสดต่อน้ำหมักผลไม้ 90:10 โดยน้ำหนัก ที่สภาวะอบ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที มีค่าการยืดตัวเท่ากับ 56.177% ซึ่งมีค่าการยืดตัวสูงที่สุด ขณะเดียวกันอัตราส่วนน้ำยางพาราสดต่อน้ำหมักผลไม้ที่ให้ค่ามีค่าการยืดตัวรองลงมา คือ 95:5, 85:15, 100:0, 80:20 โดยน้ำหนักตามลำดับ และทุกอัตราส่วนให้ค่าการยืดตัวในสภาวะต่าง ๆ เป็นไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ สภาวะอบ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ให้ค่าการยืดตัวสูงสุด อันเนื่องมาจากสภาวะนี้เป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการบ่มยางบางโดยใช้ความร้อนเร่งการเกิดปฏิกิริยาเพื่อให้โมเลกุลภายในเนื้อยางพาราจัดเรียงตัวอย่างสมบูรณ์ส่งผลให้เนื้อยางพาราแข็งตัวแบบแห้งสนิท [21] รองลงมาที่สภาวะอบ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ลักษณะภายนอกผิวชิ้นงานมีสีเข้มขึ้น ซึ่งสภาวะนี้ให้ความร้อนที่มากเกินไปส่งผลให้ทำลายพันธะหรือการจัดเรียงโมเลกุลภายในไม่สมบูรณ์ ซึ่งโมเลกุลภายในเนื้อยางพาราเกิดการเผาไหม้จนเสื่อมสภาพ อุณหภูมินี้จึงไม่เหมาะสมในการบ่มยางบาง [22] และการปล่อยให้แห้งตามธรรมชาติมีค่าการยืดตัวต่ำสุด เป็นสภาวะที่ไม่ได้รับความร้อนเพิ่มเข้าไป ซึ่งการจัดเรียงโมเลกุลภายในเนื้อยางพาราไม่สมบูรณ์หรือมีบางส่วนไม่แห้งสนิท ทั้งนี้สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการยืดตัวกับยางพาราขึ้นรูป แสดงดังรูปที่ 6

รูปแบบการฉีกขาดของทุกตัวอย่างอยู่ในรูปแบบวัสดุเหนียว Ductile Fracture ซึ่งมีลักษณะยืดผ่านช่วง Elastic เข้าสู่ช่วง Plastic และฉีกขาดในที่สุด โดยสามารถยืดได้เพิ่มขึ้นถึง 50% ในกรณีที่ไม่ได้รับการเสริมแรง



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างการยืดตัวกับยางพาราขึ้นรูป

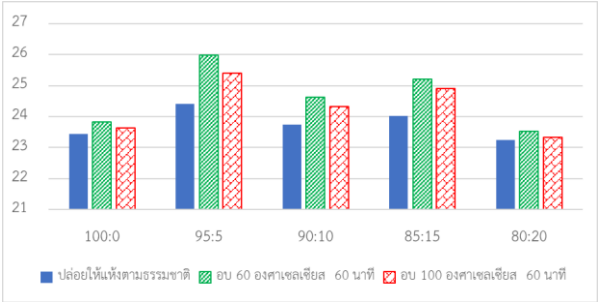
จากรูปที่ 6 พบว่า ที่น้ำหมักผลไม้ในช่วง 5-10% ให้ค่าการยืดตัวของยางพาราขึ้นรูปดีที่สุด (10% ให้ค่าสูงที่สุด) ความสามารถในการทำงานอยู่ในช่วง 2-3 ชั่วโมง (ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิแวดล้อม) เมื่อเข้าสู่ช่วง 10-20% ค่าการยืดตัวเริ่มต่ำลง ความสามารถในการทำงานได้อยู่ในช่วง 1-2 ชั่วโมง สามารถบอกได้ว่า การเพิ่มน้ำหมักผลไม้เป็นเหตุให้เกิดการเร่งปฏิกิริยาการแข็งตัวของยางพาราขึ้นรูป เป็นเหตุให้การจัดเรียงโมเลกุลไม่สมบูรณ์ ส่งผลให้ค่าการยืดตัวต่ำลง [23] ฉะนั้นจึงนำอัตราส่วนน้ำหมักผลไม้ในช่วง 5-10% ไปทดสอบวัสดุคอมโพสิตต่อไป

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงและการยืดตัวของวัสดุคอมโพสิต

ตัวอย่าง	ปล่อยให้แห้งตามธรรมชาติ		อบ 60 องศาเซลเซียส 60 นาที		อบ 100 องศาเซลเซียส 60 นาที	
	กำลังรับแรงดึง (MPa)	การยืดตัว (%)	กำลังรับแรงดึง (MPa)	การยืดตัว (%)	กำลังรับแรงดึง (MPa)	การยืดตัว (%)
100:0	23.438	9.748	23.830	10.030	23.634	9.196
95:5	24.419	9.687	25.988	9.913	25.399	9.464
90:10	23.732	9.788	24.615	9.614	24.320	10.079
85:15	24.026	10.231	25.203	9.222	24.909	9.972
80:20	23.242	10.457	23.536	9.997	23.340	10.196

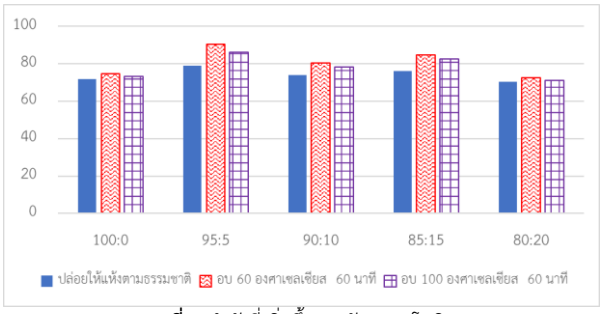
จากตารางที่ 2 ผลการทดสอบวัสดุคอมโพสิต ด้านการยืดตัว พบว่าทุกอัตราส่วนให้ค่าการยืดตัว ใกล้เคียงกันที่ 10% ในขณะที่ความสามารถในการต้านทานแรงดึงที่อัตราส่วนน้ำยางพาราสดต่อน้ำหมักผลไม้ 95:5 โดยน้ำหนัก ที่สภาวะอบ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที มีค่าความต้านทานแรงดึงเท่ากับ 25.988 MPa ซึ่งมีค่าความต้านทานแรงดึงสูงที่สุด ขณะเดียวกันอัตราส่วนน้ำยางพาราสดต่อน้ำหมักผลไม้ที่ให้ค่าความต้านทานแรงดึงรองลงมา คือ 85:15, 90:10, 100:0, 80:20 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ และทุกอัตราส่วนให้ค่าความต้านทานแรงดึงในสภาวะต่าง ๆ ไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ที่สภาวะอบ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที มีค่าความต้านทานแรงดึงสูงที่สุด ซึ่งสภาวะนี้เป็นสภาวะดีที่สุดในการบ่มยางขึ้นรูป โดยเป็นอุณหภูมิที่ให้ค่าการยืดตัวของยางพาราสูงที่สุด เมื่อนำน้ำยางพารามาประสานกับวัสดุคอมโพสิตแล้วทำการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ทำให้การจัดเรียงตัวของโมเลกุลภายในเนื้อยางพาราบนเส้นใยธรรมชาติเป็นไปอย่างสมบูรณ์ ส่งผลให้เนื้อยางพาราแข็งตัวและยึดกับเส้นใยแบบแห้งสนิท รองลงมาที่สภาวะอบ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ซึ่งสภาวะนี้เป็นสภาวะที่ให้การยืดตัวเป็นอันดับ 2 ของยางขึ้นรูปอันเนื่องมาจากการให้ความร้อนที่มากเกินไปส่งผลให้เกิดการทำลายพันธะหรือการจัดเรียงโมเลกุลภายในไม่สมบูรณ์ เกิดการเผาไหม้จนเสื่อมสภาพ ทำให้ลักษณะภายนอกผิวชิ้นงานมีสีเข้มขึ้น จึงส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงดึงไม่ดีเท่าที่ควร [23] และการปล่อยให้แห้งตามธรรมชาติมีค่าความต้านทานแรงดึงต่ำที่สุด ซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่ได้รับความร้อนเพิ่มเข้าไป เป็นเหตุให้การจัดเรียงโมเลกุลภายในเนื้อยางพาราไม่สมบูรณ์ หรือมีบางส่วนไม่แห้งสนิท ทั้งนี้ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการต้านทานแรงดึงของวัสดุคอมโพสิต แสดงดังรูปที่ 7 และกำลังที่เพิ่มขึ้นของวัสดุคอมโพสิตเทียบกับผ้ากระสอบเส้นใยธรรมชาติในสภาวะไม่เสริมแรง แสดงดังรูปที่ 8

รูปแบบการฉีกขาดของทุกตัวอย่างอยู่ในรูปแบบกึ่งวัสดุเหนียวและกึ่งวัสดุเปราะ Ductile Fracture and Brittle Fracture โดยรูปร่างชิ้นงานคอมโพสิตมีลักษณะอ่อนตัวไม่ได้แข็งเป็นแท่งซึ่งมีลักษณะยืดผ่านช่วง Yield Strength เข้าสู่ช่วง Strain Hardening ไปสู่ช่วง Necking และฉีกขาดในที่สุด โดยสามารถยืดได้เพิ่มขึ้นถึง 10%



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการต้านทานแรงดึงของวัสดุคอมโพสิต

จากรูปที่ 7 พบว่า ที่น้ำหมักผลไม้ 5% ให้ความสามารถในการต้านทานแรงดึงของวัสดุคอมโพสิตดีที่สุด ความสามารถในการทำงานได้อยู่ในช่วง 2-3 ชั่วโมง (ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิแวดล้อม) เมื่อเข้าสู่ช่วง 5-20% ค่าความต้านทานแรงดึงเริ่มต่ำลง ความสามารถในการทำงานได้อยู่ในช่วง 1-2 ชั่วโมง ซึ่งบ่งบอกว่า การเพิ่มน้ำหมักผลไม้เป็นเหตุให้เกิดการเร่งปฏิกิริยาการแข็งตัวของวัสดุคอมโพสิต เป็นเหตุให้การจัดเรียงพันธะไม่สมบูรณ์ค่าความต้านทานแรงดึงจึงต่ำลง [23]



รูปที่ 8 กำลังที่เพิ่มขึ้นของวัสดุคอมโพสิต

จากรูปที่ 8 พบว่า เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการต้านทานแรงดึงผ้ากระสอบเส้นใยธรรมชาติในสภาวะไม่เสริมแรง [11] กับผ้ากระสอบเส้นใยธรรมชาติผสมน้ำยางพาราธรรมชาติ พบว่า สามารถรับแรงดึงสูงสุดเพิ่มขึ้น 90% ในอัตราส่วนน้ำยางพาราสดต่อน้ำหมักผลไม้ 95:5 โดยน้ำหนัก ที่สภาวะอบ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ซึ่งสามารถนำไปใช้ปรับปรุงคุณสมบัติของผ้ากระสอบเส้นใยธรรมชาติให้ดีเพิ่มขึ้นได้

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำของวัสดุคอมโพสิต

ตัวอย่าง	สัมประสิทธิ์การซึมผ่าน ($\times 10^{-10}$ ซม./วินาที)
100:0	6.417
95:5	6.569
90:10	6.541
85:15	6.394
80:20	6.483

จากตารางที่ 3 ผลการทดสอบสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำในสภาวะปล่อยให้แห้งตามธรรมชาติ 7 วัน ด้วยวิธีความดันแปรเปลี่ยน พบว่า ทุกอัตราส่วนมีสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำต่ำมาก หรือไม่มีการสูญเสียน้ำ

4. สรุปผล

จากผลการทดสอบ พบว่า จุดเด่นของยางพาราขึ้นรูป คือ ด้านการยืดตัว โดยอัตราส่วนน้ำยางพาราสดต่อน้ำหมักผลไม้ที่ดีที่สุดที่ 90:10 โดยน้ำหนัก รองลงมา คือ 95:5, 85:15, 100:0, 80:20 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ในส่วนจุดเด่นของวัสดุคอมโพสิต คือ ด้านความสามารถในการต้านทานแรงดึง โดยอัตราส่วนน้ำยางพาราสดต่อน้ำหมักผลไม้ที่ดีที่สุดที่ 95:5 โดยน้ำหนัก ตัวที่รองลงมา คือ 85:15, 90:10, 100:0, 80:20 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ โดยการเพิ่มน้ำหมักผลไม้เป็นเหตุให้เกิดการเร่งปฏิกิริยาการแข็งตัวของชิ้นงาน ซึ่งเป็นเหตุให้การจัดเรียงพันธะไม่สมบูรณ์ค่าความต้านทานแรงดึงและการยืดตัวจึงต่ำลง ในส่วนสภาวะที่ดีที่สุดของยางพาราขึ้นรูปและวัสดุคอมโพสิต เป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ ที่สภาวะอบ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที เป็นสภาวะที่ดีที่สุด ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการบ่มน้ำยางพาราประสานวัสดุคอมโพสิตโดยสภาวะดังกล่าวจะใช้ความร้อนเร่งการเกิดปฏิกิริยาเพื่อให้โมเลกุลภายในเนื้อยางพาราจัดเรียงตัวอย่างสมบูรณ์ เป็นเหตุให้การจัดเรียงตัวของโมเลกุลภายในเนื้อยางพาราบนเส้นใยธรรมชาติเป็นไปอย่างสมบูรณ์ ส่งผลให้เนื้อยางพาราแข็งตัวและยึดกับเส้นใยแบบแห้งสนิท รองลงมาที่สภาวะอบ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที โมเลกุลภายในเนื้อยางพาราอาจเกิดการเผาไหม้จนเสื่อมสภาพอันเนื่องมาจากอุณหภูมิที่ได้รับไม่เหมาะสมในการบ่มยางบาง จึงส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงดึงและการยืดตัวไม่ดีเท่าที่ควร และการปล่อยให้แห้งตามธรรมชาติมีค่าความต้านทานแรงดึงและการยืดตัวต่ำที่สุด ซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่ได้รับความร้อนเพิ่มเข้าไป เป็นเหตุให้การจัดเรียงโมเลกุลภายในเนื้อยางพาราไม่สมบูรณ์ หรือมีบางส่วนไม่แห้งสนิท ส่วนการทดสอบสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำที่สภาวะปล่อยให้แห้งตามธรรมชาติ 7 วัน ด้วยวิธีความดันแปรเปลี่ยน ทุกอัตราส่วนมีสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำต่ำมาก หรือไม่มีการสูญเสียน้ำ จึงสรุปได้ว่าสามารถนำวัสดุคอมโพสิตเสริมแรงด้วยผ้ากระสอบเส้นใยธรรมชาติผสมน้ำยางพาราธรรมชาติมาใช้ในงานป้องกันการกัดเซาะดินริมตลิ่งได้ โดยสามารถอนุรักษ์หน้าดินและดินขอบตลิ่งให้มีการพังทลายน้อยที่สุดและใช้เวลาในการเกิดการพังทลายของหน้าดินช้าที่สุดซึ่งเป็นวิธีการที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยใช้หลักการธรรมชาติช่วยธรรมชาติ 100%

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความอนุเคราะห์จากนายอวิรุทธ์ หูทอง และนายรุ่งโรจน์ ประดับผล ที่ได้มอบน้ำยางพาราสด ซึ่งเป็นวัสดุหลักในงานวิจัยครั้งนี้ และข้าราชการ เจ้าหน้าที่ กรมสรรพาวุธทหารอากาศ ที่ได้อำนวยความสะดวกสำหรับการเข้าใช้เครื่องมือทดสอบ Universal Testing Machine รวมถึงขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมโยธา โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราชในการสนับสนุนเงินทุนและสถานที่ ขอขอบพระคุณทุกท่านมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] อริสมันต์ แสงธงทอง และ สมพงษ์ บุตรงาม (2564). การออกแบบระบบป้องกันการกัดเซาะดินริมตลิ่งด้วยกระสอบเส้นใยธรรมชาติประสานน้ำยางพาราและหญ้าแฝกบริเวณพื้นที่ตำบลหนองบัว อำเภอบ้านค่าย จังหวัดระยอง. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนายเรืออากาศ ปีที่ 17, กรกฎาคม - ธันวาคม 2564, หน้า 79-92.

[2] กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2559). คู่มือการตรวจสอบสภาพตลิ่งและแนวทางการปฏิบัติเพื่อความปลอดภัย ฉบับประชาชน.

[3] สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม (2551). คู่มือการแนะนำแก้ไขและการปฏิบัติการชะล้างพังทลายและเคลื่อนตัวของเชิงลาด.

[4] สุรัติ เส็มหมัด (2560). การถดถอยและการป้องกันการกัดเซาะตลิ่งคลองอู่ตะเภา จังหวัดสงขลา. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาดุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

[5] Quazi T. H. Shubhra, A. K. M. M. Alam and M. A. Quaiyyum. (2011) .Mechanical properties of polypropylene composites: a review. Journal of Thermoplastic Composite Materials, January 2011, pp.1-28.

[6] D.A.Shahril and etc. (2017). Reinforcement of Kenaf Fiber in Natural Rubber Composite for Automotive Engine Rubber Mounting. International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 12, pp. 14490-14494.

[7] สมพงษ์ พิริยายนต์, ประยูร สุรินทร์, และ กิตติศักดิ์ บัวศรี (2558). การศึกษาแผ่นผลิตภัณฑ์จากเส้นใยหญ้าคาอัดผสมน้ำยางธรรมชาติ. การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ครั้งที่ 1, พระนครศรีอยุธยา, 22 มิถุนายน 2559, หน้า 130-136.

[8] Lambert S. and etc.(2013). Environmental fate of processed natural rubber latex. Environmental Science: Processes and Impacts. 15, pp. 1359-1369.

[9] ปฏิพัฒน์ บุญเจริญพานิช และ อภินิติ โชติสังกาศ (2553). พฤติกรรมด้านกำลังและการกัดเซาะของทรายปนดินเหนียวต่อการเปลี่ยนแปลงระดับขั้นการอิ่มตัวด้วยน้ำ: กรณีศึกษาลาดดินที่ปกคลุมด้วยวัสดุ

ใยธรรมชาติ. วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา ปีที่ 21 ฉบับที่ 4 พ.ศ. 2553, หน้า 65-78.

[10] บุญธรรม นิธิอุทัย. (2530). ยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์และคุณสมบัติ. แผนกวิชาเทคโนโลยีพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

[11] อริสมันต์ แสงธงทอง (2565). การเสริมกำลังโครงสร้างด้วยผ้ากระสอบเส้นใยธรรมชาติที่มีตัวประสานเรซินเป็นวัสดุประสาน. การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 17, นครราชสีมา, 30 มีนาคม - 1 เมษายน 2565, หน้า 96-103.

[12] ช.วยากรณ์ เพ็ชญไพศิษฏ์, พงษ์ เทียงเพชร, วิจิตร อุดอ้าย และ พร้อมศักดิ์ สงวนธำมรงค์ (2555). ผลของน้ำหมักชีวภาพในฐานะสารจับตัวยางสำหรับการผลิตยางแผ่น. NU Science Journal 2012: 9(1). หน้า 68-79.

[13] Global Handbook and Directory on NR&SR Lattices., Rubber Asia Publication (2006).

[14] สมพงษ์ พิริยายนต์, กิตติศักดิ์ บัวศรี และ ประยูร สุรินทร (2562). การผลิตและทดสอบแผ่นผลิตภัณฑ์วัสดุผสมจากน้ำยางธรรมชาติผสมกับเส้นใยใบตองแห้งและเศษยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 33, อุดรธานี, 2-5 กรกฎาคม พ.ศ. 2562.

[15] อนุรักษ์ รอดบำรุง, พอพันธ์ สุทธิวัฒนะ, เบญจมาศ เนติวรรักษา, กานต์ นัครวรายุทธ และ ไพลิน ทองสนิทกาญจน์ (2563). การศึกษาคุณสมบัติเชิงกลในไฟเบอร์กลาสผสมน้ำยางพาราและเส้นใยธรรมชาติ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี,ปีที่ 8 ฉบับที่ 2 , หน้า 133-144

[16] American Society for Testing and Materials. Standard Test Method for Vulcanized Rubber and Thermoplastic Elastomers-Tension. ASTM D412-16(2021). Annual Book of ASTM Standard.

[17] American Society for Testing and Materials. Standard Test Method for ensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials. ASTM D3039/D3039M-08. Annual Book of ASTM Standard.

[18] พินิศ รัตนปรมากุล และ วาริส บัวขาว (2565). การออกแบบและพัฒนาเครื่องมือทดสอบความซึมน้ำของดินสำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนายเรืออากาศ, ปีที่ 17, มกราคม – มิถุนายน 2564, หน้า 11-18.

[19] American Society for Testing and Materials. Standard Test Method for Measurement of Hydraulic Conductivity of Saturated Porous Materials Using a Flexible Wall Permeameter. ASTM D5084. Annual Book of ASTM Standard.

[20] American Society for Testing and Materials. Standard Test Method for Measurement of Hydraulic Conductivity of Porous Material Using a Rigid-Wall, Compaction-Mold Permeameter. ASTM-D5856. Annual Book of ASTM Standard.

[21] Punyanich Intharapat and Aroon Kongnoo. Preparation and Properties of Diol Functionalized Epoxidized Natural Rubber. Advanced Materials Research 2013; 747: 493-496.

[22] รัตนา ตันฑเทอดธรรม, รังสิมา ชลคุป, อุดมลักษณ์ สุขอัตตะ และ ประภัสสร รักถาวร (2560). การประยุกต์ใช้สารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติในผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติคงรูป. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[23] เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี, วยากรณ์ เพ็ชญไพศิษฏ์ และนิภาวรรณ พองพรหม (2556). การใช้น้ำหมักชีวภาพเป็นสารจับตัวยางต่อสมบัติของยางดิบต่อบางวัลคาไนซ์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).