

วัสดุตกแต่งและเฟอร์นิเจอร์จากเยื่อกระดาษเหลือใช้ทางเลือกใหม่

Decorative Products and Furniture from Newly Developed Recycled Paper Pulp

วชิระ แสงรัศมี

Vachira Sangrutsamee

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

Faculty of Architecture, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathumthani 12110, Thailand

E-mail: vung2000@hotmail.com, vachiarchitect@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการพัฒนาวัสดุผสมเยื่อกระดาษเหลือใช้สำหรับผลิตเฟอร์นิเจอร์และวัสดุตกแต่งอาคาร เพื่อทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกลของวัสดุผสมเยื่อกระดาษในอัตราส่วน 0.05 0.10 0.15 และ 0.20 ด้วยวิธีการเสริมและไม่เสริมการรับแรงด้วยตาข่ายพลาสติก วัสดุผสมนี้ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ ยิบซัม ทราย น้ำ (อัตราส่วน 1:0.25:0.25:4 ตามลำดับ) และปริมาณเยื่อกระดาษที่แตกต่างกันดังที่กล่าวมา อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมจะนำไปผลิตและประกอบเป็นเฟอร์นิเจอร์และวัสดุตกแต่ง หลังจากนั้นจึงประเมินประสิทธิภาพของวัสดุผสมเยื่อกระดาษนี้

ผลการศึกษา พบว่า การใช้เยื่อกระดาษในวัสดุผสมส่งผลให้วัสดุมีศักยภาพที่ดีขึ้น กล่าวคือ การเพิ่มปริมาณกระดาษจะทำให้ค่าความหนาแน่นต่ำลง (มวลเบา) วัสดุสามารถตัด เจาะ ยึด และตกแต่งได้ง่ายขึ้น การใช้ตาข่ายพลาสติกเสริมในวัสดุจะทำให้สามารถรับแรงดัดได้เพิ่มขึ้น อัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับผลิตเฟอร์นิเจอร์และวัสดุตกแต่ง คือ 1:0.25:0.25:4:0.1 การผลิตเก้าอี้สำหรับเด็กที่เสริมแกนกลางด้วยขดน้ำพลาสติกเพื่อช่วยลดปริมาณวัสดุ ลดน้ำหนักและเพิ่มการรับแรงอัดได้ ประสิทธิภาพและสมรรถนะตามต้องการ แผ่นตกแต่งเสริมด้วยตาข่ายพลาสติกมีสมบัติของวัสดุเทียบเท่าไม้เนื้ออ่อนและไม่อืด การประกอบเป็นเฟอร์นิเจอร์ทดแทนไม้อัดทำได้ผลดีและมีจุดเด่นที่น่าสนใจ คือ สมบัติในการพองตัวเมื่อแช่น้ำมีค่าต่ำกว่าไม้อัดทั่วไปในท้องตลาด

ดังนั้น การใช้เยื่อกระดาษเหลือใช้เป็นวัสดุผสมสำหรับผลิตเฟอร์นิเจอร์และวัสดุตกแต่งจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่น่าสนใจอย่างมากที่จะนำไปพัฒนาในเชิงพาณิชย์

Abstract

This research is the development of composite material (paper pulp) for the manufacture of furniture and other decorative objects. The physical and mechanical properties of recycled pulp mixture were tested in ratios of 0.05, 0.10, 0.15 and 0.20 with and without plastic mesh. This material also consisted of cement, gypsum, sand, water (ratio 1:0.25:0.25:4 respectively). Different amounts of pulp, as described above, were mixed to develop composite material and to assemble the furniture and decorative objects. The composite material was then used to make furniture and tested.

The results showed that the use of paper and plastic mesh material improved the quality of the products. The increase in the amount of paper made low density (light weight) objects. The objects made from recycled

composite material were easy to cut, drill and polish. Plastic mesh (net) increased the bending flexibility of the objects. The most suitable ratio for the production of furniture and decorative object was 1:0.25:0.25:4:0.10. For manufacturing children's chairs, plastic water bottles were used to reduce the amount of materials, to reduce the weight and increase the compression efficiency as needed. Decorative objects with netted plastic properties of recycled composite material were as strong as wood and plywood. The furniture made from recycled composite material had similar qualities as plywood and was a good replacement for plywood furniture. Another interesting feature was that the swelling properties in water were lower than furniture made from plywood in the market.

Therefore, the use of composite material made from paper pulp is a good option for the production of furniture and decorative objects. It is a highly attractive and decorative alternative material for producing furniture in the market.

Keywords

วัสดุผสมเยื่อกระดาษ (Recycled Paper Based Composite)

ของเหลือใช้ถูกนำมาใช้ใหม่ (Paper Recycle)

วัสดุก่อสร้างทางเลือก (Alternative Decorative Material)

เฟอร์นิเจอร์กระดาษ (Paper Furniture)

1. บทนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ได้ให้ความสำคัญกับวัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น ทดแทนวัสดุก่อสร้างเดิม เช่น แผ่นไม้อัด แผ่นไม้ปาร์ติเคิล และอื่น ๆ (IKEA, 2004) รวมทั้งนักวิจัยที่พยายามศึกษาและพัฒนาวัสดุก่อสร้างที่ยั่งยืนจากแหล่งวัตถุดิบจากธรรมชาติที่สามารถผลิตทดแทนได้ในเวลาที่รวดเร็ว นักวิจัยต่าง ๆ มุ่งเน้นไปที่การใช้เส้นใยธรรมชาติเป็นวัสดุผสม เช่น

Asasutjarit, Hirunlabh, Khedari, Charoenvai, Zwghmati & Cheul (2007) ได้พัฒนาแผ่นซีเมนต์ผสมเส้นใยมะพร้าวหน้าหนักเบาที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำและมีสมบัติทางกลใกล้เคียงกับแผ่นไม้อัดเส้นใยความหนาแน่นปานต่ำ

Khedari, Charoenvai & Hirunlabh (2003) ได้พัฒนาแผ่นไม้อัดฉนวนกันความร้อนจากเปลือกทุเรียนและเปลือกมะพร้าวผสมการประสานชนิดต่าง ๆ วัสดุนี้มีสมบัติที่น่าสนใจนำไปผลิตฝ้าเพดานและผนัง

Okino, Santana & de Souza (2000) ได้ใช้ประโยชน์จากกระดาษเหลือใช้ผลิตแผ่นอัดน้ำหนักเบาโดยใช้กาวยาซินเป็นตัวประสาน พบว่า กระดาษเหลือใช้ในสำนักงานและกระดาษหนังสือพิมพ์มีความเป็นไปได้ในการนำมาพัฒนาเป็นแผ่นอัดเสริมเส้นใยที่สามารถรับแรงทางกลได้และ วิชาญ ยอดนาคำ (Yodnumkhum, 2005) ได้ศึกษาพัฒนาการผลิตแผ่นซีเมนต์ผสมเยื่อกระดาษเอกสารเสริมด้วยปอแก้ว ไม้ไผ่ อัดขึ้นรูป แสดงให้เห็นว่าเส้นใยจากเยื่อกระดาษควรผ่านการแช่น้ำ 14 - 30 วัน อัตราส่วนที่เหมาะสมคือ 1 : 1.5 (ซีเมนต์ : เยื่อกระดาษ) การใส่เส้นใยธรรมชาติทำให้กำลังตัดและความเหนียวของแผ่นซีเมนต์ผสมเยื่อกระดาษเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณางานวิจัยที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่า เส้นใยมีศักยภาพที่ดีในการนำมาใช้เป็นวัสดุผสมมวลเบา จึงเกิดความคิดในการใช้เยื่อกระดาษเหลือใช้ที่มีอยู่จำนวนมากในทุกพื้นที่ ทดแทนเส้นใยจากพืชผลทางการเกษตรที่มีขึ้นตอนยุ่งยาก ซับซ้อน และมีค่าใช้จ่ายสูงกว่าที่จะได้เส้นใยที่พร้อมใช้งาน ส่วนประกอบของกระดาษมากกว่าร้อยละ 90 เป็นเยื่อ/เส้นใยจากต้นไม้และพืช ที่สามารถปลูกทดแทนได้ปริมาณมากในเวลาที่รวดเร็ว การนำกระดาษกลับมาใช้ใหม่อีกครั้งหนึ่งถือได้ว่าเป็นหนึ่งวิธีที่จะช่วยรักษาสีแวดล้อม ช่วยลดปริมาณของเสีย และช่วยเพิ่มมูลค่า (Collins & Ciesielski, 1993; Schroeder, 1994)

ในประเทศไทย มีการใช้กระดาษเฉลี่ยอยู่ที่ 34 กิโลกรัมต่อคนต่อปี หรือ 2 ล้านตันต่อปี อัตราการใช้กระดาษเพิ่มขึ้นปีละ 15% โดยมีแนวโน้มการใช้กระดาษเพิ่มขึ้นตามประเทศที่พัฒนาแล้ว เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา มีการใช้กระดาษเฉลี่ยที่ 120 กิโลกรัมต่อคนต่อปี และประเทศญี่ปุ่นมีการใช้กระดาษเฉลี่ย 100 กิโลกรัมต่อคนต่อปี

การนำกระดาษกลับมาใช้ใหม่ในประเทศ ในปี พ.ศ. 2544 มีเพียงร้อยละ 20.44 ซึ่งถือว่าน้อยมาก ทรัพยากรและพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิตกระดาษ 1 ตัน จะต้องใช้ต้นไม้ 17 ต้น กระแสไฟฟ้า 1,000 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง น้ำมันเตา 300 ลิตร น้ำสะอาด 100 ตัน และคลอรีน 5 กิโลกรัม (Thailand Institute of Packaging and Recycle Management for Sustainable Environment [TIPMSE], 2006)

จากเหตุผลต่าง ๆ ดังที่กล่าวมา จึงได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เยื่อกระดาษเหลือใช้ผสมกับปูนซีเมนต์ ยิบซั่ม ทราย และน้ำ ผลิตเฟอร์นิเจอร์และวัสดุตกแต่ง โดยค้นหาสมบัติทางกายภาพ ทางกลและประสิทธิภาพในการผลิตวัสดุผสมเยื่อกระดาษในปริมาณต่าง ๆ และการใช้ดาข่ายพลาสติกเสริมการรับแรง

2. วัตถุดิบและวิธีการทดสอบ

2.1 วัตถุดิบและอัตราส่วนผสม

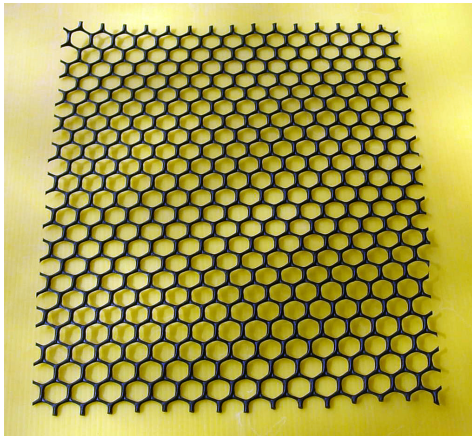
- ปูนซีเมนต์ประเภท I ผลิตได้ตามมาตรฐาน มอก. 15 เล่ม 1-2553 (ASTM C 150-89)
- ผงยิบซั่ม
- ทรายแม่น้ำ ร่อนผ่านตะแกรง 2.38 มิลลิเมตร
- น้ำประปา
- เศษกระดาษสำนักงาน และเศษกระดาษหนังสือพิมพ์

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตขึ้นทดสอบ

สัญลักษณ์	อัตราส่วนผสม ปูนซีเมนต์ : ยิบซั่ม : ทราย : เยื่อกระดาษ	ปริมาณเยื่อกระดาษ (%โดยน้ำหนักของ ปูนซีเมนต์)
S_5	1 : 0.25 : 0.25 : 0.05	5
S_10	1 : 0.25 : 0.25 : 0.10	10
S_15	1 : 0.25 : 0.25 : 0.15	15
S_20	1 : 0.25 : 0.25 : 0.20	20

อัตราส่วนของน้ำเท่ากับ 4 เท่าของน้ำหนักปูนซีเมนต์

การศึกษาอัตราส่วนผสมของปริมาณเยื่อกระดาษเหลือใช้ที่แตกต่างกัน 4 อัตราส่วน ดังแสดงในตารางที่ 1 และ ศึกษาการเสริมตาข่ายพลาสติกและไม่เสริมตาข่ายพลาสติกในวัสดุ ลักษณะของตาข่ายพลาสติกแสดง ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ลักษณะของตาข่ายพลาสติก

2.2 การผลิตชิ้นทดสอบ

ขั้นตอนการเตรียมเยื่อกระดาษ เริ่มต้นด้วยนำเศษกระดาษแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นฉีกเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วนำไปปั่นด้วยสว่านไฟฟ้าประมาณ 5 นาที แล้วนำไปกรองเอาน้ำออก นำเยื่อกระดาษที่ได้ไปผึ่งแดดจนแห้ง แล้วนำไปจัดเก็บเพื่อใช้งานต่อไป

ขั้นตอนการผลิตชิ้นทดสอบ เฟอร์นิเจอร์และวัสดุตกแต่งต้นแบบ โดยนำวัตถุดิบทั้งหมด (ปูนซีเมนต์ ยิปซัมทราย เยื่อกระดาษ) มาชั่งตามอัตราส่วนผสมที่กำหนด คลุกเคล้าให้เข้ากัน แล้วจึงใส่น้ำประปาลงไปตามอัตราส่วนที่กำหนด จากนั้นคลุกเคล้าส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากันด้วยสว่านไฟฟ้าที่มีใบพัดโลหะประมาณ 3 นาที จึงนำไปเทลงในแบบพิมพ์ กระทุ้งให้วัสดุกระจายทั่วทุกจุด ใส่/ไม่ใส่ตาข่ายพลาสติก ปาดผิวให้เรียบ ทิ้งไว้ 3 ชั่วโมง จึงถอดแบบพิมพ์ออกนำไปปมในที่ร่ม เมื่อครบ 28 วันจึงนำไปทดสอบ

2.3 วิธีทดสอบ

การทดสอบในแต่ละอัตราส่วนผสมของการเสริมและไม่เสริมการรับแรง จำนวนอย่างละ 3 ชิ้น

2.3.1 ความหนาแน่นของชิ้นทดสอบ (density)

ทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5908-1994 ชิ้นทดสอบขนาด 90x90 มิลลิเมตร เริ่มต้นด้วยการนำชิ้นทดสอบไปชั่งน้ำหนัก วัดความกว้างและความยาวของชิ้นทดสอบขนาดหน้ากับขอบ แล้วหาค่าเฉลี่ยวัดความหนาของชิ้นทดสอบ 4 ตำแหน่งโดยใช้ไมโครมิเตอร์เป็นตัววัดแล้วหาค่าเฉลี่ยความหนา คำนวณ หาค่าความหนาแน่นตามสูตร

$$\text{ความหนาแน่น (กรัม/ซม}^3\text{)} = M_1 / V$$

เมื่อ

$$M_1 = \text{มวล (กรัม)} \quad V = \text{ปริมาตร (ซม.}^3\text{)}$$

2.3.2 การดูดซึมน้ำ (water absorption)

ทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5908-1994 ชิ้นทดสอบขนาด 50x50 มิลลิเมตร นำชิ้นทดสอบไปแช่ก่อนแช่น้ำ จากนั้นวางชิ้นทดสอบในระนาบเดียวกับผิวหน้าโดยให้ขอบบนอยู่ใต้ผิวน้ำประมาณ 20 มิลลิเมตร ชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นควรวางห่างกันและห่างผนังของภาชนะพอสมควร เมื่อแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมงแล้วจึงนำชิ้นทดสอบขึ้นจากน้ำ โดยไม่มีการซับน้ำทำเช่นนี้กับทุกชิ้นทดสอบ แล้วจึงนำไปชั่งหาน้ำหนักที่แน่นอน จากนั้นหาค่าเฉลี่ยก่อนคำนวณหาการดูดซึมน้ำตามสูตร

$$\text{การดูดซึมน้ำ (\%)} = [(W_2 - W_1) / W_1] \times 100$$

เมื่อ

$$W_1 = \text{น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)}$$

$$W_2 = \text{น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)}$$

2.3.3 การพองตัวทางความหนา (thickness swelling)

ทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5908-1994 ชิ้นทดสอบขนาด 50x50 มิลลิเมตร วัดความหนาชิ้นทดสอบทั้ง 4 มุม หาค่าเฉลี่ยความหนาหน้าแช่น้ำ นำชิ้นทดสอบไปแช่น้ำในภาชนะที่อุณหภูมิห้อง แช่ชิ้นทดสอบเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำชิ้นทดสอบขึ้นจากน้ำ และนำไปวัดความหนาตามตำแหน่งเดิม จากนั้นหาค่าเฉลี่ยเป็นความหนาหลังแช่น้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ยโดยคำนวณหาการพองตัวทางความหนาตามสูตร

$$\text{การพองตัวทางความหนา (\%)} = [(t_2 - t_1) / t_1] \times 100$$

เมื่อ

t_1 = ความหนาหน้าชั้นน้ำ (มิลลิเมตร)

t_2 = ความหนาหลังชั้นน้ำ (มิลลิเมตร)

2.3.4 การทดสอบค่าแรงต้านภายใน (internal bond)

โดยใช้เครื่องทดสอบแรงดึงภายในใช้ระบบไฮดรอลิกคอลเปิร์ต ซึ่งสามารถให้แรงดึงเพื่อแยกชั้นทดสอบออกจากกันภายในเวลาไม่น้อยกว่า 30 วินาทีและไม่เกิน 120 วินาที แผ่นทดสอบหล่อขึ้นรูปตามแบบที่กำหนด โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

นำแผ่นทดสอบแรงดึงยึดกับจุดยึดของเครื่องทดสอบ อัตราการเพิ่มแรงดึงต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มดึงจนกระทั่งชิ้นงานทดสอบแยกออกจากกันต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที และไม่เกิน 120 วินาที

วิธีการคำนวณหาค่าแรงต้านภายใน (Internal Bond, BI) จากสูตร

$$\text{แรงต้านภายใน} = P \text{ max.} / At$$

เมื่อ

$P \text{ max.}$ = แรงดึงสูงสุดที่ทำให้ชิ้นทดสอบขาดเป็นกิโลกรัม

At = พื้นที่ของชิ้นงานที่รับแรงดึงเป็นตารางมิลลิเมตร

2.3.5 สมบัติมอดูลัสการแตกร้าว (modulus of rupture, MOE) และมอดูลัสยืดหยุ่น (modulus of elasticity)

ทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5908-1994 ชิ้นทดสอบขนาด 50x150 มิลลิเมตร วางชิ้นทดสอบลงบนแท่นรองรับซึ่งมีระยะห่าง 15 เท่าของความหนาชิ้นทดสอบ อัตราความเร็วในการกด 10 มิลลิเมตร/นาที เครื่องกดสามารถกดได้สูงสุดถึง 5 นิวตัน แล้วหาค่าเฉลี่ย คำนวณตามสูตร

$$MOR = 3 p L / 2 d b^2$$

เมื่อ

MOR = มอดูลัสการแตกร้าว หน่วยเมกะพาสคัล (MPa)

p = แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ หน่วยนิวตัน (N)

L = ความยาวของช่วงระหว่างแท่นรองรับ หน่วยมิลลิเมตร (mm)

b = ความกว้างของชิ้นงานทดสอบ หน่วยมิลลิเมตร (mm)

d = ความหนาเฉลี่ยของชิ้นงานทดสอบ หน่วยมิลลิเมตร (mm)

$$MOE = L^3 \Delta W / 4bt^3 \Delta S$$

เมื่อ

MOE = มอดูลัสยืดหยุ่น หน่วยเป็นเมกะพาสคัล (MPa)

L = ระยะห่างของแท่นรองรับ หน่วยเป็น มม. (mm)

ΔW = แรงกดที่กระทำเพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง หน่วยเป็นนิวตัน (N)

ΔS = ระยะแอ่นตัวของชิ้นทดสอบที่เพิ่มขึ้นในช่วงเส้นกราฟเป็นเส้นตรง หน่วยเป็น มม. (mm)

b = ความกว้างของชิ้นทดสอบ หน่วยเป็น มม. (mm)

t = ความหนาเฉลี่ยของชิ้นทดสอบ หน่วยเป็น มม. (mm)

2.3.6 สมบัติการต้านทานแรงอัด (compressive strength)

นำเฟอร์นิเจอร์ต้นแบบไปทดสอบหาค่ากำลังสูงสุดในการรับแรงอัดจำนวน 2 ชิ้น แล้วหาเฉลี่ยหาค่าการต้านทานแรงอัด

$$f'c = P / A$$

เมื่อ

$f'c$ = กำลังอัดของตัวอย่างชิ้นทดสอบ หน่วยกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (Kg/cm²)

P = น้ำหนักกดประลัยของชิ้นทดสอบ หน่วยกิโลกรัม (Kg)

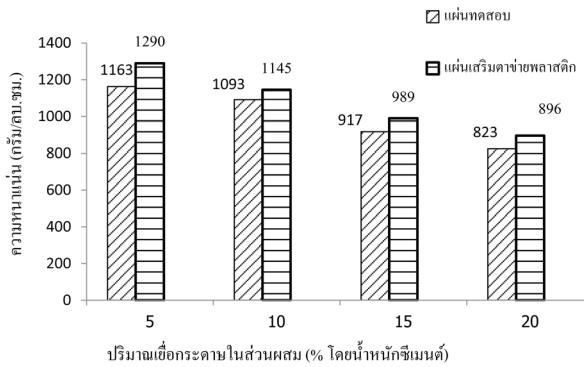
A = พื้นที่หน้าตัดที่รับแรงกดของชิ้นทดสอบ หน่วยตารางเซนติเมตร (cm²)

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

3.1 ความหนาแน่นของชิ้นทดสอบ

ความหนาแน่นของชิ้นทดสอบ แสดงดังรูปที่ 2 จะเห็นได้ว่า เมื่อปริมาณเยื่อกระดาษเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความหนาแน่นของวัสดุต่ำลง ชิ้นทดสอบที่มีปริมาณเยื่อกระดาษร้อยละ 20 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์มีค่าความหนาแน่นต่ำสุด ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า การเพิ่มปริมาณเยื่อกระดาษที่มีน้ำหนักเบา (มวลเบา) มีความหนาแน่นต่ำกว่าปูนซีเมนต์ ยิปซัมและทราย ส่งผลให้ความหนาแน่นของชิ้นทดสอบต่ำลง

ชิ้นทดสอบที่เสริมตาข่ายพลาสติกมีค่าความหนาแน่นสูงกว่าชิ้นทดสอบที่ไม่เสริมตาข่ายพลาสติก ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า มวลของวัสดุผสมเยื่อกระดาษที่เข้า



รูปที่ 2 ความหนาแน่นของซันทอสต่อปริมาณเชื้อราในดิน

ไปแทนที่แผ่นตาข่ายพลาสติกมีความหนาแน่น (น้ำหนัก) น้อยกว่าแผ่นตาข่ายพลาสติก

3.2 การดูดซึมน้ำ ค่าความชื้น และการพองตัว เมื่อแช่น้ำ

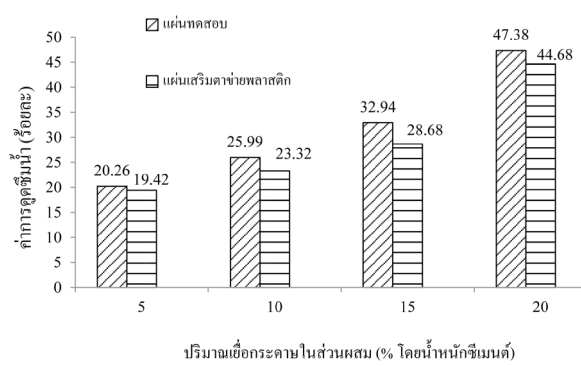
ผลการศึกษาการดูดซึมน้ำ ค่าความชื้น และการพองตัวเมื่อแช่น้ำ ดังรูปที่ 3, 4 และ 5 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า เมื่อปริมาณเชื้อราเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าการดูดซึมน้ำ ค่าความชื้น และค่าการพองตัวมีค่าเพิ่มขึ้น การเปรียบเทียบระหว่างซันทอสที่เสริมตาข่ายพลาสติก และไม่เสริมตาข่ายพลาสติก พบว่า มีค่าการดูดซึมน้ำ แตกต่างกันค่อนข้างมาก ส่วนค่าความชื้นและค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำของซันทอสมีค่าใกล้เคียงกัน

ในขณะที่แผ่นทอสบมีขนาดเท่ากัน การเพิ่มปริมาณเชื้อราจะส่งผลให้วัสดุมีค่าการดูดซึมน้ำและค่าความชื้นเพิ่มขึ้น เนื่องจากเชื้อราสามารถในการดูดซับน้ำสูง และมีการขยายตัวสูง (พองตัว) จึงเกิดการผลักดันกันภายในวัสดุผสมเชื้อรา ส่งผลให้วัสดุมีค่าการดูดซึมน้ำและการพองตัวเพิ่มขึ้น ดังผลการทดสอบของ สโรชา เจริญวัย โจเซฟ เคดารี และจิงจิร หิรัญลาม (Charoenvai, Khedari & Hirunlabh, 1999)

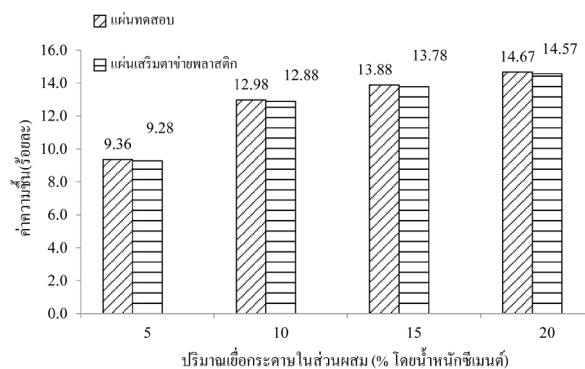
3.3 ค่ามอดูลัสการแตกร้าวและค่ามอดูลัสการยืด

รูปที่ 6 แสดงค่ามอดูลัสการแตกร้าวของซันทอสต่อปริมาณเชื้อราในดิน พบว่า เมื่อปริมาณเชื้อราเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่ามอดูลัสการแตกร้าวลดลง ซันทอสที่มีตาข่ายพลาสติกสามารถรับแรงมอดูลัสการแตกร้าวได้สูงกว่าซันทอสที่ไม่มีตาข่ายพลาสติก

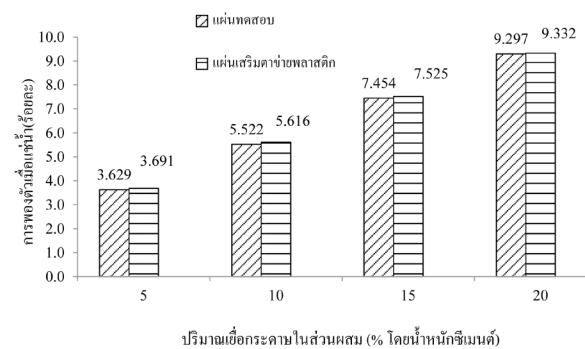
รูปที่ 7 แสดงค่ามอดูลัสการยืดหยุ่นของซันทอส พบว่า เมื่อปริมาณเชื้อราเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่ามอดูลัสการยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับซัน



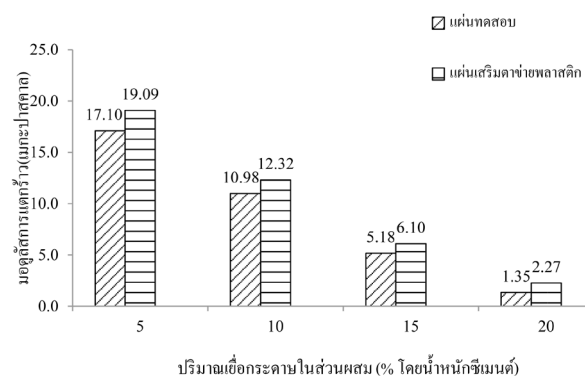
รูปที่ 3 ค่าการดูดซึมน้ำของซันทอสต่อปริมาณเชื้อราในดิน



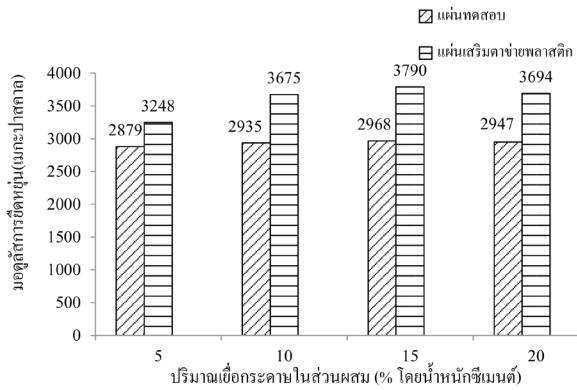
รูปที่ 4 ค่าความชื้นของซันทอสต่อปริมาณเชื้อราในดิน



รูปที่ 5 ค่าการพองตัวของซันทอสต่อปริมาณเชื้อราในดิน



รูปที่ 6 ค่ามอดูลัสการแตกร้าวต่อปริมาณเชื้อราในดิน

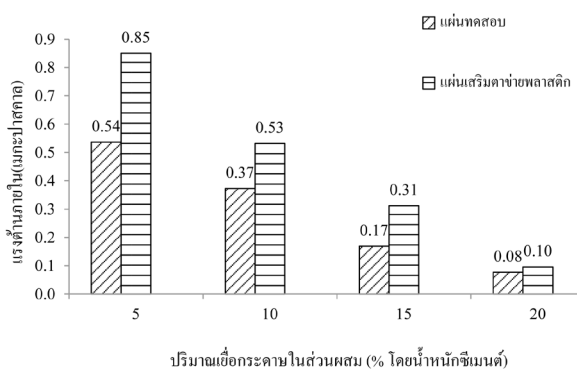


รูปที่ 7 ค่ามอดูลัสการยึดหยุ่นต่อปริมาณเอือกระดาษในส่วผสม

ทดสอบที่มีดาษพลาสติกมีค่ามอดูลัสการยึดหยุ่น (การแอ่นตัวของวัสดุเมื่อรับแรง) สูงกว่าชั้นทดสอบที่ไม่มีดาษพลาสติก

3.4 ค่าแรงต้านภายใน (internal bond)

รูปที่ 8 แสดงค่าแรงต้านภายในวัสดุต่อปริมาณเอือกระดาษในส่วผสม เมื่อเพิ่มปริมาณเอือกระดาษในส่วผสมส่งผลให้ค่าการต้านทานแรงดึงภายในต่ำลง สามารถอธิบายได้ว่าการเกาะยึดระหว่างวัสดุมีความแข็งแรงต่ำเนื่องจากปริมาณเอือกระดาษเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณวัสดุประสาน (ปูนซีเมนต์) ต่ำลง ส่งผลให้การเกาะยึดระหว่างเอือและวัสดุต่าง ๆ ลดลง



รูปที่ 8 ค่าแรงต้านภายในต่อปริมาณเอือกระดาษในส่วผสม

3.5 การเปรียบเทียบแผ่นทดสอบกับแผ่นไม้สังเคราะห์

เมื่อเปรียบเทียบสมบัติของแผ่นทดสอบกับแผ่นไม้สังเคราะห์ที่มีในท้องตลาด พบว่า แผ่นทดสอบมีสมบัติทางกลใกล้เคียงกับแผ่นไม้อัดและไม้อัดสังเคราะห์ สมบัติการดูดซึมน้ำและการพองตัวเมื่อแช่น้ำต่ำกว่าไม้อัด ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบสมบัติของวัสดุต่าง ๆ

คุณสมบัติ	แผ่นไม้อัด	แผ่นไม้อัดซีเมนต์	แผ่นวัสดุทดสอบ*
ความหนาแน่น (กก./ซม ³)	600-900	1300	1144
การดูดซึมน้ำ (%)	85	15	23
ความชื้น (%)	20	8	13
การพองตัว (%)	≤12	2	5.6
มอดูลัสการแตกร้าว (MPa)	≥18	24	12.32
มอดูลัสการยึดหยุ่น (MPa)	≥5000	4500	3674
ค่าแรงต้านภายใน (MPa)	0.30	0.65	0.53

* หมายเหตุ แผ่นวัสดุทดสอบที่อัตราส่วน 1 : 0.25 : 0.25 : 0.10 (ปูนซีเมนต์ : ยิปซัม : ทราวย : เอือกระดาษ)

เมื่อพิจารณาลักษณะทางกายภาพของวัสดุนี้ พบว่าเนื้อวัสดุมีสีเทาอ่อนจากปูนซีเมนต์และผงหมึกที่ปนอยู่ในเอือกระดาษ ลักษณะผิวหยาบมีโพรงอากาศขนาดเล็กจำนวนมาก ดังรูปที่ 9

ลักษณะผิวที่หยาบส่งผลให้ต้องมีการตกแต่งผิวหน้าของแผ่นวัสดุ เมื่อตกแต่งลายไม้จะทำให้แผ่นทดสอบนี้มีลักษณะเช่นเดียวกับแผ่นไม้อัดลายไม้ทั่วไปในท้องตลาด ดังรูปที่ 10



รูปที่ 9 แสดงลักษณะผิวของชั้นทดสอบ



รูปที่ 10 ลักษณะสี ผิว ของไม้อัดและวัสดุที่พัฒนาใหม่

3.6 ผลการผลิตเฟอร์นิเจอร์และวัสดุตกแต่ง

การขึ้นรูปทรงเฟอร์นิเจอร์ทดสอบ 2 รูปแบบ คือ

1. แบบหล่อขึ้นรูปเป็นแผ่น ลักษณะเช่นเดียวกับแผ่นไม้อัดทั่วไปเพื่อนำไปตัดและประกอบขึ้นรูปตามความต้องการ

2. แบบหล่อขึ้นรูปทรงเป็นเฟอร์นิเจอร์เลย เพื่อลดของเสียจากเศษวัสดุ โดยผลิตเก้าอี้สำหรับเด็กและวัสดุตกแต่งผนัง การหล่อขึ้นรูปเฟอร์นิเจอร์และวัสดุตกแต่งทั้งสองรูปแบบนี้ใช้อัตราส่วนผสม 1 : 0.25 : 0.25 : 0.10 (ปูนซีเมนต์ : ยิปซัม : ทราย : เยื่อกระดาษ) เสริมการรับแรงด้วยตาข่ายพลาสติก

การผลิตเก้าอี้สำหรับเด็กด้วยเทคนิคการหล่อขึ้นรูปแสดงดังรูปที่ 11 จากการเลือกรูปทรงของถังใส่ของเป็นแบบพิมพ์ที่สร้างสรรค์เพื่อประหยัดงบประมาณ และเลือกใช้ขวดน้ำพลาสติกเสริมแกนกลางเพื่อช่วยลดปริมาณวัสดุ ช่วยลดน้ำหนัก และช่วยเพิ่มการรับแรง ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า การขึ้นรูปจากวัสดุผสมเยื่อกระดาษทำได้ดี ผิวหน้าวัสดุควรมีการตกแต่งและประดับ เก้าอี้สามารถรับแรงกดทับได้สูงถึง 192 กิโลกรัม



แกนเสริมขวด

หล่อขึ้นรูป

ตกแต่ง

รูปที่ 11 แสดงการหล่อขึ้นรูปเก้าอี้ขนาดเล็ก

การตัด การเจาะ และการยึดแผ่นทดสอบแสดงดังรูปที่ 12 พบว่า การตัดและเจาะสามารถทำได้โดยใช้ใบเลื่อยและดอกสว่านเจาะโลหะเทียบเท่าคุณสมบัติของไม้เนื้อแข็ง การยึดด้วยตะปูเกลียวควรมีการเพิ่มวัสดุประสานในการยึดเกาะโดยใช้กาวลาเท็กซ์ทา ก่อนยึดตะปูเกลียว



การเลื่อย

การเจาะ

การยึด

รูปที่ 12 แสดงการเลื่อย การเจาะ การยึด

การทำสีและเคลือบผิว มีข้อเสนอแนะว่า ควรใช้น้ำผสมกาวลาเท็กซ์ในอัตราส่วน 1 : 0.5 ทาก่อนหนึ่งครั้ง แล้วนำไปผึ่งให้แห้งก่อนทาสีหรือเคลือบผิว จะช่วยทำให้การยึดเกาะผิวดีขึ้นและไม่สิ้นเปลืองปริมาณสีหรือวัสดุเคลือบผิว ผิวลายไม่สามารถทำได้ทั้งวิธีการทาสีตกแต่งหรือติดด้วยแผ่นวีเนียร์

วัสดุผสมเยื่อกระดาษเหลือใช้สามารถนำมาใช้สร้างสรรค์เฟอร์นิเจอร์และวัสดุตกแต่งได้หลากหลายดังแสดงในรูปที่ 13



รูปที่ 13 ตัวอย่างต้นแบบเฟอร์นิเจอร์และวัสดุตกแต่ง

4. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้วัสดุผสมเยื่อกระดาษเหลือใช้เพื่อนำมาประกอบเป็นเฟอร์นิเจอร์และวัสดุตกแต่ง สามารถสรุปได้ว่า

- กระดาษเหลือใช้สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุผสมในปูนซีเมนต์ ยิปซัม ทราย และน้ำ ส่งผลให้วัสดุมีน้ำหนักเบา (ความหนาแน่นต่ำ) และช่วยลดรอยแตกร้าวของวัสดุได้ด้วย

- แผ่นวัสดุผสมเยื่อกระดาษที่มีตาข่ายพลาสติกจะทำให้ค่าการรับแรงทางกลดีขึ้นเทียบเท่าสมบัติของไม้เนื้ออ่อนและไม้อัด

- เก้าอี้สำหรับเด็กที่ใช้วัสดุติดในพื้นที่ กรรมวิธีการหล่อขึ้นรูปด้วยเครื่องมือช่างทั่วไปสามารถทำได้สะดวก รวดเร็ว ตามความคิดสร้างสรรค์ของผู้ออกแบบ

ดังนั้น จึงสามารถกล่าวได้ว่า การใช้วัสดุผสมเยื่อกระดาษในการผลิตเฟอร์นิเจอร์และวัสดุตกแต่งนี้เป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่น่าสนใจในการส่งเสริมและพัฒนาเชิงพาณิชย์

5. ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการวิจัย

เฟอร์นิเจอร์และวัสดุตกแต่งจากวัสดุผสมเยื่อกระดาษเป็นผลผลิตที่ได้มาจากการวิจัยและพัฒนาในครั้งนี้ ดังรูปที่ 14



เก้าอี้สำหรับเด็ก



วัสดุตกแต่งผนัง



โต๊ะวางของ



ชั้นวางของ

รูปที่ 14 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการวิจัย

กิตติกรรมประกาศ

- สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แห่งประเทศไทย และสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่สนับสนุนด้านงบประมาณ
- คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่สนับสนุนและอำนวยความสะดวก
- คณะครุศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านเครื่องมือทดสอบ
- ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. ปัญญา ศรีจันทร์ ผศ.ดร. นุชธนา พูลทอง และ ดร. นันทน์ ถาวรังกูร คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้คำแนะนำ

References

- Assasutjarit, C., Hirunlabh, J., Khedari, J., Charoenvai, S., Zeghmatti, B., & Cheul, S. U. (2007). Development of coconut coir-based lightweight cement board. *Construction and Building Materials*, 21(2), 277-288.
- Charoenvai, S., Khedari, J. & Hirunlabh, J. (1999). การพัฒนาต้นแบบแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนและมะพร้าวที่ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำ [Development of new particleboards from durian peel and coconut coir with low thermal conductivity]. Master of Engineering Thesis (Energy Technology), School of Energy, Environment and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi.
- Collins, R. J. & Ciesielski, S. K. (1993). *Recycling and use of waste materials and by-products in highway construction* (pp. 122-150). Washington, DC: National Academy Press.
- IKEA. (2004). *IKEA's Big Idea, Spring 2004 issue: Surface and panel*. Sweden: Author.
- Khedari, J., Charoenvai, S. & Hirunlabh, J. (2003). New insulating particleboards from durian peel and coconut coir. *Building and Environment*, 38(3), 435-441.
- Office of Waste and Hazardous Substances Management Bureau. (2006). *สถานการณ์ขยะของประเทศไทย ตอนที่ 4* [Waste report in Thailand]. Retrieved December 22, 2011, from <http://www.pcd.go.th/download/waste.cfm>

- Okino, E. Y. A., Santana, M. A. E. & de Souza, M. R. (2000). Utilization of wastepaper to manufacture low density boards. *Bioresource Technology*, 73(1), 77-79.
- Samkaew, P., Kamharpon, P. & Satitkriangkrai, V. (2003). การผลิตเฟอร์นิเจอร์จากเศษกระดาษธนบัตรเก่าและขี้เลื่อย [Furniture making from old banknote paper and sawdust]. Bachelor of Science Research Project (Printing and Packing Technology), School of Energy, Environment and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi.
- Schroeder, R. L. (1994). The use of recycled materials in highway construction. *Federal Highway Administration*, 58(2), 32-41.
- Thailand Institute of Packaging and Recycle Management for Sustainable Environment [TIPMSE]. (2006). ความรู้เรื่องรีไซเคิล ตอน 1 บรรจุภัณฑ์กระดาษกับสิ่งแวดล้อม [Paper recycling: Sustainable packaging]. Retrieved February 17, 2011, from <http://www.tipmse.or.th/datafiles/file/ความรู้เรื่องรีไซเคิล%201-5.doc>
- Yodnumkhum, W. (2005). การพัฒนา การผลิต แผ่นซีเมนต์เยื่อกระดาษอัดขึ้นรูป [Production development of cement composite plates reinforced with wastepaper fibers]. Master of Science Thesis (Civil Engineering), Faculty of Industrial Education and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi.