

การพัฒนากระบวนการผลิตหลังคาด้วยวัสดุธรรมชาติคอมโพสิต

Development of Natural Composite Materials Roof Forming Process

เชษฐ อุทัยยัง วชิรินทร์ สิทธิเจริญ และนทีชัย ผัสดี

สาขาวิศวกรรมแม่พิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

128 ถนนห้วยแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

โทร: 053-899499 E-mail: chet_tde@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เพื่อศึกษาและสร้างแม่พิมพ์กดอัดขึ้นรูปแผ่นมุงหลังคาที่ทำจากวัสดุธรรมชาติคอมโพสิต ซึ่งจะใช้ส่วนผสม 2 กลุ่ม คือ ไม้เลื่อยไม้ผสมซีชัน ทาเคลือบด้วยโพลียูรีเทน และไม้เลื่อยไม้ผสมเกลบหยาบผสมซีชัน ทาเคลือบด้วยโพลียูรีเทน โดยทดสอบหาส่วนผสมที่สามารถนำไปกดอัดขึ้นรูปได้ดี คือใช้ไม้เลื่อยไม้ 307 กรัม ซีชัน 300 กรัม เป็นส่วนผสมกลุ่มที่ 1 และใช้ไม้เลื่อยไม้ 290 กรัม เกลบหยาบ 17 กรัม ซีชัน 300 กรัม เป็นส่วนผสมกลุ่มที่ 2 นำส่วนผสมไปกดอัดขึ้นรูปในชุดแม่พิมพ์ ได้ชิ้นงานแผ่นมุงหลังคาจากวัสดุธรรมชาติคอมโพสิตและทาเคลือบด้วยโพลียูรีเทน การทดสอบสมบัติของแผ่นมุงหลังคาโดยเทียบเคียงจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระเบื้องดินเผาungหลังคา มาตรฐานเลขที่ มอก.158-2518 กระเบื้องอุตสาหกรรม ได้ผลการทดสอบดังนี้ การตรวจสอบขนาดของแผ่นมุงหลังคาอยู่ในพิสัยที่กำหนด ทดสอบการซึมน้ำของแผ่นมุงหลังคาอยู่ในพิสัยที่กำหนด และทดสอบการต้านแรงทางขวางของแผ่นมุงหลังคา ในส่วนผสมกลุ่มที่ 1 ไม่อยู่ในพิสัยที่กำหนด ในส่วนผสมกลุ่มที่ 2 อยู่ในพิสัยที่กำหนด ดังนั้นส่วนผสมกลุ่มที่ 2 มีความเหมาะสมที่จะนำไปพัฒนาผลิตแผ่นมุงหลังคาจากวัสดุธรรมชาติคอมโพสิตต่อไป

คำสำคัญ : การพัฒนากระบวนการผลิตหลังคา วัสดุธรรมชาติคอมโพสิต แม่พิมพ์กดอัดขึ้นรูป

ABSTRACT

This research aimed to study and manufacture roof tiles from the natural materials using a compressing die forming process. Two different material samples were investigated in this work. First sample was consisted of 307 grams of wood sawdust and 300 grams of organic resin. While the second mixture was consisted of 290 grams of wood sawdust, 17 grams of husk, and 300 grams of organic resin. The material samples were coated by polyurethane and then formed systemically using the compression mold method. The physical and mechanical properties of tiles were tested and investigation according to TISI No.158-2518. The experimental results found that the both samples could be manufactured by the given

compression molding method. The dimension and the water absorption of both samples might be in the range of the acceptance criteria of the specific TISI standard. However, the second sample was optimized for manufacturing the roof tile because its bending force resistance was higher than that of the specific value in the standard.

Keywords : Development for roof forming process, Natural composite materials, Compressing die

1. บทนำ

กระบวนการผลิตหลังคาทำจากวัสดุธรรมชาติคอมโพสิต วัสดุที่นำมาทำหลังคานั้นเป็นการนำเอาทรัพยากรที่มีอยู่ในประเทศมาใช้ให้เกิดประโยชน์และคุณค่าสูงสุด ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่มีราคาถูก เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ คือหลังคา หรือนำวัสดุธรรมชาติทำแผ่นกระเบื้องปูสนามนอกอาคาร [1] หรือการผลิตหลังคาจากพาราจากวัสดุธรรมชาติกับซีเมนต์ที่ประหยัดพลังงานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม [2] หลังคาจากพารากับวัสดุธรรมชาติเส้นใยป่านศรนารายณ์ [3] จากการที่ได้วิจัยเรื่องการศึกษาเพื่อขึ้นรูปหลังคาทำจากวัสดุธรรมชาติคอมโพสิต[4] จึงได้ทราบถึงการออกแบบและสร้างชุดแม่พิมพ์ ส่วนผสมวัสดุธรรมชาติคอมโพสิตที่จะนำมาใช้ในกระบวนการผลิตแผ่นมุงหลังคา รวมถึงปัญหาที่พบในโครงการวิจัยดังกล่าวนี้ ทำให้ทราบว่าชุดแม่พิมพ์ที่ออกแบบและสร้างสามารถขึ้นรูปแผ่นมุงหลังคาจากส่วนผสมวัสดุธรรมชาติได้ แต่ขนาดแผ่นมุงหลังคาไม่ได้อยู่ในขนาดพิกัด เนื่องจากวัสดุที่ใช้เป็นส่วนผสมมีการขยายตัวเกิดขึ้นหลังจากนำแผ่นมุงหลังคาออกจากชุดแม่พิมพ์ แผ่นมุงหลังคานี้ยังไม่สามารถใช้งานได้จริง จากเหตุผลดังกล่าว จึงมีจุดประสงค์ที่จะศึกษาพัฒนาส่วนผสมแผ่นมุงหลังคาจากวัสดุธรรมชาติคอมโพสิต โดยการปรับเปลี่ยนส่วนผสมบางตัวและหาอัตราส่วนผสมที่เข้ากันได้ดี

และมีคุณสมบัติที่ดีขึ้น รวมถึงการออกแบบและสร้างชุดแม่พิมพ์ใหม่ จากเดิมแผ่นมุงหลังคาเป็นแบบลอนคู่ (ย่อส่วน) เปลี่ยนเป็นแผ่นมุงหลังคาแบบหางว่าว ล้วนน่าเท่าขนาดจริง และมีการทดสอบสมบัติของแผ่นมุงหลังคา ตามมาตรฐานเลขที่ มอก.158-2518 กระทรวงอุตสาหกรรม โดยคณะผู้วิจัยคาดว่าจะการจัดทำวิจัยโครงการในครั้งนี้จะนำไปสู่การปรับปรุงและพัฒนาเพื่อการผลิตให้ใช้งานได้จริงในอนาคต

2. วิธีดำเนินการวิจัย

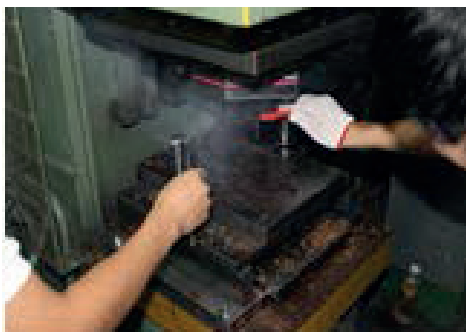
2.1 การทดลองและอุปกรณ์การทดลอง

ใช้ชุดแม่พิมพ์กดอัดขึ้นรูปที่ออกแบบและสร้าง [5] ดังภาพที่ 1 โดยติดตั้งชุดแม่พิมพ์บนเครื่องอัดไฮดรอลิก ดังภาพที่ 2 เพื่อขึ้นรูปหลังคาหางว่าว ล้วนน่า ขนาดกว้าง 180 มิลลิเมตร ยาว 280 มิลลิเมตร หนา 10 มิลลิเมตร จำนวนครั้งในการทดลอง 10 ครั้ง ศึกษาวัสดุและอัตราส่วนผสมในการขึ้นรูปแผ่นมุงหลังคา วัสดุส่วนผสมที่นำมาทดลองทำแผ่นมุงหลังคาจากวัสดุธรรมชาติคอมโพสิต ดังภาพที่ 3 มีดังนี้ ซีเมนต์ผสมซีเมนต์หยาบเคลือบด้วยโพลียูรีเทน ซีเมนต์ผสมกลบหยาบและผสมซีเมนต์หยาบเคลือบด้วยโพลียูรีเทน ทดสอบสมบัติของแผ่นมุงหลังคาตามมาตรฐานเลขที่ มอก.158-2518 กระทรวง

อุตสาหกรรม ประกอบด้วย การตรวจสอบขนาด
ทดสอบการซึมน้ำ และทดสอบการต้านแรงทางขวาง



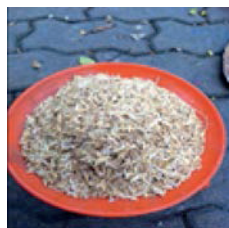
ภาพที่ 1 แม่พิมพ์กดอัดขึ้นรูป



ภาพที่ 2 การติดตั้งชุดแม่พิมพ์



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 3 วัสดุส่วนผสมที่ใช้ทดลอง (ก) ขี้เถ้าแฉะ
(ข) แกลบหยาบ และ (ค) ขี้ชัน



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4 วัสดุส่วนผสมที่เหมาะสมนำไปขึ้นรูป
แผ่นมุงหลังคา (ก) ส่วนผสมกลุ่มที่ 1 และ
(ข) ส่วนผสมกลุ่มที่ 2

ก่อนจะทำการขึ้นรูปแผ่นมุงหลังคา ได้
ทำการศึกษาอัตราส่วนผสมของวัสดุที่ใช้ในการ
ทดลอง โดยทำการทดลองเพื่อให้ได้สัดส่วนผสมที่
เหมาะสม โดยมีวิธีการคือ การคำนวณหาน้ำหนักของ
แผ่นมุงหลังคาซึ่งได้ค่าเท่ากับ 307 กรัมต่อแผ่น นำ
วัสดุส่วนผสมขี้เถ้าแฉะมาชั่งน้ำหนักเริ่มต้นชั่ง
อยู่ที่ 50 กรัม และใช้ขี้ชันเพิ่มขึ้นทุก 50 กรัม จนถึง
350 กรัม แล้วนำสัดส่วนผสมขี้เถ้าแฉะและขี้ชันไป
ทดลองกดในแม่พิมพ์ บนเครื่องอัดไฮดรอลิก จะได้
ส่วนผสมที่เข้ากันได้ดีมีการแข็งตัวดีไม่ติดแม่พิมพ์ คือ
ใช้ขี้เถ้าแฉะ 307 กรัม และขี้ชัน 300 กรัม ดังภาพที่
4 (ก) จึงนำส่วนผสมที่เหมาะสมนี้ไปกดอัดขึ้นรูปแผ่น
มุงหลังคาต่อไป การศึกษาอัตราส่วนผสมกลุ่มที่ 2
ขี้เถ้าแฉะผสมแกลบหยาบและผสมขี้ชันจะได้
ส่วนผสมที่เหมาะสม คือใช้ขี้เถ้าแฉะ 290 กรัม แกลบ
หยาบ 17 กรัม และขี้ชัน 300 กรัม ดังภาพที่ 4 (ข)
จึงนำส่วนผสมที่เหมาะสมนี้ไปกดขึ้นรูปแผ่นมุงหลังคา
หลังจากนั้นนำแผ่นมุงหลังคาไปตากแดด 1 วัน เมื่อ
แผ่นมุงหลังคาแห้งก็นำไปทดสอบด้วยโพลียูรีเทน
แล้วนำไปตากแดดให้แห้ง เพื่อนำไปตรวจสอบขนาด
ทดสอบการซึมน้ำ ทดสอบการต้านแรงทางขวาง

2.2 การทดสอบสมบัติแผ่นมุงหลังคา [6]

การตรวจสอบขนาด ระบบที่ใช้ในการวัดใช้ระบบเมตริกหน่วยมิลลิเมตร ทศนิยมสองตำแหน่ง วัดความยาวและความกว้างให้ใช้แผ่นมุงหลังคาจำนวน 10 แผ่น วัดทีละแผ่น การวัดความหนาแต่ละแผ่นวัด 2 ครั้ง ในแนวตั้งฉากซึ่งกันและกัน แล้วหาค่าเฉลี่ยของแต่ละแผ่น ผลการตรวจสอบขนาดทุกครั้งจะต้องเป็นไปตามที่ระบุไว้คือ ความกว้างยอมให้คลาดเคลื่อนจากขนาดที่ระบุไว้ มีค่า $\pm$ ได้ไม่เกิน 3 มิลลิเมตร ความยาวยอมให้คลาดเคลื่อนจากที่ระบุไว้มีค่า $\pm$ ได้ไม่เกิน 6 มิลลิเมตร และความหนายอมให้คลาดเคลื่อนจากขนาดที่ระบุไว้ได้ระหว่าง 6-8 มิลลิเมตร ทดสอบการซึมน้ำมีวิธีการคำนวณดังนี้

$$\text{ค่าการซึมน้ำ ร้อยละ} = \frac{W_w - W_d}{W_d} \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ W_d คือ น้ำหนักของแผ่นมุงหลังคาที่แห้ง เป็นกรัม

W_w คือ น้ำหนักของแผ่นมุงหลังคาหลังจากแช่น้ำ 24 ชั่วโมง เป็นกรัมและให้หาค่าเฉลี่ยของแผ่นมุงหลังคาทั้ง 6 แผ่น การซึมน้ำ (Water Absorption) ต้องมีค่าการซึมน้ำไม่เกินร้อยละ 13.5 ทดสอบการต้านแรงทางขวาง มีวิธีการทดสอบโดยนำแผ่นมุงหลังคาวางบนเครื่องทดสอบ ดังภาพที่ 5 นำแผ่นมุงหลังคาที่แห้งโดยไม่ได้ผ่านการแช่น้ำ เพื่อเป็นการเปรียบเทียบกับผลการแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทดสอบตามมาตรฐานเลขที่ มอก.158-2518 กระทรวงอุตสาหกรรม อัตราการเพิ่มแรงจะต้องเป็น

โดยสม่ำเสมอระหว่าง 445 นิวตัน ถึง 667 นิวตันต่อ นาที คำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$S = \frac{1.5PL}{bd^2} \quad (2)$$

เมื่อ S คือ การต้านแรงทางขวาง หน่วยเป็นนิวตันต่อตารางมิลลิเมตร

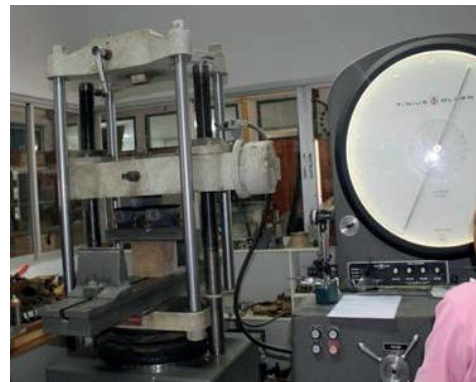
P คือ น้ำหนักกด หน่วยเป็นนิวตัน

L คือ ระยะห่างของจุดรองรับ 180 มิลลิเมตร

b คือ ความกว้างของแผ่นมุงหลังคา เป็นมิลลิเมตร

d คือ ความหนาของแผ่นมุงหลังคา เป็นมิลลิเมตร

การต้านแรงทางขวาง (Transverse Strength) ต้องมีค่าแรงทางขวางไม่ต่ำกว่า 7 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร



ภาพที่ 5 เครื่องทดสอบการต้านแรงทางขวาง

3. ผลการวิจัย

3.1 ตรวจสอบขนาดแผ่นมุงหลังคาตารางที่ 1 ผลการวัดความกว้างและความยาวของแผ่นมุงหลังคา ส่วนผสมซีเมนต์กับซีซันทาเคลือบโพลียูรีเทน

ชั้นที่	ขนาดความกว้าง (มม.) ที่วัดได้	ค่าคลาดเคลื่อน	ขนาดความยาว (มม.) ที่วัดได้	ค่าคลาดเคลื่อน
1	179	-1	278	-2
2	178	-2	279	-1
3	178	-2	278	-2
4	179	-1	278	-2
5	178	-2	278	-2
6	179	-1	279	-1
7	179	-1	277	-3
8	178	-2	278	-2
9	178	-2	277	-3
10	180	0	278	-2
ค่าเฉลี่ย	178.30	- 1.40	278	-2

ตารางที่ 2 ผลการวัดความกว้างและความยาวของแผ่นมุงหลังคาส่วนผสมซีเมนต์กับเกลบหยาบและซีซันทาเคลือบโพลียูรีเทน

ชั้นที่	ขนาดความกว้าง (มม.) ที่วัดได้	ค่าคลาดเคลื่อน	ขนาดความยาว (มม.) ที่วัดได้	ค่าคลาดเคลื่อน
1	180	0	279	-1
2	178	-2	277	-3
3	180	0	279	-1
4	179	-1	278	-2
5	180	0	278	-2
6	181	+1	280	0
7	180	0	279	-1
8	179	-1	277	-3
9	180	0	279	-1
10	181	+1	280	0
ค่าเฉลี่ย	179.80	- 0.20	278.60	- 1.40

ตารางที่ 3 ผลการวัดความหนาของแผ่นมุงหลังคาส่วนผสมซีเมนต์กับซีชันทาเคลือบโพลียูรีเทน

ชั้นที่	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	ค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ย
1	9.83	9.95	9.89	- 0.11
2	10.20	10.10	10.15	+ 0.15
3	9.90	9.88	9.89	- 0.11
4	10.04	10.08	10.06	+ 0.06
5	10.18	10.16	10.17	+ 0.17
6	10.20	10.28	10.24	+ 0.24
7	10.30	10.20	10.25	+ 0.25
8	9.87	10.00	9.94	- 0.06
9	10.26	10.38	10.32	+ 0.32
10	11.13	11.00	11.07	+ 1.07
ค่าเฉลี่ย	10.19	10.20	10.20	0.20

ตารางที่ 4 ผลการวัดความหนาของแผ่นมุงหลังคาส่วนผสมซีเมนต์กับกลบหยาบและซีชันทาเคลือบโพลียูรีเทน

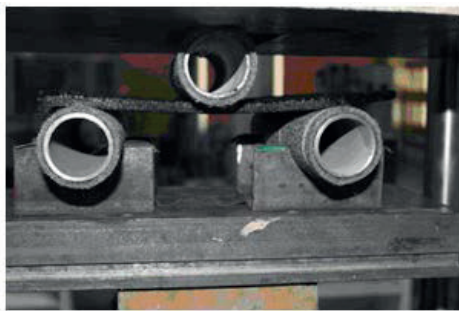
ชั้นที่	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	ค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ย
1	10.48	10.30	10.39	+ 0.39
2	10.06	9.90	9.98	- 0.02
3	10.40	9.88	10.14	+ 0.14
4	10.64	10.08	10.36	+ 0.36
5	10.78	10.36	10.57	+ 0.57
6	11.40	11.48	11.44	+ 1.44
7	11.30	11.22	11.26	+ 1.26
8	10.70	10.12	10.41	+ 0.41
9	10.60	10.48	10.54	+ 0.54
10	11.38	11.00	11.19	+ 1.19
ค่าเฉลี่ย	10.77	10.48	10.63	0.63

แผ่นมุงหลังคาที่ได้จากการทดลองจะนำมาวัดตรวจสอบขนาดความกว้าง ความยาว ดังภาพที่ 6 ผลการวัดขนาดดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2 ขนาดความกว้างแผ่นมุงหลังคาจากวัสดุธรรมชาติ (ซีเมนต์ไม่ผสมซีชัน ทาเคลือบโพลียูรีเทน) ได้ค่าเฉลี่ย 178.30 มิลลิเมตร จากขนาดจริง 180 มิลลิเมตร มีค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยอยู่ที่ - 1.40 มิลลิเมตร อยู่ในพิสัยยอมรับได้และขนาดความยาวแผ่นมุงหลังคาจากวัสดุธรรมชาติ ได้ค่าเฉลี่ย 278 มิลลิเมตร จากขนาดจริง 280 มิลลิเมตร มีค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยอยู่ที่ - 2 มิลลิเมตร อยู่ในพิสัยยอมรับได้ ขนาดความกว้างแผ่นมุงหลังคาจากวัสดุธรรมชาติ (ซีเมนต์ไม่ผสมกลบหยาบผสมซีชัน ทาเคลือบโพลียูรีเทน) ได้ค่าเฉลี่ย 179.80 มิลลิเมตร จากขนาดจริง 180 มิลลิเมตร มีค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยอยู่ที่ - 0.20 มิลลิเมตร อยู่ในพิสัยยอมรับได้และขนาดความยาวแผ่นมุงหลังคาจากวัสดุธรรมชาติ ได้ค่าเฉลี่ย 278.60

มิลลิเมตร จากขนาดจริง 280 มิลลิเมตร มีค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยอยู่ที่ - 1.40 มิลลิเมตร อยู่ในพิสัยยอมรับได้ ผลการวัดความหนาดังตารางที่ 3 และตารางที่ 4 ขนาดความหนามีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ 0.20 มิลลิเมตรและ 0.63 มิลลิเมตร อยู่ในพิสัยยอมรับได้ทั้ง 2 กลุ่ม จากการสังเกตวัสดุส่วนผสมที่นำมาดัดในชุดแม่พิมพ์มีการอยู่ตัวคงที่ไม่เกิดการพองตัวหลังจากกดอัดจึงทำให้แผ่นมุงหลังคามีขนาดเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย



ภาพที่ 6 วัดขนาดแผ่นมุงหลังคา



ภาพที่ 7 ทดสอบการต้านแรงทางขวาง

ค่าการซึมน้ำแผ่นมุงหลังคาจากวัสดุธรรมชาติ (ซีเมนต์ไม้นผสมซีซัน ทาเคลือบโพลียูรีเทน) ดังตารางที่ 5 ได้ค่าเฉลี่ย 15 กรัม คิดเป็นร้อยละได้ 3.04 อยู่ในพิสัยยอมรับได้ ค่าการซึมน้ำแผ่นมุงหลังคาจากวัสดุธรรมชาติ (ซีเมนต์ไม้นผสมกลบหยาบผสมซีซัน ทาเคลือบโพลียูรีเทน) ดังตารางที่ 6 ได้ค่าเฉลี่ย 6.67 กรัม คิดเป็นร้อยละได้ 1.26 อยู่ในพิสัยยอมรับได้ 3.3 ทดสอบการต้านแรงทางขวาง

3.2 ทดสอบการซึมน้ำ

ตารางที่ 5 ผลทดสอบการซึมน้ำของแผ่นมุงหลังคาส่วนผสมซีเมนต์ไม้นกับซีซันทาเคลือบโพลียูรีเทน

ชั้นที่	แผ่นมุง หลังคา แห้ง (กรัม)	แผ่นมุง หลังคา หลังแช่ น้ำ (กรัม)	ค่าการ ซึมน้ำ (กรัม)	ค่าการ ซึมน้ำ (ร้อยละ)
1	490	500	10	2.04
2	480	500	20	4
3	480	490	10	2.04
4	470	490	20	4.08
5	470	480	10	2.08
6	480	500	20	4
ค่าเฉลี่ย	478.33	493.33	15	3.04

ตารางที่ 6 ผลทดสอบการซึมผ่านของแผ่นมุงหลังคา ส่วนผสมซีเมนต์กับเกลบหยาบและซีซันทาเคลือบ โพลียูรีเทน

ชั้นที่	แผ่นมุง หลังคา แห้ง (กรัม)	แผ่นมุง หลังคา หลังแช่ น้ำ (กรัม)	ค่าการ ซึมผ่าน (กรัม)	ค่าการ ซึมผ่าน (ร้อยละ)
1	530	540	10	1.85
2	500	510	10	1.96
3	530	540	10	1.85
4	520	520	0	0
5	510	510	0	0
6	520	530	10	1.87
ค่าเฉลี่ย	518.33	525	6.67	1.26

ตารางที่ 7 ผลการต้านแรงทางขวางแผ่นมุงหลังคา ส่วนผสมซีเมนต์กับซีซันทาเคลือบโพลียูรีเทน (แผ่นแห้งไม่แช่น้ำ)

ชั้นที่	แผ่นมุง หลังคาแห้ง (นิวตัน)	ค่าการต้านแรงทางขวาง แผ่นมุงหลังคา (นิวตันต่อตาราง มิลลิเมตร)
1	300	4.63
2	350	5.15
3	350	5.43
4	400	5.96
5	350	5.13
6	350	5.03
ค่าเฉลี่ย	350	5.22

ตารางที่ 8 ผลการต้านแรงทางขวางแผ่นมุงหลังคา ส่วนผสมซีเมนต์กับซีซันทาเคลือบโพลียูรีเทน (แช่น้ำ 24 ชั่วโมง)

ชั้นที่	แผ่นมุง หลังคาแห้ง (นิวตัน)	ค่าการต้านแรงทางขวาง แผ่นมุงหลังคา (นิวตันต่อตาราง มิลลิเมตร)
1	200	2.45
2	250	3.56
3	250	3.84
4	300	4.31
5	250	3.60
6	300	4.40
ค่าเฉลี่ย	258.33	3.69

ตารางที่ 9 ผลการต้านแรงทางขวางแผ่นมุงหลังคา ส่วนผสมซีเมนต์กับเกลบหยาบและซีซันทาเคลือบ โพลียูรีเทน (แผ่นแห้งไม่แช่น้ำ)

ชั้นที่	แผ่นมุง หลังคาแห้ง (นิวตัน)	ค่าการต้านแรงทางขวาง แผ่นมุงหลังคา (นิวตันต่อตาราง มิลลิเมตร)
1	600	20.96
2	700	7.98
3	600	7.10
4	700	9.73
5	800	9.07
6	750	8.49
ค่าเฉลี่ย	691.67	10.56

ตารางที่ 10 ผลการต้านแรงทางขวางแผ่นมุงหลังคา ส่วนผสมซีเมนต์ไม่กับแกลบหยาบและซีชันทาเคลือบ โพลียูรีเทน (แช่น้ำ 24 ชั่วโมง)

ชั้นที่	แผ่นมุง หลังคาแห้ง (นิวตัน)	ค่าการต้านแรงทางขวาง แผ่นมุงหลังคา (นิวตันต่อตาราง มิลลิเมตร)
1	600	8.75
2	550	7.73
3	600	8.06
4	550	7.66
5	500	6.75
6	450	5.36
ค่าเฉลี่ย	541.67	7.39

การทดสอบภาพที่ 7 ค่าการต้านแรงทางขวางแผ่นมุง หลังคา (ซีเมนต์ไม่ผสมซีชันทาเคลือบโพลียูรีเทน) โดยไม่แช่น้ำ จากตารางที่ 7 แรงกดที่รับได้ค่าเฉลี่ย 350 นิวตัน คิดเป็นค่าการต้านแรงทางขวางได้ 5.22 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตรซึ่งไม่อยู่ในพิสัยที่ยอมรับได้ ค่าการต้านแรงทางขวางแผ่นมุงหลังคา (ซีเมนต์ไม่ผสมซีชันทาเคลือบโพลียูรีเทน) โดยแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากตารางที่ 8 แรงกดที่รับได้ ค่าเฉลี่ย 258.33 นิวตัน คิดเป็นค่าการต้านแรงทางขวางได้ 3.69 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ซึ่งไม่อยู่ในพิสัยที่ยอมรับได้ ค่าการต้านแรงทางขวางแผ่นมุงหลังคา (ซีเมนต์ไม่ผสมแกลบหยาบผสมซีชัน ทาเคลือบโพลี ยูรีเทน) โดยไม่แช่น้ำ จากตารางที่ 9 แรงกดที่รับได้ ค่าเฉลี่ย 691.67 นิวตัน คิดเป็นค่าการต้านแรงทาง ขว้างได้ 10.56 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร อยู่ในพิสัย ที่ยอมรับได้ ค่าการต้านแรงทางขวางแผ่นมุงหลังคา (ซีเมนต์ไม่ผสมแกลบหยาบผสมซีชัน ทาเคลือบโพลี

ยูรีเทน) โดยแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมงจากตารางที่ 10 แรงกดที่รับได้ ค่าเฉลี่ย 541.67 นิวตัน คิดเป็นค่า การต้านแรงทางขวางได้ 7.39 นิวตันต่อตาราง มิลลิเมตร อยู่ในพิสัยที่ยอมรับได้ จะเห็นว่าการใช้วัสดุ ส่วนผสมที่มากกว่าสองชนิดและเป็นส่วนผสมที่ เหมาะสมจะได้ค่าการต้านแรงทางขวางที่สูงกว่า [7] เนื่องจากมีแกลบหยาบผสมในแผ่นมุงหลังคาใน ปริมาณที่เหมาะสม ช่วยทำให้การยึดเกาะติดของ ส่วนผสมซีเมนต์และซีชันได้ดีกว่าที่ผสมแบบซีเมนต์ เพียงอย่างเดียว

4. สรุปผลการวิจัย

อัตราส่วนผสมนี้นำไปอัดขึ้นรูปเป็นแผ่น มุงหลังคาจากวัสดุธรรมชาติคอมโพสิตคือซีเมนต์ไม่ ผสมซีชัน อัตราส่วนผสมที่เหมาะสม ใช้ซีเมนต์ไม่ 307 กรัม ใช้ซีชัน 300 กรัม และซีเมนต์ไม่ผสมแกลบ หยาบผสมซีชัน อัตราส่วนผสมที่เหมาะสม ใช้ซีเมนต์ ไม่ 290 กรัม แกลบหยาบ 17 กรัม และใช้ซีชัน 300 กรัม

ขนาดแผ่นมุงหลังคาจากวัสดุธรรมชาติ คอมโพสิตอยู่ในพิสัยที่ยอมรับได้ ค่าการซึมน้ำแผ่น มุงหลังคาจากวัสดุธรรมชาติอยู่ในพิสัยที่ยอมรับได้ ทดสอบการต้านแรงทางขวางแผ่นมุงหลังคาซีเมนต์ไม่ ผสมแกลบหยาบและผสมซีชันทาเคลือบโพลียูรีเทน อยู่ในพิสัยที่ยอมรับได้ ในการศึกษาครั้งต่อไป ควรมี การทดสอบการใช้งานของแผ่นมุงหลังคา และศึกษา พัฒนาการหาส่วนผสมแผ่นมุงหลังคาจากวัสดุ ธรรมชาติหรือวัสดุเหลือใช้อื่นๆ เพื่อเป็นแนวทางใน การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม และการนำไปผลิตแผ่นมุง หลังคาจากวัสดุธรรมชาติให้ใช้งานได้จริง

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาและสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่สนับสนุนทุนวิจัยงบประมาณประจำปี 2558

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] วารุณี อริยวิริยานันท์ และธัญนันท์ วรเศรษฐพงษ์, แผ่นกระเบื้องยางปูสนามภายนอกอาคารทำจากวัสดุยางธรรมชาติคอมโพสิต. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. 2553.
- [2] ณรงค์ฤทธิ์ สมบัติสมภพ และแววบุญ แยมแสงสังข์. การผลิตหลังคาจากยางพาราจากวัสดุผสมยางธรรมชาติกับซีเมนต์. บัณฑิตวิทยาลัยด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2553.
- [3] เถลิงเกียรติ เขตบุญพร้อม สันติสุข บุญน้อย พิจิตรา สุจริต. โครงการหลังคาจากยางพารา. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. 2553.
- [4] เชษฐ อุทัยยัง วชิรินทร์ สิทธิเจริญ นทีชัย ผัสดี. การศึกษาเพื่อขึ้นรูปหลังคาทำจากวัสดุธรรมชาติคอมโพสิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตภาคพายัพ. 2555.
- [5] จุลศิริ ศรีงามผ่อง. วิศวกรรมแม่พิมพ์ขึ้นรูปโลหะแผ่นเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต; 2541.
- [6] มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. กระเบื้องดินเผาungหลังคามมาตรฐานเลขที่ มอก.158-2518. กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม; 2518.

- [7] Darsana P, Ruby Abraham, Anu Joseph., Development of Coir-Fibre Cement Composite Roofing Tiles. Procedia Technology (2016); 24: 169-178.