



รายงานฉบับสมบูรณ์

การประยุกต์ใช้เส้นใยทะเลลายปาล์มเปล่าเสริมกำลังของ
แผ่นหลังคาซิงเกิ้ลทดแทนเส้นใยแก้ว
Application of Empty Fruit Bunch Fiber Reinforced of
Shingle Roof to Replace Fiber Glass

โดย
นายสุธน รุ่งเรือง
นางสาวณิชาภา มินาบุลย์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

ภายใต้แผนงานวิจัยมุ่งเป้าตอบสนองความต้องการในการพัฒนาประเทศโดยแรงจูงใจ : เรื่องปาล์มน้ำมัน
ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ปีงบประมาณ พ.ศ.2557

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ ได้รับทุนอุดหนุนการพัฒนาวิจัยการเกษตร จากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ประจำปีงบประมาณ 2557ทางผู้จัดทำ ขอขอบพระคุณสาขา วิชา วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ วัสดุอุปกรณ์ต่างๆสำหรับทำวิจัย และที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้สถานที่ห้องปฏิบัติการในการทดลอง พร้อมทั้งให้คำแนะนำในการทำ วิจัยครั้งนี้ โดย คณะผู้จัดทำวิจัย จะนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาโครงการในอนาคตต่อไป

คณะผู้จัดทำ



บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้เส้นใยทะเลลายปาล์มเปล่าเสริมกำลังของแผ่นหลังคาซิงเกิ้ลทดแทนเส้นใยแก้ว ในอัตราส่วนร้อยละ 3.8 , 5 และ 6.2 โดยน้ำหนัก ซึ่งคุณสมบัติที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย มิติความหนาของแผ่นกระเบื้อง ลักษณะทางกายภาพของแผ่นกระเบื้อง การร่วซึมน้ำของแผ่นกระเบื้อง การดูดซึมน้ำของแผ่นกระเบื้อง การรับแรงดึงของแผ่นกระเบื้อง การถ่ายเทความร้อนของแผ่นกระเบื้อง ผลการศึกษาพบว่า เป็นไปตามมาตรฐานของประเทศไทย และเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับของขยะทางด้านอุตสาหกรรม และของเหลือทางด้านเกษตรกรรม เพื่อนำมา เป็นวัสดุทางเลือกในการผลิตกระเบื้องหลังคาที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จากผลการศึกษาต้นทุนการผลิตแผ่นหลังคาซิงเกิ้ล พบว่าหลังคาซิงเกิ้ลจากเส้นใยธรรมชาติ อันได้แก่ เส้นใยทะเลลายปาล์มเปล่า เมื่อเปรียบเทียบกับหลังคาซิงเกิ้ลใยแก้ว ในพื้นที่ 1 ตารางเมตร พบว่าหลังคาซิงเกิ้ลจากเส้นใยธรรมชาติ ประหยัดกว่า 240 บาท ทั้งนี้ ไม่รวมค่าขนส่งและค่าดำเนินการใดๆทั้งสิ้น

คำสำคัญ : การพัฒนาวัสดุอาคาร, ทะเลลายปาล์มน้ำมัน, แผ่นหลังคาซิงเกิ้ล, เส้นใยแก้ว



Abstract

This research study possibilities in application of empty fruit bunch fiber reinforced of shingle roof to replace fiber glass. The ratio of 3.8, 5 and 6.2 by weight of the features used in the study consisted of. The thickness of the tile dimension The physical nature of tiles Water leakage of the tile. Water absorption of tile. The tensile strength of the tile. The heat of the tile. The study found that it meets the standards of Thailand. In order to add value to industrial waste. And the rest in agriculture to be the material of choice in the production of roof tiles that are environmentally friendly. As a result, the cost of producing a single sheet. Shingle the roof from palm fibers, natural fibers empty. Compared to the roof single fiber found in one square meter roof Shingle natural fibers save 240 baht, excluding shipping and processing fee of any kind

Keywords: The development of building materials, empty fruit bunch fiber, Shingle roof and fiber glass



สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย ข	
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ค	
สารบัญ	ง-จ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 แนวทางและขั้นตอนในการทำวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	18
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 การศึกษาหาข้อมูลในการทำโครงการ	21
3.2 การเตรียมวัสดุ	26
3.3 การศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุที่ใช้ในการมุงกระเบื้องแอสฟัลท์ซิงเกิ้ล 28	
3.4 การผลิตกระเบื้องแอสฟัลท์ซิงเกิ้ล 28	
3.5 การทดสอบคุณสมบัติของแผ่นกระเบื้องที่ผลิตได้ 28	
3.6 การทดสอบอัตราการดูดซึมน้ำของแผ่นกระเบื้องหลังคา 29	
3.7 การทดสอบอัตราการดูดซึมน้ำของแผ่นกระเบื้องหลังคา 30	
3.8 การทดสอบการรั่วซึมของแผ่นกระเบื้องหลังคา 32	
3.9 ผลการทดสอบการรับแรงดึงของแผ่นกระเบื้อง 33	
3.10 การทดสอบหาการถ่ายเทความร้อนของกระเบื้อง 34	
3.11 การศึกษาต้นทุนการผลิตแผ่นหลังคาซิงเกิ้ล 34	
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
4.1 ผลการหาค่าความถ่วงจำเพาะของหินเกล็ด 35	
4.2 ผลการหาค่าคุณสมบัติทางเคมีของใยปาล์ม 35	
4.3 ผลการหาค่ามิติความหนาของกระเบื้องหลังคา 37	
4.4 ผลการทดสอบลักษณะทางกายภาพของแผ่นกระเบื้อง 38	
4.5 ผลการทดสอบการรั่วซึมของแผ่นกระเบื้อง 38	
4.6 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของแผ่นกระเบื้อง 39	
4.7 ผลการทดสอบการดึงของแผ่นกระเบื้อง 40	
4.8 ผลการทดสอบการถ่ายเทความร้อนของกระเบื้อง 41	

4.9 การศึกษาต้นทุนการผลิตแผ่นหลังคาซิงเกิ้ล 42
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 44

เอกสารอ้างอิง	46
ภาคผนวก	47
ภาคผนวก ก.	47
ภาคผนวก ข.	59
ประวัตินักวิจัย	61



บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ปัจจุบันประเทศไทยมีการส่งเสริมปลูกปาล์มน้ำมันและแนวโน้มการปลูกปาล์มมีเพิ่มขึ้นทุกปี แม้ว่ามีราคาจำหน่ายกะลาปาล์มอยู่ที่ 70-500 บาทต่อตันเนื่องจากปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่ให้ผลผลิตน้ำมันต่อหน่วยพื้นที่มากกว่าพืชน้ำมันอื่นๆทุกชนิด (دنพลดตันนโยภาส และคณะ.2548)และสามารถปลูกได้เฉพาะในพื้นที่เขตร้อนชื้นเท่านั้นซึ่งมีเพียง 42 ประเทศจาก 223 ประเทศทั่วโลก สามารถปลูกได้แต่มีเพียงไม่กี่ประเทศเท่านั้นที่สามารถปลูกปาล์มได้ผลดีเช่นมาเลเซียอินโดนีเซียโคลัมเบียและไทย (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์.2554)สำหรับประเทศไทยปาล์มน้ำมันได้ถูกนำเข้ามาปลูกในภาคใต้เมื่อประมาณ 40 ปีที่ผ่านมาและมีการขยายพื้นที่การเพาะปลูกจนในปัจจุบันในกรรมวิธีและขั้นตอนการผลิตน้ำมันปาล์ม จะเริ่มจากที่เกษตรกรเก็บผลผลิตแล้ว ทะลายปาล์มจะถูกคัดแยกตามคุณภาพผลปาล์มที่ผ่านการคัดแยกแล้ว จะถูกลำเลียงเข้าสู่เครื่องแยกเมล็ดออกจากทะลายเพื่อแยกเนื้อเยื่อปาล์มกับเมล็ดออกจากกันจากนั้นจึงผ่านส่วนของเนื้อเยื่อเข้าสู่เครื่องบีบน้ำมัน ส่วนทะลายเปล่า (Effb) จะถูกนำไปใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตอีกครั้งน้ำมันที่ได้เรียกว่า Crude Palm Oil (CPO) จากนั้นน้ำมันที่ได้จะถูกส่งเข้าสู่ถังเก็บ ส่วนกาก (Fiber) จะถูกส่งไปใช้ประโยชน์อย่างอื่น เช่น นำไปผลิตเป็นเส้นใยหรือเชื้อเพลิง เป็นต้น ส่วนเมล็ด จะถูกส่งเข้าสู่เครื่องกะเทาะเปลือกแล้วเม็ดด้านในจะถูกนำไปบีบน้ำมันอีกครั้ง ได้น้ำมันที่เรียกว่า Kernel Palm Oil (KPO) สำหรับกะลา (Shell) จะให้ความร้อนสูงเมื่อเผาไหม้ (วาริ ชวนรักธรรม.2548) ดังนั้นจึงถูกนำกลับไปเป็นเชื้อเพลิงภายในโรงงาน ส่วนน้ำมันที่ได้จะถูกนำไปรวมกับน้ำมันที่ได้จากเนื้อเยื่อ ผลปาล์มแล้วจึงนำไปสู่กระบวนการตรวจสอบคุณภาพ ก่อนส่งเข้าสู่ถังเก็บเพื่อนำส่งไปยังโรงกลั่นน้ำมันปาล์มบริษัทต่อไป

ในกระบวนการไร่ของเสียในอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันเป็นกระบวนการที่นำของเสียมาใช้ประโยชน์ ในอุตสาหกรรมสกัดปาล์มน้ำมันพบว่ามีของเสียในกระบวนการสกัดมากกว่า 70 % ซึ่งของเสียเหล่านี้จะเป็นปัญหาต่อสภาพแวดล้อม ดังนั้นการนำของเสียดังกล่าวมาใช้ประโยชน์ นอกจากเป็นการรักษาสภาพแวดล้อมแล้วยังเป็นการเพิ่มรายได้ ซึ่งมีผลทำให้ทะลายปาล์มน้ำมันมีเสถียรภาพมากขึ้นหากพิจารณากระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มแล้วจะเห็นว่ามีความสูญเสียดังกล่าวทั้งหมดทั้งจากกระบวนการผลิตทั้งในรูปของ ทะลายเปล่า เส้นใย กะลาและตะกอน ซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมาก นอกจากนี้ยังมีหน่วยงานและองค์กรหลายแห่งได้ให้ความสนใจที่จะนำเศษวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตเหล่านี้ มาแปรรูปให้เกิดประโยชน์โดยการนำเศษวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตปาล์มน้ำมันมาผลิตเป็นวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างวัสดุมุงหลังคาเพื่อให้เป็นวัสดุทางเลือกเพิ่มเติมเท่าที่ศึกษาพบว่ายังไม่ได้มีการพัฒนาเท่าที่ควร

ดังนั้นผู้ทำการวิจัยจึงมีความคิดที่จะทำโครงการวิจัยเรื่อง “การประยุกต์ใช้เส้นใยทะเลลายปาล์มเปล่าเสริมกำลังของแผ่นหลังคาซิงเกิ้ลทเดแทนเส้นใยแก้ว (Fiber Glass) ” ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นการเสนอผลการศึกษาคือความเป็นไปได้ในการนำเศษวัสดุเหลือจากกระบวนการผลิต คือเส้นใยปาล์ม สาเหตุที่เลือกใช้วัสดุปลูกพวกเส้นใยปาล์มน้ำมันเพราะมีผลการศึกษาพบว่าเส้นใยจากปาล์มเป็นเส้นใยที่แข็งแรง สามารถนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรมสิ่งทอได้ และถ้าหากนำมาพัฒนาโดยการนำเส้นใยปาล์มแทนที่เส้นใยแก้ว (Fiber Glass) ในการขึ้นเสริมกำลังของหลังคาซิงเกิ้ล (หลังคayangมะตอย) ซึ่งบริเวณชั้นเสริมกำลังของหลังคาซิงเกิ้ล จะอยู่ชั้นล่างสุดของแผ่นหลังคาทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของแผ่นหลังคาประกอบด้วยยางมะตอยและใยแก้ว (Fiberglass) ซึ่งเป็นการเสริมแรงดิ่งป้องกันการฉีกขาด หดตัวหรือโก่งตัว นับว่า เป็นการตอบสนองในการรักษาสิ่งแวดล้อมและเป็นการพัฒนาหลังคาที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมนับได้ว่าเป็นการสร้างนวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์เพื่อที่อยู่อาศัย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเส้นใยทะเลลายปาล์มเปล่ามาแทนที่เส้นใยแก้ว (Fiber Glass) บริเวณชั้นเสริมกำลังของหลังคาซิงเกิ้ล (หลังคayangมะตอย) และอัตราส่วนที่เหมาะสมของเส้นใยทะเลลายปาล์มเปล่าในการแทนที่ใยแก้วบริเวณชั้นเสริมกำลังในการผลิตหลังคาซิงเกิ้ล

1.2.2 เปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่างชั้นเสริมกำลังหลังคาจากใยแก้วและชั้นเสริมกำลังหลังคาจากเส้นใยทะเลลายปาล์มเปล่า ตามมาตรฐาน ASTM C1185-03(ASTM, 2006c) และASTM C1186-02(ASTM, 2006d)

1.2.3 เพื่อนำผลการวิจัยที่ได้มาทำการวิเคราะห์ต้นทุนและความคุ้มทุนการผลิตแผ่นหลังคาซิงเกิ้ล

1.3 แนวทางและขั้นตอนการดำเนินงาน

1.3.1 แนวทาง

1.3.1.1 ศึกษาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของเส้นใยทะเลลายปาล์มเปล่า

1.3.1.2 ศึกษาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของใยแก้ว (Fiber Glass)

1.3.1.3 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการผสมเส้นใยทะเลลายปาล์มเปล่าแทนใยแก้ว เพื่อเสริมแรงดิ่งป้องกันการฉีกขาด หดตัวหรือโก่งตัวบริเวณชั้นเสริมกำลังของหลังคาซิงเกิ้ล

1.3.1.4 เปรียบเทียบคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมบริเวณชั้นเสริมกำลังของหลังคาซิงเกิ้ลที่ทำจากเส้นใยแก้ว (Fiber Glass) และเส้นใยทะเลลายปาล์มเปล่า ตามมาตรฐาน ASTM C1185-03(ASTM, 2006c) และASTM C1186-02(ASTM, 2006d)

1.3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.3.2.1 ศึกษากระบวนการผลิตกระเบื้องมุงหลังคา ซึ่งประกอบด้วย

- กระบวนการเตรียมวัตถุดิบสำหรับผลิตกระเบื้องมุงหลังคา
- กระบวนการเตรียมเส้นใยปาล์มน้ำมัน การเตรียมวัสดุดิบจากเส้นใย

ทะเลลายปาล์มเปล่า 2 ส่วนคือ เส้นใยปาล์มน้ำมันที่ทำการล้างน้ำและนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 C⁰ เป็น

เวลา 1 ชั่วโมง และเส้นใยปาล์มน้ำมัน ไม้ล้างน้ำโดยการนำไปอบเลยที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

1.3.2.2 ศึกษาการคุณสมบัติของเส้นใยแก้ว โดยกระบวนการผลิตคือกระเบื้อง หลังคาตามมาตรฐาน ASTM C1185-03(ASTM, 2006c) และASTM C1186-02(ASTM, 2006d)

1.3.2.3 ศึกษาการคุณสมบัติของเส้นใยทะเลลายปาล์มเปล่าโดยกระบวนการผลิตคือ กระเบื้องหลังคาตามมาตรฐาน ASTM C1185-03(ASTM, 2006c) และASTM C1186-02(ASTM, 2006d)

1.3.2.4 ศึกษาคุณสมบัติของกระเบื้องมุงหลังคา ดังต่อไปนี้

- ความแข็งแรงของแผ่นกระเบื้อง
- การดูดซึมน้ำของแผ่นกระเบื้อง
- การถ่ายเทความร้อนของแผ่นกระเบื้อง

1.3.2.5 สร้างต้นแบบแผ่นหลังคาชิงเกิ้ล โดยทำการจำนวนซ้ำของการทดลองต้องไม่น้อยกว่า 5 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ยที่ดีที่สุด

1.3.2.6 เปรียบเทียบคุณสมบัติของกระเบื้องมุงหลังคาชิงเกิ้ลจากเส้นใยแก้วและเส้นใยทะเลลายปาล์มเปล่า ตามมาตรฐาน ASTM C1185-03 (ASTM, 2006c) และASTM C1186-02 (ASTM, 2006d)

1.3.2.7 วิเคราะห์ต้นทุนและความคุ้มทุนการผลิตแผ่นหลังคาชิงเกิ้ล

1.3.2.8 สถานที่ทำการทดลอง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.รัตนโกสินทร์

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทำให้ทราบประโยชน์ของปาล์มน้ำมันในส่วนของเสียจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม โดยการนำมาใช้ทางวิศวกรรมมากยิ่งขึ้น

1.4.2 สามารถนำผลการวิจัยที่ได้ไปเป็นแนวทางเลือกในการแทนใยแก้วด้วยที่เส้นใยทะเลลายปาล์มเปล่าบริเวณชั้นเสริมกำลังในกระบวนการผลิตหลังคาชิงเกิ้ล

1.4.3 ช่วยบรรเทาความเดือดร้อนให้กับชาวสวนปาล์มจากสภาวะการปาล์มน้ำมันขาดเสถียรภาพมากขึ้น

1.4.4 เป็นฐานข้อมูลงานวิจัยในการศึกษาในแง่การเพิ่มมูลค่าให้กับของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตปาล์มน้ำมันและเป็นการรักษาสิ่งแวดล้อม

1.4.5 เผยแพร่ในการประชุมวิชาการหรือวารสารวิชาการระดับชาติ อย่างน้อย 1 เรื่อง



บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัย เรื่องการประยุกต์ใช้เส้นใยทะเลลายปาล์มเปล่าเสริมกำลังของแผ่นหลังคาชิงเกิ้ล ทดแทนเส้นใยแก้วซึ่งเป็นการเสนอผลการศึกษาความเป็นไปได้การนำเศษวัสดุเหลือจากกระบวนการผลิตคือเส้นใยปาล์มซึ่งเป็นเส้นใยที่ใช้ทำการศึกษา โดยใช้การค้นคว้าจากบทความวิชาการ ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ทะลายปาล์มสด

ทะลายปาล์มสดจะประกอบไปด้วย ผลปาล์มประมาณ 70% กากก้านทะลายและสิ่งเจือปนประมาณ 30% ผลปาล์มจะประกอบไปด้วยเปลือกชั้นนอกซึ่งหุ้มเมล็ดในอยู่ ปริมาณน้ำมันจากเปลือกจะเป็นตัวที่ทำมูลค่าทางเศรษฐกิจสูงสุดส่วนเมล็ดก็นำไปบีบได้น้ำมันใช้ประโยชน์ได้เช่นกัน



รูปที่ 2.1 ลักษณะของทะลายปาล์มสด



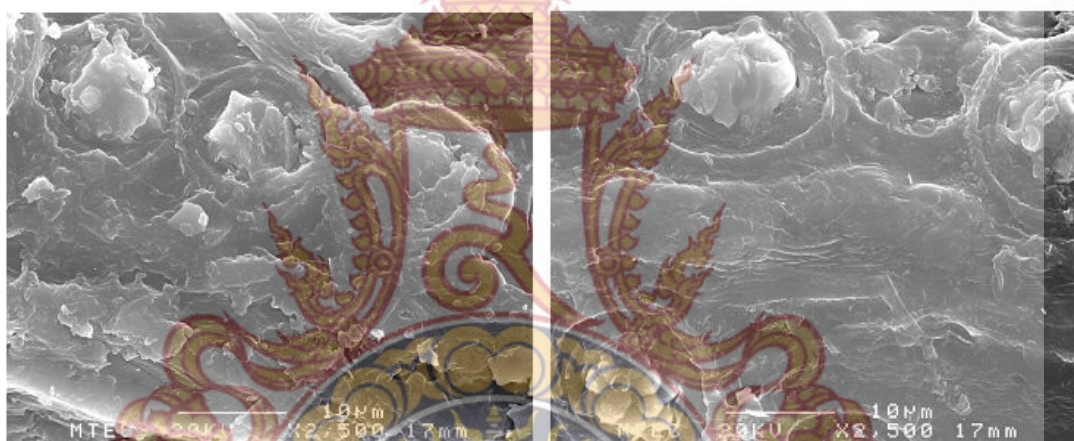
รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของทะลายปาล์มสด

2.1.1.1 ข้อมูลเกี่ยวกับเส้นใยปาล์ม

เส้นใยปาล์มผลิตจากผลของเปลือกปาล์มที่รีดเอาน้ำมันออกแล้วโรงงานของเราเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เราเลือกใช้ปาล์มที่รีดเอาน้ำมันออกโดยธรรมชาติไม่ผสมสารเคมีซึ่งทำให้เรามั่นใจได้ว่าเส้นใยที่เราจัดส่งนั้นนอกจากคุณภาพสูงแล้ว ยังไม่เป็นอันตราย ไม่มีสารเคมีเจือปนลักษณะของเส้นใยปาล์มเป็นเส้นที่เหนียว ทน อากาศสามารถไหลเวียนผ่านได้ดี จึงใช้ในการทำโซฟา ที่นอนที่ใช้ในโรงพยาบาลช่วยในผู้ป่วยที่มีอาการปวดหลังเพื่อบรรเทาอาการปวดหลัง ถ้านอนด้วยที่นอนที่ผลิตจากเส้นใยปาล์ม



รูปที่ 2.3 รูปเส้นใยปาล์ม



รูปที่ 2.4 องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยปาล์ม

2.1.1.2 ลักษณะของเส้นใยปาล์ม

เป็นเส้นใยที่เหนียว ทน อากาศสามารถไหลเวียนผ่านได้ดี จึงใช้ในการทำโซฟา ที่นอนที่ใช้ในโรงพยาบาล ช่วยในผู้ป่วยที่มีอาการปวดหลังถ้านอนด้วยที่นอนที่ผลิตจากเส้นใยปาล์ม

2.1.2 หลังคาซิงเกิ้ล

แอสฟัลต์ซิงเกิ้ล เป็นแผ่นหลังคาที่ผลิตจากยางมะตอย หรือที่คนทั่วไปเรียกว่า หลังคายางมะตอย โดยมีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วนคือ ยางมะตอย หินกรวดแต่งสี และการเสริมกำลังในชั้นยางมะตอย ซึ่งยางมะตอยนั้นเป็นวัสดุที่สกัดจากน้ำมันดิบ (Petroleum) ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการก่อสร้าง มีความทนทานและน้ำไม่ซึมผ่าน ส่วนประกอบหลักของ แอสฟัลต์ซิงเกิ้ล

2.1.2.1 Reinforcement ชั้นเสริมกำลังเป็นชั้นล่างสุดของแผ่นหลังคา ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของแผ่นหลังคาประกอบด้วยยางมะตอยและใยแก้ว (Fiberglass) ซึ่งเป็นการเสริมแรงดิ่งป้องกันการฉีกขาด หดตัว หรือโก่งตัว

2.1.2.2 Asphalt ชั้นยางมะตอย ชั้นยางมะตอยนี้รวมไปถึงการเคลือบยางมะตอย ในชั้นเสริมกำลังด้วย (Reinforcement) ซึ่งการผลิตหลังคาชนิดนี้ ยางมะตอยเป็นวัสดุที่น้ำไม่ซึมผ่าน

2.1.2.3 Granules เม็ดหินเกล็ดแต่งสี ชั้นหินเกล็ด เป็นชั้นบนสุดของหลังคาชนิดนี้ โดยการผลิตนั้นได้ฝังหินเกล็ดลงในเนื้อของยางมะตอย เพื่อเป็นการป้องกันรังสียูวี จากแสงแดด รวมทั้งยังเป็นชั้นที่สร้างความสวยงามให้กับแผ่นหลังคานี้

2.1.3 รูปแบบของหลังคาชิงเกิ้ล(หลังคayangมะตอย) รูปแบบของแผ่น หลังคayangมะตอย Asphalt Shingle ตรา IKO มีให้เลือกใช้ 2 รุ่น ดังนี้

2.1.3.1 Cambridge (Architectural Shingles) หรือที่เรียกในท้องตลาดว่า รุ่นสอง ชั้น เป็น

รุ่นที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เนื่องจากรูปลักษณะของรุ่นนี้ เมื่อติดตั้งแล้วจะคล้ายหลังคาไม้ โดยมี ความหนา และแสงเงา เสริมสร้างความสวยงามที่แตกต่างกันออกไป Cambridge เป็นหลังคา แอส ฟัลท์ชิงเกิ้ล ที่เป็นทางเลือกแรก ๆ ของเจ้าของบ้าน หรือเจ้าของโครงการเสมอ โดยเฉพาะในแง่ของ คุณภาพ ความทนทาน และคุณค่าเหมาะสมกับราคา แอสฟัลท์ชิงเกิ้ล รุ่นนี้ให้ความมั่นใจ มีคุณสมบัติ ทนทานต่อการฉีกขาดสูงกว่ารุ่นอื่น ๆ รวมทั้งยังทนทานต่อแรงลมได้เกินกว่า 100 กม./ชม.

-คุณลักษณะเด่น

- ทนทานด้วยส่วนผสมระหว่างยางมะตอยและใยแก้ว
- รูปทรงสวยงาม
- กันเชื้อรา (รุ่น Cambridge AR)
- ต้านทานไฟไหม้ Class A Fire Resistance Rating
- ต้านทานแรงลมได้ถึง 115 กม./ชม.

2.1.3.2 Marathon (Traditional 3 – Tab Design Shingles) หรือที่เรียกกันว่ารุ่น ชั้นเดียว แอสฟัลท์ชิงเกิ้ล รุ่นนี้เป็นรุ่นดั้งเดิม ที่ได้รับความนิยมมาโดยตลอดเช่นกัน โดยมีลักษณะตาม ชื่อเรียก คือ ชั้นเดียว โดยแผ่นหลังคา 1 แผ่น แบ่งได้เป็น 3 ส่วน (3ปีก) เมื่อติดตั้งเสร็จแล้ว ลวดลาย ของหลังคาจะคล้ายกับลายก้ออิฐ หลังคาแอสฟัลท์ รุ่น Marathon เป็นรุ่นที่เหมาะสมกับรูปทรง หลังคาหลากหลายแบบรวมทั้งยังเป็นทางเลือกที่ดีในแง่ของความคุ้มค่า

- คุณลักษณะเด่น

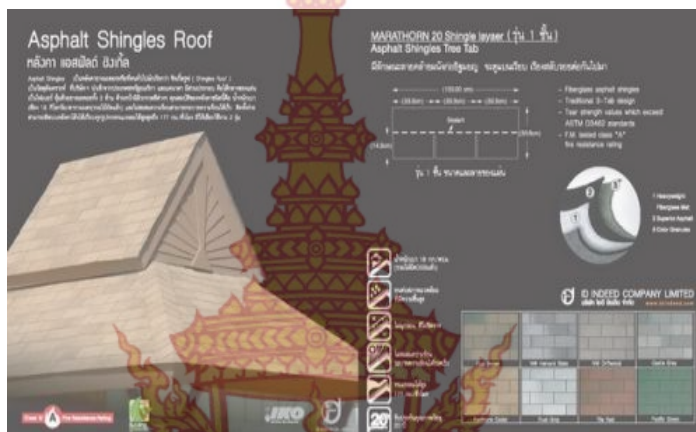
- ทนทานด้วยส่วนผสมของยางมะตอยและใยแก้ว
- รูปทรงสวยแบบดั้งเดิม
- ค่าความต้านทานการฉีกขาดสูงกว่า มาตรฐาน ASTM D3462
- ต้านทานไฟไหม้ Class A Fire Resistance Rating
- ต้านทานแรงลมถึง 97 กม./ชม.

2.1.3.3 ปริมาณหลังคาชิงเกิ้ล

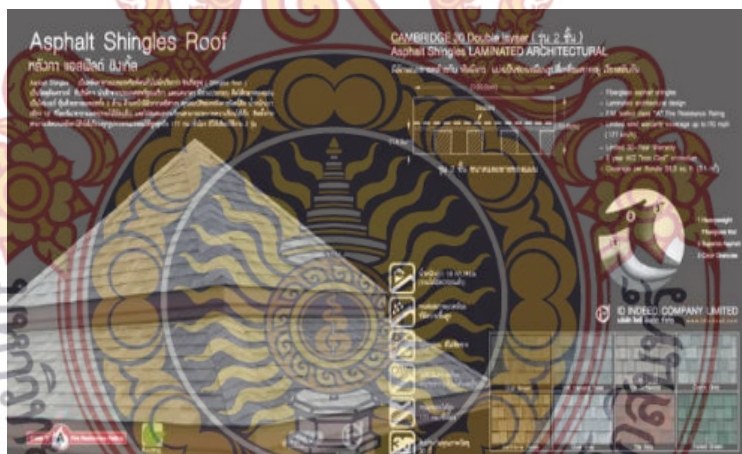
พบว่ากลุ่มลูกค้าหลักที่ใช้หลังคาชิงเกิ้ลเป็นรีสอร์ทต่างชาติ เมื่อ 6 – 7 ปีที่ผ่านมา ตลาดอยู่ในภาวะที่ค่อนข้างทรงตัว คือมีอัตราการเติบโตที่ไม่มากนัก เนื่องจาก ผู้ที่ใช้หลังคาประเภทนี้ 80% จะเป็นโรงแรมและรีสอร์ท มีผู้ใช้ที่เป็นรายย่อยประเภทบ้านจัดสรร หรือบ้านส่วนตัวประมาณ 20% สาเหตุที่มีกลุ่มผู้ใช้รายย่อยประเภทบ้านส่วนตัวหรือบ้านจัดสรรยังใช้หลังคา ประเภทชิงเกิ้ลไม่มากนัก เนื่องจากหลังคาชิงเกิ้ลราคาค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับกับหลังคาประเภทลอนคู่ที่ใช้กันอยู่ทั่วไป โดย หลังคาลอนคู่ราคาจะอยู่ที่ประมาณ 100 กว่าบาทต่อตารางเมตร ในขณะที่หลังคาชิงเกิ้ลจะอยู่ที่

300-600 บาทต่อตารางเมตร นับได้ว่าหลังคาซิงเกิ้ลเป็นของใหม่ที่ยังไม่มีความคุ้นเคย โดยเฉพาะกลุ่มผู้ใช้ระดับล่างยังไม่มี ความเข้าใจเกี่ยวกับตัวคุณสมบัติของหลังคาซิงเกิ้ล ในขณะที่ผู้ใช้ระดับกลางที่ใช้หลังคาซิงเกิ้ลจะเป็นจะเป็นพวกที่ซื้อเพราะชอบของ ที่ไม่เหมือนใคร และต้องการของดีมีคุณภาพทนทาน มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน

2.1.4คุณสมบัติของ Asphalt Shingles คือ น้ำหนักเบาเพียง 18 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (รวมไม้อัดด้วยกันน้ำหนัก 12 มม. แล้ว) และไม่สะสมความร้อน สามารถระบายความร้อนได้เร็ว ติดตั้งง่าย สามารถติดตั้งได้บนหลังคาโค้งได้เกือบทุกรูปทรง ทนแรงลมสูงถึง 177 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีหลายสีให้เลือกตามความต้องการ



รูปที่ 2.5แผ่น Asphalt Shingles รุ่น 1 ชั้น



รูปที่ 2.6แผ่น Asphalt Shingles รุ่น 2 ชั้น

ตารางที่ 2.1ขนาดและการนำไปใช้

SPECIFICATIONS	MARATHON 20	CAMBRIDGE 30
Length	39 – 3/8" (1000 mm)	40 – 1/2" (1029 mm)
Width	13 – 1/4" (336 mm)	13 – 1/2" (343 mm)
Exposure	5 – 5/8" (143 mm)	5 – 3/4" (146 mm)
Coverage per Bundle	32.2 sq. ft. (3 m2)	33.3 sq. ft. (3.1 m2)
Warranty	20 years	30 years

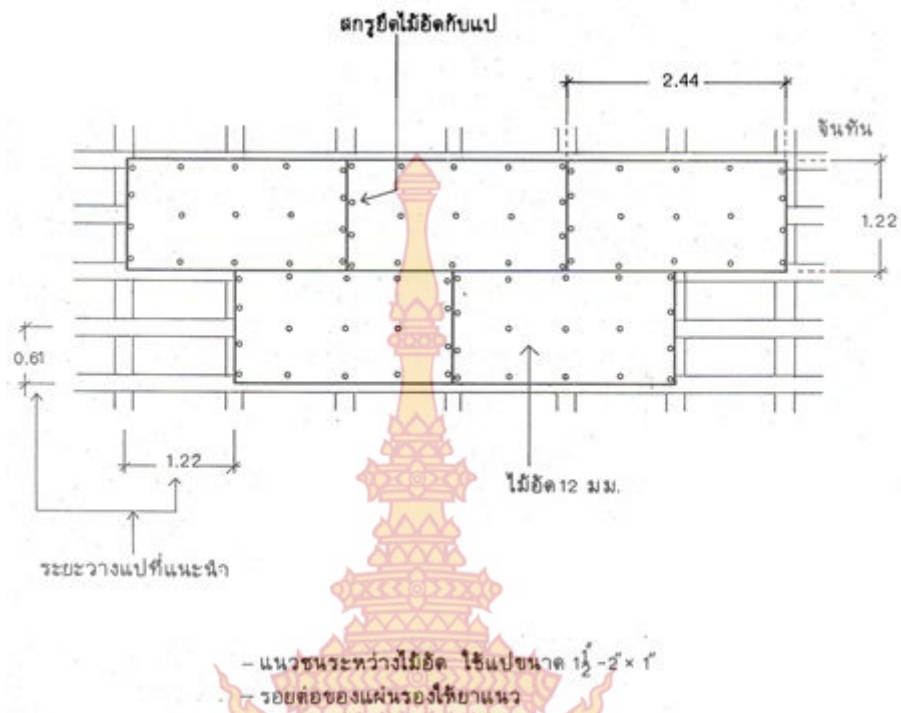
2.1.4.1 การติดตั้งวัสดุสามารถทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับลักษณะงานที่นำไปใช้

2.1.4.1.1วิธีการปูแผ่น Asphalt Shingles แบบทั่วไป



รูปที่ 2.7วิธีการปูแผ่น Asphalt Shingles

2.1.4.1.2 วิธีการปูแผ่นไม้ฉีก กรณีใช้ไม้ฉีก 12 มม.



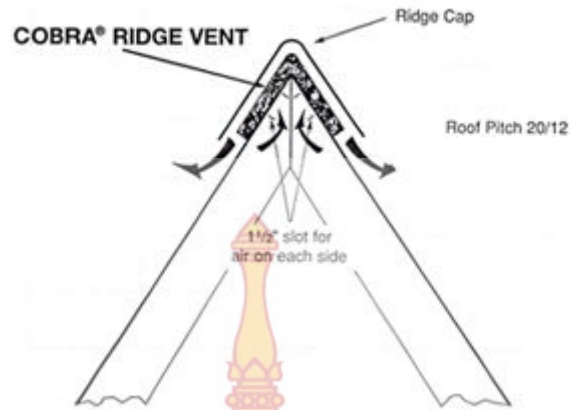
รูปที่ 2.8 วิธีการปูแผ่นไม้อัด กรณีใช้ไม้อัด 12 มม.

2.1.4.1.3 วิธีการปูแผ่นไม้อัด กรณี VIVA BOARD



รูปที่ 2.9 วิธีการปูแผ่นไม้อัด กรณีใช้ VIVA BOARD

2.1.4.1.4 วิธีการปูบริเวณสันหลังคา



รูปที่ 2.10 วิธีการปูบริเวณสันหลังคา

2.1.4.2 ขั้นตอนการทำงาน Asphalt Shingles

2.1.4.2.1 ทำการยึดไม้อัดทนความชื้น หรือ OSB. Board ด้วย สกรูเกลียวปปล่อยหรือปลายสว่าน คัดกับแปเหล็ก ควรเว้นระยะห่างระหว่างแปเหล็กประมาณ 1/8 นิ้ว (3-4 มม.) รอบรอยต่อไม้อัดเพื่อการขยายตัว เนื่องจากความชื้นและความร้อน



รูปที่ 2.11 วิธีการยึดไม้อัด

2.1.4.2.2 ปูกระดาษกันน้ำ (Felt Paper) ปูจากด้านล่างขึ้นบน ระยะซ้อนทับกันประมาณ 5 ซม. ตามเส้นขีดในแนวนอน และในแนวตั้งที่ต้องการมาต่อม้วนกระดาษให้มีระยะซ้อนทับ 10 ซม.



รูปที่ 2.12 วิธีการปูกระดากกันน้ำ

2.1.4.2.3 ติดเหล็กฉากกันน้ำ (Drip Edge) ส่วนของปีมลม ให้ติดเหล็กฉากทับบนกระดากกันน้ำ แต่ถ้าส่วนของเชิงชายให้ติดเหล็กฉากไว้ใต้กระดากกันน้ำป้องกันไม่ให้น้ำไหลย้อนเข้าไปโดนหัวไม้อัด



รูปที่ 2.13 วิธีการติดเหล็กฉากกันน้ำ

2.1.4.2.4 เริ่มต้นปูแผ่น starter โดยใช้แผ่นรุ่น 1 ชั้น มาตัดครึ่งล่างที่มีสีต่าง ๆ ทั่วไป ส่วนที่เราจะใช้งานคือส่วนบน โดยวางแผ่น starter ที่มีรอยไขปลายางมะตอยไว้ด้านล่าง (ตามรูป) ยึดติดแผ่นกับ OSB. ด้วยแม็กคู่ หรือตะปูหัวโตให้ยางมะตอยทำการยึดติดแผ่นแถวบนที่จะมาซ้อนทับ เพื่อกันการเปิดของแผ่นเมื่อโดนลมพัดแรง



รูปที่ 2.14 วิธีการปูแผ่น starter

2.1.4.2.5 ปูแผ่นหลังคา Asphalt Shingles ตามรุ่นที่เลือกใช้งานทับแผ่น Starter โดยตัดแผ่นแรกทิ้งไปประมาณ 20 ซม. เพื่อไม่ให้รอยต่อแผ่นตรงกัน ยึดติดกับแผ่น OSB. ด้วยเม็กคู่หรือตะปูหัวโต ปูแผ่นซ้อนทับกันไปเรื่อยๆ



รูปที่ 2.15 หลังคาที่ปูแผ่น Asphalt Shingles

2.1.4.2.6 ทำครอบสันโดยใช้แผ่นหลังคารุ่น 1 ชั้น มาตัดออกเป็น 3 ส่วน ตามขวาง ด้านปลายทั้งสองข้างของแผ่นหลังคาที่ต้องโดนซ้อนทับ ให้ตัดทำมุมเอียงสอดเข้าเล็กน้อย เป็นคางหมู (เวลาซ้อนทับแผ่นล่างที่โดนทับจะได้ไม่เลยใฝ่ลงมาทำให้ดูไม่สวยงาม) พับครึ่งแผ่นให้ เส้นประไปปลาที่เป็นยางมะตอยอยู่ทางขวางกับสันหลังคาทำครอบโดยวางซ้อนทับครึ่งแผ่นไปเรื่อย ๆ ยึดแต่ละแผ่นด้วยตะปูหรือเย็บเม็กเฉพาะด้านที่ต้องมีแผ่นหลังคามาช้อนทับด้านบนอีกที



รูปที่ 2.16 วิธีการทำครอบสัน



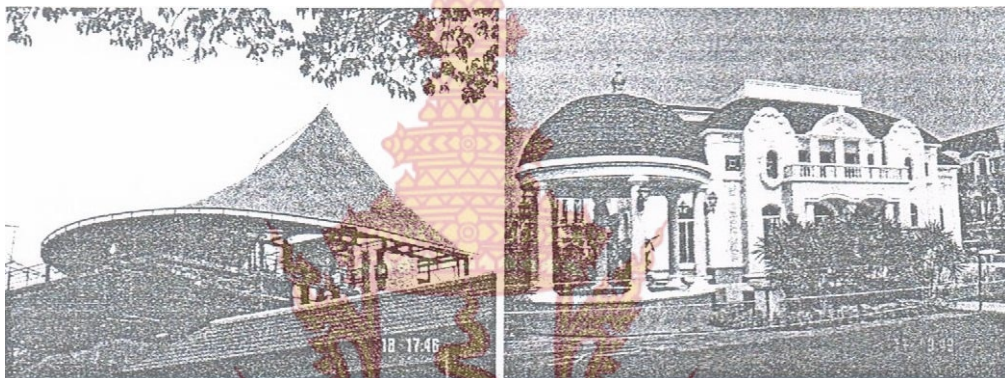
รูปที่ 2.17 หลังคาที่ปูแผ่น Asphalt Shingles เรียบร้อยแล้ว



รูปที่ 2.18 ตัวอย่างงานที่ใช้ Asphalt Shingles



รูปที่ 2.19 ตัวอย่างงานที่ใช้ Asphalt Shingles



รูปที่ 2.20 ตัวอย่างงานที่ใช้ Asphalt Shingles



รูปที่ 2.21 ตัวอย่างงานที่ใช้ Asphalt Shingles

2.1.5 องค์ความรู้ในการยึดติดเส้นใยธรรมชาติ

สารเสริมแรงยางคือสารที่เติมลงไปในยางเพื่อปรับปรุงสมบัติเชิงกลของยาง เช่น โมดูลัส ความทนต่อแรงดึง ความทนต่อการฉีกขาด ความแข็ง ให้มีค่าเพิ่มขึ้น สารเสริมแรงยางที่นิยมใช้อาจแบ่งตามขนาดและรูปร่างได้ดังนี้

2.1.5.1 สารเสริมแรงที่เป็นเส้นใย

- เส้นใยสั้น

- เส้นใยยาว

2.1.5.2 สารเสริมแรงที่มีลักษณะเป็นอนุภาครูปทรงกลม เช่น เชมดำ ซิลิกา

2.1.5.3 สารเสริมแรงที่มีลักษณะเป็นแผ่นหรือชั้นเล็ก ๆ เช่น เคลย์ทลคัม

การใช้สารเสริมแรงแต่ละชนิดจะมีผลต่อสมบัติของยางต่างกัน เนื่องมาจากการจัดเรียงตัวที่ต่างกันใยางซึ่งมีผลต่อการรับแรงของยาง ลักษณะการจัดเรียงตัวของสารเสริมแรงในชนิดต่าง ๆ ในยางหรือเส้นใยที่ใช้เป็นสารเสริมแรงใยางที่ใช้มากในอุตสาหกรรม ยางส่วนใหญ่จะเป็นเส้นใยสังเคราะห์ เช่น เส้นใยไนลอน (nylon) เส้นใยเคพลา (Kevlar) แต่ที่เป็นเส้นใยธรรมชาติก็มี เช่น เส้นใย เซลลูโลส (cellulose) ซึ่งเป็นเส้นใยสั้น (short fiber)

2.1.5.4 สมบัติของเส้นใย

โดยทั่วไปเส้นใยที่นิยมใช้เสริมแรงใยาง หรือโพลิเมอร์มีทั้งเส้นใยจากธรรมชาติ และเส้นใยสังเคราะห์ เส้นใยสังเคราะห์มีค่าความทนต่อแรงดึงสูงกว่าเส้นใยธรรมชาติค่อนข้างมากในขณะที่มีความยืดตัว ณ จุดต่ำกว่าเนื่องจากเส้นใยสังเคราะห์มีราคาสูง การนำเส้นใยสังเคราะห์ไปใช้เสริมแรงใยางจึงทำให้ต้นทุนของผลิตภัณฑ์เพิ่มสูงขึ้น

2.1.5.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการเสริมแรงยางด้วยเส้นใยมีดังนี้

2.1.4.5.1 อัตราส่วนความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใย (aspect ratio) เส้นใยจะมีประสิทธิภาพในการเสริมแรงสูงก็ต่อเมื่อเส้นใยนั้น ๆ จะต้องมีอัตราส่วนความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางสูงกว่าค่าวิกฤต (critical aspect ratio) อย่างไม่ดีหากเส้นใยมีอัตราส่วนความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางที่สูงมากเกินไปก็อาจส่งผลเสียต่อประสิทธิภาพ การเสริมแรงใยางได้ด้วยเช่นกันเพราะเส้นใยที่ยาวมาก ๆ อาจเกิดการพันกันทำให้เส้นใยเหล่านั้นกระจายตัวในเนื้อยางได้ยาก

2.1.5.5.2 การจัดเรียงตัว (orientation) และการกระจายตัว (dispersion) ของเส้นใยการจัดเรียงตัวของเส้นใยส่งผลค่อนข้างมากต่อประสิทธิภาพ ในการเสริมแรง เพราะถ้าแรงที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิตส่งผลทำให้เส้นใยเกิดการจัดเรียงตัวไปในทิศทางเดียวกัน (unidirectional fiber arrangement) ยางที่ได้ก็จะมีสมบัติแบบ (anisotropic) กล่าวคือ ยางจะมีสมบัติที่ไม่เหมือนกันในแต่ละแนวแกน ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว ยางที่ได้จะมีความสามารถในการรับแรงและมีค่าโมดูลัสสูงสุดตามแนวทิศทางการจัดเรียงตัวของเส้นใย สำหรับกรณีทีเส้นใยที่เติมลงไปมีการจัดเรียงตัวแบบ 2 หรือ 3 ทิศทาง สมบัติเชิงกลของยางในแต่ละทิศทางจะแปรผันโดยตรงกับอัตราส่วนปริมาตรของเส้นใยที่จัดเรียงตัวในทิศทางนั้น ๆ

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 งานโครงการในประเทศ

มาลินี ชัยศุกกิจสินธ์2540. (มาลินี ชัยศุกกิจสินธ์,(2540) และคณะได้ศึกษาเกี่ยวกับ สมบัติของแผ่นใยไม้อัดจากใยมะพร้าวกับโพรพอลิสไตรีนผสมสารหน่วงไฟ ศึกษาความสามารถหน่วงไฟของสารเคมี 3 ชนิด Na_2HPO_4 , $\text{Mh}(\text{OH})_2$ และ H_3BO_3 ที่ผสมในแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่น $0.3 \text{ G}/\text{CM}^3$ เตรียมแผ่นใยไม้อัดจากการผสมระหว่างเส้นใยมะพร้าวกับโพรพอลิสไตรีนเหลือทิ้งจาก

อัตราส่วนเส้นใยมะพร้าวโพลีเอสเตอร์ 85/15 โดยน้ำหนักใช้กาฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ 15% ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดร้อนที่อุณหภูมิ 100 C° เป็นเวลา 10 นาที ผลการทดลองพบว่า แผ่นไม้อัดที่ไม่ผสมสารหน่วงไฟมีอัตราการเผาไหม้ 1.85 MM/S แผ่นไม้อัดที่มี Mg(OH)₂ หรือ Na₂HPO₄ ในปริมาณเท่ากันไม่เกิดการเผาไหม้ มอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นไม้อัดส่วนผสมสารหน่วงไฟเรียงลำดับ ดังนี้ Mg(OH)₂ > Mg(OH)₂ ผสมกับ Na₂HPO₄ > Na₂HPO₄ และสมบัติของการพองตัวทางความหนาของแผ่นไม้อัดเรียงลำดับได้ดังนี้ Na₂HPO₄ > Mg(OH)₂ ผสมกับ Na₂HPO₄ > Mg(OH)₂ ไม่สามารถเตรียมแผ่นไม้อัดโดยใช้ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์กับเส้นใยที่มี H₃BO₃ ได้มีการศึกษา การศึกษาเชิงกล มอดูลัสยืดหยุ่น (MOE) ความหนาแน่นของชิ้นงาน (Density) การดูดซึมน้ำ (Water absorption) การพองตัวทางความหนา (Thickness swelling) วิธีการทดสอบอัตราการเผาไหม้ (Rate of burning test) (ASTM D 635) สารอนินทรีย์แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ (Mg(OH)₂) หรือไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Na₂HPO₄) สามารถใช้ผสมกับเส้นใยมะพร้าว โพลีเอสเตอร์และกาฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์แล้วผลิตแผ่นไม้อัดที่หยุดการเผาไหม้ได้ด้วยตนเอง ในกรณีที่น่าสารหน่วงไฟ Mg(OH)₂ กับ Na₂HPO₄ มาผสมกันอย่างละเท่า ๆ กันก็จะให้ผลเสริมกัน โดยไม่เกิดการเผาไหม้ เนื่องจากสารเหล่านี้เป็นเบสทำให้ปฏิกิริยาเชื่อมโยงของฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์เกิดได้ดี สารหน่วงไฟเหล่านี้ทำให้สมบัติการดูดซึมน้ำและสมบัติการพองตัวทางความหนาของแผ่นเส้นใยไม้อัดลดลงเมื่อเทียบกับแผ่นไม้อัดที่ไม่มีสารหน่วงไฟ ในตรงกันข้ามเมื่อใช้ H₃BO₃ ซึ่งเป็นกรดไม่สามารถขึ้นรูปแผ่นไม้อัดได้

ธีรพงษ์ จันทรหอม .2551 (ธีรพงษ์ จันทรหอม ,(2551) ได้ทำการศึกษาเรื่อง กระบวนการไรของเสี้ยนในอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม พบว่าในกระบวนการสกัดปาล์มน้ำมัน จะได้น้ำมันปาล์มประมาณ 18-22% ซึ่งจะถูกนำไปแปรเป็นน้ำมันบริโภคหรืออุตสาหกรรมต่อเนื้ออื่น ๆ ส่วนของเหลือ 78-82% ซึ่งได้แก่ ทะลายเปล่า เส้นใยเปลือกผลปาล์ม กากสกัด รวมถึงน้ำที่อยู่ในทะลายปาล์ม จะถูกนำมาใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล ส่วนของเหลือในทะลายจะแปรรูปเป็นโมลาส การนำของเสี้ยนเหล่านั้นไปใช้ประโยชน์จะเป็นการเพิ่มมูลค่าของทะลายปาล์มให้สูงขึ้น ซึ่งจะมีผลให้ราคาปาล์มน้ำมันมีเสถียรภาพมากขึ้นด้วย

ภูสิต เลิศวัฒนารักษ์ และ อัญชิสรา สันติจิตโต .2555(ภูสิต เลิศวัฒนารักษ์ ,(2555) ได้ทำการศึกษาเรื่อง คุณสมบัติของวัสดุไฟเบอร์ซีเมนต์ผสมเส้นใยธรรมชาติจากเส้นใยมะพร้าวและเส้นใยปาล์มเพื่อผลิตวัสดุก่อสร้าง งานวิจัยนี้นำเสนอการศึกษาคุณสมบัติของวัสดุซีเมนต์เส้นใยหรือไฟเบอร์ซีเมนต์ผสมเส้นใยธรรมชาติสำหรับพื้นที่ในเขตร้อนชื้น เช่นประเทศไทยโดยเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากอุตสาหกรรมเกษตรภายในประเทศและมีวัตถุประสงค์หลักในการใช้งานเป็นกระเบื้องหลังคาแผ่นเรียบและแผ่นผนังเพื่อใช้ในการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารและลดการใช้พลังงานสำหรับระบบปรับอากาศในอาคารโดยมุ่งเน้นศึกษาอิทธิพลของเส้นใยธรรมชาติที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติเชิงกล และคุณสมบัติทางความร้อนของผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐาน ASTM และ JIS ผลจากการวิจัยพบว่าการใช้เส้นใยธรรมชาติทั้งสองประเภทในอัตราส่วนร้อยละ 5 โดยน้ำหนักซีเมนต์ในสัดส่วนผสม ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลตามมาตรฐานกำหนด และมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำกว่าซีเมนต์เพสต์ควบคุมถึงร้อยละ 66 ซึ่งมีผลต่อการประหยัดพลังงานสำหรับระบบปรับอากาศในอาคารพักอาศัย

สืบศิริ แซ่ลี้ และศักดิ์ชาย ลีक्षा .2555 (สืบศิริ แซ่ลี้,(2555) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นผ้าและผนังฉนวนกันความร้อนจากพืชในเขตพื้นที่ประเทศไทย ผลการศึกษาพบว่าด้านการศึกษาคุณลักษณะของเส้นใย พบว่า หล้าคา ฐุภาชีและกระถินยักษ์ มีความเหนียวอยู่ในตัวมีความเหมาะสมที่จะพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น ทำสี ทำก๊ลิ้น และนำไปผลิตเป็นของตกแต่งบ้านด้วยวิธีการทักทอ การอัดเป็นแผ่น ปั้นการหล่อขึ้นรูปด้านการพัฒนาแผ่นผ้าและฉนวนกันความร้อน พบว่าตัวประสานที่เหมาะสมคือ กาวลาเท็กซ์ น้ำยาพารา ยูรีเทน ถือเป็นวัสดุปรานที่มีความโปร่งใส มีน้ำหนักเบา กันน้ำ กันแมลง ส่วนกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสมควรใช้เป็นอัดแผ่น และการหล่อขึ้นรูป สำหรับแผ่นผ้าและฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยพืชที่ได้จากการทดลองจัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ตีประเภทหนึ่ง โดยการวิเคราะห์และทดสอบสมบัติของวัสดุต้านแรงดึงสูงสุด พบว่าวัสดุ Sample 1 (A) มีค่าเฉลี่ยความต้านแรงดึงสูงสุด 0.84 เมกะพาสคัล (กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) และมีค่าเฉลี่ยการยืดตัว ณ จุดขาดร้อยละ 3.36 Sample 2 (B) มีค่าเฉลี่ยความต้านแรงดึงสูงสุด 1.00 เมกะพาสคัล (กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) และมีค่าเฉลี่ยการยืดตัว ณ จุดขาดร้อยละ 5.22 Sample 3 (C) มีค่าเฉลี่ยความต้านแรงดึงสูงสุด 1.06 เมกะพาสคัล (กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) และมีค่าเฉลี่ยการยืดตัว ณ จุดขาดร้อยละ 6.50 และการวิเคราะห์และการทดสอบสมบัติของวัสดุสภาพนำความร้อน พบว่า วัสดุ มีค่าเฉลี่ยสภาพนำความร้อน ณ อุณหภูมิ 0.043 หลังจากนั้นผู้วิจัยได้แบ่งการพัฒนาผลิตภัณฑ์ออกเป็น 2 แบบ คือ แผ่นผ้าและฉนวนกันความร้อนโดยนำวัสดุแผ่นเส้นใยพืช+ตัวประสาน ในสัดส่วน 70 : 30 และยังได้นำวัสดุที่ได้จากการทดลองมาทดลองผลิตเป็นของใช้ และของตกแต่งบ้านเพิ่มเติม ทั้งนี้ผู้วิจัยจากการประเมินความคิดเห็นของกลุ่มผู้ผลิต จำหน่ายผลิตภัณฑ์และผู้บริโภคในภาพรวม พบว่าเห็นด้วยในระดับมากที่สุด

2.2.2 งานโครงการต่างประเทศ

JanE.G. van Dam และคณะ (JanE.G. van Dam,(2553) ได้ศึกษาเรื่อง Process for production of high density/high performance binderless boards from whole coconut husk Part 1: Lignin as intrinsic thermosetting binder resin เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการนำกากมะพร้าวที่มีอยู่ทั่วไปในประเทศอย่างอุดมสมบูรณ์ ของชายฝั่งทะเลในพื้นที่เขตร้อน กากมะพร้าวมีปริมาณมากในการเหลือทิ้งจากระบบอุตสาหกรรมและระบบครัวเรือน ในกากมะพร้าวประกอบด้วย แคลฟอร์เนีย น้ำหนัก 30% เส้นใยมะพร้าว 70% ลิกนินและฟีนอล มะพร้าวอุดมไปด้วย monocotyledonous syringyl ในองค์ประกอบของกากมะพร้าวจะมีลิกนินประมาณ 1 ใน 3 ขององค์ประกอบทั้งหมดทางเคมี แต่มี Klasonphenolicsต่ำ ลักษณะการนำกากมะพร้าวมาใช้งานสามารถนำมาเป็นวัสดุที่ใช้ทำฉนวนกันความร้อนได้ดีเยี่ยม ลิกนินในกากมะพร้าวสามารถทนความร้อนได้ประมาณ 140 °C และการแสดงคุณสมบัติ Thermosetting การประยุกต์ใช้กากมะพร้าวเพื่อใช้เป็นเรซิน ในกระบวนการผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อน เพราะลิกนินมีคุณสมบัติเป็นกาวเมื่อโดนความร้อน ลิกนินจะสลายเป็นกาวให้กับตัวเอง และประสานกันกลายเป็นเรซิน เป็นพื้นฐานของการผลิตวัสดุทดแทนโดยปราศจากสารเคมี เป็นเทคโนโลยีแบบง่าย ๆ ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จากการศึกษาพบว่าผลของการใช้กากมะพร้าวมาผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อน ที่อุดมไปด้วยลิกนิน ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นกาวเมื่อได้รับความร้อนที่ 140 °C ลิกนินจะมีการเชื่อมประสานของตัวโมเลกุลเมื่อได้รับความร้อน และประสานกันเป็นแผ่นได้โดยไม่ต้องใช้สารเคมี ซึ่งมีคุณสมบัติที่ดีเยี่ยมในการนำมาเป็นวัสดุกันความร้อนที่ใช้กับอาคาร โดยปราศจากสารเคมี และไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพในระยะยาว

SattaPanyakaewและคณะ (SattaPanyakaew,(2546) ได้ศึกษาเรื่อง New thermal insulation boards made from coconut husk and bagasse จากการศึกษาเป็นการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ความร้อนกับกาบมะพร้าวและชานอ้อย ในการผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อนโดยไม่ต้องใช้สารเคมีในการประสานตัววัสดุ ที่อยู่ในประเทศไทยโดยใช้ทำฉนวนกันความร้อน เพื่อลดการในพลังงานในอาคารโดยการลดอุณหภูมิในอาคาร วัสดุของการศึกษาเป็นการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาฉนวนกันความร้อน เพื่อพัฒนาเป็นฉนวนกันความร้อนที่มีราคาต่ำโดยวิธีการกดร้อน และการใช้อุณหภูมิที่จะศึกษาถึงคุณสมบัติเชิงกลของแผ่นฉนวนกันความร้อน ในระยะ term insulation next คุณสมบัติเชิงกลของกาบมะพร้าวและชานอ้อยในระยะ term insulation next จากการศึกษา นำไปเปรียบเทียบถึงคุณสมบัติโดยทั่วไปของฉนวนชนิดอื่นพบว่า ความหนาแน่นของคุณสมบัติของอ้อย term insulation next ในระยะยาวของแผ่นที่มีความหนาแน่นที่ 350 kg/m³ ใช้เวลาในการกต 13 นาที กตเวลาที่อุณหภูมิ 200 C° พบคุณสมบัติที่ดีของแผ่นฉนวนกันความร้อน สำหรับการบวม term Thermal next ระยะเวลาของการให้ความร้อนเปลือกมะพร้าวและชานอ้อยในระยะ term insulation next เป็นค่าการวัดความร้อนตามมาตรฐาน ISO 8301 ผลการศึกษาพบว่า การให้ความร้อนกับกาบมะพร้าวและชานอ้อย ค่าการนำไฟฟ้าในระยะตั้งแต่ 0.046-0.068 W/mk ซึ่งใกล้เคียงกับของเดิม term insulation ระยะก่อนหน้า materials next เช่น เซลลูโลส ซึ่งใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานที่ได้จากการผลิตฉนวนกันความร้อน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการการศึกษาเชิงทดลอง เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเส้นใยทะเลลาย ปาล์มเปล่า มาใช้ประโยชน์ทางวิศวกรรม โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องและทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการสาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

3.1 การศึกษาหาข้อมูลในการทำวิจัย

3.1.1 ไยแก้ว (Fiberglass)

ใยแก้วหรือไฟเบอร์กลาสเป็นวัสดุสังเคราะห์ชนิดหนึ่งเป็นวัสดุดิบหลักที่ใช้ในการขึ้นรูปงานไฟเบอร์กลาส โดยทั่วไปจะแบ่งประเภทใยแก้วออกเป็นชนิดต่างๆตามคุณสมบัติ ดังนี้

- ชนิด A glass (Alkali) ใช้สำหรับงานที่ต้องการทนสารเคมีที่เป็นด่าง
- ชนิด C glass (Chemical) ใช้สำหรับงานที่ต้องการทนสารเคมีที่เป็นกรดและกัดกร่อน
- ชนิด E glass (Electrical) ใช้สำหรับงานที่ต้องการรับแรงและเป็นฉนวนป้องกันไฟฟ้าได้ดี
- ชนิด S glass (High Strength) ใช้สำหรับงานที่ต้องการรับแรงสูงที่สูงกว่าชนิด E glass

ใยแก้วแบ่งเป็นชนิดต่างๆ ดังนี้

3.1.1.1. โยแก้วชนิดฝืนเส้นสั้น (Chopped strands mat)



รูปที่ 3.1 โยแก้วชนิดฝืนเส้นสั้น (Chopped strands mat)

เป็นโยแก้วเส้นสั้นยาวประมาณ 1-2 นิ้ว โปรงลงบนฝืนแบบ กระจาย เกาะตัวโดยประสาน กาว(binder) มีสองแบบคือ

- แบบ Emulsion มีลักษณะเป็นแผ่นเรียบแน่น เหมาะกับงาน ที่ต้องการ ความเรียบสม่ำเสมอ ไม่เคลื่อนตัว

- แบบ Powder มีลักษณะเป็นแผ่นเส้นโยทอแบบหลวม เหมาะกับงานที่ต้องเข้าซอก มีมุมและ

ซอกมาก ขนาดเรียกตามน้ำหนักต่อ ตารางเมตร มีขนาด 100 200 300 450 600 และ 900 กรัม/ตารางเมตร ใช้กับงานไฟเบอร์กลาสทั่วไป

3.1.1.2. โยแก้วตาสาน (Woven roving)



รูปที่ 3.2 โยแก้วตาสาน (Woven roving)

เป็นโยแก้วเส้นสั้นทอเป็นฝืน เป็นรูปตาสาน มีขนาด 400 600 800 900 1,000 และ 1,200 กรัม/ตารางเมตร ช่วยรับแรง เสริมกำลังให้สูงขึ้นในทิศทางของเส้นโยแก้ว (2 ทิศทาง)

3.1.1.3. โยแก้วผ้าทอ (Glass cloth)



รูปที่ 3.4 โยแก้วผ้าทอ (Glass cloth)

เป็นใยแก้วเส้นเหมือนด้ายนำมาทอเป็นผืนผ้า เนื้อแน่น มีขนาด 30 60 90 100 160 200 และ 300 กรัม/ตารางเมตร ช่วยรับแรงกำลังได้ดีสามารถทำชิ้นงานได้บางเบา ใช้เสริมความแข็งแรง บริเวณขอบชิ้นงาน และบริเวณผิวบนและล่างสุดของงาน

3.1.1.4. ใยสานแบบเย็บติด (Stitch mat)



รูปที่ 3.4 ใยสานแบบเย็บติด (Stitch mat)

เป็นใยแก้วแบบผืน chopped strand mat เย็บด้วยเส้นใยโพลีเอสเตอร์ทั้งผืนเวลานำไปใช้งานแล้วใยแก้วจะไม่เคลื่อนตัวทำให้ได้ชิ้นงานที่รับแรงและกำลังได้สมบูรณ์ขึ้น มีขนาด 300 450 600 และ 900 กรัม/ตารางเมตร

3.1.1.5 ใยแก้วผิว (Surfacing mat)



รูปที่ 3.5 ใยแก้วผิว (Surfacing mat)

เป็นใยแก้วแบบผืนบางเหมือนกระดาษทิชชู มีขนาดน้ำหนัก 20 30 50 กรัม/ตารางเมตร ช่วยยึดเกาะผิวชั้นเจลโค้ทให้แข็งแรงขึ้นและช่วยลดปริมาณฟองอากาศของชั้นเจลโค้ทกับใยแก้วได้

3.1.1.6 เทปไฟเบอร์ (Glass tape)



รูปที่3.6เทปไฟเบอร์ (Glass tape)

เป็นเส้นใยแก้วนำมาทอเป็นผืน มีขนาดกว้าง 2 นิ้ว 3 นิ้ว 4 นิ้ว ไว้ใช้สำหรับเชื่อมรอยต่อระหว่างแผ่นใยแก้วและเสริมกำลังบริเวณขอบของชิ้นงาน

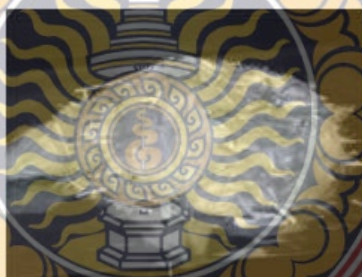
3.1.1.7 ใยแก้วเส้นด้าย (Roving)



รูปที่3.7ใยแก้วเส้นด้าย (Roving)

เป็นเส้นใยแก้วยาวตลอดทั้งม้วน เรียกตามน้ำหนัก/ความยาว 1 กม.เช่น TEX1200 = ความยาว 1 กม. น้ำหนัก 1 กก. ที่นิยมใช้มีขนาด 1200 2200 2400 4800 เป็นต้น

3.1.1.8 ใยแก้วเส้นสั้น (Chopped strand)



รูปที่3.8ใยแก้วเส้นสั้น (Chopped strand)

เป็นเส้นใยแก้วเส้นสั้น ขนาดความยาวเส้น 3 6 9 12 มิลลิเมตร ใช้เพิ่มความแข็งแรงของชิ้นงาน

3.1.1.9 ใยแก้วผง (Glass powder)



รูปที่ 3.9 โยแก้วผง (Glass powder)

เป็นผงโยแก้วสีขาว ใช้เพิ่มความแข็งแรง ป้องกันการขีดข่วนและแรงกระแทกบนผิวงาน

3.1.1.10 โยแก้วแบบทิศทางเดียว (Unidirection mat)



รูปที่ 3.10 โยแก้วแบบทิศทางเดียว (Unidirection mat)

เป็นเส้นใยแก้วเรียงเป็นแถวในแนวเดียวกันตลอดทั้งผืนเย็บติดกันด้วยเส้นด้าย (polyester yarn) มีการเรียงเส้น 2 แบบคือแบบแนวยาว และแบบแนวขวาง รับแรงและกำลังได้สูงในแนวยาวของเส้นใยแก้วทางใดทางหนึ่ง

3.1.2 เส้นใยปาล์ม

เส้นใยปาล์มผลิตจากเปลือกของผลปาล์มที่รีดเอาน้ำมันออกแล้วใช้ปาล์มที่รีดเอาน้ำมันออกโดยธรรมชาติไม่ผสมสารเคมีลักษณะของเส้นใยปาล์มเป็นเส้นใยที่เหนียว ทน อากาศสามารถไหลเวียนผ่านได้ดี จึงใช้ในการทำโซฟาที่นอนที่ใช้ในโรงพยาบาล



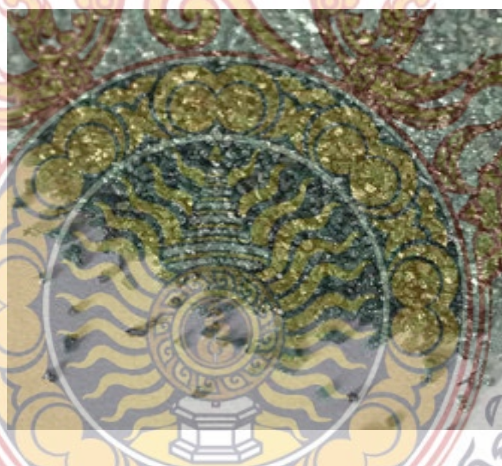
รูปที่ 3.11 เส้นใยทะลายปาล์มเปล่า

3.1. 3 หินเกร็ด

หินอ่อน เมื่อสกัดหรือระเบิดออกมาจากแหล่งหรือภูเขา มีลักษณะเป็นแท่งใหญ่แล้วนำมาเลื่อยเป็นแผ่นบางๆ มีขนาดมาตรฐานดังนี้ 30 x30, 30x60, 40x80, 60x60 เซนติเมตร และสามารถสั่งตัดได้ตามความต้องการ ส่วนที่แตกเป็นชิ้นเล็กไม่สามารถตัดเป็นแผ่นได้ นำมาทุบเป็นวัสดุในการทำหินขัด เศษของหินอ่อนชนิดนี้เรียกว่า “หินเกล็ด” ขนาดหินเกล็ดกำหนดเป็นหมายเลข โดยหมายเลขที่มากจะเป็นหินขนาดเล็ก ขนาดหินเกล็ดที่ใช้ทำหินขัดในประเทศไทยมี 6 ขนาดดังนี้

ตารางที่ 3.1ขนาดหินเกล็ดที่ใช้ทำหินขัดในประเทศไทย

หมายเลข	ขนาด (นิ้ว)	ขนาด(มิลลิเมตร)
4 ½	1/16	1.58
4	1/8	3.17
3 ½	¼	6.35
3	3/8	9.52
2	5/8	15.87
1	¾	19.05



รูปที่ 3.12หินแกริต

3.2 การเตรียมวัสดุ

3.2.1 เซลล์ฟลินท์โค้ท ซูเปอร์

ผลิตภัณฑ์กันรั้วกันซึมที่ผลิตจากยางมะตอยพื้นฐาน เพิ่มสารพอลิเมอร์คุณภาพสูง ให้คุณสมบัติที่เหนือกว่า วัสดุกันรั้วกันซึมทั่วไป ยึดเกาะผิวงานได้ดี ให้ความยืดหยุ่นสูงด้วยอัตราการยืดตัวกว่า 1000 % ในทุกทิศทาง ไม่แตกร้าวจากการไหวตัวของโครงสร้างหรือเมื่อมีแรงกระทำจากภายนอก เซลล์ฟลินท์โค้ท ซูเปอร์เมื่อแห้งตัวแล้วจะมีความทนทานต่อสภาวะอุณหภูมิสูงหรืออากาศร้อนโดยไม่หลุดออกหรืออ่อนตัว โดยเฉพาะการทาผนังหรือกำแพง สามารถทนต่อรังสี UV จาก

แสงอาทิตย์ สามารถใช้ทาพื้นผิวสภาพแห้ง หรือเปียกชื้นได้ และเมื่อแห้งตัวแล้ว สามารถใช้งานในพื้นที่น้ำขังได้ ไม่เป็นอันตรายจากการสัมผัส และไม่มีไอระเหยที่เป็นอันตรายต่อระบบหายใจ เมื่อแห้งตัวแล้วจะยอมให้ความชื้นของผิวงานระเหยออกได้ โดยไม่ทำให้ผิวพองตัวหรือหลุดออก (แสดงดังรูป 3.13)



รูปที่ 3.13 เชลล์ ฟลินท์โค้ท ซูเปอร์

3.2.2 ไยปาล์ม

ไยปาล์มที่ใช้ในการดำเนินการศึกษา เป็นไยปาล์ม จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มจังหวัดชลบุรี จากบริษัท สุขสมบูรณ์น้ำมันพืช จำกัด อำเภอหนองใหญ่ จังหวัดชลบุรี ซึ่งไยปาล์มนี้จะมีลักษณะเป็นเส้น ก่อนที่จะนำไยปาล์มเหล่านี้มาทำการทดสอบเป็นวัสดุผสมในการผลิตกระเบื้องแอสฟัลต์จะต้องนำไปทำความสะอาดเพื่อแยกเอาฝุ่นและเศษวัสดุเจือปนมากับไยปาล์ม แล้วจึงนำไปทดสอบได้ โดยไยปาล์มนี้ จะทำการทดสอบที่อัตราส่วนผสม 3.8 , 5 , 6.2 โดยคิดเป็นร้อยละจากน้ำหนัก

3.2.3 หินเกร็ด

หินเกร็ดที่ใช้ในการดำเนินการศึกษา จะมีลักษณะ เม็ดละเอียด แข็ง หนัก มีสี เทา ดำ ขาว ก่อนที่จะนำหินเกร็ดเหล่านี้มาทำการทดสอบจะต้องนำมาคัดแยกโดยการร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 10 แล้วจึงนำไปทดสอบได้

3.2.2.1 เครื่องมือ

1. เครื่องเขย่าตะแกรงร่อน (แสดงดังรูป 3.14)
2. ตะแกรงเบอร์ 10



รูปที่ 3.14 เครื่องเขย่าตะแกรงร่อน

3.3 การศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุที่ใช้ในการกระเบื้องแอสฟัลท์ซิงเกิ้ล

การศึกษาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของใยปาล์มและหินแกรนิต ที่ร้อนผ่านตะแกรงเบอร์ 10 สำหรับใช้ในการทำตัวอย่างทดสอบ มีการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานต่างๆ ดังนี้

3.3.1 การหาค่าความถ่วงจำเพาะของหินแกรนิต

3.3.2 การหาคุณสมบัติทางเคมี ของใยปาล์ม

3.4 การผลิตกระเบื้องแอสฟัลท์ซิงเกิ้ล

3.4.1 ขั้นตอนการขึ้นรูป

ทำการผสม เซลล์ ฟลินท์โค้ท ซูเปอร์ กับวัสดุธรรมชาติ ได้แก่ เส้นใยทะเลสาบปาล์ม ในอัตราส่วนร้อยละ 3.8 , 5 , 6.2 โดยน้ำหนัก หลังจากนั้นทำการเตรียมใส่บล็อกที่ขนาด 23x23 เซนติเมตร แล้วฉาบผิวให้เรียบ หลังจากนั้นนำแผ่นกระเบื้องที่ยังขึ้นอยู่มาโรยหินแกรนิตเพื่อ ตกแต่งผิว เมื่อแห้งแล้วนำกระเบื้องที่ได้มาตัดขอบให้เรียบและเสมอกัน ก็จะได้แผ่นกระเบื้องแอสฟัลท์ซิงเกิ้ลที่จะทำการศึกษา

ตารางที่ 3.2 อัตราส่วนผสมในการผสม เซลล์ฟลินท์โค้ทซูเปอร์ กับ ใยปาล์ม

ร้อยละของส่วนผสม	เซลล์ฟลินท์โค้ทซูเปอร์(กรัม)	เส้นใยปาล์ม
3.8	240	15
5	240	20
6.2	240	25

3.5 การทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของเส้นใยทะเลสาบปาล์มเปล่า

ดำเนินการส่งตัวอย่างทะเลสาบปาล์มเปล่า ให้ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้ทำการทดสอบผลทางเคมีของทะเลสาบปาล์มเปล่า เพื่อหาผลการศึกษารายละเอียดประกอบทางเคมีของทะเลสาบปาล์มเปล่าโดยมีรายละเอียดการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและมาตรฐานการทดลองดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและมาตรฐานการทดลอง

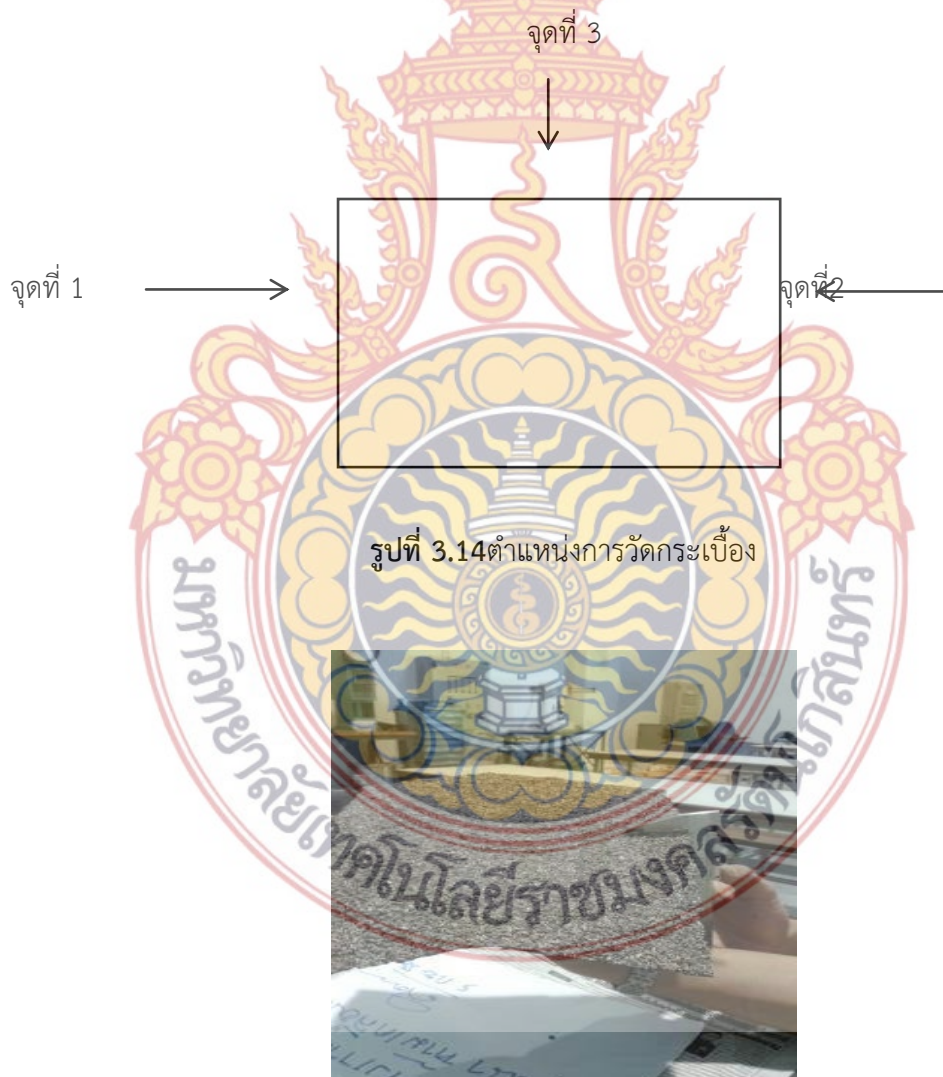
Chemical compositions	Testing Methods
1. Ash Content	TAPPI T 211 om-07

2. Acid-insoluble lignin	TAPPI T 222 om-11
3. Holocellulose	Wise et al. (1946)
4. Cellulose	Updegraff(1969)

3.6 การทดสอบคุณสมบัติของแผ่นกระเบื้องที่ผลิตได้

3.6.1 มิติความหนาของแผ่นกระเบื้องหลังคา

การศึกษาด้านความหนาของแผ่นกระเบื้องเป็นการศึกษาถึงความหนาที่มีผลต่อน้ำหนักของแผ่นกระเบื้องหลังคา โดยทำการตัดกระเบื้องหลังคาให้มีขนาด 23 × 23 เซนติเมตร ความหนาที่แผ่นกระเบื้องจำนวน 3 ด้านของแผ่นกระเบื้อง โดยที่แต่ละด้านทำการวัดจำนวน 3 ครั้งแต่ละครั้งก็จะบันทึกผลการทดลองไว้ มิติความหนาของมิติของแผ่นกระเบื้องเป็นการศึกษาถึงความหนาของแผ่นกระเบื้องเครื่องมือที่วัดที่มีความละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร โดยใช้เวอร์เนียร์คาลิเปอร์วิธีการวัด ให้วัดมิติละ 3 แห่ง ที่ปลายทั้งสอง และตรงกลางและหาค่าเฉลี่ย



รูปที่ 3.15 แสดงรูปตำแหน่งการวัดแผ่นกระเบื้อง

3.6.2 ลักษณะทั่วไปเมื่อตรวจพินิจ ผิวของกระเบื้องมุงหลังคาจะมีผิวขรุขระ แต่ต้องไม่มีรอยฉีกขาด รอยนูน รอยเว้า หรือตำหนิอื่นใดได้อันเป็นอุปสรรคต่อการมุงหลังคา ยกเว้นการบิ่นเพียงเล็กน้อยที่อาจเกิดขึ้นในกรรมวิธีการผลิตตามปกติ การเคลื่อนย้ายหรือการขนส่ง ซึ่งในการศึกษาใช้มาตรฐาน มอก. ของประเทศไทย

3.7 การทดสอบอัตราการดูดซึมน้ำของแผ่นกระเบื้องหลังคา

การทดสอบอัตราการดูดซึมน้ำของแผ่นกระเบื้องคือการศึกษาถึงคุณสมบัติของอัตราการดูดซึมน้ำของแผ่นกระเบื้องโดยการศึกษาโดยเริ่มจาก การตัดแผ่นกระเบื้องให้ได้ขนาด 23×23 เซนติเมตร หลังจากนั้น นำแผ่นกระเบื้องที่ได้ไปทำการแช่น้ำไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาแล้ว นำขึ้นทดสอบที่ซัพผิวให้แห้งมาทดสอบทันที หลังจากนั้นนำแผ่นกระเบื้องที่ได้จากการแช่น้ำไว้มาทำการชั่งน้ำหนักและบันทึกผลไว้เมื่อบันทึกเสร็จแล้ว นำแผ่นกระเบื้องที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดนำออกมาทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งอีกครั้งแล้วบันทึกน้ำหนักไว้ การคำนวณและรายงานผลน้ำหนักที่หายไปให้นำมาคำนวณเป็นร้อยละ ของน้ำหนักแห้ง แล้วรายงานผล เป็นร้อยละของการดูดซึมน้ำบันทึกค่าการดูดซึมน้ำ จากขึ้นทดสอบแยกจากกันแล้ว รายงานค่าเฉลี่ยของขึ้นทดสอบของขึ้นแต่ละชั้นแยกจากกัน แล้วรายงานค่าเฉลี่ยของขึ้นทดสอบทั้งหมด เป็นค่าเฉลี่ยของการดูดซึมน้ำเป็นร้อยละ

การทดสอบการดูดซึมน้ำ จะใช้ขึ้นทดสอบ โดยศึกษา จากกระเบื้องที่ผ่านการทดสอบความต้านทานแรงกดตามขวางมาแล้วแผ่นละ 1 ชิ้น มาทดสอบการดูดซึมน้ำมาขณะที่ขึ้นทดสอบยังอยู่ในสถานะอิมิตัวด้วยน้ำ

กระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา หรือกระเบื้องเสริมประกอบอื่น ๆ ที่ไม่ได้ผ่านการทดสอบความต้านทานแรงกดตามขวางให้นำขึ้นทดสอบเหล่านั้นไปแช่ในน้ำที่มีอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำขึ้นทดสอบมาซัพผิวให้แห้งมาทดสอบทันที

วิธีการทดสอบ

- ขั้นตอนที่ 1
- ตัดแผ่นกระเบื้องขนาด 25×25 เซนติเมตร ตามจำนวนที่จะทดสอบ
- ขั้นตอนที่ 2
- นำน้ำใส่ภาชนะที่จะทำการแช่แผ่นกระเบื้อง
- ขั้นตอนที่ 3
- นำแผ่นกระเบื้องที่จะทำการทดสอบนำลงไปแช่ในน้ำให้จมน หากแผ่นกระเบื้องไม่จมน้ำให้นำวัสดุที่จมน้ำนำมากดทับไว้ แล้วทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง



รูปที่ 3.16 แสดงการนำกระเบื้องแช่น้ำ

ขั้นตอนที่ 4

- เมื่อครบ 24 ชั่วโมงนำแผ่นกระเบื้องขึ้นจากน้ำแล้วซับด้วยผ้าให้หมด ไม่มีหยดน้ำติดที่แผ่นกระเบื้อง

ขั้นตอนที่ 5

- เมื่อซับแผ่นกระเบื้องเรียบร้อยแล้ว ให้นำแผ่นกระเบื้องมาชั่งน้ำหนักไว้ โดยการชั่งน้ำหนักกระเบื้องแต่ละแผ่นจะทำการจดบันทึกน้ำหนัก ตัวอย่างละ 3 ครั้ง

ขั้นตอนที่ 6

- ออบขึ้นทดสอบในตู้อบระบายนอากาศ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง



รูปที่ 3.17 การนำกระเบื้องไปอบ

ขั้นตอนที่ 7

- เมื่อครบกำหนดการอบแผ่นกระเบื้อง นำออกมาทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ชั่งอีกครั้งแล้วบันทึกน้ำหนักไว้

ขั้นตอนที่ 8

- การคำนวณและรายงานผล น้ำหนักที่หายไป ให้นำมาคำนวณเป็นร้อยละของน้ำหนักแห้งแล้วรายงานผล เป็นร้อยละของการดูดซึมน้ำ บันทึกค่าการดูดซึมน้ำ จากขั้นทดสอบแยกจากกัน แล้วรายงานค่าเฉลี่ยของขั้นทดสอบของขั้นแต่ละขั้นแยกจากกัน แล้วรายงานค่าเฉลี่ยของขั้นทั้งหมด เป็นค่าเฉลี่ยของการดูดซึมน้ำเป็นร้อยละ

สูตรอัตราการซึมน้ำของแผ่นกระเบื้อง (เปอร์เซ็นต์)

$$= (\text{น้ำหนักหลังแช่น้ำ} - \text{น้ำหนักก่อนแช่น้ำ}) / \text{น้ำหนักก่อนแช่น้ำ} \times 100$$

3.8 การทดสอบการรั่วซึมของแผ่นกระเบื้องหลังคา

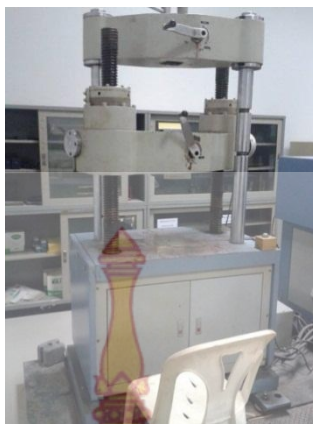
ทำการตัดแผ่นกระเบื้องขนาด 23 x 23 เซนติเมตร (ขนาดของแผ่นกระเบื้องที่ใช้ในการทดลอง ขึ้นอยู่กับ กรอบที่จะทดลอง) หลังจากนั้นนำแผ่นกระเบื้องหลังคาที่ได้ไปใส่ในกะละมัง เพื่อขังน้ำไว้ไม่ให้รั่วซึมออกมา แล้วยาแนวด้วยซิลิโคนกันรั่วซึม ทิ้งไว้ให้แห้งสนิท เมื่อซิลิโคนกันรั่วซึมแห้งสนิทแล้ว นำน้ำมาเทลงในกะละมังให้สูงกว่าแผ่นกระเบื้องไม่น้อยกว่า 2 เซนติเมตร และสังเกตผลการทดลองว่ามีน้ำหยดลงมาหรือไม่ บันทึกผลหลังจากนั้นทิ้งแผ่นกระเบื้องไว้จนครบ 24 ชั่วโมง และทำการบันทึกผลการทดลองโดยการตรวจดูผิวด้านล่างของแผ่นทดสอบว่ามีหยดน้ำอยู่หรือไม่ รายงานผลให้รายงานว่าผ่านการทดสอบ ถ้าไม่มีหยดน้ำที่ผิวด้านล่างของแผ่นทดสอบ ซึ่งในการศึกษาใช้มาตรฐานของ มอก.



รูปที่ 3.18 การรั่วซึมน้ำ

3.9 การทดสอบการรับแรงดึงของแผ่นกระเบื้อง

การทดสอบการรับแรงดึงของแผ่นกระเบื้อง เพื่อศึกษาถึงความแข็งแรงของกระเบื้อง แอสฟัลท์ซิงเกิ้ลที่ผลิตได้ โดยการนำตัวอย่างทดสอบอัตราส่วนร้อยละ 3.8 , 5 และ 6.2 ตัวอย่างละ 3 แผ่น มาตัดให้ได้ขนาด 5x23 เซนติเมตร แล้ววัดความยาวและชั่งน้ำหนัก นำตัวอย่างการทดสอบใส่ในเครื่องทดสอบ Universal Testing Machine ออกแรงดึงด้วยอัตราความเร็ว 8 นิวตันต่อวินาที(80 ksc/วินาที) ระยะดึง 10 เซนติเมตร จดและบันทึกผลการทดลอง



รูปที่ 3.19 เครื่องทดสอบ Universal Testing Machine

3.10 การทดสอบหาการถ่ายเทความร้อนของกระเบื้อง

การศึกษาคุนสมบัติการถ่ายเทความร้อนของแอสฟัลต์ซิงเกิ้ลที่ผลิตได้ที่ผสมเส้นใยทะเลลายปาล์มเปล่า ในอัตราส่วนร้อยละ 3.8 , 5 , 6.2 โดยน้ำหนัก ให้เป็นไปตามมาตรฐานคุณสมบัติของกระเบื้องมุงหลังคา ซึ่งใช้ตัวอย่างกระเบื้องแอสฟัลต์ซิงเกิ้ล ขนาด 10 x 10 ซม. จำนวน 3 ตัวอย่าง สำหรับแต่ละสัดส่วนผสม เพื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal Conductivity) ของตัวอย่างในแต่ละส่วนผสม

3.11 การศึกษาต้นทุนการผลิตแผ่นหลังคาซิงเกิ้ล

ได้ดำเนินการศึกษาต้นทุนการผลิตหลังคาซิงเกิ้ลที่ทำจากเส้นใยแก้วส่วนมากจะมีการนำเข้ามาจากต่างประเทศและนำมาขายต่อพร้อมติดตั้งราคาขึ้นอยู่กับความยากง่ายของชนิดหลังคาที่ต้องการมุงหลังคาในรูปแบบต่างๆ โดยประมาณจะอยู่ที่ราคา 400-700 บาท / ม² ส่วนวัสดุที่ใช้ทำหลังซิงเกิ้ลจากเส้นใยธรรมชาติในที่นี้ใช้เส้นใยจากทะเลลายเปล่าปาล์มราคาตันละ 500 บาท หินเกร็ดราคาคิวละ 490 บาท เซลล์ฟรินโค้ชราคา กิโลกรัมละ 150 บาท ดังแสดงในบทที่ 4 ผลการวิจัย ทั้งนี้ไม่รวมค่าขนส่งและค่าดำเนินการต่างๆ

บทที่ 4 ผลการวิจัย

จากการเก็บข้อมูลที่ได้จากการศึกษาคุณสมบัติต่างๆ ของแผ่นกระเบื้องหลังคา โดยการนำ เซลฟรินโค้ทมาผสมกับวัสดุธรรมชาติคือ ไยปาล์ม ในอัตราส่วนร้อยละ 3.8 , 5 และ 6.2 โดยน้ำหนัก ซึ่งคุณสมบัติที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย มิติความหนาของแผ่นกระเบื้อง ลักษณะทางกายภาพของแผ่นกระเบื้อง การรั่วซึมน้ำของแผ่นกระเบื้อง การดูดซึมน้ำของแผ่นกระเบื้อง การรับแรงดึงของแผ่นกระเบื้อง การถ่ายเทความร้อนของแผ่นกระเบื้อง ได้ผลการวิจัยดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.1 ต้นแบบแผ่นหลังคาซึ่งเกิดจากเส้นใยทะเลลายปาล์มเปล่า

4.1 ผลการหาค่าความถ่วงจำเพาะของหินแกริต

ผลการทดสอบค่าความถ่วงจำเพาะของ หินแกริต ที่นำมาทดสอบในโครงการนี้ พบว่า หินแกริตที่ใช้ในการทดสอบมีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 3.95 โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ ก-1 ในภาคผนวก

4.2 ผลการหาคุณสมบัติทางเคมีของใยปาล์ม

ได้ดำเนินการส่งตัวอย่างทะเลลายปาล์มเปล่า ให้ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้ทำการทดสอบผลทางเคมีของทะเลลายปาล์มเปล่า ได้ผลการศึกษารายละเอียดประกอบทางเคมีของทะเลลายปาล์มเปล่า ดังตารางที่ 4.1 ผลการหาคุณสมบัติทางเคมีของเส้นใยทะเลลายปาล์มเปล่า

ตารางที่ 4.1 ผลการหาคุณสมบัติทางเคมีของเส้นใยทะเลลายปาล์มเปล่า

Chemical compositions	Results (% based on o.d. OPEFB)	Testing Methods
1. Ash Content	4.19	TAPPI T 211 om-07
2. Acid-insoluble lignin	27.18	TAPPI T 222 om-11
3. Holo cellulose	61.59	Wise et al. (1946)
4. Cellulose	24.95	Updegraff(1969)

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของทะเลลายปาล์มเปล่า จากตารางที่ 4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของเส้นใยทะเลลายปาล์มเปล่า สามารถสรุปผลการศึกษาดังต่อไปนี้

4.1.1 Ash Content (เถ้า)

จากตารางการวิเคราะห์ทางเคมีของทะเลลายปาล์มเปล่านั้นมีปริมาณอยู่ที่ 4.19% พบว่าในองค์ประกอบเส้นใยพืชถ้ามีเถ้าปริมาณที่น้อยจะส่งผลดีต่อการนำไปใช้ประโยชน์ด้านการนำมาอัดร้อนเป็นแผ่นจะส่งผลดีต่อการอัดร้อนเนื่องจากปริมาณของเถ้าที่น้อยจะทำให้ เพิ่มการยึดเกาะของสารเคมีตัวอื่นเช่น เซลลูโลส

4.1.2 Acid-insoluble lignin (ลิกนินที่ไม่ละลายในกรด)

จากตารางการวิเคราะห์ทางเคมีของทะเลลายปาล์มเปล่ามีปริมาณอยู่ที่ 27.18% พบว่าถ้าองค์ประกอบของเส้นใยพืชถ้ามีปริมาณลิกนินมากจะช่วยเพื่อคุณสมบัติด้านการยึดเกาะของสารตัวประกอบอื่น เปรียบเสมือนตัวประสาน ที่ช่วยยึดเกาะนั่นเอง

4.1.3 Holo cellulose (โฮโลเซลลูโลส)

จากตารางการวิเคราะห์ทางเคมีของทะเลลายปาล์มเปล่ามีปริมาณอยู่ที่ 61.59% พบว่าทะเลลายปาล์มเปล่ามีปริมาณโฮโลเซลลูโลส ที่สูงมากซึ่งเป็นผลดีต่อการนำมาผลิตในกระบวนการอัดร้อนเนื่องจากโฮโลเซลลูโลสจะช่วยในการยึดเกาะของโฮโลเซลลูโลสและลิกนิน จากตารางการวิเคราะห์ทางเคมีนั้นหากเราต้องการหาค่าของ เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) ก็นำค่าของโฮโลเซลลูโลสมาลบกับค่าของเซลลูโลสก็จะได้ปริมาณของเฮมิเซลลูโลสของทะเลลายปาล์มเปล่า ($61.59 - 24.95 = 36.64\%$) ก็จะได้อัตราของเฮมิเซลลูโลสอยู่ที่ 36.64%

4.1.4 Cellulose (เซลลูโลส)

จากตารางการวิเคราะห์ทางเคมีของทะเลลายปาล์มเปล่ามีปริมาณอยู่ที่ 24.95% พบว่าทะเลลายปาล์มเปล่ามีปริมาณเซลลูโลสที่สูงมาก และจะส่งผลดีเนื่องจากเซลลูโลสมีหน้าที่ยึดเกาะประสานกันเมื่อได้รับความร้อน(กระบวนการอัดร้อน)จะทำให้เพิ่มความแข็งแรงทนทานให้กับ

ทะเลสาบปลาไหล ทำให้เป็นองค์ประกอบหลักของพืชที่ใช้กระบวนการอัดร้อน เพื่อนำมาเป็นวัสดุทดแทนด้านต่างๆ

4.3 ผลการหาค่ามิติความหนาของหลังคาซิงเกิ้ล

ผลการทดสอบด้านมิติของหลังคาซิงเกิ้ลที่ผลิตได้ โดยทำการผสมเซลล์ ฟลีนท์โค้ท ซูเปอร์ ร่วมกับวัสดุธรรมชาติคือใยปาล์ม ที่อัตราส่วนผสมของวัสดุธรรมชาติร้อยละ 3.8 , 5 และ 6.2 โดยน้ำหนักผลการศึกษาด้านมิติความหนาของแผ่นหลังคาซิงเกิ้ลแสดงในตาราง 4.2 มิติความหนาของแผ่นหลังคาซิงเกิ้ล

ตารางที่ 4.2 มิติความหนาของแผ่นหลังคาซิงเกิ้ล

แผ่นที่	ปริมาณของใยปาล์ม(กรัม)		
	15	20	25
1	4.3	4.5	4.5
2	4.1	4.4	4.4
3	4.3	4.3	4.6
เฉลี่ย	4.23	4.4	4.5

จากตารางที่ 4-2 แสดงลักษณะมิติทั่วไปของแผ่นหลังคาซิงเกิ้ลพบว่าหลังคาซิงเกิ้ลที่ผลิตจากสารสังเคราะห์ในรูปของยางมะตอยอิมัลชันสูตรน้ำ ผสมกับใยปาล์ม ในปริมาณ 15 กรัม มีความหนาของหลังคาซิงเกิ้ลเฉลี่ยเท่ากับ 4.23 มิลลิเมตร ที่ 20 กรัม มีความหนาของหลังคาซิงเกิ้ลเฉลี่ยเท่ากับ 4.4 มิลลิเมตร และที่ 25 กรัมมีความหนาของแผ่นหลังคาซิงเกิ้ลเฉลี่ยเท่ากับ 4.5 มิลลิเมตร จากผลทดสอบพบว่าเมื่อมีการเพิ่มอัตราส่วนของวัสดุธรรมชาติ จะมีแนวโน้มทำให้ความหนาของ หลังคาซิงเกิ้ลเพิ่มสูงขึ้นไปด้วย

4.4 ผลการทดสอบลักษณะทางกายภาพของแผ่นหลังคาซิงเกิ้ล

ผลการทดสอบลักษณะทางกายภาพของแผ่น หลังคาซิงเกิ้ล ที่ผลิตได้ โดยทำการผสม ลักษณะทางกายภาพของแผ่น หลังคาซิงเกิ้ล เซลล์ ฟลีนท์โค้ท ซูเปอร์ ร่วมกับวัสดุธรรมชาติคือ ใยปาล์ม ที่อัตราส่วนของวัสดุธรรมชาติร้อยละ 3.8 , 5 และ 6.2 โดยน้ำหนัก ผลการทดสอบลักษณะทางกายภาพของแผ่นหลังคาซิงเกิ้ลแสดงในตาราง

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบลักษณะทางกายภาพของแผ่นหลังคาซิงเกิ้ล

อัตราส่วนร้อยละ	ลักษณะที่ได้
3.8	เรียบแบน ผิวขรุขระ

5	เรียบแบน ผิวขรุขระ
6.2	เรียบแบน ผิวขรุขระ

จากจกตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบ ลักษณะทางกายภาพของแผ่นหลังคาซิงเกิ้ล พบว่าแผ่นหลังคาซิงเกิ้ล ที่ผลิตได้ลักษณะ มีผิวขรุขระ เนื่องจากวัตถุดิบหลักที่ใช้ตกแต่งผิวคือหินเกล็ด จึงทำให้แผ่นหลังคาซิงเกิ้ล ที่ผลิตมีลักษณะไม่เรียบและไม่สม่ำเสมอ แต่อย่างไรก็ตามการใช้โพลีเมอร์เป็นส่วนผสมในการผลิตจะทำให้หลังคาซิงเกิ้ล นั้นเป็นการเพิ่มคุณสมบัติในการยึดเกาะดูจากลักษณะของเนื้อแผ่นหลังคาซิงเกิ้ลที่มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันและยังมีคุณสมบัติอื่น ๆ เป็นไปตามมาตรฐาน

4.5 ผลการทดสอบการรั่วซึมของแผ่นหลังคาซิงเกิ้ล

การทดสอบการรั่วซึมน้ำ ทำโดยการนำแผ่นหลังคาซิงเกิ้ลที่ได้จากการผลิตจาก เซลล์ ฟลีนท์ โค้ท ซูเปอร์ แล้วผสมวัสดุธรรมชาติคือ โยปาล์ม ในอัตราส่วนร้อยละ 3.8 , 5 และ 6.2 โดยนำมาใส่ในบล็อกที่ยาแนวด้วยซิลิโคนกาวเพื่อกันน้ำรั่ว หลังจากนั้นขังน้ำให้สูงกว่าระดับความสูงจากแผ่นกระเบื้องไม่น้อยกว่า 5 เซนติเมตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมงและบันทึกผลโดยการสังเกตว่าไม่มีหยดน้ำให้แผ่นหลังคาหรือไม่ โดยผลการทดสอบการรั่วซึมน้ำแสดงในตาราง

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบการรั่วซึมของแผ่นกระเบื้อง

อัตราส่วนร้อยละ	แผ่นที่	ผลการทดสอบ	
		ปรากฏหยดน้ำ	ไม่ปรากฏหยดน้ำ
3.8	1		✓
	2		✓
	3		✓
5	1		✓
	2		✓
	3		✓

6.2	1		✓
	2		✓
	3		✓

จากตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบ การรั่วซึมของแผ่นหลังคาซึ่งเกิด พบว่า ไม่ปรากฏหยดน้ำได้ แผ่นกระเบื้องหลังคาในทุกอัตราส่วนที่ทำการศึกษาคือเป็นไปตามมาตรฐาน เนื่องจาก เซลล์ ฟลินท์ โค้ท ซูเปอร์ มีคุณสมบัติในการต้านทานการซึมผ่านของน้ำได้เป็นอย่างดี จึงทำให้แผ่น หลังคาซึ่งเกิดที่ผลิตได้มีคุณสมบัติต้านทานการซึมผ่านของน้ำลงสู่ด้านล่างของแผ่นกระเบื้องหลังคาได้เป็นอย่างดี

4.6 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของแผ่นกระเบื้อง

ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของแผ่นหลังคา ซึ่งเกิดที่ผลิตได้ โดยทำการผสม เซลล์ ฟลินท์ โค้ท ซูเปอร์ ร่วมกับวัสดุธรรมชาติคือ โยปาล์ม ที่อัตราส่วนผสมของวัสดุธรรมชาติ 3.8 , 5 และ 6.2 โดยนำนักผลการศึกษาคือการดูดซึมน้ำของแผ่นหลังคา ซึ่งเกิดแสดงในตาราง 4.5 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของแผ่นหลังคาซึ่งเกิดที่ผลิตได้

ตาราง 4.5 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของแผ่นหลังคาซึ่งเกิดที่ผลิตได้

แผ่นที่	อัตราส่วนร้อยละของโยปาล์ม (ร้อยละโดยน้ำหนัก)		
	3.8	5	6.2
1	2.14	2.38	2.73
2	2.42	2.70	1.98
3	2.27	3.10	2.94

จากตาราง 4.5 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของแผ่น หลังคาซึ่งเกิดที่ผลิตได้พบว่าการทดสอบการดูดซึมน้ำของหลังคา ซึ่งเกิดที่ผสม เซลล์ ฟลินท์ โค้ท ซูเปอร์ แล้วที่ผสมโยปาล์ม ในอัตราส่วนร้อยละ 3.8 , 5 และ 6.2 โดยน้ำหนักมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.00 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 นั่นคืออัตราส่วนของวัสดุธรรมชาติที่แตกต่างกัน ไม่มีผลต่อการดูดซึมน้ำของแผ่นหลังคา ซึ่งเกิดซึ่งมีการดูดซึมน้ำที่ไม่แตกต่างกัน แสดงว่าอัตราส่วนของวัสดุธรรมชาติที่ใช้ไม่มีผลต่อการดูดซึมน้ำของแผ่นหลังคา ซึ่งเกิด โดยการทดสอบพบว่า ในการผสมโยปาล์มในอัตราส่วนร้อยละ 3.8 , 5 และ 6.2 โดยน้ำหนักเฉลี่ยมีค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 2.27 , 2.72 และ 2.55 ตามลำดับ

4.7 ผลการทดสอบการดึงของแผ่นกระเบื้อง

ผลการทดสอบการรับแรงดึงของหลังคาซิงเกิ้ล อัตราส่วนร้อยละ 3.8 , 5 และ 6.2 ดังแสดงใน ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบการรับแรงดึง

ตาราง 4.6 ผลการทดสอบการรับแรงดึงของหลังคาซิงเกิ้ล

สมบัติวัสดุจากการทดสอบ	อัตราส่วนผสมของใยปาล์ม (ร้อยละโดยน้ำหนัก)								
	3.8			5			6.2		
	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 3	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 3	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 3
Tensile Strength กำลังดึงที่ขีดจำกัดยืดหยุ่น (ksc)	0.69	0.41	0.699	1.05	0.77	0.701	0.94	1.05	1.10
Yield Strength กำลังจุดลาก(ksc)	0.39	0.41	0.49	0.53	0.38	0.49	0.56	0.577	0.55
Ultimate Tensile Strength กำลังดึงที่จุดสูงสุด (ksc)	0.69	0.62	0.787	1.00	0.77	0.98	1.31	1.154	1.19
Modulus of Elasticity โมดูลัสความยืดหยุ่น(ksc)	0.003	0.009	0.004	0.006	0.008	0.008	0.009	0.004	0.004
Percentage of Elongation ร้อยละของการยืดหยุ่น %	23.04	28.26	25.65	26.52	20.43	28.28	24.34	15.65	20
Peak	16.30	13.97	18.63	27.95	18.63	23.29	32.60	27.95	30.28

จากตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบการรับแรงดึงของหลังคาซิงเกิ้ล พบว่าหลังคาซิงเกิ้ลโดยมีวัสดุธรรมชาติ(ใยปาล์ม)เป็นส่วนผสมในอัตราส่วนร้อยละ 3.8 , 5 และ 6.2 โดยน้ำหนัก พบว่าความสามารถในการรับแรงดึงในแต่ละอัตราส่วนผสมนั้นให้ค่ากำลังดึงสูงขึ้นตามปริมาณใยปาล์มที่ผสมลงไป ซึ่งในอัตราส่วนร้อยละ 3.8 จะมีค่ารับแรงดึงสูงสุดเท่ากับ 18.63กก./ซม.² อัตราส่วนร้อยละ 5 จะมีค่ารับแรงดึงสูงสุดเท่ากับ 27.95 กก./ซม.² อัตราส่วนร้อยละ 6.2 จะมีค่ารับแรงดึงสูงสุดเท่ากับ 32.60 กก./ซม.²

4.8 ผลการทดสอบการถ่ายเทความร้อนของกระเบื้อง

ผลการทดสอบ การถ่ายเทความร้อนของแผ่น ของหลังคาซิงเกิ้ล โดยทำการผสมกับวัสดุธรรมชาติคือ เส้นใยทะเลใยปาล์มเปล่า ที่อัตราส่วนผสมของวัสดุธรรมชาติร้อยละ 3.8, 5 และ 6.2

โดยน้ำหนัก ผลการถ่ายเทความร้อนของแผ่น หลังคาแสดงในตารางที่ 4.6 ผล การทดสอบการถ่ายเทความร้อนของแผ่นหลังคาซิงเกิ้ล

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบการถ่ายเทความร้อนของแผ่นหลังคาซิงเกิ้ล

วัสดุ	อัตราส่วน ผสมวัสดุ ธรรมชาติ (ร้อยละ)	Thermal Conductivity (W/m.K)
เส้นใยทะเลลายปาล์ม เปล้า	3.8	0.227 ± 0.0029
	5	0.187 ± 0.0029
	6.2	0.151 ± 0.0029

จากตารางที่ 4.7 ผล การทดสอบการ ถ่ายเทความร้อนของแผ่น หลังคาซิงเกิ้ล พบว่าการทดสอบการ ถ่ายเทความร้อนของ หลังคาซิงเกิ้ล ที่ผสมเส้นใยทะเลลายปาล์มเปล้าในอัตราส่วนร้อยละ 3.8 ,5 และ 6.2 โดยเกณฑ์มาตรฐานระบุไว้ว่าค่าการ ถ่ายเทความร้อนของ หลังคาซิงเกิ้ล ต้องไม่เกิน 25 วัตต์ต่อตารางเมตร โดยการทดสอบการ ถ่ายเทความร้อนของ หลังคาซิงเกิ้ล พบว่า ในการเส้นใยทะเลลายปาล์มเปล้า ในอัตราส่วนร้อยละ 3.8 ,5 และ 6.2 ผลการทดลองคือ 0.227 ± 0.0029, 0.187 ± 0.0029 และ 0.151 ± 0.0029 ตามลำดับ จากการศึกษา พบว่าผลการทดสอบในทุกอัตราส่วนผสมของทุกอัตราส่วนผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

4.9 การศึกษาต้นทุนการผลิตแผ่นหลังคาซิงเกิ้ล

ได้ดำเนินการศึกษาต้นทุนการผลิตหลังคาซิงเกิ้ลที่ทำจากเส้นใยแก้วส่วนมากจะมีการนำเข้ามาจากต่างประเทศและนำมาขายต่อพร้อมติดตั้ง ด้านราคาขึ้นอยู่กับความยากง่ายของ ชนิดหลังคาที่ต้องการมุงหลังคาในรูปแบบต่างๆ โดยประมาณจะอยู่ที่ราคา 400-700 บาท / ม² ส่วนวัสดุที่ใช้ทำหลังคาซิงเกิ้ลจากเส้นใยธรรมชาติในที่นี้ใช้เส้นใยจากทะเลลายปาล์มราคาต้นละ 500 บาท หินเกร็ดราคาควิลละ 490 บาท เซลล์ฟรินไค้ชราคา กิโลกรัมละ 150 บาท ดังแสดงในตารางที่ 4.9 ตารางเปรียบเทียบราคาต้นทุนการผลิตหลังคาซิงเกิ้ลเส้นใยแก้วและหลังคาซิงเกิ้ลเส้นใยธรรมชาติ

แอสฟัลต์ซิงเกิ้ล เส้นใยแก้ว	แอสฟัลต์จากเส้นใยปาล์ม			
ราคา/ม ²	วัสดุ	ปริมาณที่ใช้/ ม ² (ก)	ราคา / ม ² (บาท)	ราคาวัสดุ / หน่วย

700 บาท	เซลล์ฟรินโค้ช	3750	450.00	150/kg
	หินแกรนิต	3250	7.50	490/m ³
	ใยปาล์ม	500	2.50	500/T
	รวม	7500	460	
ดังนั้นจะเท่ากับ 700 - 460 = 240 บาท				

ตารางที่ 4.9 การเปรียบเทียบราคาต้นทุนการผลิตหลังคาชิงเกิ้ลเส้นใยแก้วและหลังคาชิงเกิ้ลเส้นใยธรรมชาติ

หมายเหตุ: ไม่รวมค่าขนส่งและค่าดำเนินการต่างๆ

จากตารางที่ 4.9 ตารางเปรียบเทียบราคาต้นทุนการผลิตหลังคาชิงเกิ้ลเส้นใยแก้วและหลังคาชิงเกิ้ลเส้นใยธรรมชาติ จากผลการหาต้นทุนการผลิตหลังคาชิงเกิ้ลจากเส้นใยทะเลลายเปลาปาเล็มทำให้ทราบว่ามีการประหยัดค่าใช้จ่ายในการผลิตหลังคาชิงเกิ้ลจากเส้นใยแก้วถึง 240 บาท ซึ่งนับได้ว่าเป็นการนำของที่เหลือใช้จากการสกัดน้ำมันปาล์มมาใช้ให้เกิดประโยชน์และช่วยลดต้นทุนในการผลิตหลังคาชิงเกิ้ล ทั้งนี้ไม่รวมค่าขนส่งและค่าดำเนินการต่างๆ



บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ เป็นการ การศึกษาเชิง ทดลอง เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเส้นใยทะเลลาย ปาล์มเปล่า มาใช้ประโยชน์ทางวิศวกรรม เรื่องการประยุกต์ใช้เส้นใยทะเลลายปาล์มเปล่าเสริมกำลังของ แผ่นหลังคาชิงเกิ้ลทดแทนเส้นใยแก้ว โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูล ที่เกี่ยวข้อง และทำการทดลอง ที่ห้องปฏิบัติการสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล รัตนโกสินทร์ โดยสามารถสรุปผลการวิจัย คือ ทางคุณสมบัติเคมีจากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ของทะเลลายปาล์มเปล่า ได้ผลการทดสอบดังแสดงในตาราง 5.1 และ 5.2 ดังนี้

ตารางที่ 5.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางเคมี

Chemical compositions	Results (% based on o.d. OPEFB)	Testing Methods
1. Ash Content	4.19	TAPPI T 211 om-07
2. Acid-insoluble lignin	27.18	TAPPI T 222 om-11
3. Holo cellulose	61.59	Wise et al. (1946)
4. Cellulose	24.95	Updegraff (1969)

ที่มา : ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัย-เกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรม

รายการทดสอบคุณสมบัติ ทางด้านวิศวกรรม	ผลการทดสอบคุณสมบัติ ทางด้านวิศวกรรม	หมายเหตุ
1. ความถ่วงจำเพาะของหินเกร็ด	3.95	แสดงในตาราง ภาคผนวก ก
2. มิติความหนาของหลังคาชิงเกิ้ล	15 กรัม = 4.23 20 กรัม = 4.40 25 กรัม = 4.50	การเพิ่มอัตราส่วนของวัสดุ ธรรมชาติ จะมีแนวโน้มทำให้ ความหนาของกระเบื้องเพิ่ม สูงขึ้นไปด้วย
3. ลักษณะทางกายภาพของแผ่น	แผ่นหลังคา ชิงเกิ้ล ที่ผลิตได้	เพิ่มคุณสมบัติในการยึดเกาะ

หลังคาซิงเกิ้ล	ลักษณะ มีผิวขรุขระ	
4.การรั่วซึมของแผ่นหลังคาซิงเกิ้ล	ไม่ปรากฏหยดน้ำใต้แผ่นหลังคาซิงเกิ้ล	เป็นไปตามมาตรฐาน
5.การดูดซึมน้ำของแผ่นกระเบื้องหลังคาซิงเกิ้ล	โดยน้ำหนักเฉลี่ย มีค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 2.27, 2.72 และ 2.55	อัตราส่วนของวัสดุธรรมชาติที่ใช้ไม่มีผลต่อการดูดซึมน้ำของแผ่นหลังคาซิงเกิ้ล
6.การรับแรงดึงของหลังคาซิงเกิ้ล	มีค่ารับแรงดึงสูงสุดเท่ากับ 32.60 กก./ซม. ²	อัตราส่วนร้อยละ 6.2 รับแรงดึงสูงสุด
7.การถ่ายเทความร้อนของแผ่นหลังคาซิงเกิ้ล	ในอัตราส่วนร้อยละ 3.8 ,5 และ 6.2 ผลการทดลองคือ 0.227 ± 0.0029 , 0.187 ± 0.0029 และ 0.151 ± 0.0029	ทุกอัตราส่วนผสมของทุกอัตราส่วนผ่านเกณฑ์มาตรฐาน
8.การศึกษาต้นทุนการผลิตแผ่นหลังคาซิงเกิ้ล	ในพื้นที่ 1 ตารางเมตร พบว่าหลังคาซิงเกิ้ลจากเส้นใยธรรมชาติ ประหยัดกว่า 240 บาท	ไม่รวมค่าขนส่งและค่าดำเนินการใดๆทั้งสิ้น

จากการวิจัยเรื่อง “การประยุกต์ใช้เส้นใยทะเลลายปาล์มเปล่าเสริมกำลังของแผ่นหลังคาซิงเกิ้ลทดแทนเส้นใยแก้ว” มีข้อเสนอแนะที่ได้จากการจัดทำกรวิจัย คือ ต่อไปควรศึกษาในอัตราส่วนต่างๆ ที่มีความละเอียดมากขึ้น และขยายขอบเขตเพิ่มมากขึ้น เพื่อให้ได้อัตราส่วนที่เหมาะสม และควรใช้วัสดุอื่นๆ ในการผสมให้แผ่นหลังคาซิงเกิ้ลมีคุณภาพมากยิ่งขึ้นงานวิจัยนี้ เป็นเพียงการทดสอบในห้องปฏิบัติการเท่านั้น จึงควรมีการนำไปประยุกต์ใช้จริงในงานก่อสร้าง และควรศึกษาความเป็นไปได้ในการนำมาใช้งานในชั้นรายละเอียดต่างๆ เช่น ต้นทุนการผลิต การนำไปใช้งาน ส่วนเส้นใยจากทะเลลายปาล์มที่ได้ จากโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม มีความชื้น เมื่อได้มาแล้วควรตากแดดให้แห้งทันที เพื่อกันเชื้อราที่อาจเกิดขึ้นในปาล์มน้ำมัน ในด้านคุณสมบัติทางเคมีของเส้นใยทะเลลายปาล์ม มีส่วนสำคัญในการกำหนดอัตราส่วนผสม เนื่องจากคุณสมบัติทางเคมี สามารถช่วยให้เกิดความแข็งแรง และถ้ามีปริมาณมากไปอาจเกิดการสูญเสียการยึดเกาะระหว่างเส้นใยกับวัสดุประสาน ดังนั้นจึงต้องมีการส่งตรวจคุณสมบัติทางเคมีเพื่อกำหนดอัตราส่วนที่ดีที่สุดต่อไป

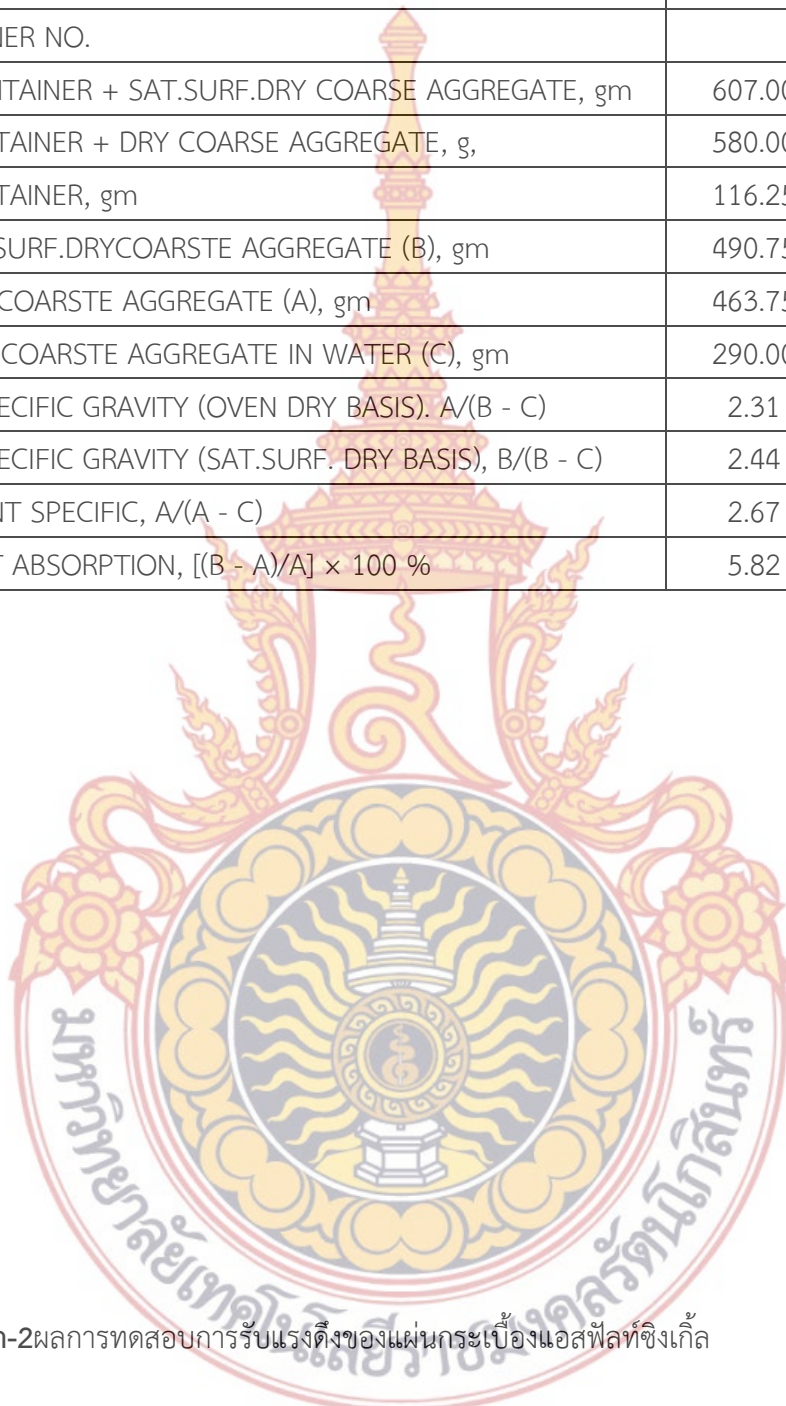


ภาคผนวก



ตารางที่ ก.-1 แสดงค่าความถ่วงจำเพาะของหินเกร็ด

TERED NO.	1 (g)	2 (g)
	1.15 #	2.00 #
CONTAINER NO.		
WT. CONTAINER + SAT.SURF.DRY COARSE AGGREGATE, gm	607.00	444.00
WT.CONTAINER + DRY COARSE AGGREGATE, g,	580.00	431.00
WT.CONTAINER, gm	116.25	102.10
WT.SAT.SURF.DRYCOARSTE AGGREGATE (B), gm	490.75	341.00
WT.DRY COARSTE AGGREGATE (A), gm	463.75	320.00
WT.SAT. COARSTE AGGREGATE IN WATER (C), gm	290.00	220.00
BULK SPECIFIC GRAVITY (OVEN DRY BASIS). A/(B - C)	2.31	2.70
BULK SPECIFIC GRAVITY (SAT.SURF. DRY BASIS), B/(B - C)	2.44	2.80
APPARENT SPECIFIC, A/(A - C)	2.67	3.20
PERCENT ABSORPTION, [(B - A)/A] × 100 %	5.82	3.95



ตารางที่ ก-2 ผลการทดสอบการรับแรงดึงของแผ่นกระเบื้องแอสฟัลท์ซิงเกิ้ล

สมบัติวัสดุจากการ ทดสอบ	อัตราส่วนผสมของโยปาล์ม (กรัม)								
	15			20			25		
	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 3	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 3	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 3
Tensile Strength กำลัง	0.69	0.41	0.699	1.05	0.77	0.701	0.94	1.05	1.10

ดิ่งที่ขีดจำกัดยืดหยุ่น (ksc)									
Yield Strength กำลังจุด ลาก(ksc)	0.39	0.41	0.49	0.53	0.38	0.49	0.56	0.577	0.55
Ultimate Tensile Strengthกำลังดึงที่ จุดสูงสุด(ksc)	0.69	0.62	0.787	1.00	0.77	0.98	1.31	1.154	1.19
Modulus of Elasticity โมดูลัสความยืดหยุ่น(ksc)	0.003	0.009	0.004	0.006	0.008	0.008	0.009	0.004	0.004
Percentage of Elongation ร้อยละของ การยืดหยุ่น %	23.04	28.26	25.65	26.52	20.43	28.28	24.34	15.65	20
Peak	16.30	13.97	18.63	27.95	18.63	23.29	32.60	27.95	30.28



ภาพที่ ก-2 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นกระเบื้องหลังคาซิงเกิ้ล

ตารางที่ ก-3 ค่าการทดสอบการรับแรงดึงของแผ่นกระเบื้องแอสฟัลท์ซิงเกิ้ล

ความยาวของตัวอย่าง (Length of specimen) ,L	0.23m
พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างก่อนทดสอบ , A_i	23.65 mm ²
พื้นที่หน้าตัดตัวอย่างหลังการทดสอบ , A_i	22.55 mm ²
น้ำหนักตัวอย่าง (Weigh of specimen) ,W	0.085 kg
น้ำหนักต่อความยาวของตัวอย่าง (Weigh of specimen) ,W/L	0.25 kg/m
ช่วงความยาวของตัวอย่างก่อนทดสอบแรงดึง (Gauge Length before test) , L_i	0.23 m
ช่วงความยาวของตัวอย่างหลังทดสอบแรงดึง (Gauge Length after test) , L_i	0.283 m

1. Cross – Section area = $4.3 \times 5.5 = 23.65 \text{ mm}^2$
2. Tensile Strength at P.L. = $\frac{16.30}{23.65} = 0.69 \text{ ksc.}$
3. Yield Strength = $\frac{9.32}{23.65} = 0.39 \text{ ksc.}$
4. Ultimate Tensile Strength = $\frac{16.30}{23.65} = 0.69 \text{ ksc.}$
5. Modulus of Elasticity = $\frac{0.256}{80.86} = 0.003 \text{ ksc.}$
6. Percentage of Elongation = $\frac{28.3-23}{23} \times 100 = 23.00 \%$

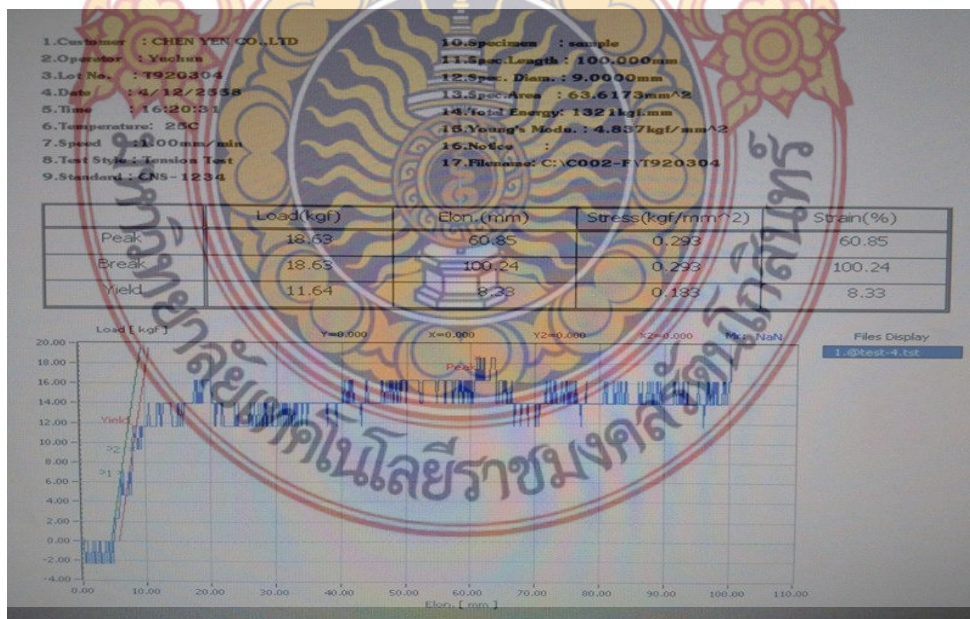


ภาพที่ ก-3 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นกระเบื้องหลังคาชิงเกิ้ล

ตารางที่ ก-4 ค่าการทดสอบการรับแรงดึงของแผ่นกระเบื้องแอสฟัลท์ชิงเกิ้ล

ความยาวของตัวอย่าง (Length of specimen),L	0.23m
พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างก่อนทดสอบ , A_i	22.55 mm ²
พื้นที่หน้าตัดตัวอย่างหลังการทดสอบ , A_i	22.00 mm ²
น้ำหนักตัวอย่าง (Weigh of specimen),W	0.565 kg
น้ำหนักต่อความยาวของตัวอย่าง (Weigh of specimen),W/L	0.25 kg/m
ช่วงความยาวของตัวอย่างก่อนทดสอบแรงดึง (Gauge Length before test), L_i	0.23 m
ช่วงความยาวของตัวอย่างหลังทดสอบแรงดึง (Gauge Length after test), L_i	0.295 m

- Cross – Section area = $5.5 \times 4.1 = 22.55 \text{ mm}^2$
- Tensile Strength at P.L. = $\frac{9.32}{22.55} = 0.41 \text{ ksc.}$
- Yield Strength = $\frac{9.32}{22.55} = 0.41 \text{ ksc.}$
- Ultimate Tensile Strength = $\frac{13.97}{22.55} = 0.62 \text{ ksc.}$
- Modulus of Elasticity = $\frac{0.22}{23.52} = 0.009 \text{ ksc.}$
- Percentage of Elongation = $\frac{29.7-23}{23} \times 100 = 28.26 \%$



ภาพที่ ก-4 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นกระเบื้องหลังคาชิงเกิ้ล

ตารางที่ ก-5 ค่าการทดสอบการรับแรงดึงของแผ่นกระเบื้องแอสฟัลท์ซิงเกิ้ล

ความยาวของตัวอย่าง (Length of specimen),L	0.23m
พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างก่อนทดสอบ , A_i	23.65 mm ²
พื้นที่หน้าตัดตัวอย่างหลังการทดสอบ , A_i	23.10 mm ²
น้ำหนักตัวอย่าง (Weigh of specimen),W	0.0606 kg
น้ำหนักต่อความยาวของตัวอย่าง (Weigh of specimen),W/L	0.26 kg/m
ช่วงความยาวของตัวอย่างก่อนทดสอบแรงดึง (Gauge Length before test), L_i	0.23 m
ช่วงความยาวของตัวอย่างหลังทดสอบแรงดึง (Gauge Length after test), L_i	28.9 m

- Cross – Section area = $5.5 \times 4.5 = 23.65 \text{ mm}^2$
- Tensile Strength at P.L. = $\frac{18.63}{23.65} = 0.699 \text{ ksc.}$
- Yield Strength = $\frac{11.64}{23.65} = 0.49 \text{ ksc.}$
- Ultimate Tensile Strength = $\frac{18.63}{23.65} = 0.787 \text{ ksc.}$
- Modulus of Elasticity = $\frac{60.85}{28.9-23} = 0.004 \text{ ksc.}$
- Percentage of Elongation = $\frac{28.9-23}{23} \times 100 = 25.65 \%$



ภาพที่ ก-5 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นกระเบื้องหลังคาซิงเกิ้ล

ตารางที่ ก-6 ค่าการทดสอบการรับแรงดึงของแผ่นกระเบื้องแอสฟัลท์ซิงเกิ้ล

ความยาวของตัวอย่าง (Length of specimen),L	0.23m
พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างก่อนทดสอบ , A_i	26.4 mm ²

พื้นที่หน้าตัดตัวอย่างหลังการทดสอบ , A_i	25.85 mm ²
น้ำหนักตัวอย่าง (Weigh of specimen) ,W	0.0635 kg
น้ำหนักต่อความยาวของตัวอย่าง (Weigh of specimen) ,W/L	0.27 kg/m
ช่วงความยาวของตัวอย่างก่อนทดสอบแรงดึง (Gauge Length before test) , L_i	0.23 m
ช่วงความยาวของตัวอย่างหลังทดสอบแรงดึง (Gauge Length after test) , L_i	29.1 m

1. Cross – Section area = $5.5 \times 4.8 = 26.4 \text{ mm}^2$
2. Tensile Strength at P.L. = $\frac{27.95}{26.4} = 10.5 \text{ ksc.}$
3. Yield Strength = $\frac{13.97}{26.4} = 0.53 \text{ ksc.}$
4. Ultimate Tensile Strength = $\frac{27.95}{26.4} = 1.00 \text{ ksc.}$
5. Modulus of Elasticity = $\frac{0.439}{63.55} = 0.006 \text{ ksc.}$
6. Percentage of Elongation = $\frac{29.1-23}{23} \times 100 = 26.52 \%$



ภาพที่ ก-6 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นกระเบื้องหลังคาชิงเกิ้ล

ตารางที่ ก-7 ค่าการทดสอบการรับแรงดึงของแผ่นกระเบื้องแอสฟัลท์ชิงเกิ้ล

ความยาวของตัวอย่าง (Length of specimen) ,L	0.23m
พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างก่อนทดสอบ , A_i	24.2 mm ²

พื้นที่หน้าตัดตัวอย่างหลังการทดสอบ , A_i	26.65 mm ²
น้ำหนักตัวอย่าง (Weigh of specimen) ,W	0.063 kg
น้ำหนักต่อความยาวของตัวอย่าง (Weigh of specimen) ,W/L	0.27 kg/m
ช่วงความยาวของตัวอย่างก่อนทดสอบแรงดึง (Gauge Length before test) , L_i	0.23 m
ช่วงความยาวของตัวอย่างหลังทดสอบแรงดึง (Gauge Length after test) , L_i	27.7 m

1. Cross – Section area = $5.5 \times 4.4 = 24.2 \text{ mm}^2$
2. Tensile Strength at P.L. = $\frac{18.63}{24.20} = 0.77 \text{ ksc.}$
3. Yield Strength = $\frac{9.32}{24.20} = 0.38 \text{ ksc.}$
4. Ultimate Tensile Strength = $\frac{18.63}{24.20} = 0.71 \text{ ksc.}$
5. Modulus of Elasticity = $\frac{0.293}{34.47} = 0.008 \text{ ksc.}$
6. Percentage of Elongation = $\frac{29.1-23}{23} \times 100 = 20.43 \%$



ภาพที่ ก-7 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นกระเบื้องหลังคาชิงเกิ้ล

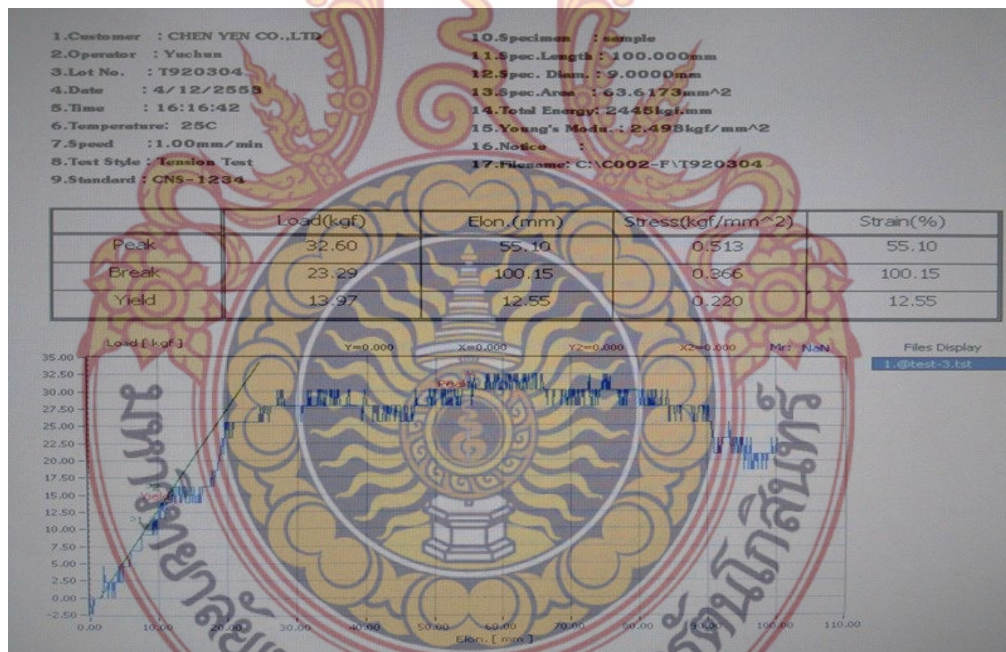
ตารางที่ ก-8 ค่าการทดสอบการรับแรงดึงของแผ่นกระเบื้องแอสฟัลท์ชิงเกิ้ล

ความยาวของตัวอย่าง (Length of specimen) ,L	0.23m
พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างก่อนทดสอบ , A_i	23.65 mm ²
พื้นที่หน้าตัดตัวอย่างหลังการทดสอบ , A_i	22.55 mm ²
น้ำหนักตัวอย่าง (Weigh of specimen) ,W	0.055 kg

น้ำหนักต่อความยาวของตัวอย่าง (Weigh of specimen) ,W/L	0.24 kg/m
ช่วงความยาวของตัวอย่างก่อนทดสอบแรงดึง (Gauge Length before test) , L_i	0.23 m
ช่วงความยาวของตัวอย่างหลังทดสอบแรงดึง (Gauge Length after test) , L_i	29.5 m

1. Cross – Section area = $5.5 \times 4.3 = 23.65 \text{ mm}^2$
2. Tensile Strength at P.L. = $\frac{18.63}{23.65} = 0.79 \text{ ksc.}$
3. Yield Strength = $\frac{11.64}{23.65} = 0.49 \text{ ksc.}$
4. Ultimate Tensile Strength = $\frac{23.29}{23.65} = 0.98 \text{ ksc.}$
5. Modulus of Elasticity = $\frac{0.366}{43.22} = 0.008 \text{ ksc.}$
6. Percentage of Elongation = $\frac{29.5-23}{23} \times 100 = 28.28 \%$

ตารางที่ ก-8 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นกระเบื้องหลังคาชิงเกิ้ล



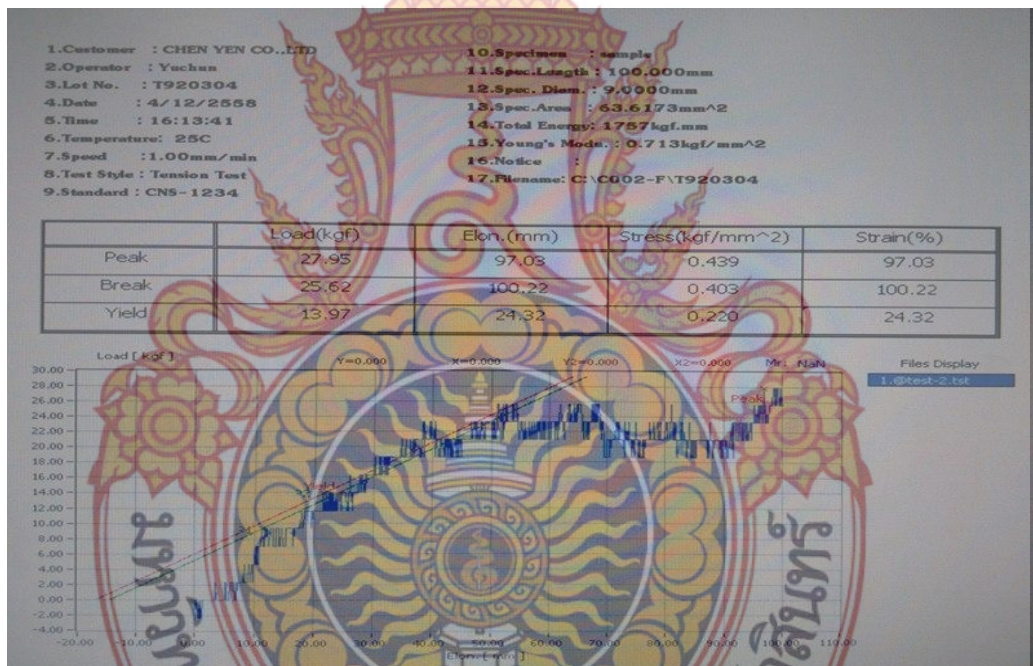
ภาพที่ ก-8 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นกระเบื้องหลังคาชิงเกิ้ล

ตารางที่ ก-9 ค่าการทดสอบการรับแรงดึงของแผ่นกระเบื้องแอสฟัลท์ชิงเกิ้ล

ความยาวของตัวอย่าง (Length of specimen) ,L	0.23m
พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างก่อนทดสอบ , A_i	24.75 mm ²
พื้นที่หน้าตัดตัวอย่างหลังการทดสอบ , A_i	23.65 mm ²
น้ำหนักตัวอย่าง (Weigh of specimen) ,W	0.064 kg

น้ำหนักต่อความยาวของตัวอย่าง (Weigh of specimen) ,W/L	0.28 kg/m
ช่วงความยาวของตัวอย่างก่อนทดสอบแรงดึง (Gauge Length before test) , L_i	0.23 m
ช่วงความยาวของตัวอย่างหลังทดสอบแรงดึง (Gauge Length after test) , L_i	28.6 m

1. Cross – Section area = $5.5 \times 4.5 = 24.75 \text{ mm}^2$
2. Tensile Strength at P.L. = $\frac{23.29}{24.75} = 0.94 \text{ ksc.}$
3. Yield Strength = $\frac{13.97}{24.71} = 0.56 \text{ ksc.}$
4. Ultimate Tensile Strength = $\frac{32.60}{24.75} = 1.31 \text{ ksc.}$
5. Modulus of Elasticity = $\frac{0.513}{55.10} = 0.009 \text{ ksc.}$
6. Percentage of Elongation = $\frac{28.6-23}{23} \times 100 = 24.34 \%$



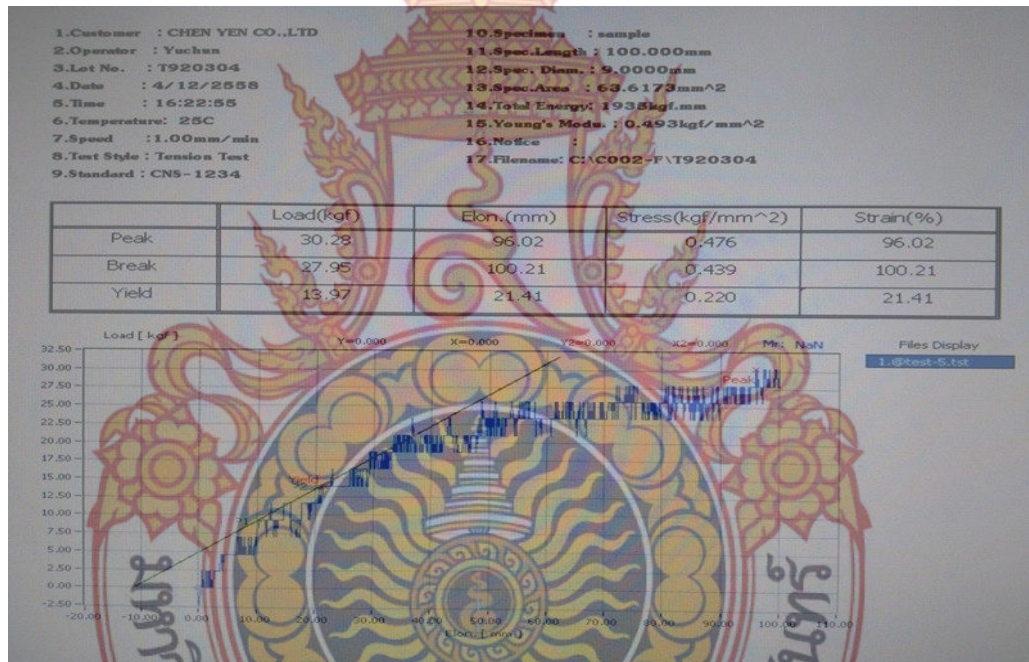
ภาพที่ ก-9 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นกระเบื้องหลังคาชิงเกิ้ล

ตารางที่ ก-10 ค่าการทดสอบการรับแรงดึงของแผ่นกระเบื้องแอสฟัลท์ชิงเกิ้ล

ความยาวของตัวอย่าง (Length of specimen) ,L	0.23m
พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างก่อนทดสอบ , A_i	24.2 mm ²
พื้นที่หน้าตัดตัวอย่างหลังการทดสอบ , A_i	23.1 mm ²
น้ำหนักตัวอย่าง (Weigh of specimen) ,W	0.0569 kg
น้ำหนักต่อความยาวของตัวอย่าง (Weigh of specimen) ,W/L	0.25 kg/m
ช่วงความยาวของตัวอย่างก่อนทดสอบแรงดึง (Gauge Length before test) , L_i	0.23 m

ช่วงความยาวของตัวอย่างหลังทดสอบแรงดึง (Gauge Length after test) , L_i	26.6 m
---	--------

1. Cross – Section area = $5.5 \times 4.4 = 24.2 \text{ mm}^2$
2. Tensile Strength at P.L. = $\frac{25.62}{24.2} = 1.05 \text{ ksc.}$
3. Yield Strength = $\frac{13.97}{24.2} = 0.577 \text{ ksc.}$
4. Ultimate Tensile Strength = $\frac{27.95}{24.2} = 1.154 \text{ ksc.}$
5. Modulus of Elasticity = $\frac{0.439}{97.03} = 0.004 \text{ ksc.}$
6. Percentage of Elongation = $\frac{26.6-23}{23} \times 100 = 15.65 \%$



ภาพที่ ก-10 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นกระเบื้องหลังคาซิงเกิ้ล

ตารางที่ ก-11 ค่าการทดสอบการรับแรงดึงของแผ่นกระเบื้องแอสฟัลท์ซิงเกิ้ล

ความยาวของตัวอย่าง (Length of specimen) , L	0.23m
พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างก่อนทดสอบ , A_i	25.30 mm ²
พื้นที่หน้าตัดตัวอย่างหลังการทดสอบ , A_i	24.75 mm ²
น้ำหนักตัวอย่าง (Weigh of specimen) , W	0.0595 kg
น้ำหนักต่อความยาวของตัวอย่าง (Weigh of specimen) , W/L	0.26 kg/m
ช่วงความยาวของตัวอย่างก่อนทดสอบแรงดึง (Gauge Length before test) , L_i	0.23 m
ช่วงความยาวของตัวอย่างหลังทดสอบแรงดึง (Gauge Length after test) , L_i	27.6 m

1. Cross – Section area = $5.5 \times 4.6 = 25.3 \text{ mm}^2$
2. Tensile Strength at P.L. = $\frac{27.95}{25.3} = 1.10 \text{ ksc.}$
3. Yield Strength = $\frac{13.97}{25.3} = 0.55 \text{ ksc.}$
4. Ultimate Tensile Strength = $\frac{30.28}{25.3} = 1.19 \text{ ksc.}$
5. Modulus of Elasticity = $\frac{0.476}{96.02} = 0.004 \text{ ksc.}$
6. Percentage of Elongation = $\frac{27.6-23}{23} \times 100 = 20 \%$







Laboratory of Wood and Pulp Chemistry

Department of Forest Products, Faculty of Forestry, Kasetsart University

50 Ngamwongwan Road, Chatuchak, Bangkok 10900, THAILAND. Tel. 02-9428109

To เขียน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล รัตนโกสินทร์	Test Report No เลขที่รายงาน	ศร 0513.10604/ ๖๐๖
Address ที่อยู่	เลขที่ 96 หมู่ 3 ตำบลศาลาขาว อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170	Date of received วันที่รับตัวอย่าง	26 มิถุนายน 2558
Sample Description ชนิดของตัวอย่าง	ทะลายเปล่าปาล์มน้ำมัน (Oil Palm-Empty Fruit Bunches)	Date of report วันที่รายงานผล	21 ตุลาคม 2558
No. of Samples จำนวนตัวอย่าง	1	Sender ผู้ส่งตัวอย่าง	นางสาวณิชากา มินาบุอัย

Testing Report (รายงานผลการทดสอบ)

Chemical compositions	Results (% based on o.d. OPEFB)	Testing Methods
1. Ash content	4.19	TAPPI T 211 om-07
2. Acid-insoluble lignin	27.18	TAPPI T 222 om-11
3. Holo-cellulose	61.59	Wise <i>et al.</i> (1946)
4. Cellulose	24.95	Updegraff (1969)

หมายเหตุ : ผลการวิเคราะห์ทดสอบนี้ รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์ทดสอบ เท่านั้น



(ศร.จ.วิชุด สมบูรณ์)

หัวหน้าภาควิชาวนผลิตภัณฑ์

ประวัตินักวิจัย



1.ประวัติหัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นายสุธน รุ่งเรือง
ชื่อ-นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr.SuthonRungruang
2. เลขบัตรประจำตัวประชาชน 3920100172781
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
เงินเดือน (บาท) 27,640
เวลาที่ใช้ทำวิจัย (ชั่วโมง : สัปดาห์) 28 ชั่วโมง : สัปดาห์
4. หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตศาลายา
96 หมู่ 3 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170
โทรศัพท์ 02-8894585-7 ต่อ 2651
E-mail suthon.r@rmutr.ac.th
5. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	ชื่อย่อปริญญา	สาขาวิชา	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2539	ตรี	ค.อ.บ.	โยธา	มทร.ศรีวิชัย	ไทย
2545	ตรี	วศ.บ.	โยธา	มทร.ธัญบุรี	ไทย
2547	โท	วศ.ม.	โยธา	ม.พระจอมเกล้าธนบุรี	ไทย

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ
 - ความเสียหายของจุดต่อระหว่างคอนกรีตและเหล็กออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กและออกแบบโครงสร้างเหล็ก
 - คอนกรีตเทคโนโลยีและการทดสอบวัสดุออกแบบอาคารเหล็ก
 - การนำวัสดุเหลือใช้มาพัฒนาให้เหมาะกับการใช้งาน
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน โดยระบุชื่อโครงการสถานภาพในโครงการว่าเป็นหัวหน้าโครงการ หรือผู้ร่วมโครงการ ปีงบประมาณที่ได้รับทุน, งบประมาณที่ได้รับ ระยะเวลาโครงการและสถานภาพของโครงการ (เสร็จแล้ว, ส่งรายงานผลการดำเนินการแล้ว, กำลังดำเนินการ)
 - 7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย
 - 7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย
 - การวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างเหล็กด้วยโปรแกรมภาษาวิซวลเบสิก 6.0

แหล่งทุน: งบประมาณผลประโยชน์ประจำปี 2550

- การออกแบบจุดต่อโครงสร้างเหล็กโดยวิซวลเบสิก 6 V.2.1
แหล่งทุน: งบประมาณผลประโยชน์ประจำปี 2551
- การศึกษาพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของสารปนเปื้อนผ่านกำแพงเสาเข็มดินซีเมนต์
โดยการสร้างปอดทดสอบในสนาม
แหล่งทุน : งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2553
- การผลิตถ่านชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ในการเกษตรกรรมเพื่อชุมชน
แหล่งทุน : งบประมาณแผ่นดิน(สกอ) ประจำปี 2555
- การประยุกต์ใช้เส้นใยทะเลลายปาล์มเปล่าเสริมกำลังของแผ่นซีเมนต์ทดแทนใยแก้ว
แหล่งทุน : งบประมาณแผ่นดินสำนักงานพัฒนาวิจัยการเกษตร ประจำปี 2557
- ประเมินความเสียหายโครงสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กภายใต้แผ่นดินไหว โดย
วิธี Modal Pushover Analysis ในจังหวัดกาญจนบุรี
แหล่งทุน : งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2558

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน (อาจมากกว่า 1 เรื่อง)

- โปรแกรมออกแบบโครงสร้างเหล็กประยุกต์ร่วมกับโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง
เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ วิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 1, 1 ณ โรงแรมจอม
เทียน ปาล์ม บีช , ชลบุรี, พฤษภาคม, 2551
- พฤติกรรมของหุ้ซังเหล็กที่ยึดติดกับคอนกรีตเสริมเหล็ก เอกสารประกอบการ
ประชุมวิชาการ วิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 9, 19-21 พฤษภาคม ,จ.เพชรบุรี.,2547
- จุดต่อโครงสร้างระหว่างองค์อาคารเหล็กและองค์อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก
เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 9, 19-21 พฤษภาคม,
จ.เพชรบุรี.,2547
- กำลังอัดคอนกรีตเมื่อแทนมวลรวมหยาบด้วยคอนกรีตใช้แล้ว
เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ วิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 1, 1 ณ โรงแรม
จอมเทียน ปาล์ม บีช, ชลบุรี, พฤษภาคม, 2551
- อัตราการผลิตและประสิทธิภาพของแรงงานก่อสร้างในการตัดเหล็กเสริมโครงสร้าง
(กรณีศึกษาโครงการบ้านจัดสรรเขตอำเภอหัวหิน-ชะอำ)
เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ วิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 1, 1 ณ โรงแรม
จอมเทียน ปาล์ม บีช, ชลบุรี, พฤษภาคม, 2551
- การสร้างสื่อผสมบนระบบอินเทอร์เน็ตร่วมกับโปรแกรมทดสอบวัสดุทางด้าน
วิศวกรรมโยธาการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลวิชาการ ครั้งที่

ณ โรงแรมธรรมรินทร์ธนาตรัง. 2553

- การผลิตถ่านชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ในการเกษตรกรรมเพื่อชุมชนตามแนวปรัชญา
เศรษฐกิจพอเพียง,การประชุมใหญ่โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษา ครั้งที่ 2 ,
ณ โรงแรมมิราเคิล แกรนด์ คอนเวนชั่น , กรุงเทพมหานคร, มกราคม, 2557

2.ประวัติผู้ร่วมวิจัย

- ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวณิชภา มินาบูลย์
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss.NichaphaMinaboon
- เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3 7303 00125 59 1
- ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
เงินเดือน (บาท) 22,750 บาท
เวลาที่ใช้ทำวิจัย (ชั่วโมง : สัปดาห์) 21 ชั่วโมง : สัปดาห์
- หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์

อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรอาหาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ เลขที่ 96 หมู่ที่ 3 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170 โทรศัพท์ 02-8894589-7 ต่อ 2681 โทรสาร 02-4416000 e-mail : nichapha.min@rmutr.ac.th

- ประวัติการศึกษา
 - ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)ประเภทช่างอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างก่อสร้างวิทยาลัยเทคนิคนครปฐม
 - ปริญญาตรีบริหารธุรกิจ สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรมสถาบันเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
 - ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตร มหาบัณฑิต สาขา เทคโนโลยีและการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนวิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรัตนโกสินทร์
- สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
 - ด้านการนำวัสดุเหลือใช้มาพัฒนาทางวิศวกรรม
- ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย
 - ชยะพลาสติกผสมดินบดอัดงบประมาณเงินรายได้ประจำปี 2554 มทร.รัตนโกสินทร์ ดำเนินการเสร็จแล้ว : ผู้ร่วมวิจัย
 - ถ่านอัดแท่งจากฟางข้าวผสมวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรแหล่งทุนงบประมาณผลประโยชน์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2555 ดำเนินการเสร็จแล้ว : ผู้ร่วมวิจัย
 - การผลิตถ่านชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ในการเกษตรกรรม เพื่อชุมชนตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงแหล่งทุนงบประมาณ โครงการส่งเสริมวิจัยในอุดมศึกษา (สกอ.)ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.255 5 ดำเนินการเสร็จแล้ว : ผู้ร่วมวิจัย

- การผลิตกระเบื้องมุงหลังคาจากขุยมะพร้าวผสมเศษกลองเครื่องตีที่ใช่แล้วทิ้งแหล่งทุนงบประมาณ ผลประโยชน์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 ดำเนินการเสร็จแล้ว : หัวหน้าโครงการวิจัย
- การศึกษาอิทธิพลของจุลินทรีย์ในการบ่มบล็อกประสานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการรับแรงอัด แหล่งทุนงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2557 ดำเนินการเสร็จแล้ว : หัวหน้าโครงการวิจัย
- การประยุกต์ใช้เส้นใยทะเลลายปาล์มเปล่าเสริมกำลังของแผ่นหลังคาซึ่งเกิดทดแทนเส้นใยแก้ว แหล่งทุนงบประมาณจากภายนอก สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (สวก.) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2557 กำลังดำเนินการ : ผู้ร่วมโครงการวิจัย
- เชื้อเพลิงอัดเม็ดจากทะเลลายปาล์มเปล่าเพื่อเป็นพลังงานชีว แหล่งทุนงบประมาณจากภายนอก สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (สวก.) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2557 กำลังดำเนินการ : ผู้ร่วมโครงการวิจัย
- ชั้นผิวทางแอสฟัลต์ผสมเศษยางรถยนต์ที่หมดสภาพเพื่อลดมลภาวะสิ่งแวดล้อมแหล่งทุนงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 ดำเนินการเสร็จแล้ว: หัวหน้าโครงการวิจัย
- การพัฒนาวัสดุทดแทนไม้ธรรมชาติจากเศษวัสดุเหลือใช้ไนรมันสำปะหลัง ฝ่ายบริหารคลัสเตอร์และโปรแกรมวิจัย (CPM) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2558 กำลังดำเนินการ : ผู้ร่วมโครงการวิจัย
- การประยุกต์ใช้กระดาษหนังสือพิมพ์ที่ใช้แล้วแทนที่ทรายเพื่อลดการแตกร้าวจากการหดตัวของปูนฉาบ แหล่งทุนงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2559 รออทำสัญญา : หัวหน้าโครงการวิจัย
- การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิต ถนนยางพารา แหล่งทุนงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2559 รออทำสัญญา : หัวหน้าโครงการวิจัย

การประชุมวิชาการนานาชาติ

NichapaMinaboon ,RatthasakPrommas , WithayaPuangsombot and Joseph Khedari.A study of Asphalt Recycling Process of Microwave Pre-Heating.The 3rd Internationa Conferences (SEGA-03) Sustainable Energy and Green Architecture, March ,14-16 ,2012, Thailand

การประชุมวิชาการระดับชาติ

นิชาภา มินาบูลย์, การศึกษาอิทธิพลของจุลินทรีย์ในการบ่มบล็อกประสานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการรับแรงอัด .การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 19 (NCCE 19) มหาวิทยาลัยขอนแก่น, กรุงเทพฯ ,14-16 พฤษภาคม 2557

นิชาภา มินาบูลย์ , สิริชัย จีรวงศ์สรณ์และชัชชติภัก จิตมณี. การผลิตกระเบื้องมุงหลังคาจากขุยมะพร้าวผสมเศษกลองเครื่องตีที่ใช่แล้วทิ้ง .การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบ

พลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 712-14 พฤศจิกายน 2557 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

สุธน รุ่งเรือง และ นิชาภา มินาบูลย์การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เก้าอี้
ร่วมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ในการผลิตบล็อกประสานหินฝุ่น .การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธา
แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 19 (NCCE 19) มหาวิทยาลัยขอนแก่น, กรุงเทพฯ ,14-16 พฤษภาคม 2557

รัฐศักดิ์ พรหมมาศ และนิชาภา มินาบูลย์, การประยุกต์ใช้คลื่นไมโครเวฟทำความ
ร้อนถนนแอสฟัลต์ในกระบวนการย่อยเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่.การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่ง
ประเทศไทย ครั้งที่ 19 (NCCE 19) มหาวิทยาลัยขอนแก่น, กรุงเทพฯ ,14-16 พฤษภาคม 2557

