การพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นใยอัดซีเมนต์จากเส้นใยปาล์มน้ำมันสำหรับวิสาหกิจชุมชน

Development of Cement-bonded Fiberboard Product from Oil Palm Fiber for Community Enterprise

ธนันท์ ศัลยวุฒิ

ประชุม คำพุฒ

สัจจะชาญ พรัดมะลิ

อรรคเดช ฤกษ์พิบูลย์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2560

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นใยอัดซีเมนต์จากเส้นใยปาล์มน้ำมันสำหรับวิสาหกิจชุมชน
ผู้วิจัย ธนันท์ ศัลยวุฒิ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร. พระนคร
ประชุม คำพุฒ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร. ธัญบุรี
สัจจะชาญ พรัดมะลิ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร. พระนคร
อรรคเดช ฤกษ์พิบูลย์ สำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม กรมชลประทาน

พ.ศ. 2560

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้เส้นใยปาล์มสำหรับพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์แผ่นใยอัดซีเมนต์ กำหนดอัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1: ทรายละเอียด : เส้นใยปาล์มน้ำมัน: น้ำประปา : สารเร่งการก่อตัว เท่ากับ 1 : 1.95 : 0.05 : 0.40 : 0.03, 1 : 1.94 : 0.06 : 0.40 : 0.03, 1 : 1.93 : 0.07 : 0.40 : 0.03, 1 : 1.92 : 0.08 : 0.40 : 0.03 และ 1 : 1.91 : 0.09 : 0.40 : 0.03 โดยน้ำหนัก ขึ้นรูปแผ่นใยอัดซีเมนต์ขนาด 30 x 30 x 1.5 เซนติเมตร ทำการทดสอบตามมาตรฐาน มอก.878-2537 ผลการทดสอบพบว่าแผ่นใยอัดซีเมนต์ที่มีปริมาณเส้นใยปาล์มน้ำมันมากมีความหนาแน่น สภาพนำความร้อน ความต้านทางแรงดัด มอดุลัสยืดหยุ่นและความต้านทานแรงดึงตั้งฉากมีค่าลดลง โดยที่ลักษณะปริมาณความชื้น และการพองตัวเมื่อแช่น้ำมีค่าเพิ่มขึ้น จากผลการทดสอบตัวอย่างแผ่นใยอัดซีเมนต์อัตราส่วนที่มีเส้นใยปาล์มน้ำมันน้อยกว่าอัตราส่วน 0.06 มีสมบัติผ่านตามที่มาตรฐานกำหนด

คำสำคัญ : แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์, เส้นใยปาล์มน้ำมัน, ใบปาล์มน้ำมัน, ถ่ายทอดเทคโนโลยี, ชุมชนท้องถิ่น

Title Development of Cement-bonded Fiberboard Product from Oil Palm Fiber for Community Enterprise

Researcher Thanan Sanyawuth Faculty of Engineering, RMUTP
Prachoom Khamput Faculty of Engineering, RMUTT
Sajjachan Pradmali Faculty of Engineering, RMUTP
Aukkadet Lregpiboon Office of Engineering and Architecture design, Royal Irrigation Department

Year 2017

Abstract

This research aims to study the using oil palm fiber to develop cement-bonded fiberboard product. The mixture ratios of Portland cement type1: fine sand: oil palm fiber:tap water: catalyst are 1 : 1.95 : 0.05 : 0.40 : 0.03, 1 : 1.94 : 0.06 : 0.40 : 0.03, 1 : 1.93 : 0.07 : 0.40 : 0.03, 1 : 1.92 : 0.08 : 0.40 : 0.03 and 1 : 1.91 : 0.09 : 0.40 : 0.03 by weight. The cement-bonded fiberboard samples are cast in 30 x 30 x 1.5 centimeter in dimension. The cement-bonded fiberboard sample testing follows the TIS 878-2537. The results show that the density, thermal conductivity, bending strength, modulus of elasticity, and tension perpendicular to surface of cement-bonded fiberboard with high quantity of oil palm fiber are lower than cement-bonded fiberboard with low quantity of oil palm fiber while that the water absorption and swelling in water of cement-bonded fiberboard with high quantity of oil palm fiber are higher. However, all of oil palm fiber samples with lower than 0.06 of ratio can pass the standard.

Key Words : Cement-bonded fiberboard, Oil palm fibers, Oil palm leaves, Technology transfer, Local communities

กิตติกรรมประกาศ

ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยประเภทงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ 2560 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และ ความเห็นในรายงานผลการวิจัยเป็นของผู้รับทุน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	จ
สารบัญตาราง	จ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ทฤษฎี	4
2.2 สมมุติฐาน	12
2.3 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง	12
2.4 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	17
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	18
3.1 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	18
3.2 เตรียมวัสดุและอุปกรณ์	18
3.3 เตรียมตัวอย่างแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์	18
3.4 ทดสอบสมบัติต่างๆ	19
3.5 วิเคราะห์ข้อมูลการทดสอบ	19
3.6 จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์ และปิดโครงการ	19
บทที่ 4 ผลการวิจัย	20
4.1 การกำหนดอัตราส่วนผสม	20
4.2 ลักษณะทั่วไปและสมบัติแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ผสมเส้นใยปาล์มน้ำมัน	20
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	25
5.1 สรุปผล	25
5.2 ข้อเสนอแนะ	25
บรรณานุกรม	26
ภาคผนวก	28
ตัวอย่างการขึ้นรูปและทดสอบ	29
การทดสอบอุณหภูมิผลิตภัณฑ์	30
มาตรฐานผลิตภัณฑ์	31
ประวัติผู้วิจัย	51

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	ต้นปาล์มน้ำมัน	9
2	ใบปาล์มน้ำมัน	10
3	ทางใบปาล์มน้ำมัน	10
4	ลักษณะโครงสร้างของเฟอร์โรซีเมนต์	11
5	กรอบแนวความคิด	17
6	ลักษณะความหนาแน่น	21
7	ลักษณะแรงกดแตกตามขวาง	21
8	ลักษณะสภาพนำความร้อน	22
9	ลักษณะการพองตัวเมื่อแช่น้ำ	22
10	ลักษณะความต้านแรงดัด	23
11	ลักษณะมอดุลัสยืดหยุ่น	23
12	ลักษณะความต้านแรงดึงตั้งฉาก	24

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณลักษณะที่ต้องการอื่นๆ ของแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์	7
2	พื้นที่ปลูกพืชเส้นใยทางเกษตร	8
3	อัตราส่วนผสมของแผ่นใยอัดซีเมนต์ผสมเส้นใยปาล์มน้ำมัน	20

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ (cement-bonded fiber board) เป็นผลิตภัณฑ์ไม้อัดซีเมนต์ เช่นเดียวกับแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ แต่มีการใช้เส้นใยทดแทนชิ้นไม้ กระบวนการผลิตเริ่มจากการนำเส้นใยมาบดย่อยและผสมกับปูนซีเมนต์ ผสมน้ำยาเคมี แล้วอัดด้วยแรงกดสูง ให้แรงกดค้างไว้เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง (บริษัท วิบูลย์วัฒนอุตสาหกรรม จำกัด, 2553) มีสมบัติพิเศษจากการรวมกันของไม้และซีเมนต์ คือ เป็นแผ่นไม้อัดที่มีความทนน้ำ ทนไฟ ทนปลวกและแมลง สามารถตกแต่งได้ เช่น การตัด การเจาะ ได้เช่นเดียวกับไม้ โดยไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษ การฉาบผิวของผลิตภัณฑ์ไม้อัดซีเมนต์ทำได้โดยวิธีธรรมดา เช่น การลงแลกเกอร์ การฉาบผิวด้วยสี หรือน้ำมันต่างๆ การปะหน้าด้วยพีวีซี หรือแผ่นไม้บางวีเนียร เป็นต้น อีกทั้งยังสามารถใช้เครื่องมือธรรมดาตกแต่งได้ จึงสามารถนำไปใช้ทำบังใบ มนขอบทำลิ้นได้ (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2544) แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จึงเป็นที่ต้องการของชุมชน เพราะสามารถใช้ก่อสร้างเป็นผนังภายนอกอาคารได้ และมีราคาถูกเมื่อเปรียบกับกับการก่ออิฐฉาบปูนทั่วไป

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจ ที่สำคัญ ปัจจุบันมีปริมาณมากถึง 4.5 ล้านตันต่อปี ผลผลิตปาล์มสด 11.33 ล้านตัน มีมูลค่าไม่ต่ำกว่า 64,000 ล้านบาท มีแหล่งผลิตสำคัญคือทางภาคใต้ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากนโยบายเร่งรัดการส่งเสริมการปลูกพืชพลังงานจากปัญหาวิกฤติราคาน้ำมันที่ผ่านมา สำหรับรองรับอุตสาหกรรมพลังงานทดแทนไบโอดีเซล เดิมมีพื้นที่ปลูกปาล์มทั่วประเทศ และประมาณการแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็น 7 ล้านไร่ ในปี พ.ศ.2565 (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2545; สนพ., 2554) ดังนั้นจะมีส่วนวัสดุเหลือทิ้งที่มีปริมาณมากและต่อเนื่อง ได้แก่ ใบ ทางใบเป็นอย่างดี ที่มีประมาณ 1.6 ตันทางใบสดต่อไร่ต่อปี ซึ่งใบและทางใบปาล์มน้ำมันเป็นเศษวัสดุเหลือทิ้งจากสวนปาล์มน้ำมันที่มีค่าใช้จ่ายและสร้างปัญหาในการจัดการสวนให้กับเกษตรกรชาวสวนปาล์มมากที่สุด เพราะการแทงปาล์มหรือการตัดทะลายปาล์ม ต้องตัดทางใบปาล์มก่อน เนื่องจากผลปาล์มจะตั้งอยู่บนทางใบปาล์ม และเมื่อพิจารณาจากส่วนประกอบของใบและทางใบปาล์ม พบว่าประกอบด้วย เส้นใยเซลลูโลส (cellulose fibers) เป็นวัสดุหลัก เป็นโมเลกุลสายยาวซ้ำ ยึดเกาะด้วยพันธะ C-O-C ในหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) จับกับหมู่ธาตุอื่นๆ เรียงตัวเป็นระเบียบ (crystalline) และระหว่างสายโมเลกุลมีการยึดด้วยพันธะไฮโดรเจน เป็นระยะๆ มีความเหนียว แข็งแรง และน้ำหนักเบา จึงเหมาะต่อการนำมาใช้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนประกอบของเส้นใยอย่างยิ่ง โดยเฉพาะวัสดุก่อสร้างแผ่นเรียบชนิด ไม้อัดเทียม แผ่นฝ้าเพดานและแผ่นใยอัดซีเมนต์ ซึ่งมีปริมาณความต้องการใช้ผลิตภัณฑ์จำนวนมาก และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น

ทั้งนี้ แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากเส้นใยของใบและทางใบปาล์ม จึงเป็นวัสดุก่อสร้างสำหรับชุมชนสวนปาล์มอย่างยิ่ง เพราะเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความนิยมใช้งาน ทนทานแตกต่างจากแผ่นไม้อัดทั่วไป ต้นทุนต่ำ ใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย และจากผลการพัฒนาแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ในเบื้องต้นแสดงให้เห็นถึง ความเป็นไปได้ในการผลิตแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากเส้นใยของใบและทางใบปาล์ม ด้วยเครื่องจักรขนาดเล็กเพียง 1 เครื่อง และไม่ต้องค้างน้ำหนักไว้เหมือนกับการผลิตแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์

หรือแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ทั่วไป ทำให้เหมาะสมกับการผลิตและจำหน่ายในลักษณะของวิสาหกิจชุมชน ซึ่งต้องการการลงทุนต่ำ และมีผลตอบแทนดี หากมีการพัฒนาแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากเส้นใยปาล์มน้ำมันเป็นผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐาน การจัดทำเอกสารเผยแพร่ความรู้ (KM) และมีการถ่ายทอดเทคโนโลยี จะมีผลทำให้ชุมชนลดการเผาทำลายใบและทางปาล์มน้ำมัน มาเป็นการสร้างงาน สร้างรายได้ และเพิ่มมูลค่าให้กับสวนปาล์มน้ำมันมาก สร้างความยั่งยืนให้กับเกษตรกรชาวสวนปาล์มน้ำมันที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกปี

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

2.1.1 เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นใยอัดซีเมนต์จากเส้นใยปาล์มน้ำมันตามมาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.)

2.1.2 เพื่อทดสอบสมบัติทางกายภาพ และทางกล ของแผ่นใยอัดซีเมนต์จากเส้นใยปาล์ม

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 ใช้ปูนซีเมนต์ปอรต์แลนด์ประเภท1 เป็นสารเชื่อมประสานในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แผ่นใยอัดซีเมนต์

1.3.2 ใช้เส้นใยปาล์มน้ำมัน จากจังหวัดชุมพร กระบี่ สุราษฎร์ธานี

1.3.3 ใช้ทรายละเอียด เป็นมวลรวมในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แผ่นใยอัดซีเมนต์

1.3.4 ใช้สารละลายอลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3$), แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) และโซเดียมซิลิเกต (Na_2SiO_3) ในปริมาณไม่เกิน 500 ppm หรือ 0.5 กรัมต่อลิตร เป็นสารเร่งการก่อตัวในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แผ่นใยอัดซีเมนต์

1.3.5 ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เป็นสารปรับปรุงเส้นใยปาล์มน้ำมัน

1.3.6 ใช้เครื่องอัดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ขนาด 30 x 30 x 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แผ่นใยอัดซีเมนต์ สำหรับทำการทดสอบสมบัติต่างๆ โดยไม่ต้องให้น้ำหนักค้างไว้ (แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ทั่วไปต้องให้น้ำหนักค้างไว้ ไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง ซึ่งไม่สะดวกต่อการผลิตในรูปแบบวิสาหกิจชุมชน)

1.3.7 ใช้แบบหล่อขนาด 60 x 120 x 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร พร้อมชุดอุปกรณ์ให้แรงอัดในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แผ่นใยอัดซีเมนต์ สำหรับทดสอบใช้งานจริง

1.3.8 ใช้ตะแกรงเหล็ก ขนาดและความถี่ที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แผ่นใยอัดซีเมนต์ชนิดความต้านทานแรงดัดสูง

1.3.9 ใช้มาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง (มอก.878-2537) ในการทดสอบสมบัติต่างๆ ของผลิตภัณฑ์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ด้านวิชาการ

1.1. สามารถเผยแพร่บทความวิจัยในวารสารวิชาการภายในประเทศหรือต่างประเทศ จำนวนไม่น้อยกว่า 1 บทความ

1.2. เข้าร่วมจัดนิทรรศการในงานที่เกี่ยวข้องกับด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

2) ด้านนโยบาย

2.1. ช่วยเป็นข้อมูลในการเสนอนโยบายการพัฒนาชุมชนขององค์การปกครองส่วน ท้องถิ่นภายในพื้นที่แหล่งปาล์มน้ำมันได้

2.2. ส่งเสริมให้ผลิตภัณฑ์เป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นของกลุ่มชุมชนในพื้นที่ได้ในอนาคต

3) ด้านเศรษฐกิจ/พาณิชย์

3.1 เพิ่มรายได้ให้กับชุมชนท้องถิ่นภายในพื้นที่แหล่งปาล์มน้ำมัน

3.2 ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างจากแหล่งอื่น

4) ด้านสังคมและชุมชน

4.1. สามารถสร้างความเข้มแข็งให้กับชุมชน ในการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมและ สร้างความสามัคคีร่วมมือร่วมใจกัน ในการผลิตสินค้าของชุมชน

4.2. ใช้เป็นเครื่องมือและเป็นแนวทางในการสร้างชุมชนให้เป็นชุมชนที่มีสังคมสันติสุข

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎี

โครงการ “การพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นใยอัดซีเมนต์จากเส้นใยปาล์มน้ำมันสำหรับวิสาหกิจชุมชน” มีรายละเอียดของทฤษฎี สมมติฐาน และกรอบแนวความคิด ดังต่อไปนี้

2.1.1 แผ่นซีเมนต์บอร์ด

แผ่นผนังไม้เทียมที่มีส่วนผสมจากเศษไม้และปูนซีเมนต์ หรือที่เรียกว่า แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ หรือ แผ่นซีเมนต์บอร์ด และแผ่นไม้อัดซีเมนต์ (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2544) ถือกำเนิดมาจากแนวความคิดที่จะใช้ประโยชน์จากเศษไม้ที่เหลือจากอุตสาหกรรมไม้อัดและการตัดไม้ซุงจากป่าออกมาใช้ประโยชน์จะมีเศษไม้ ปลายไม้เหลือไว้ในป่าอย่างน้อยครึ่งหนึ่งของปริมาณที่ตัดออกมา และเมื่อนำไม้ซุงมาแปรรูปในโรงเลื่อยก็จะเหลือปริมาณไม้แปรรูปประมาณ ร้อยละ 50 ของไม้ซุงที่เข้าแปรรูป จึงได้คิดวิธีที่นำเศษไม้จำนวนมากเหล่านี้มาเป็นวัตถุดิบ โดยงานวิจัยแผ่นไม้อัดสารแร่ กลุ่มวิจัยพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ได้ค้นคว้าวิจัยเพื่อหาแนวทางในการนำเศษไม้และไม้โตเร็ว โดยเฉพาะยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส มาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า “แผ่นวัสดุที่ทำจากไม้ Wood Base Panel” ซึ่งได้แก่ ไม้อัด(Plywood) แผ่นไม้อัด (Particle Bord) แผ่นชิ้นไม้อัด (Fiber Board) บล็อดบอร์ด (Block Board) และผลิตภัณฑ์ไม้อัดสารแร่ (Mineral Bonded Panel Products) ซึ่งสามารถแบ่งประเภทของผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ออกได้วัตถุดิบและสารเชื่อม ประเภทที่ได้จากสารแร่ (Inorganic Binder) หลายชนิดด้วยกัน เช่น แผ่นไม้อัดยิปซั่ม เป็นต้น สำหรับผลิตภัณฑ์ไม้อัดซีเมนต์นั้น มีคุณสมบัติพิเศษรวมกันทั้งของไม้และซีเมนต์กล่าวคือ ทนน้ำทนไฟ ทนปลวกและแมลง สามารถตกแต่งได้เช่น การตัด การเจาะ ได้เช่นเดียวกับไม้ โดยไม้ต้องใช้เครื่องมือพิเศษ การฉาบผิวของผลิตภัณฑ์ไม้อัดซีเมนต์กระทำได้โดยวิธีธรรมดา เช่น การลงแลกเกอร์ การฉาบผิวด้วยสี หรือน้ำมันต่างๆ การปะหน้าด้วยพีวีซี หรือแผ่นไม้บางวีเนียร เป็นต้น อีกทั้งยังสามารถใช้เครื่องมือธรรมดาตดแต่งได้ จึงสามารถนำไปใช้ทำบังใบ มนขอบทำลิ้นได้ นอกจากนี้ บริษัท Bison Werke จำกัด ในสหพันธ์สาธารณารัฐเยอรมันได้พัฒนาวิธีที่เรียกว่า “การพับ” (Flolding) โดยใช้ใบมีดของเครื่องจักรเซาะผลิตภัณฑ์ไม้อัดซีเมนต์เป็นร่อง ให้ตัวร่องเป็นมุมฉากแล้วหักพับเป็นมุมเหลี่ยมต่างๆ ได้ เช่นในลักษณะตัว L ตัว C ตัว U และตัว T เป็นต้น โดยการใช้กาวยึดรอยพับให้แน่น ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการก่อสร้างได้กว้างมากขึ้น (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2539

2.1.2 ประเภทของแผ่นซีเมนต์บอร์ด

ประเทศต่างๆ ได้ให้ความสนใจกับผลิตภัณฑ์ไม้อัดซีเมนต์กันอย่างมากโดยผลิตภัณฑ์นี้เข้ามามีบทบาทอย่างสำคัญสำหรับใช้ในการก่อสร้างบ้านสำเร็จรูปและใช้เป็นส่วนประกอบของบ้านเรือน ซึ่งทำให้ต้นทุนในด้านวัสดุก่อสร้างถูกลงมาก อุตสาหกรรมสำหรับผลิตภัณฑ์ไม้อัดซีเมนต์แบ่งได้เป็น 3 ชนิด (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2544) ดังนี้

1) อุตสาหกรรมแผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์ หรือมีชื่อเรียกกันในวงการป่าไม้ว่า Wood-Wood Board หรือ ว่า Wood-Wood Cement Slabs ซึ่งเขียนเป็นตัวย่อว่า W.W.S. และมีชื่อเรียกตามมาตรฐาน มอก.442-2525 ว่า “แผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์ชนิดใช้งานทั่วไป” (สมอ., 2525)

อุตสาหกรรมประเภทนี้เกิดขึ้นในประเทศไทยมาร่วม 26 ปีเศษแล้ว โดยมีวิธีการผลิตจากการนำไม้ท่อน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นไม้ท่อนซุงที่มีลักษณะดีงาม และกลมมาทอนเป็นท่อนสั้นๆ ประมาณ 40-50 ซม. ผ่าท่อนนั้นเป็น 2 ซีก แล้วขูดซีกของท่อนซุงด้วยเครื่องทำฝอยไม้ (Wood-Wood Machine) ฝอยที่ขูดออกมาจะเป็นลักษณะขี้กบบางๆ กว้างราว 4-5 มิลลิเมตร หนาราว 0.2-1 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 50 มิลลิเมตร ต่อจากนั้นนำไปผสมกับซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ วัตถุเคมีบางอย่างละน้ำ แล้วนำไปเข้าแบบอัดเป็นแผ่น มีความหนาตั้งแต่ 0.5 นิ้วถึง 4 นิ้ว ส่วนความกว้าง ความยาวของแผ่นเส้นฝอยอัดซีเมนต์นั้น โดยมากใช้ขนาดมาตรฐาน 1x2 เมตร นำไปผึ่งให้ซีเมนต์แห้งจะมีความยืดหดตัวน้อย สามารถกันเสียง และเป็นฉนวนกันความร้อนความหนาวได้ดี เหมาะสำหรับทำฝ้าเพดาน และฝากั้นห้อง คุณสมบัติพิเศษคือสามารถฉาบปูนได้เนื่องมีผิวที่หยาบเกาะยึดปูนฉาบได้ดี จึงสามารถนำไปทำฝาห้องได้ทั้งภายนอกและภายในอาคาร แต่สิ่งที่ควรระวังคือไม้ที่นำมาขูดทำเส้นไม้ (Wood-Wood) จะต้องมีคุณสมบัติเหมาะสมทีจะยึดเกาะซีเมนต์ได้ โดยที่ไม้เหล่านั้นจะต้องไม่มีปริมาณสารแทรกเช่น น้ำตาล ไขมัน น้ำมัน (Resin) เป็นต้น มากเกินควร เพะสารเหล่านี้จะเป็นตัวการขัดขวางปฏิกิริยาแข็งตัวระหว่างไม้กับซีเมนต์ ไม้ที่เหมาะจะนำมาเป็นวัตถุดิบได้แก่ ไม้ก่อ มะอ้าแดง อินทนิน ไม้สน และยูคาลิปตัส ฯลฯ สำหรับในต่างประเทศในทวีปยุโรปสามารถนำไม้เนื้ออ่อนชนิดต่างๆ มาผลิตแผ่นฝอยอัดซีเมนต์ โดยใช้น้ำยาเคมีช่วย อย่างไรก็ตามแผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์ในประเทศไทยยังไม่ก้าวหน้าเท่าที่ควร เนื่องจากต้นทุนการดำเนินงานสูง วัตถุดิบหลักคือซีเมนต์และไม้ ซึ่งต้องเลือกชนิดยึดเกาะกับซีเมนต์ และเลือกท่อนโตเปลาตรง เพื่อจะขุดได้ฝอยไม้เส้นยาว ทำให้วัตถุดิบมีราคาสูง ซึ่งผู้ปะกอบการสามารถแก้ไขปัญหาได้โดยปลูกสร้างสวนป่าเอง เพื่อจะมีไม้ชนิดที่ต้องการมาป้อนเป็นวัตถุดิบอ่างสม่ำเสมอและร่วมทุนกับบริษัทที่ผลิตปูนซีเมนต์ปัจจุบันนี้เป็นที่นิยมใช้กันมากในประเทศออสเตรีย และสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน (บริษัท วิบูลย์วัฒนอุตสาหกรรม จำกัด, 2553) องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติได้ทำการสำรวจพบว่า ในปี 21 ทั่วโลกมีปริมาณการผลิตแผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์ราว 7.6 ล้านลูกบาศก์เมตร และคาดคะเนต่อไปว่าอัตราการใช้แผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์ของโลกจะถีบตัวสูงขึ้นถึง 15.0 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยที่แผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์จะเป็นที่นิยมนำมาใช้ทำองค์ประกอบอาคารทั่วไปและอาคารสำเร็จรูปมากขึ้นในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา การคาดคะเนนี้อาศัยพื้นฐานจากการคาดการณ์ว่าบรรดาบ้านราคาถูกสำหรับผู้มีรายได้น้อยทั่วโลกจะเพิ่มขึ้นราวปีละ 1 ล้านหลังทุกปี และบ้านเหล่านี้จะหันมาใช้แผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์กันมากขึ้น เพราะมีราคาถูกและยังมีคุณสมบัติที่ดีหลายประการคือ ทนไฟ ทนปลวก เชื้อรา สมารถฉาบตัดแต่งได้ และมีความทนทานสูงอีกด้วย โดยส่วนประกบของแผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์ใน 1 ลูกบาศก์เมตรประกอบด้วยเส้นไม้ 120-140 กิโลกรัม ซีเมนต์ 240-250 กิโลกรัม น้ำ 120-140 ลิตร และเกลือ 3-35 กิโลกรัม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความหนาของแผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์ที่ใช้จะต้องเป็นซีเมนต์ชนิดปอร์ตแลนด์ 350 หรือ 450 ทั้งนี้ควรใช้น้ำสะอาดและเกลือจะเป็นตัวเร่งให้แผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์แห้งเร็วขึ้นปกติแผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์แผ่นหนึ่งจะมีขนาดมาตรฐานตามที่ระบุไว้ใน มอก. 422-2530 เรื่องไม้สักแปรรูป (สมอ., 2530

2) อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ (Cement-Bonded Particle-Boards) ชิ้นไม้สับ (Wood Chip) ที่ใช้เป็นวัตถุดิบ สำหรับอุตสาหกรรมนี้เป็นวัตถุดิบเช่นเดียวกับวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเคิ้ลบอร์ดโดยทั่วๆ ไป คุณสมบัติของไม้ที่ต้องเลือกคือจะต้องเป็นไม้สับที่บางและยาว ซึ่งจะทำให้แผ่นผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีขึ้น ขนาดของแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ โดยทั่วไปมี 2 ขนาดคือ

1,250x2,240 มม. และขนาด 1,250x2,800 มม. ส่วนความหนานั้นมีตั้งแต่ 8-40 มม. ความแน่น (Density) สูงสุด 1,250 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ถ้าส่วนผสมระหว่างชิ้นไม้สับกับซีเมนต์เป็นอัตราส่วน 1:2:75 โดยน้ำหนัก การจะลดความหนาแน่นให้ต่ำลงสามารถทำได้ด้วยการลดอัตราส่วนผสมของซีเมนต์ลง แต่จะทำให้อัตราการทนไฟต่ำลงและทำให้การพองตัวเมื่อถูกน้ำเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามแผ่นชิ้นไม้สับอัดซีเมนต์ที่ลดความหนาแน่นโดยวิธีลดอัตราส่วนผสมของซีเมนต์นั้นอาจนำไปใช้ทำฝากันห้องทำเพดานและทำส่วนประกอบของสิ่งก่อสร้างที่ต้องการความทนไฟสูง และมีมาตรฐาน มอก. 878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537)

3) อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ (Cement-Bonded Fiber Board) อุตสาหกรรมประเภทนี้เป็นเรื่องที่น่าสนใจจะศึกษาค้นคว้าผลิตออกมาเป็นรูปแบบอุตสาหกรรม เพราะมีกรรมวิธีการผลิต เช่นเดียวกับแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ มีข้อแตกต่างเพียงใช้เส้นใยจากไม้แทนที่จะเป็นชิ้นไม้ การผลิตควรจะสร้างเป็นโรงงานผนวกกับโรงงานไม้อัดแผ่นเรียบ (Fiber-Board) เนื่องจากอุตสาหกรรมวัตถุดิบสำคัญของอุตสาหกรรมนี้ คือเส้นใยไม้ ซึ่งโรงงานไฟเบอร์บอร์ดต้องผลิตอยู่แล้ว ในอนาคตเส้นใยที่ได้จากไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิล และพืชการเกษตรที่มีความสำคัญมาก ดังเช่น ปาล์มน้ำมันอาจเป็นสิ่งทดแทนเส้นใยที่ได้จากแร่ใยหิน (Asbestos) เพราะได้มีกฎหมายห้ามใช้ในผลิตภัณฑ์ก่อสร้างเนื่องจากมลพิษในสภาพแวดล้อม และอุตสาหกรรมนี้ยังไม่มีผลิตออกมาเป็นสินค้าจึงเป็นเรื่องที่ศึกษาทดลอง ตลอดจนถึงการศึกษาการผลิตอิฐบล็อกด้วยไฟเบอร์ผสมซีเมนต์และชิ้นไม้สับผสมซีเมนต์ด้วย

2.1.3 มาตรฐานแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์

แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง มีการควบคุมด้วยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.878-2537 (สมอ., 2537) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐาน

1.1) แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง หรือแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นแผ่น ทำจากชิ้นไม้และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 1,100 ถึง 1,300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

1.2) ชิ้นไม้ หมายถึง ชิ้นหรือส่วนของเนื้อไม้หรือวัสดุลิกโนเซลลูโลส (lingo-cellulosic material) อื่นๆ ที่ถูกย่อยด้วยเครื่องจักร ชิ้นไม้อาจมีลักษณะต่างๆ อย่างใดอย่างหนึ่งดังนี้

- เกล็ด (flake) หมายถึง ชิ้นไม้บางๆ มีทิศทางของเสี้ยนขนานกับผิว ได้จากการใช้ใบมีดตัดขนานกับแนวของเสี้ยนไม้ แต่ทำมุมกับแนวแกนของเส้นใย

- เกล็ดใหญ่ (wafer) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเกล็ด แต่มีความกว้างและความหนามากกว่า

- แถบ (strand) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเกล็ด แต่มีความยาวมากเมื่อเทียบกับความกว้าง และมีความหนาสม่ำเสมอตลอดความยาวของแถบ

- ขี้กบ (planer shaving) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีรูปร่างเป็นแผ่นขนาดเล็ก มีความหนาไม่เท่ากัน คือ หนาที่ปลายด้านหนึ่ง ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งจะบาง มีลักษณะเป็นแฉกขนนก และมักโค้งงอด้วย ซึ่งได้จากการไสไม้ด้วยเครื่องไสไม้ชนิดหัวตัดหมุน (rotary cutterhead)

- แท่ง (splinter or sliver) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมเมื่อมองทางหน้าตัด และมีความยาวตามแนวเสี้ยนไม่น้อยกว่า 4 เท่าของความหนา

- เม็ด (granule) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะคล้ายขี้เลื่อย ซึ่งมีความกว้าง ความยาว และความหนาเกือบเท่ากัน

- ลักษณะอื่นๆ ซึ่งเหมาะสำหรับทำแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์

1.3) วัสดุลิกโนเซลลูโลส หมายถึง วัสดุที่มีเซลลูโลสและลิกนินเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น ไม้ และพืชต่างๆ ได้แก่ ชานอ้อย ป่าน ปอ เป็นต้น

2) ส่วนประกอบและการทำ

2.1) ส่วนประกอบ

- ชิ้นไม้

- ปูนซีเมนต์ ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 1 ข้อกำหนดคุณภาพ มาตรฐานเลขที่ มอก.15 เล่ม1

2.2) การทำ

ใช้เครื่องจักรย่อยไม้ออกเป็นชิ้นไม้ แยกชิ้นไม้ให้ได้ขนาดตามต้องการ นำไปผสมกับปูนซีเมนต์ แล้วนำไปโรยและอัดเป็นแผ่นโดยทิ้งไว้ให้ปูนซีเมนต์ก่อตัวแล้วจึงถอดแบบออก หารใส่สารผสมเพิ่มต้องไม่ทำให้ความแข็งแรงหรือความคงทนของแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์เสียไป

3) คุณลักษณะที่ต้องการ

3.1) ลักษณะทั่วไป

แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ต้องมีความหนา ความแน่น และความเรียบสม่ำเสมอกันตลอดทั้งแผ่น ขอบจะต้องตั้งได้ฉากกับระนาบผิว

3.2) ความหนาแน่น

ความหนาแน่นเฉลี่ยต้องอยู่ในช่วง 1,100 ถึง 1,300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

3.3) ความชื้น

ความชื้นเฉลี่ยต้องอยู่ในช่วงร้อยละ 9 ถึงร้อยละ 15

3.4) สภาพนำความร้อน

ต้องมีค่าเฉลี่ยไม่เกิน 0.155 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน (ทดสอบตาม BS 874)

3.5) คุณลักษณะที่ต้องการอื่นๆ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณลักษณะที่ต้องการอื่นๆ ของแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด
1	การพองตัวเมื่อแช่น้ำ	ไม่เกิน ร้อยละ 2
2	ความต้านทานแรงดัด	ไม่น้อยกว่า 9 เมกะพาสคัล
3	มอดุลัสยืดหยุ่น	ไม่น้อยกว่า 3,000 เมกะพาสคัล
4	ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	ไม่น้อยกว่า 0.5 เมกะพาสคัล

2.1.4 เส้นใยธรรมชาติ

เส้นใยธรรมชาติแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ เส้นใยจากพืชหรือเส้นใยเซลลูโลส เส้นใยจากสัตว์หรือเส้นใยโปรตีน เส้นใยแร่ โลหะ เส้นใยเซลลูโลสเป็นคาร์โบไฮเดรทชนิดหนึ่งเกิดจากเซลลูโลสยึดเกาะกันด้วยพันธะเคมีเป็นโมเลกุลใหญ่มีสูตรเป็น $(C_6H_{10}O_5)_x$ โครงสร้างและการยึดเกาะของโมเลกุลแสดงในภาพประกอบ โครงสร้างเคมีของเซลลูโลสมีความสำคัญต่อคุณสมบัติของเส้นใย กล่าวคือในโมเลกุลเซลลูโลสจะเกิดจากหน่วยโมเลกุลซ้ำ (Repeat units) ยึดจับกันเป็นสายยาว หน่วยโมเลกุลซ้ำ คือ เซลโลไบโอส (Cellobiose) เกิดจากบีต้า กลูโคส 2 โมเลกุลยึดเกาะกันด้วยพันธะ C-O-C ในโมเลกุลเซลลูโลสจะมีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) อยู่มากมายจะทำหน้าที่ดึงดูดน้ำ หรือเกิดปฏิกิริยาจับกับหมู่ธาตุอื่นๆ การจัดเรียงตัวของโมเลกุลเซลลูโลสมีความเป็นระเบียบ (Crystalline) ค่อนข้างมากคือ 85 – 95 % และระหว่างสายโมเลกุลจะมีการยึดจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bond) เป็นระยะๆ ซึ่งมีผลทำให้เส้นใยเซลลูโลสมีความเหนียวแข็งแรงค่อนข้างสูง จากข้อมูลคุณสมบัติทางโครงสร้างโมเลกุลของเส้นใยธรรมชาติ จะเห็นว่าสามารถนำมาเป็นส่วนประกอบของคอนกรีตได้ ดังนั้นแนวความคิดในการนำเส้นใยธรรมชาติมาผสมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักจึงมีความเป็นไปได้อย่างยิ่ง และสมควรนำมาทำการศึกษาวิจัยอย่างเป็นจริงจังเพื่อที่จะได้มีวัสดุก่อสร้างชนิดใหม่ที่มีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดีและมีราคาถูกกว่าวัสดุฉนวนชนิดอื่นที่มีจำหน่ายในท้องตลาดต่อไป (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2530)

ตารางที่ 2 พื้นที่ปลูกพืชเส้นใยทางเกษตร ปี 2530/31 (ไร่) (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2530)

ชนิดไม้	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ภาคเหนือ	ภาคกลาง	ภาคใต้	รวม
ข้าวนาปี	25,950,364	12,590,919	11,752,901	3,615,859	53,910,043
ข้าวนาปัง	361,559	854,327	3,136,422	211,682	4,583,990
ข้าวฟ่าง	39,438	533,752	532,114	-	1,105,304
มันสำปะหลัง	5,926,308	720,463	3,232,588	-	9,879,69
อ้อย	532,091	613,231	2,518,327	-	3,663,649
ปอแก้ว	960,787	-	44,668	-	1,005,455
ฝ้าย	41,164	227,689	143,414	-	412,26
ถั่วลิสง	201,877	425,186	102,063	33,493	762,619
ถั่วเหลือง	323,840	1,693,467	243,084	-	2,260,391
ถั่วเขียว	223,317	2,318,959	325,667	31,980	2,899,923
ปาล์มน้ำมัน	*	*	*	*	615,000
มะพร้าว	*	*	*	*	2,545,000
ละหุ่ง	*	*	*	*	263,400
สับปะรด	*	*	*	*	395,000

หมายเหตุ * = ไม่มีข้อมูล, ** = พื้นที่เก็บเกี่ยว

2.1.5 เส้นใยเหลือทิ้งจากสวนปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมัน (Oil palm) เป็นพืชตระกูลปาล์มลักษณะลำต้นเดี่ยว ขนาดลำต้นประมาณ 12 -20 นิ้ว เมื่ออายุประมาณ 1-3 ปี ลำต้นจะถูกหุ้มด้วยโคนกาบใบ แต่เมื่ออายุมากขึ้นโคนกาบใบจะหลุดร่วงเห็นลำต้นชัดเจน ผิวของลำต้นคล้ายๆ ต้นตาล ลักษณะใบเป็นรูปก้างปลา โคนกาบใบจะมีลักษณะเป็นซี่ คล้ายหนามแต่ไม่คมมาก เมื่อไปถึงกลางใบหนามดังกล่าวจะพัฒนาเป็นใบ การออกดอก เป็นพืชที่แยกเพศ คือ ต้นที่เป็นเพศผู้ก็จะให้เกสรตัวผู้อย่างเดียว ต้นที่ให้เกสรตัวเมียจึงจะติดผล ลักษณะผลเป็นทะลาย ผลจะเกาะติดกันแน่นจนไม่สามารถสอดนิ้วมือเข้าไปที่ก้านผลได้ เวลาเก็บผลปาล์มจึงต้องใช้มีดงอเกี่ยวที่โคนทะลายแล้วดึงให้ขาด ก่อนที่จะตัดทะลายปาล์มต้องตัดทางปาล์มก่อนเพราะผลปาล์มจะตั้งอยู่บนทางปาล์ม กระบวนการตัดทาง(ใบ) ปาล์มและตัดเอาทะลายปาล์มลง เรียกรวมๆ ว่า แทงปาล์ม ปาล์มน้ำมันจัดเป็นพืชเศรษฐกิจ มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปแอฟริกา เป็นพืชที่ให้ผลผลิตน้ำมันต่อหน่วยพื้นที่สูงกว่าพืชน้ำมันทุกชนิด (Palm plantations of Australia, 2014)

รูปที่ 1 ต้นปาล์มน้ำมัน

เส้นใยปาล์มที่เหลืออยู่มากในสวนปาล์มน้ำมัน คือ ใบ และทางใบ ซึ่งในระยะแรกของต้นกล้ามี Plumular sheath 2 ใบ หลังจากนั้นจะมีใบจริงใบแรกรูปร่างแบบ lanceolate มีเส้นกลางแยกออกเป็นสองทาง แต่ใบย่อยยังคงติดกันอยู่ ใบถัดมามีใบย่อยแยกออกจากกัน ใบจริงที่มีลักษณะนี้จะถูกสร้างขึ้นเดือนละ 1 ใบ จนกระทั่ง 6 เดือน ใบประกอบด้วยก้านใบที่อาจยาวถึง 7.5 เมตร แบ่งได้เป็น 2 ส่วนคือ ส่วนปลายเป็นส่วนที่รองรับใบย่อย 250-300 ใบ และส่วนก้านที่ติดกับลำต้น ซึ่งเป็นส่วนที่มีหนามแข็ง ในระยะแรกใบจะเจริญเป็นเนื้อเยื่อบางๆ ห่อหุ้มตายอด ซึ่งมี 45-50 ใบ แต่ละใบจะห่อหุ้มตายอดเป็นเวลาประมาณ 2 ปี ต่อมามีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว กลายเป็นใบที่แหลมเหมือนหอก ซึ่งใบย่อยยังไม่คลี่ออก ในสภาพแวดล้อมที่แห้งใบยังไม่คลี่จนกระทั่งได้รับฝน ดังนั้นในช่วงฤดูแล้งจะพบว่า มีใบที่มีลักษณะแหลมมากกว่าในฤดูฝน ในสภาพปกติในระยะ 5-6 ปีแรก จะมีใบที่ติดกับยอดประมาณ 25-35 ใบ แต่ต่อมาจะมีจานวนใบลดลงเหลือ 18-25 ใบ ในสภาพการปลูกที่หนาแน่นจะมีใบน้อยกว่า ใบที่คลี่แล้วจะมีอายุประมาณ 2 ปี และแต่ละเดือนจะมีใบคลี่ประมาณ 2

ใบ ปาล์มน้ำมันเป็นพืชประเภทกึ่ง xerophye มี cuticle หนา และมีเนื้อเยื่อที่มีลิกนิน มีเซลล์ปากใบประมาณ 145 เซลล์ต่อตารางมิลลิลิตร ในส่วนของ guard cell มีผนังบางๆ และในสภาพขาดน้ำปากใบจะปิดในช่วงเที่ยงวัน (Palm plantations of Australia, 2014)

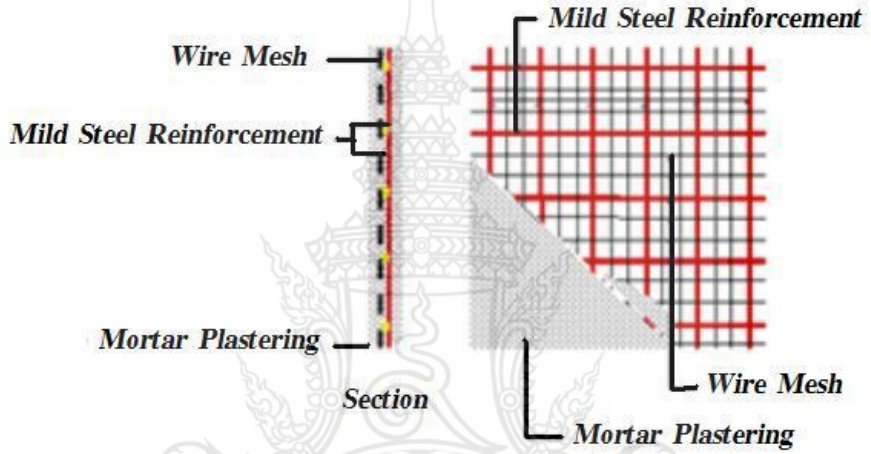
รูปที่ 2 ใบปาล์มน้ำมัน

รูปที่ 3 ทางใบปาล์มน้ำมัน

2.1.6 เฟอร์โรซีเมนต์ (Ferrocement)

โครงสร้างเฟอร์โรซีเมนต์มีใช้มา ตั้งแต่ปี ค.ศ.1840 ได้รับการพัฒนา โดย Nervi ซึ่งเป็นผู้ริเริ่มศึกษาค้นคว้าคุณสมบัติของเฟอร์โรซีเมนต์ ประกอบด้วย ตะแกรงหลายๆ ชั้น หุ้มด้วยมอร์ตาร์ ในเวลาต่อมาก็มีการออกแบบและสร้างหลังคาโค้ง (shell roof) และเรือเฟอร์โรซีเมนต์ โดยอาศัยการทดลองของ Nervi ดังกล่าว American concrete Institute (ACI) ได้นิยามว่า “ เฟอร์โรซีเมนต์ คือ โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กผิวบาง ประกอบด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับวัสดุเสริมที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดเล็ก และต่อเนื่องกันเป็นตะแกรง ซึ่งตะแกรงนี้อาจเป็นโลหะหรือแร่อื่นที่ใช้ทำ

เป็นตะแกรงได้ ’’ นั้น คือ เฟอร์โรซีเมนต์เป็นวัสดุก่อสร้างอย่างหนึ่งที่ประกอบด้วยซีเมนต์ วัสดุผสม (Aggregrate) และวัสดุเสริม (Reinforcement) โดยที่เฟอร์โรซีเมนต์ (Ferrocement) ถือว่าเป็นโครงสร้างเปลือกบางชนิดหนึ่งที่ทำขึ้นด้วยมอร์ต้าร์ (Mortar) และลวดตะแกรง (Wire Mesh) โดยที่มอร์ต้าร์จะใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ทรายละเอียด และน้ำเป็นส่วนผสม ส่วนลวดตะแกรงอาจใช้ลวดตะแกรงหกเหลี่ยม (หรือที่เรียกกันว่า ลวดกรงไก่) หรือลวดตะแกรงสี่เหลี่ยมก็ได้ ซึ่งลวดตะแกรงนี้จะทำหน้าที่ยึดเกาะมอร์ต้าร์ให้เข้าด้วยกัน แต่ก็อาจจะมีการใช้ เหล็กเสริม (Mild Steel Reinforcement) ที่ใช้ในงานก่อสร้างทั่วไป ช่วยขึ้นรูปโครงสร้างหรือช่วยยึดรั้งโครงสร้างไว้ และบางครั้งจะใช้รับกำลังได้อีกด้วย (ครองศักดิ์ และคณะ, 2553) ดังนี้



รูปที่ 4 ลักษณะโครงสร้างของเฟอร์โรซีเมนต์ (ครองศักดิ์ และคณะ, 2553)

โครงสร้างเฟอร์โรซีเมนต์นี้ จึงคล้ายกับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไป แต่จะมีขนาดที่บางกว่ามาก และสามารถดัดขึ้นรูปต่างๆ ได้ง่ายตามความต้องการ ซึ่งเหมาะกับประเทศที่กำลังพัฒนา เพราะสามารถใช้แรงงานทั่วๆ ไปในการผลิต และมีราคาถูก โดยมีคุณสมบัติที่สำคัญ คือ สามารถต้านทานการแตกร้าวได้ดีกว่าคอนกรีตทั่วไป ส่วนความสามารถในการรับกำลังจะขึ้นอยู่กับกำลังและคุณสมบัติของมอร์ต้าร์ ลวดตะแกรง เหล็กเสริม ความหนาของโครงสร้าง และการออกแบบ

ดังนั้น เฟอร์โรซีเมนต์ จึงสามารถทำโครงสร้างได้หลากหลายประเภท เช่น อาคารขนาดเล็ก เรือ สะพาน สระว่ายน้ำ ถังเก็บน้ำ ฯลฯ รวมทั้งยังสามารถนำเฟอร์โรซีเมนต์ไปใช้ในงานซ่อมแซมหรือเสริมกำลังโครง สร้างคอนกรีตเสริมเหล็กได้อีกด้วย โดยหลักการสร้างหรือทำโครงสร้างเหล่านี้ จะทำการขึ้นโครงก่อนด้วยเหล็กเสริม (หรือใช้ไม้ไผ่แทนเหล็กเสริม) แล้วทา การหุ้มโครงด้วยลวดตะแกรง เสร็จแล้วจะทำการฉาบด้วยมอร์ต้าร์ จากการที่มีการศึกษาเฟอร์โรซีเมนต์ พบว่าเฟอร์โรซีเมนต์ มีคุณสมบัติที่ดีหลายประการ ดังนี้

1) เป็นโครงสร้างที่ไม่ต้องใช้ไม้แบบจึงง่ายต่อการก่อสร้าง ช่างปูนทั่วไปสามารถสร้างได้

2) เป็นโครงสร้างผิวบางจึงทา ให้ประหยัดค่าวัสดุก่อสร้าง และลดน้ำหนักของโครงสร้าง

3) ความสามารถรับแรงดึง (Tension) ก่อนร้าวสูงกว่าคอนกรีตเสริมเหล็ก

4) มีพฤติกรรมเป็นวัสดุเนื้อเดียว (Homogeneous elastic material)

5) ความทนทาน (Durability) สูง

6) ความกว้างของรอยแตกร้าวเล็กมาก

7) สามารถทนทานต่อแรงกระแทกได้ดี

โครงสร้างเฟอร์โรซีเมนต์นี้ ได้เคยมีการนำมาใช้อย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในภาคพื้นเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยใช้ทำ เรือ , ถังเก็บเมล็ดพืช, ถังน้ำ และส่วนประกอบของบ้าน ซึ่งเฟอร์โรซีเมนต์นี้ นอกจากจะมีคุณสมบัติในการรับแรงดีแล้ว ยังใช้เวลาในการก่อสร้างไม่มากทำให้ประหยัดค่าแรงในการก่อสร้าง

2.2 สมมุติฐาน

1) เส้นใยปาล์มน้ำมันทั้งจากใบและทางใบ สามารถเป็นเส้นใยในผลิตภัณฑ์แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ได้

2) ผลิตภัณฑ์แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากเส้นใยปาล์มน้ำมัน มีสมบัติผ่านมาตรฐาน มอก. 878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537

3) ผลิตภัณฑ์แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากเส้นใยปาล์มน้ำมัน สามารถขึ้นรูปได้โดยไม่ต้องให้น้ำหนักค้างไว้

4) ผลิตภัณฑ์แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากเส้นใยปาล์มน้ำมัน สามารถนำไปใช้งานได้จริงและพัฒนาส่งเสริมให้เป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนท้องถิ่นได้

2.3 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยและสิทธิบัตรที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้เส้นใยธรรมชาติสำหรับผลิตเป็นแผ่นไม้เทียม ทั้งชนิดอัดกาว และชนิดซีเมนต์ ซึ่งทำการรวบรวมมาพอสังเขป สามารถสรุปได้ ดังนี้

2.3.1 ธวัช จิรายุส (2535) ศึกษาการจับยึดปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ของไม้ยูคาลิปตัสและทดลองทำแผ่นไม้อัดซีเมนต์จากไม้ยูคาลิปตัส คามาลเลน เริ่มจากการนำไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสที่ได้มาจากสถานีทดลองปลูกพรรณไม้ห้วยทา จังหวัดศรีสะเกษ ไม้ที่ใช้ทดลองอายุประมาณ 20 ปี นำไม้มาตัดเป็นแท่งเล็กๆ ขนาด 200 x 15 x 5 ลูกบาศก์มิลลิเมตร เลือกเอาแท่งไม้ที่มีเสี้ยนตรงไม่บิด และส่วนปลายปราศจากตำหนิเช่น ตา, รอยแตกร้าว ฯลฯ แช่แท่งไม้ทดสอบที่คัดดีแล้วในน้ำกลั่น และน้ำกลั่นที่มีสารเคมีผสมอยู่ ร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก สารละเลยเคมีที่ใช้เปรียบเทียบมี 3 ชนิด คือ อลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3$) แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) และโซเดียมซิลิเกต (Na_2SiO_3) ปักแท่งไม้ทดสอบให้จมลงในส่วนผสมของซีเมนต์กับน้ำกลั่นที่เตรียมไว้ โดยมีอัตราส่วนผสมของปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ 400 กรัม และน้ำกลั่น 160 มิลลิลิตร ภายในถ้วยกระดาษขนาด 200 มิลลิลิตร ระยะเวลาที่แช่แท่งไม้ในน้ำกลั่นหรือสารละลายประมาณ 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดจึงนำไม้ออกมาซับน้ำผิวหน้าออกให้แห้งพอหมาดๆ แล้วจึงปักไม้ลงในถ้วยที่บรรจุส่วนผสมในระดับลึก 50 มิลลิเมตร ให้ตั้งฉากกับผิวหน้าของซีเมนต์แต่ละถ้วย โดยใช้แบบที่ทำขึ้นจากเหล็กแต่ละถ้วย โดยใช้แบบที่ทำขึ้นจากเหล็ก

ฉากมีรูเป็นตัวบังคับ หลังปล่อยให้ส่วยผสมซีเมนต์แข็งตัวภายในสภาวะอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จึงนำแบบถ้วยทดลองทั้งหมดไปทำการทดสอบการเกาะยึดระหว่างไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส โดยวิธี stick test method โดยการทดลองใช้สารเคมี 3 ชนิด คือ อลูมิเนียมซัลเฟต, แคลเซียมคลอไรด์, และโซเดียมซิลิเกต เป็นสารปรับปรุงคุณภาพฉาบผิวและซึมเข้าในเนื้อไม้เพื่อเร่งการแข็งตัวของซีเมนต์ และปรับปรุงการเกาะยึดโดยใช้สภาวะที่ไม่ได้ใช้สารเคมี (ใช้น้ำอย่างเดียว) เป็นการทดลองเปรียบเทียบ สามารถสรุปผลเป็นข้อๆ ได้ว่า การใช้สารเคมีชนิดโซเดียมซิลิเกต และอลูมิเนียมซัลเฟต สามารถให้ค่าความแข็งแรงด้านแรงดึงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้และซีเมนต์เฉลี่ยสูงกว่าสภาวะทดลองที่ไม่ใช้สารเคมีเป็นตัวเปรียบเทียม ตามลำดับ แต่การทดลองใช้สารเคมีชนิดแคลเซียมคลอไรด์กลับให้ค่าความแข็งแรงเฉลี่ยต่ำกว่าการทดลองเปรียบเทียบที่ไม่ใช้สารเคมี (ใช้น้ำอย่างเดียว) ซึ่งผลที่ได้ยังสามารถสรุปได้ว่า การใช้สารเคมีเพื่อช่วยปรับปรุงการเกาะยึดระหว่างไม้และซีเมนต์ครั้งนี้ ช่วยเพิ่มความแข็งแรงการเกาะยึดได้มาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่า สารเคมีดังกล่าวช่วยลดอิทธิพลยับยั้งต่างๆ ในการจับยึดระหว่าไม้และซีเมนต์ได้ ถึงแม้ว่าในกรณีของสารแคลเซียมคลอไรด์ จะให้ค่าความแข็งแรงที่ต่ำกว่าสภาพธรรมดา ซึ่งไม่ใช้สารเคมีก็ตาม แต่ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณสารแคลเซียมคลอไรด์ที่ใช้อาจมากเกินไปแทนที่จะช่วยให้ไม้และซีเมนต์จับยึดกันดีขึ้น แต่ทำให้กลับลดลงสาเหตุนี้อาจอธิบายได้ว่า สารเคมีชนิดนี้นั้นโดยปกติเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวของซีเมนต์ให้เร็วขึ้น แต่การใช้ปริมาณมากไปซีเมนต์ก็จะเกิดการแข็งตัวเร็วเกินไป (flash set) จนไม้และซีเมนต์มีอัตราการเกาะยึดที่น้อยไป อีกสาเหตุหนึ่งก็คือ ความแปรผันภายในไม้ที่ใช้ทำการทดลองที่ค่อนข้างสูง โดยพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติที่แสดงให้เห็นว่า มีความคลาดเคลื่อนของการทดลอง (experimental error) และค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (C.V.) ที่เกิดขึ้นในการทดลองค่อนข้างสูงซึ่งไม่สามารถทราบเหตุที่แน่นอน อย่างไรก็ดีผลที่ได้นับเป็นข้อยืนยันที่เพียงพอพิสูจน์ได้ว่า ในการใช้ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จับยึดกับซีเมนต์นั้น หากมีการใช้สารเคมีอนินทรีย์ (mineral chemicals) ผสมกับน้ำด้วยจะช่วยเพิ่มความแข็งแรงของการยึดจับระหว่างไม้และซีเมนต์ให้สูงขึ้นได้โดยเฉพาะการใช้สารเคมีชนิดโซเดียมซิลิเกต ที่ให้ค่าความแข็งแรงมากกว่าถึง 2 เท่า เทียมกับสภาพธรรมดาเมื่อไม่ใช้สารเคมี

2.3.2 นิคม แหลมสัก (2546) ได้รับอนุสิทธิบัตรเลขที่ 1470 ยื่นคำขอวันที่ 3 ตุลาคม 2546 (หมดอายุการคุ้มครอง) เรื่องกรรมวิธีการทำแผ่นชิ้นไม้อัดจากทางใบปาล์มน้ำมันและแผ่นชิ้นไม้อัดที่ได้จากกรรมวิธีนี้ โดยมีรายละเอียดของการคุ้มครอง ประกอบด้วย 1.กรรมวิธีการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดจากทางใบปาล์มน้ำมัน ประกอบด้วย (1) การเตรียมชิ้นทางใบปาล์มน้ำมันโดยการสับ แยกน้ำออก แยกขุย นำไปย่อยให้ เป็นชิ้นขนาดเล็กตั้งแต่ 20-200 mesh หรือย่อยให้เป็นเส้นใย (fiber) โดยใช้วิธีกล ทำการอบ โดยควบคุมความชื้นร้อยละ 0-12 โดยน้ำหนักแห้ง (2) นำชิ้นส่วนทางใบปาล์มน้ำมันขนาดเล็กตั้งแต่ 20-200 mesh หรือ เส้นใย หรือ การผสมชิ้นส่วนทางใบปาล์มน้ำมันขนาดเล็กตั้งแต่ 20-200 mesh และเส้นใยจากข้อ (1) ผสมกับกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (UF) ร้อยละ 4-20 ของน้ำหนักแห้งทางใบปาล์ม หรือกาวไอโซ ไซยาเนต (IC) ร้อยละ 2-10 ของน้ำหนักแห้งทางใบปาล์ม หรือกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ (PF) ร้อยละ 3-16 ของน้ำหนักแห้งทางใบปาล์ม ผสมสารปรับปรุงคุณภาพ (additives)

(3) การขึ้นรูปแผ่นชิ้นไม้อัดจากทางใบปาล์มน้ำมัน โดยการนำของผสมจากข้อ (2) มาฟอร์มเป็นแผ่นหรือขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ โดยให้มีความหนาแน่นของแผ่น 0.25-1.00 กรัม/ ลูกบาศก์เซนติเมตร ความหนาตั้งแต่ 6-100 มิลลิเมตร (4) นำแผ่นชิ้นไม้อัดจากทางใบปาล์มน้ำมัน (3) ไปรับสภาวะความชื้น (Conditioning) โดยทิ้งไว้ที่สภาวะปกติ 2.กรรมวิธีตามข้อถือสิทธิ 1 ที่ซึ่งสารปรับปรุงคุณภาพที่ใช้ คือ สารกันน้ำและความชื้น (Sizings) สารหน่วงไฟ (Fire retardants) และสารกันเชื้อราและแมลง (Preservatives) ผสมในอัตราส่วนตั้งแต่ร้อยละ 0.01-3 ของน้ำหนักทางใบปาล์มแห้ง และ 3.แผ่นชิ้นไม้อัดจากทางใบปาล์มน้ำมันที่ผลิตขึ้นตามกรรมวิธีของข้อถือสิทธิ 1 หรือ 2

2.3.3 ธนัญชัย ปคุณวรกิจ และคณะ (2549) ได้ศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติความเป็นฉนวนของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรระหว่างฉนวนที่ผลิตจากซังข้าวโพดกับฉนวนที่ผลิตจากต้นมันสำปะหลัง ในระดับความหนาแน่นที่ต่างกัน เพื่อหาความหนาแน่นที่สามารถลดการถ่ายเทความร้อนได้ดีที่สุด ซึ่งพบว่าฉนวนที่มีความหนาแน่นน้อยจะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำกว่าฉนวนชนิดเดียวกันที่มีความหนาแน่นมาก โดยฉนวนต้นมันสำปะหลัง ความหนาแน่น 200 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หนา 10 มิลลิเมตร จะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน เท่ากับ 0.059 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน ซึ่งสามารถลดอุณหภูมิภายในให้ต่ำลงประมาณ 2.3 องศาเซลเซียส จึงมีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้เป็นฉนวนอาคาร โดยเฉพาะบ้านเรือนในชนบท เนื่องจากมีต้นทุนต่ำและใช้วัสดุในท้องถิ่น นอกจากนี้เมื่อนำแผ่นที่ทำจากต้นมันสำปะหลัง ความหนาแน่น 800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หนา 10 มิลลิเมตร มาทำแผ่นผนังภายในแทนการใช้ไม้อัด พบว่า สามารถลดความร้อนเข้าสู่อาคารได้ดีกว่าไม้อัด 3.03 องศาเซลเซียส และมีต้นทุนวัสดุที่ถูกกว่ามาก อย่างไรก็ตาม ฉนวนและแผ่นผนังที่ทำจากต้นมันสำปะหลังยังต้องได้รับการพัฒนาในเรื่องคุณสมบัติทางกายภาพการป้องกันแมลง การควบคุมการผลิต รวมไปถึงการพัฒนาจากการศึกษาวิจัยไปสู่การใช้งานจริง ซึ่งปัจจุบันมีฉนวนจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอีกมากที่มีการศึกษาวิจัย เช่น ฟางข้าว หญ้าแฝก เป็นต้น ซึ่งเป็นการเพิ่มคุณค่าแก่วัสดุเหลือใช้ เพราะสามารถลดปริมาณขยะ ลดมลพิษอันเกิดจากการเผาทำลาย สร้างรายได้ให้กับชุมชน และยังสะท้อนอัตลักษณ์ทางสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นได้อีกด้วย

2.3.4 ประชุม คำพุฒ และคณะ (2552) ได้ศึกษาสมบัติของมอร์ต้าร์น้ำหนักเบา โดยการใช้เส้นใยจากขยะเปลือกทุเรียนเป็นวัสดุผสมเพิ่ม ออกแบบส่วนผสมของมอร์ต้าร์ให้มีอัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 : ทรายละเอียดร่อนค้างตะแกรงเบอร์ 200 เท่ากับ 1 : 2.75 โดยน้ำหนัก และกำหนดอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ในสัดส่วนประมาณ 0.83 ซึ่งจะใช้เส้นใยเปลือกทุเรียนแทนที่ปูนซีเมนต์เท่ากับร้อยละ 0, 0.04, 0.06, 0.08, 0.10 และ 0.12 โดยน้ำหนัก นำไปหล่อก้อนตัวอย่างมอร์ต้าร์ทดสอบ โดยขนาด 5 x 5 x 5 ลบ.ซม. สำหรับทดสอบกำลังอัด ขนาด 4 x 4 x 16 ลบ.ซม. สำหรับทดสอบกำลังดัด นำตัวอย่างทั้ง 2 ขนาด มาหาค่าการดูดซึมน้ำและความหนาแน่นของมอร์ต้าร์ ที่อายุมอร์ต้าร์ 7, 14 และ 28 วัน ผลการทดสอบพบว่า เมื่อผสมเส้นใยเปลือกทุเรียนแทนที่ปูนซีเมนต์ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้มอร์ต้าร์มีกำลังดัดและการดูดซึมน้ำสูงขึ้น ส่วนกำลังอัดและความหนาแน่นจะต่ำลง ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วสามารถนำเส้นใยจากขยะเปลือกทุเรียนไปพัฒนาใช้ในงานคอนกรีตน้ำหนักเบาได้ต่อไป

2.3.5 ณัฐนนท์ รัตนไชย และประชุม คำพุฒ (2552) ได้ศึกษาแนวทางแยกเส้นใยไผ่จากไม้ไผ่เพื่อส่งเสริมให้มีการผลิตเป็นสินค้าส่งออกของกลุ่มจังหวัดภาคกลางตอนบน โดยกรรมวิธีในการแยกเส้นใยไผ่ สามารถแบ่งตามกระบวนการได้ 2 วิธีหลักๆ คือ การแยกโดยวิธีทางกล และการแยกโดยวิธีทางเคมี ซึ่งผลจากการแยกเส้นใยดังกล่าวพบว่า การแยกเส้นใยด้วยวิธีทางกล จะได้เส้นใยไผ่ที่มีความยาวประมาณ 10 - 15 เซนติเมตร ลักษณะภาคตัดขวางเป็นทรงรีค่อนข้างกลม มีรูพรุนหรือโพรงอากาศกลางเส้นใย ลักษณะตามยาวหรือผิวนอกเป็นร่อง ขรุขระไม่เรียบ ตลอดความยาวของเส้น ส่วนการแยกเส้นใยด้วยวิธีทางเคมี ก็จะได้เส้นใยไผ่ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน แต่ผิวของเส้นใยจะมีความเรียบมากกว่า ทั้งนี้เนื่องจากการแยกโดยวิธีทางเคมี จะสามารถกำจัดสารเชื่อมประสาน หรือลิกนินออกไปได้มากกว่าการแยกโดยวิธีทางกล ส่วนผลจากการทดสอบความต้านทานแรงดึง และอัตราการดูดซึมน้ำ จะได้ว่า เส้นใยที่แยกโดยวิธีทางกล จะมีค่าความต้านทานแรงดึง และอัตราการดูดซึมน้ำที่สูงกว่าเส้นใยที่แยกโดยวิธีทางเคมี โดยเส้นใยไผ่ทั้งหมดสามารถนำไปผลิตเป็นสินค้าต่างๆ ได้หลายชนิด ได้แก่ ใยขัดตัว เส้นด้าย ผ้าทอ วัสดุก่อสร้าง และวัสดุตกแต่ง เป็นต้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งของการใช้ประโยชน์จากต้นไผ่ เพื่อสร้างงาน สร้างอาชีพ และผลักดันเศรษฐกิจไทยให้ขับเคลื่อนไปข้างหน้าอย่างยั่งยืนได้ต่อไป

2.3.6 อมเรศ บกสุวรรณ และประชุม คำพุฒ (2552) ได้ศึกษาสมบัติวัสดุผสมจากโพลีเอทธิลีนกับเส้นเปลือกใยทุเรียน โดยมีส่วน ผสมของโพลีเอทธิลีนต่อเส้นใยเปลือกทุเรียน เท่ากับ 90: 10, 80: 20, 70: 30, 60: 40 และ 50: 50 โดยน้ำหนัก ผสมเส้นใยทุเรียนด้วยเครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้ง ทำการอัดขึ้นรูปแผ่นวัสดุผสมขนาด 30 × 30 × 0.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยวิธีการอัดร้อน และทดสอบสมบัติทางกลของแผ่นวัสดุผสมตามมาตรฐาน ASTM จากผลการทดสอบพบว่าวัสดุผสมที่มีปริมาณของโพลีเอทธิลีนที่สูงขึ้นจะทำให้วัสดุผสมมีความต้านทานการรับแรงดึง และแรงกระแทกสูงกว่า ส่วนปริมาณเส้นใยเปลือกทุเรียนที่เพิ่มขึ้นทำให้ความต้านทานการรับแรงดัด และความแข็งที่ผิวสูงขึ้น ผลการวิจัยมีแนวโน้มที่จะนำไปพัฒนาเป็นแผ่นวัสดุตกแต่งผนังอาคารเนื่องจากมีสีผิวและลวดลายของวัสดุผสมที่สวยงาม

2.3.7 ก้องนภา ถิ่นวัฒนากูล และคณะ (2553) ได้ศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของการนำเส้นใยเปลือกทุเรียน เส้นใยต้นข้าวโพด และกากมะพร้าว มาผสมกับกากดินขาว ขึ้นรูปเป็นอิฐบล็อกกากดินขาวผสมเส้นใยต่างๆ โดยกำหนดอัตราส่วน ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ต่อกากดินขาว 1 : 60 โดยน้ำหนัก ผสมเส้นใยร้อยละ 1.67, 3.33 และ 5 ทำการขึ้นรูปตัวอย่างขนาด 6.9 x 39 x 19 ลูกบาศก์เซนติเมตร ด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก นำมาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกล ตามมาตรฐาน มอก. 58-2530 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ผลการทดสอบพบว่า การใส่เส้นใยในปริมาณมากทำให้ความหนาแน่นของอิฐบล็อกมีค่าน้อยลง แต่การเปลี่ยนแปลงความยาวและร้อยละการดูดซึมน้ำจะเพิ่มมากขึ้น ส่วนค่าความต้านทานแรงอัดจะมีค่าน้อยลง โดยอิฐบล็อกกากดินขาวที่ไม่ผสมเส้นใยจะมีค่า 20 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เท่ากับมาตรฐาน มอก. ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะใช้เส้นใยธรรมชาติมาเป็นวัสดุผสมเพิ่มเพื่อลดน้ำหนักของอิฐบล็อกกากดินขาวให้น้อยลงแต่ ควรใส่ในปริมาณที่ไม่มาก เพื่อที่ค่าความต้านทานแรงอัดจะได้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

2.3.8 ครองศักดิ์ ลุนหล้า และคณะ (2553) ได้ทำการศึกษา พฤติกรรมการรับแรงอัดตามแนวแกนสำหรับตัวอย่างคอนกรีตที่เสริมกำลังด้วยเฟอร์โรซีเมนต์ การศึกษานี้พิจารณาผลการเพิ่มของกำลังรับแรงอัดตามแนวแกนเปรียบเทียบกับชิ้นส่วนตัวอย่างที่เป็นคอนกรีตล้วน จากการทดสอบชิ้นส่วนคอนกรีตที่หุ้มด้วยเฟอร์โรซีเมนต์ขนาด 15 × 15 × 30 ลูกบาศก์เซนติเมตร ทำการเปรียบเทียบกับชิ้นส่วนตัวอย่างที่เป็นคอนกรีตล้วนซึ่งมีหน้าตัดเดียวกัน สามารถรับกำลังอัดตามแนวแกนได้น้อยกว่าชิ้นส่วนตัวอย่างที่เป็นคอนกรีตล้วน แต่เมื่อทำการปรับเทียบตัวอย่างคอนกรีตล้วนที่มีหน้าตัด 15 × 15 ตารางเซนติเมตร เป็นตัวอย่างคอนกรีตล้วน ซึ่งมีหน้าตัด 12 × 12 ตารางเซนติเมตร พบว่า ตัวอย่างที่หุ้มด้วยวัสดุเฟอร์โรซีเมนต์นั้น สามารถรับแรงอัดตามแนวแกนได้มากกว่าตัวอย่างคอนกรีตล้วนที่ถูกปรับเทียบมาเป็นหน้าตัด 12 × 12 ตารางเซนติเมตร แต่อย่างไรก็ตาม พบว่า ยังมีปัญหาเรื่องการหล่อในภายหลัง ซึ่งไม่สามารถรับกำลังอัดตามแนวแกนได้มากพอ ซึ่งองค์ประกอบของวัสดุเฟอร์โรซีเมนต์ก็มีผลต่อกำลังรับน้ำหนักตามแนวแกนของตัวอย่างที่นำมาเสริมกำลัง โดยหากนำมอร์ตาร์กำลังสูงมาใช้เป็นวัสดุเฟอร์โรซีเมนต์จะทำให้ตัวอย่างคอนกรีตสามารถรับกำลังอัดได้สูงขึ้น ส่วนลวดตะแกรงที่นำมาใช้เป็นวัสดุเฟอร์โรซีเมนต์นั้น จะเป็นตัวช่วยให้มอร์ตาร์ด้านนอกและตัวแกนคอนกรีตล้วนตรงกลางสามารถยึดเกาะกันได้ดีขึ้น แต่ลวดตะแกรง จะมีผลช่วยรับกำลังให้เพิ่มขึ้นของตัวคอนกรีตล้วนตรงกลาง ได้น้อยมาก เพราะลวดตะแกรงที่นำมาใช้นั้น สามารถยืดตัวได้มาก ตัวอย่างคอนกรีตที่เป็นแกนกลางจึงวิบัติก่อนที่ลวดตะแกรงจะช่วยในการโอบรัด

2.3.9 การสืบค้นสิทธิบัตรที่เกี่ยวข้อง

1) บริษัท วิกส์ 59 จำกัด และนายวรธรรม อุ่นจิตติชัย สิทธิบัตรประดิษฐ์เคมี เลขที่คำขอ 901000717 เลขที่ ประกาศโฆษณา 99646 เรื่อง การอบต้นปาล์มน้ำมัน (Elaeis guineensis) เพื่อผลิตไม้แผ่นแปรรูป

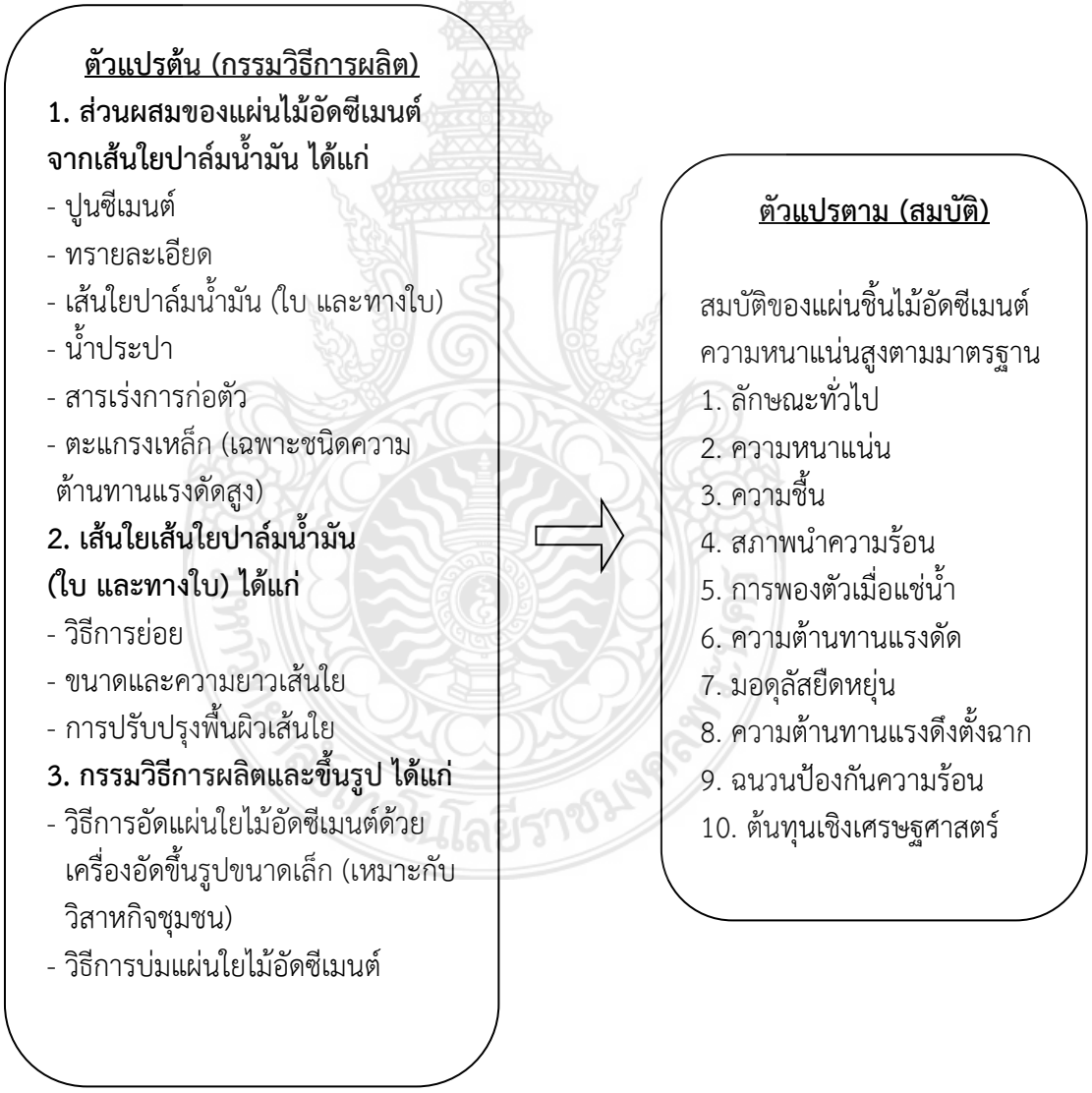
2) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อนุสิทธิบัตรเลขที่ 1470 เรื่อง กรรมวิธีการทำแผ่นชิ้นไม้อัดจากทางใบปาล์มน้ำมันและแผ่นชิ้นไม้อัดที่ได้จากกรรมวิธีนี้

3) นางทัศนีย์ ทองก้านเหลือง อนุสิทธิบัตรเลขที่ 2935 เรื่อง ผลิตภัณฑ์แผ่นชิ้นไม้อัดจากทะลายปาล์มน้ำมันและกรรมวิธีการผลิต

จากการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมา สามารถแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นใยอัดซีเมนต์จากเส้นใยปาล์มน้ำมันสำหรับชุมชนท้องถิ่น โดยเส้นใยใบและทางใบปาล์มน้ำมันเป็นเส้นใยธรรมชาติชนิดหนึ่งที่เข้ากับปูนซีเมนต์ได้ดี นอกจากนี้ ได้มีการทดลองขึ้นรูปและทดสอบสมบัติเบื้องต้นของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากเส้นใยต้นข้าวโพด พบว่า การย่อยขนาดเส้นใย การใช้สารเคมีเร่งการก่อตัว การปรับอัตราส่วนผสม และกรรมวิธีการอัดขึ้นรูป ทำให้สามารถผลิตแผ่นไม้อัดซีเมนต์ ได้โดยไม่ต้องให้น้ำหนักค้างไว้ จึงทำให้โครงการวิจัยนี้มีความเป็นไปได้ที่จะประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่ตั้งไว้

2.4 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

กรอบแนวความคิดของการพัฒนาแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากเส้นใยปาล์มน้ำมัน (เส้นใยจากใบ และทางใบ) จึงเป็นการศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์หรือแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ที่มีเส้นใยปาล์มน้ำมัน ผสมรวมกับปูนซีเมนต์ ทรายละเอียด สารเร่งการก่อตัว และตะแกรงเหล็ก (เฉพาะชนิดรับแรงดัดสูง) เน้นให้มีการศึกษา ทดลอง และปรับปรุงเพื่อหาอัตราส่วนและกระบวนการที่ทำให้แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ มีคุณสมบัติตามต้องการ และสามารถผ่านการทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกล ตามมาตรฐาน มอก. 878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูงได้ (สมอ., 2537) สามารถขึ้นรูปได้ด้วยเครื่องจักรขนาดเล็ก และไม่ต้องค้างน้ำหนักไว้ภายหลังการอัดซึ่งสะดวกต่อการผลิตใช้งานจริงโดยวิสาหกิจชุมชน



รูปที่ 5 กรอบแนวความคิดของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากเส้นใยปาล์มน้ำมัน

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการทดลอง ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและทำการทดสอบ ดังนี้

3.1 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง จากงานวิจัยและโครงการอื่นเพิ่มเติม

3.2 เตรียมวัสดุและอุปกรณ์

1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1

2) ทรายละเอียด

3) ใบปาล์มน้ำมัน

4) ทางใบปาล์มน้ำมัน

5) สารปรับปรุงเส้นใย ได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

6) สารเร่งการก่อตัว ได้แก่ สารละลายอลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3$), แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) และโซเดียมซิลิเกต (Na_2SiO_3)

7) น้ำประปา

8) เหล็กตะแกรง ขนาดและความถี่ต่างๆ

9) เครื่องผสมคอนกรีต

10) เครื่องอัดแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ (พื้นฐานมาจากเครื่องอัดคอนกรีตบล็อก)

11) ตะแกรง (Sieve) สำหรับร่อนวัสดุผสม

12) เครื่องชั่งน้ำหนัก

13) แบบหล่อ ขนาด 600 x 1,200 x 20 ลูกบาศก์มิลลิเมตร

14) แบบหล่อ ขนาด 300 x 300 x 20 ลูกบาศก์มิลลิเมตร

15) ชุดอุปกรณ์ให้แรงอัดสำหรับแบบหล่อทั่วไป

16) ชุดทดสอบหาค่าความหนาแน่น ความชื้น และการดูดซึมน้ำ

17) เครื่องทดสอบเอนกประสงค์ (Universal Testing Machine)

18) เครื่องทดสอบสภาพนำความร้อน ตาม ASTM C 177 (ASTM, 2012)

19) เครื่องตัดเส้นใย

3.3 เตรียมตัวอย่างแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์

1) ย่อยขนาดเส้นใย ทั้งใบและทางใบปาล์มน้ำมัน

2) เตรียมและปรับสภาพเส้นใยใบและทางใบปาล์มน้ำมัน ด้วยสารปรับปรุงเส้นใย เพื่อช่วยเพิ่มการยึดติดระหว่างเส้นใยทดแทนไม้กับซีเมนต์

3) ออกแบบอัตราส่วนผสมของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากเส้นใยปาล์ม (ทั้งใบและทางใบปาล์มน้ำมัน) โดยให้ความสำคัญกับสมบัติตามมาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) ความสามารถในการขึ้นรูปแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์โดยใช้เครื่องจักรขนาดเล็ก และความเป็นไปได้ในการผลิตของวิสาหกิจชุมชน

4) ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทรายละเอียด เส้นใยใบและทางใบปาล์มน้ำมัน และสารเร่งการก่อตัว เข้าด้วยกันอย่างสม่ำเสมอ ตามอัตราส่วนที่กำหนด ด้วยเครื่องผสม

5) เตรียมแบบหล่อให้สะอาด พร้อมติดตั้งตะแกรงเหล็กเสริมแรง จำนวนไม่น้อยกว่า 5 แบบ (ขนาดและความถี่) โดยให้ความสำคัญกับความคุ้มค่าและความคงทนแข็งแรง

6) เทส่วนผสมทั้งหมดลงในแบบและอัดแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ด้วยเครื่องอัดขึ้นรูป

7) บ่มด้วยกระสอบพรมน้ำตามระยะเวลาที่กำหนด

8) เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดในการบ่ม ได้ตัวอย่างแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากเส้นใยปาล์มน้ำมัน สำหรับทำการทดสอบสมบัติต่างๆ ต่อไป

3.4 ทดสอบสมบัติต่างๆ ตามมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537) และมาตรฐานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย

1) ลักษณะทั่วไป

2) ความหนาแน่น

3) ความชื้น

4) สภาพนำความร้อน ตาม BS 874 Part 2 หรือ ASTM C 177

5) การพองตัวเมื่อแช่น้ำ

6) ความต้านทานแรงดัด

7) มอดุลัสยืดหยุ่น

8) ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

3.5 วิเคราะห์ข้อมูลการทดสอบ

1) เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าต่างๆ ที่ได้จากการทดสอบ

2) วิเคราะห์สมบัติต่างๆ ที่ได้จากการทดสอบแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์เปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537) ของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.)

4) วิเคราะห์หาอัตราส่วนผสม ส่วนประกอบ และกรรมวิธีการผลิตแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากเส้นใยปาล์มน้ำมัน

3.6 จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์ และปิดโครงการ

บทที่ 4
ผลการวิจัย

จากผลการดำเนินงานของโครงการ “การพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นใยอัดซีเมนต์จากเส้นใยปาล์มน้ำมันสำหรับวิสาหกิจชุมชน” สามารถสรุปได้ ดังต่อไปนี้

4.1 การกำหนดอัตราส่วนผสม

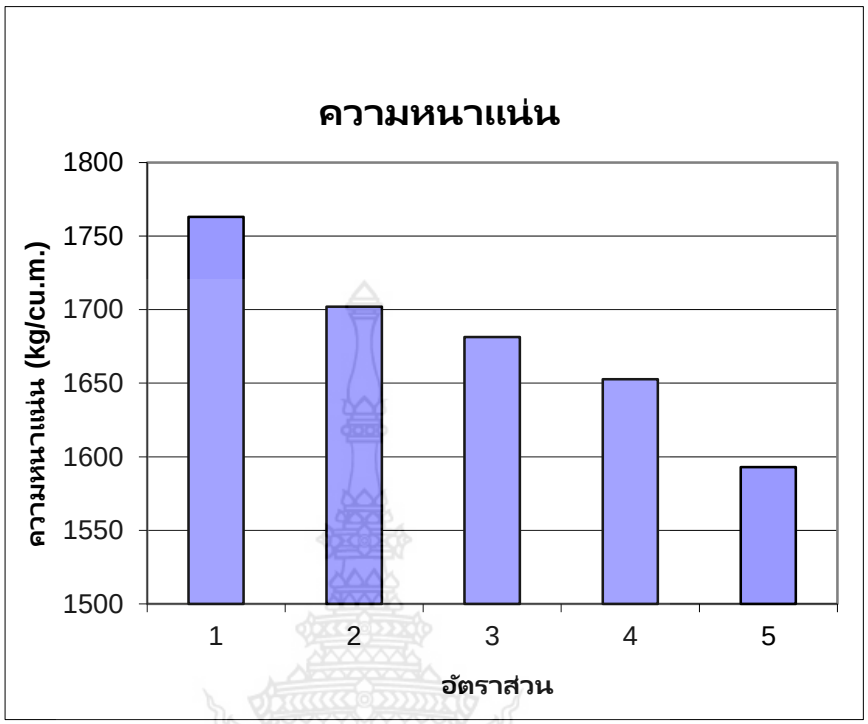
การกำหนดส่วนผสมของแผ่นใยอัดซีเมนต์จากเส้นใยปาล์ม โดยทำการเพิ่มอัตราส่วนปริมาณเส้นใยปาล์ม เท่ากับ 0.01 แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 อัตราส่วนผสมของแผ่นใยอัดซีเมนต์ผสมเส้นใยปาล์มน้ำมัน

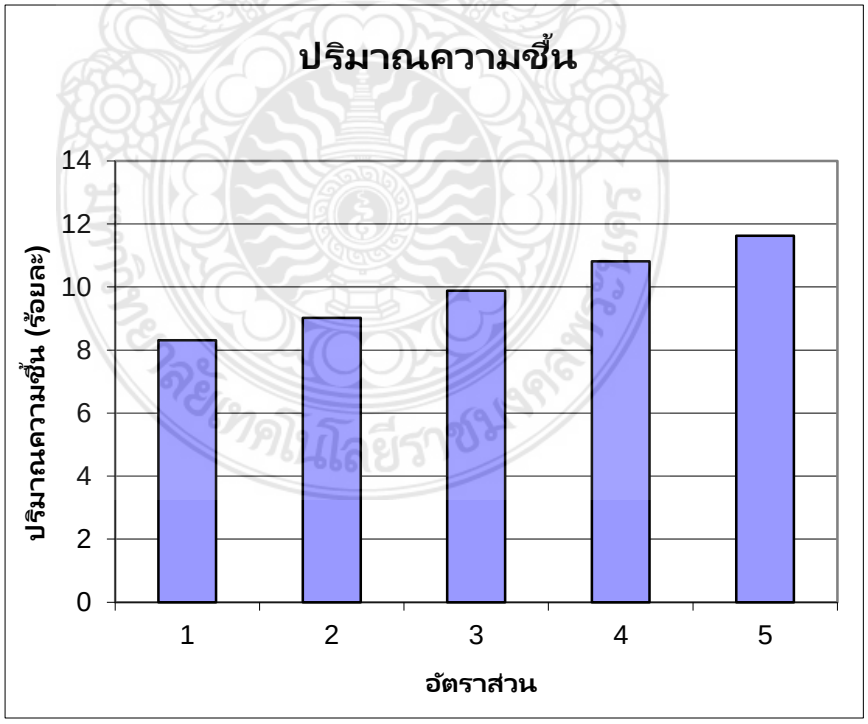
อัตราส่วน	ปูนซีเมนต์	ทรายละเอียด	เส้นใยปลาม	สารโซเดียมซิลิเกต	น้ำประปา
1	1000	1.950	0.050	0.03	0.4
2	1000	1.940	0.060	0.03	0.4
3	1000	1.930	0.070	0.03	0.4
4	1000	1.920	0.080	0.03	0.4
5	1000	1.910	0.090	0.03	0.4

4.2 สมบัติแผ่นใยอัดซีเมนต์ผสมเส้นใยปาล์มน้ำมัน

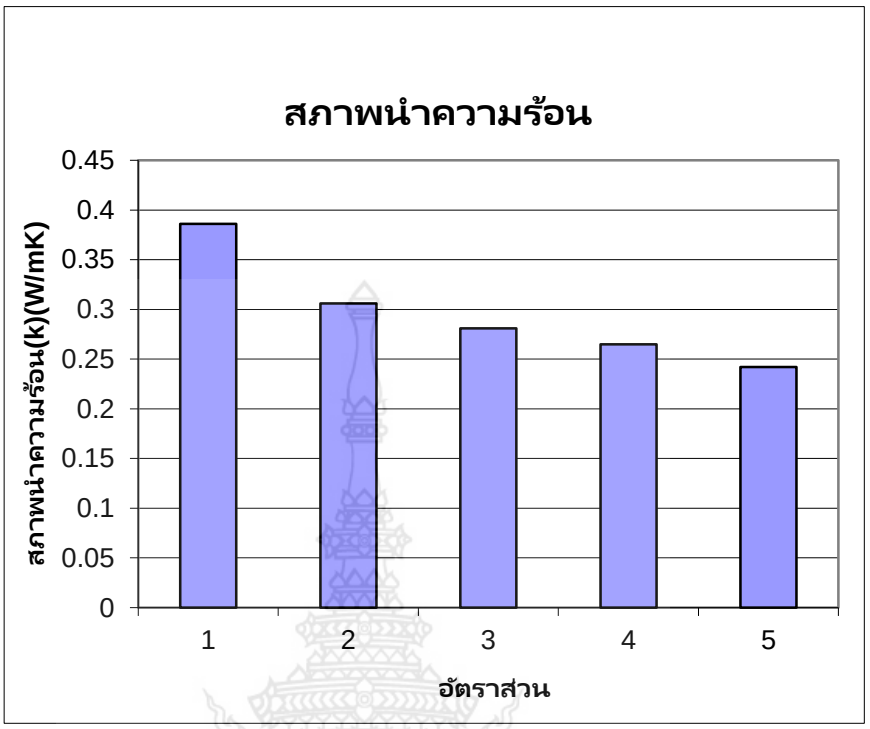
การตรวจพินิจลักษณะความหนาแน่น ปริมาณความชื้น สภาพนำความร้อน การพองตัวเมื่อแช่น้ำ ความต้านแรงดัด มอดุลัสยืดหยุ่น และความต้านแรงดึงตั้งฉาก ดังรูปที่ 6 ถึงรูปที่ 12



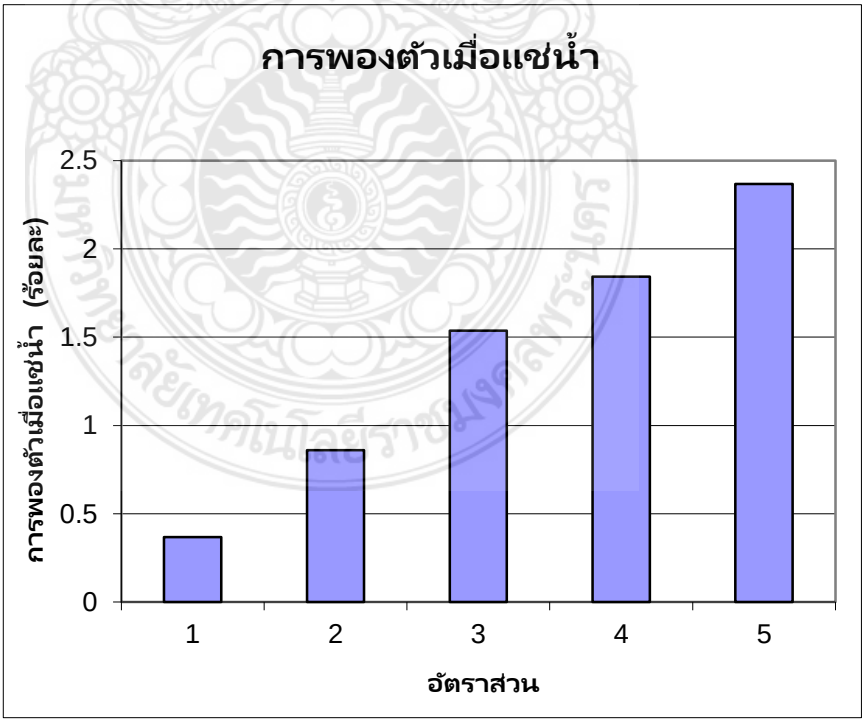
รูปที่ 6 ลักษณะความหนาแน่น



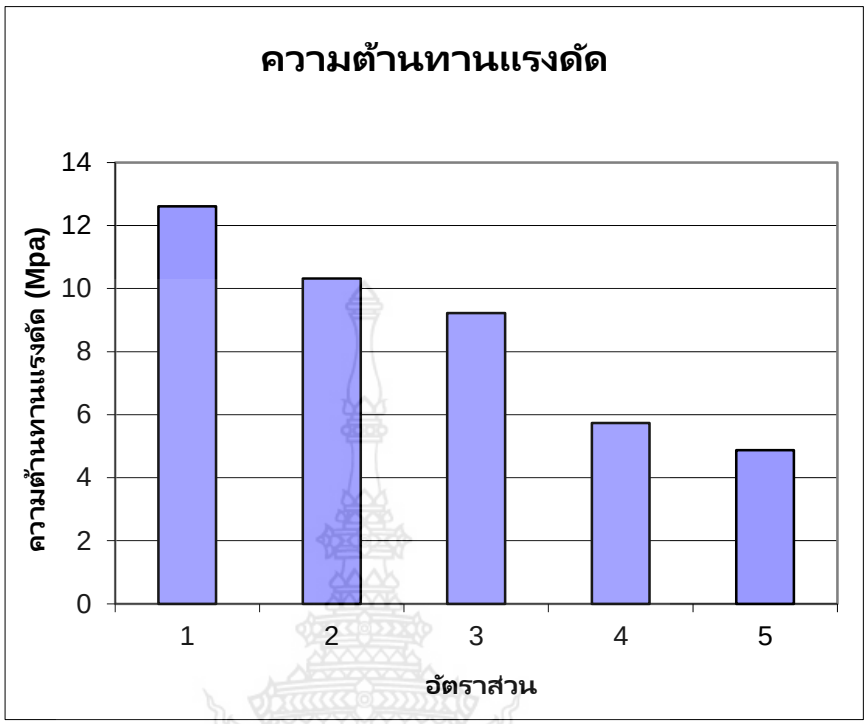
รูปที่ 7 ลักษณะปริมาณความชื้น



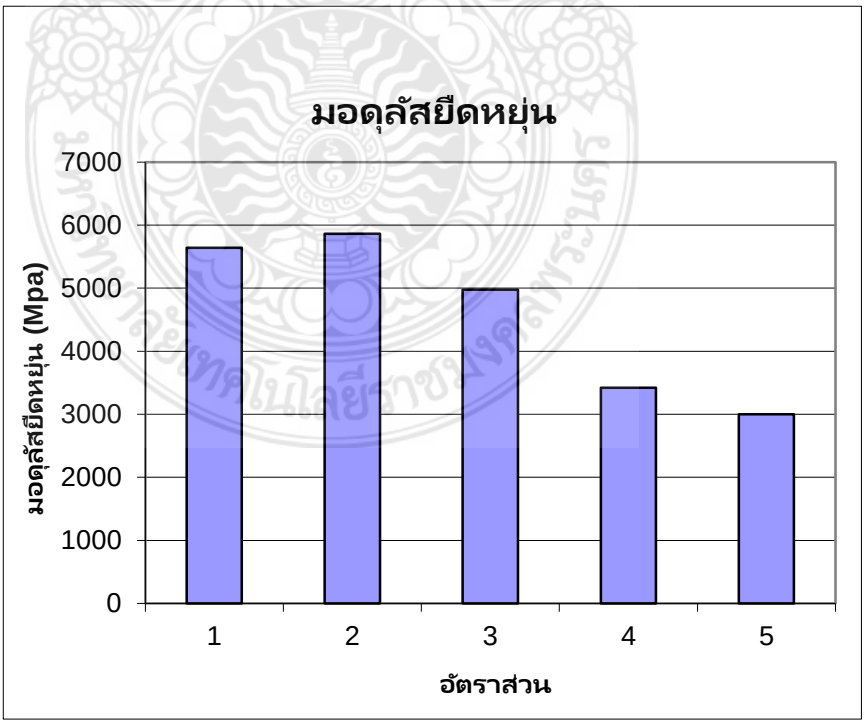
รูปที่ 8 ลักษณะสภาพนำความร้อน



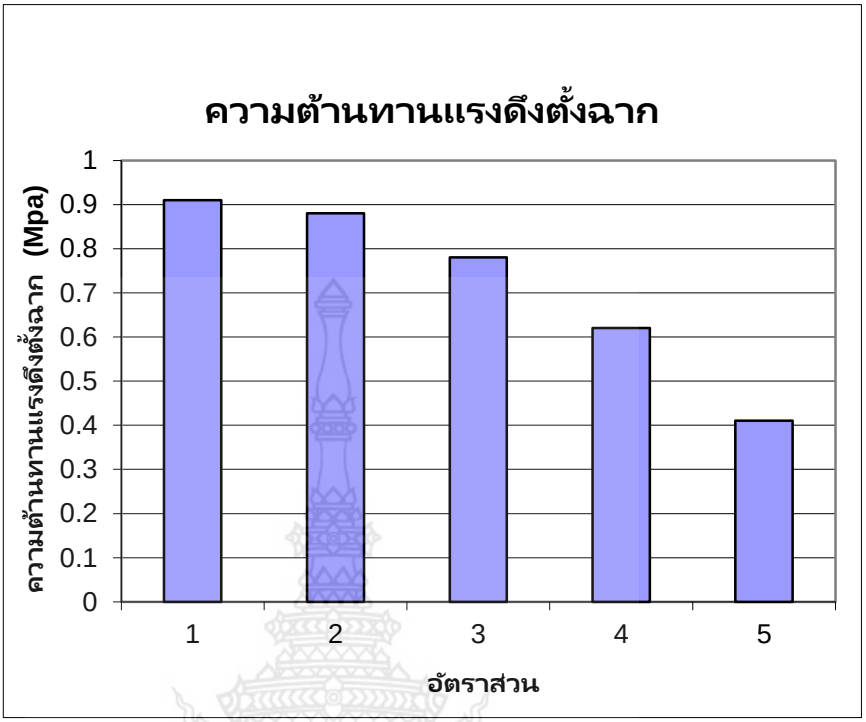
รูปที่ 9 ลักษณะการพองตัวเมื่อแช่น้ำ



รูปที่ 10 ลักษณะความต้านแรงดัด



รูปที่ 11 ลักษณะมอดุลัสยืดหยุ่น



รูปที่ 12 ลักษณะความต้านแรงดึงตั้งฉาก

จากรูปที่ 6 ถึง 12 เมื่อเพิ่มอัตราส่วนเส้นใยปาล์มลักษณะความหนาแน่น สภาพนำความร้อน ความต้านทางแรงดัด มอดูลัสยืดหยุ่นและความต้านทานแรงดึงตั้งฉากมีค่าลดลง โดยที่ลักษณะปริมาณความชื้น และการพองตัวเมื่อแช่น้ำมีค่าเพิ่มขึ้น และลักษณะทั่วไปในตัวอย่างของอัตราส่วนที่สี่และห้ามีขอบบิ่นและแตกร้าวได้ง่าย

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากผลการวิจัยการศึกษาผลิตภัณฑ์แผ่นใยอัดซีเมนต์จากเส้นใยปาล์มน้ำมัน โดยใช้เทคโนโลยีระดับชุมชนในการผลิตนั้น พบว่าเส้นใยปาล์มน้ำมันสามารถลดน้ำหนักและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนของผลิตภัณฑ์แผ่นใยอัดซีเมนต์ได้ดี และจากแนวโน้มของผลการทดสอบทั้งหมด พบว่าอัตราส่วนปริมาณเส้นใยปาล์มที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ลักษณะความหนาแน่น สภาพนำความร้อน ความต้านทางแรงดัด มอดูลัสยืดหยุ่นและความต้านทานแรงดึงตั้งฉากมีค่าลดลง โดยที่ลักษณะปริมาณความชื้น และการพองตัวเมื่อแช่น้ำมีค่าเพิ่มขึ้น โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมและมีการใช้เส้นใยปาล์มน้ำมันมากที่สุด คือ อัตราส่วน ปูนซีเมนต์: ทรายละเอียด:เส้นใยปาล์ม:สารโซเดียมซิลิเกต: น้ำประปา เท่ากับ 1.000 : 1.940 : 0.060 : 0.03 : 0.4 โดยน้ำหนัก ซึ่งอัตราส่วนดังกล่าวมีสมบัติผ่านตามที่ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง (มอก. 878-2537)

5.2 ข้อเสนอแนะ

สำหรับการศึกษาการใช้เส้นใยปาล์มน้ำมันในผลิตภัณฑ์แผ่นใยอัดซีเมนต์ต่อไปนั้น ควรสนันสนุนให้มีการนำองค์ความรู้ที่ได้ ไปพัฒนาต่อยอดในงานอื่นเพิ่มเติม เพื่อส่งเสริมให้มีการใช้ประโยชน์จากเส้นใยปาล์มน้ำมันซึ่งเป็นทรัพยากรธรรมชาติได้อย่างคุ้มค่ามากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2539. ไม้อัดซีเมนต์. อุตสาหกรรมสาร. ฉบับเดือน ต.ค. - พ.ย..

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2544. ไม้อัดซีเมนต์. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

ก้องนภา ถิ่นวัฒนากูล, ฐานันดร์ หล่วนพานิช, พิชัย มีคุณ, อิสรพงษ์ อังฉกรรจ์, 2553. การศึกษาคอนกรีตบล็อกกากดินขาวที่ผสมเส้นใยเปลือกทุเรียน เส้นใยต้นข้าวโพด และกากมะพร้าว. ปริญญานิพนธ์ระดับปริญญาตรี. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

ครองศักดิ์ ลุนหล้า, สยาม ดวงจันทร์โชติ, และอัสนีย์ เวียงเงิน, 2553. การทดสอบแรงอัดตามแนวแกนสาหรับตัวอย่างคอนกรีตที่เสริมด้วยเฟอร์โรซีเมนต์. ปริญญานิพนธ์หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ณัฐนนท์ รัตนไชย และประชุม คำพุฒ, 2552. การแยกเส้นใยไม้ไผ่เพื่อส่งเสริมให้มีการผลิตเป็นสินค้าส่งออกของกลุ่มจังหวัดภาคกลางตอนบน. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. ชุดโครงการกลุ่ม “อุตสาหกรรม การเกษตร อาหาร สิ่งทอ พลังงานทดแทน การขนส่ง และโลจิสติก”. สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ).

ธนัญชัย ปคุณวรกิจ, พันธุดา พุฒิไพโรจน์, วรธรรม อุ่นจิตติชัย, และพรรณจิรา ทิศาวิภาต, 2549. ประสิทธิ ภาพการป้องกันความร้อนของฉนวนอาคารจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. Journal of Architectural/Planning Research and Studies. Volume 4. 2006 Faculty of Architecture and Planning, Thammasat University.

ธวัช จิรายุส, 2535. การจับยึดปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ของไม้ยูคาลิปตัส. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ฉบับที่ 7 เดือน ม.ค.-เม.ย.2535. สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้. หน้า 85.

นิคม แหลมสัก, 2546. เอกสารประกาศโฆษณาอนุสิทธิบัตรเลขที่ 1470 เรื่องกรรมวิธีการทำแผ่นชิ้นไม้อัดจากทางใบปาล์มน้ำมันและแผ่นชิ้นไม้อัดที่ได้จากกรรมวิธีนี้ ยื่นคำขอวันที่ 3 ตุลาคม 2546. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บริษัท วิบูลย์วัฒนอุตสาหกรรม จำกัด, 2553. แผ่นไม้อัดซีเมนต์. รายงานผลการวิจัยทุนรัชดาภิเษกสมโภช. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประชุม คำพุฒ, กิตติพงษ์ สุวีโร และสมพิศ ดีบุญโน, 2552. การใช้เส้นใยจากขยะเปลือกทุเรียนเป็นวัสดุผสมในมอร์ต้าร์น้ำหนักเบา. วารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย. ปีที่23 ฉบับที่ 2. หน้า 79-88.

ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2545. สถิติการเกษตรแห่งประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2544/45. เล่มที่ 43, ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 121 หน้า.

สมชัย เพียรสถาพร, 2551. ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปาล์มน้ามัน. หนังสือพิมพ์เดลินิวส์. ฉบับวันที่ 11 เดือนมิถุนายน.

สำนักนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.), 2554. ชีวมวลจากปาล์มน้ำมัน. สำนักนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.), 2525. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่อง แผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์ชนิดใช้งานทั่วไป มอก. 442-2525. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.), 2530. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องไม้สักแปรรูป (มอก. 422-2530), สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.), 2537. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่อง แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูง มอก. 878-2537. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2530. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก 2530/31. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

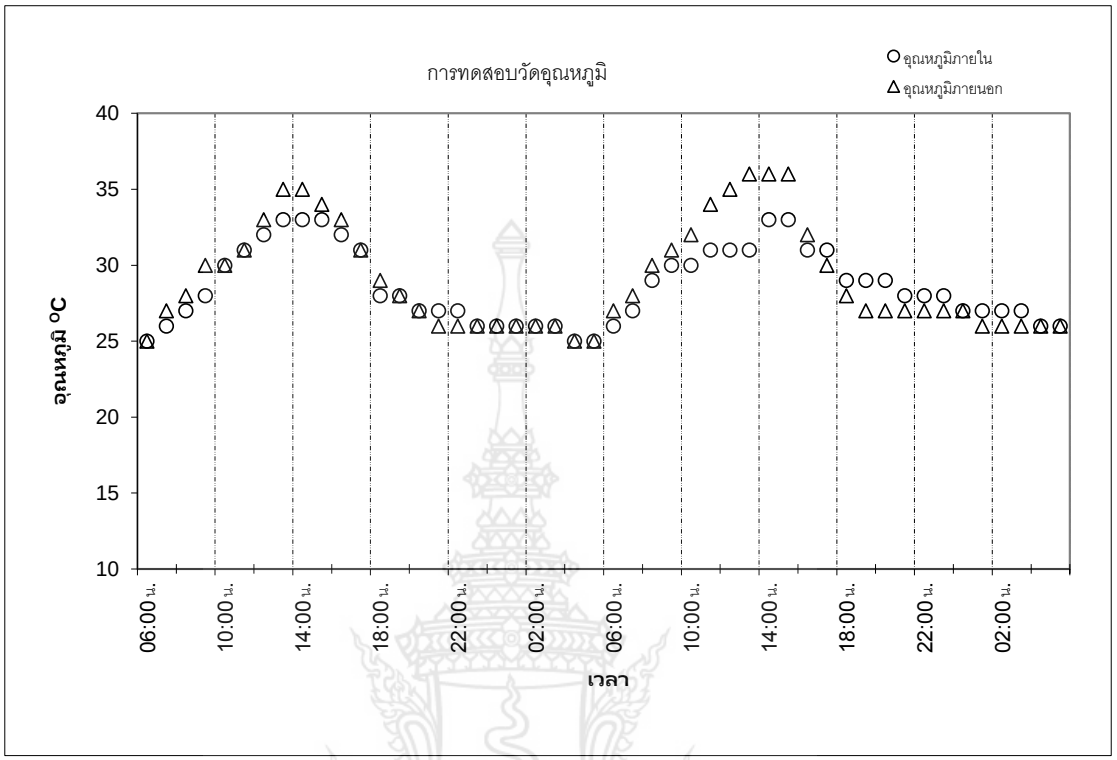
อมเรศ บกสุวรรณ และประชุม คำพุฒ, 2552. การศึกษาการผลิตแผ่นไม้อัดเทียมจากเปลือกทุเรียน. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. ชุดโครงการ กลุ่ม “อุตสาหกรรม การเกษตร อาหาร สิ่งทอ พลังงานทดแทน การขนส่ง และโลจิสติก”. สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.).

American Society for Testing and Materials (ASTM), 2012. Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia.

Palm plantations of Australia, Oil Palm Trees. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.palmplantations.com.au/oil-palm-trees.htm 2014.

ภาคผนวก

ตัวอย่างการขึ้นรูปและทดสอบ



การทดสอบอุณหภูมิผลิตภัณฑ์

มาตรฐานผลิตภัณฑ์

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 1999 (พ.ศ. 2537)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง แก้ไขมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง (แก้ไขครั้งที่ 1)

โดยที่เป็นการสมควรแก้ไขเพิ่มเติมมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง มาตรฐานเลขที่ มอก.878-2532

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง มาตรฐานเลขที่ มอก. 878-2532 ท้ายประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 1516 (พ.ศ.2532) ลงวันที่ 3 สิงหาคม พ.ศ.2532 ดังต่อไปนี้

1. ให้แก้หมายเลขมาตรฐานเลขที่ "มอก. 878-2532" เป็น "มอก. 878-2537"
2. ให้ยกเลิกความในข้อ 5.2 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

   "5.2 การทำ

   ใช้เครื่องจักรย่อยไม้ออกเป็นชิ้นไม้แยกชิ้นไม้ให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ นำไปผสมกับปูนซีเมนต์ แล้วนำไปโรยและอัดเป็นแผ่นในแบบ โดยทิ้งไว้ให้ปูนซีเมนต์ก่อตัวจึงถอดแบบออก หากใส่สารผสมเพิ่มต้องไม่ทำให้ความแข็งแรงหรือความคงทนของแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์เสียไป"
3. ให้ยกเลิกความในข้อ 6.4 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

   "6.4 สภาพนำความร้อน

   ต้องมีค่าเฉลี่ยไม่เกิน 0.25 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน

   การทดสอบให้ปฏิบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีทดสอบสมบัติการเป็นฉนวนความร้อน (ในกรณีที่ยังไม่มีการประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าว ให้เป็นไปตาม BS 874 Part 2 หรือ ASTM C 177)"

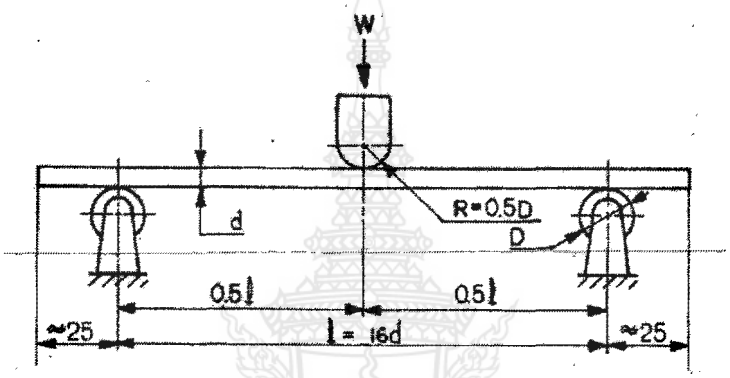
4. ให้ยกเลิกความในข้อ 9.3.1.2 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"9.3.1.2 ไมโครมิเตอร์ ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 มิลลิเมตร สำหรับวัดความหนา"

5. ให้เพิ่มความต่อไปนี้เป็นข้อ 9.3.1.3

"9.3.1.3 เวอร์เนียร์แคลลิเปอร์สที่วัดได้ละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร สำหรับวัดความกว้างและความยาว"

6. ให้ยกเลิกรูปที่ 4 และให้ใช้รูปต่อไปนี้แทน



รูปที่ 4 การทดสอบความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

(ข้อ 9.6.1.2)

ทั้งนี้ ตั้งแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 4 ตุลาคม พ.ศ. 2537

พลตรี สนั่น ขจรประศาสน์

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 111 ตอนที่ 87 ง
วันที่ 1 พฤศจิกายน พุทธศักราช 2537

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก. 878 – 2532

แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง

CEMENT BONDED PARTICLEBOARDS : HIGH DENSITY

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม

UDC 691.328.41:674.821 ISBN 974-8126-75-7

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง

มอก. 878 – 2532

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0 2202 3300

ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเล่ม 106 ตอนที่ 137
วันที่ 24 สิงหาคม พุทธศักราช 2532

คณะกรรมการวิชาการคณะที่ 120

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นอัดสำหรับการก่อสร้าง

ประธานกรรมการ

นายวรรณะ มณี	ผู้แทนสมาคมสถาปนิกสยาม ในพระบรมราชูปถัมภ์

กรรมการ

นายสุธี หาญสงคราม	ผู้แทนกรมป่าไม้
นายสมศักดิ์ พัฒนประภาพันธุ์	
นายยงยุทธ ศรีเมฆารัตน์	ผู้แทนกรมโยธาธิการ
นายสุทธิศักดิ์ สำเร็จประสงค์	ผู้แทนสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
นายอรุณ พุฒยางกูร	ผู้แทนสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ
นายผึ่งผาย สุนทราภัย	ผู้แทนวิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ
นายพลสินธุ อาชวาคม	ผู้แทนกรมการค้าต่างประเทศ
นายวิจิตร กฤษณบำรุง	ผู้แทนคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
นายอำนวย พานิชกุล	ผู้แทนวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์
นายอภัย รณะนันทน์	
-	ผู้แทนบริษัท ศรีมหาราชา จำกัด
ร.ต. อุทัย สินธุประมา	ผู้แทนบริษัท ไม้อัดไทย จำกัด
นายวิชัย ภูษิตวิทย์	
นายชูชาติ บุญสิริ	ผู้แทนบริษัท ไทยชิปบอร์ด จำกัด
ร.ท. ฉลอง ขุนพรหม	ผู้แทนบริษัท สตรามิตบอร์ด จำกัด
นายก่อเกียรติ แย้มมีศรี	ผู้แทนบริษัท เซลโลกรีตไทย จำกัด
นายนิสสิต บุญ-หลง	ผู้แทนบริษัท ไทยทักษิณป่าไม้ จำกัด

กรรมการและเลขานุการ

นายสมคิด แสงนิล	ผู้แทนสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ปัจจุบันมีการทำแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง ขึ้นได้เองภายในประเทศ โดยนำไปใช้ในงานก่อสร้างทั่ว ๆ ไป และส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศ ดังนั้นเพื่อเป็นการส่งเสริมอุตสาหกรรมประเภทนี้และเพื่อประโยชน์แก่ผู้ใช้ จึงกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง ขึ้น
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ กำหนดขึ้นโดยอาศัยเอกสารต่อไปนี้เป็นแนวทาง

ISO 8335 : 1987 Cement-bonded particleboards-Boards of Portland or equivalent cement reinforced with fibrous wood particles

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้พิจารณามาตรฐานนี้แล้ว เห็นสมควรเสนอรัฐมนตรีประกาศตามมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 1516 (พ.ศ. 2532)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง มาตรฐานเลขที่ มอก. 878-2532 ไว้ ดังมีรายการละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ประกาศ ณ วันที่ 3 สิงหาคม พ.ศ. 2532

บรรหาร ศิลปอาชา

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด แบบและสัญลักษณ์ ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ส่วนประกอบและการทำ คุณลักษณะที่ต้องการ เครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน และการทดสอบ แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง ที่ใช้งานก่อสร้างทั่ว ๆ ไป

1.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ครอบคลุมเฉพาะ แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง ที่เป็นแผ่นเรียบรูปสี่เหลี่ยม แต่ไม่ครอบคลุมถึงแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง ที่มีรูปร่างพิเศษ

2. บทพิเศษ

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง ซึ่งต่อไปนี้มาตรฐานนี้จะเรียกว่า “แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์” หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นแผ่น ทำจากชิ้นไม้และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 1 100 ถึง 1 300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

2.2 ชิ้นไม้ หมายถึง ชิ้นหรือส่วนของเนื้อไม้หรือวัสดุลิกโนเซลลูโลส (ligno–cellulosic material) อื่น ๆ ที่ถูกย่อยด้วยเครื่องจักร ชิ้นไม้อาจมีลักษณะต่าง ๆ อย่างใดอย่างหนึ่งดังนี้

2.2.1 เกล็ด (flake) หมายถึง ชิ้นไม้บาง ๆ มีทิศทางของเสี้ยนไม้ขนานกับผิว ได้จากการใช้ใบมีดตัดขนานกับแนวของเสี้ยนไม้ แต่ทำมุมกับแนวแกนของเส้นใย

2.2.2 เกล็ดใหญ่ (wafer) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเกล็ด แต่มีความกว้างและความหนามากกว่า

2.2.3 แถบ (strand) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเกล็ดแต่มีความยาวมากเมื่อเทียบกับความกว้าง และมีความหนาสม่ำเสมอตลอดความยาวของแถบ

2.2.4 ชี้กบ (planer shaving) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีรูปร่างเป็นแผ่นขนาดเล็กมีความหนาไม่เท่ากัน คือหนาที่ปลายด้านหนึ่งส่วนปลายอีกด้านหนึ่งจะบาง มีลักษณะเป็นแฉกขนนก และมักจะโค้งงอด้วย ซึ่งได้จากการไสไม้ด้วยเครื่องไสไม้ชนิดหัวตัดหมุน (rotary cutterhead)

2.2.5 แท่ง (splinter or sliver) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมเมื่อมองทางหน้าตัด และมีความยาวตามแนวเสี้ยนไม่น้อยกว่า 4 เท่าของความหนา

2.2.6 เม็ด (granule) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะคล้ายขี้เลื่อยซึ่งมีความกว้าง ความยาว และความหนาเกือบเท่ากัน

2.2.7 ลักษณะอื่น ๆ ซึ่งเหมาะสำหรับใช้ทำแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์

2.3 วัสดุลิกโนเซลลูโลส หมายถึง วัสดุที่มีเซลลูโลสและลิกนินเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น ไม้ และพืชต่าง ๆ ได้แก่ ชานอ้อย ป่าน ปอ เป็นต้น

3. แบบและสัญลักษณ์

3.1 แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ แบ่งออกเป็น 2 แบบ ตามลักษณะพื้นผิว คือ

3.1.1 แบบผิวขัดเรียบ มีสัญลักษณ์ SAN

3.1.2 แบบผิวไม่ขัด มีสัญลักษณ์ UNS

4. ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

4.1 ความกว้างและความยาว ให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ที่ฉลาก โดยจะมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกินค่าที่กำหนดในตารางที่ 1

หมายเหตุ *1. ความกว้างที่แนะนำ คือ 600 900 และ 1 200 มิลลิเมตร*

2. ความยาวที่แนะนำ คือ 1 200 1 800 และ 2 400 มิลลิเมตร

การวัดให้ปฏิบัติตามข้อ 9.2

4.2 ความหนา ให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ที่ฉลากแต่ต้องไม่น้อยกว่า 6 มิลลิเมตร โดยจะมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกินค่าที่กำหนดในตารางที่ 1

การวัดให้ปฏิบัติตามข้อ 9.2

4.3 ความแตกต่างของเส้นทแยงมุมทั้ง 2 เส้น จะมีได้ไม่เกินร้อยละ 0.25 ของเส้นสั้น

การวัดให้ปกิบัติตามข้อ 9.2

4.4 ความตรงของขอบแต่ละด้านจะคลาดเคลื่อนไปจากแนวตรงได้ไม่เกิน 3.0 มิลลิเมตร

การวัดให้ปฏิบัติตามข้อ 9.2

ตารางที่ 1 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

(ข้อ 4.1และข้อ 4.2)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

ความหนา	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน		
	ความกว้าง	ความหนา	
ระบุ	และความยาว	SAN	UNS
6 ถึง 12	± 5	± 0.3	± 1.0
เกิน 12 ถึง 20			± 1.5
เกิน 20			± 2.0

5. ส่วนประกอบและการทำ

5.1 ส่วนประกอบ

5.1.1 ชิ้นไม้

5.1.2 ปูนซีเมนต์

ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 1 ข้อกำหนดคุณภาพ มาตรฐานเลขที่ มอก. 15 เล่ม 1

5.2 การทำ

ใช้เครื่องจักรย่อยไม้ออกเป็นชิ้นไม้ แยกชิ้นไม้ให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ นำไปผสมกับปูนซีเมนต์ แล้วนำไปโรยและอัดเป็นแผ่นโดยทิ้งไว้ให้ปูนซีเมนต์ก่อตัวจึงถอดแบบออก หากใส่สารผสมเพิ่มต้องไม่ทำให้ความแข็งแรงหรือความคงทนของแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์เสียไป

6. คุณลักษณะที่ต้องการ

6.1 ลักษณะทั่วไป

แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ต้องมีความหนา ความแน่น และความเรียบสม่ำเสมอกันตลอดทั้งแผ่น ขอบจะต้องตั้งได้ฉากกับระนาบผิว

การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

6.2 ความหนาแน่นความหนาแน่น

ความหนาแน่นเฉลี่ยต้องอยู่ในช่วง 1 100 ถึง 1 300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 9.3

6.3 ความชื้น

ความชื้นเฉลี่ยต้องอยู่ในช่วงร้อยละ 9 ถึงร้อยละ 15

การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 9.4

6.4 สภาพนำความร้อน

ต้องมีค่าเฉลี่ยไม่เกิน 0.155 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน

การทดสอบให้ปฏิบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีทดสอบสมบัติการเป็นฉนวนกันความร้อน (ในกรณีที่ยังไม่มีการประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าว ให้เป็นไปตาม BS 874)

6.5 คุณลักษณะที่ต้องการอื่น ๆ

ให้เป็นไปตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณลักษณะที่ต้องการอื่นๆ

(ข้อ 6.5)

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด	วิธีทดสอบตาม
1	การพองตัวเมื่อแช่น้ำ ร้อยละ ไม่เกิน	2	ข้อ 9.5
2	ความต้านแรงดัด เมกะพาสคัล ไม่น้อยกว่า	9	ข้อ 9.6
3	มอดุลัสยืดหยุ่น เมกะพาสคัล ไม่น้อยกว่า	3 000	ข้อ 9.6
4	ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า เมกะพาสคัล ไม่น้อยกว่า	0.5	ข้อ 9.7

7. เครื่องหมายและฉลาก

7.1 ที่แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ทุกแผ่น อย่างน้อยต้องมีเลข อักษรหรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(1) คำว่า "แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์"

(2) สัญลักษณ์ของแบบ

(3) ขนาด (กว้าง × ยาว × หนา) เป็นมิลลิเมตร

(4) เดือน ปีที่ทำ หรือรหัสรุ่นที่ทำ

(5) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

7.2 ผู้ทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้ จะแสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นได้ ต่อเมื่อได้รับใบอนุญาตจากคณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว

8. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

8.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ที่มีแบบและความหนาระบุเดียวกัน ทำโดยกรรมวิธีเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

8.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

8.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบขนาด และลักษณะทั่วไป

8.2.1.1 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน ตามจำนวนที่กำหนดในตารางที่ 3

8.2.1.2 จำนวนตัวอย่างที่ไม่เป็นไปตามข้อ 4. และข้อ 6.1 ต้องไม่เกินเลขจำนวนที่ยอมรับ ที่กำหนดในตารางที่ 3 จึงจะถือว่าแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์รุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตารางที่ 3 แผนการชักตัวอย่างสำหรับการทดสอบขนาดและลักษณะทั่วไป

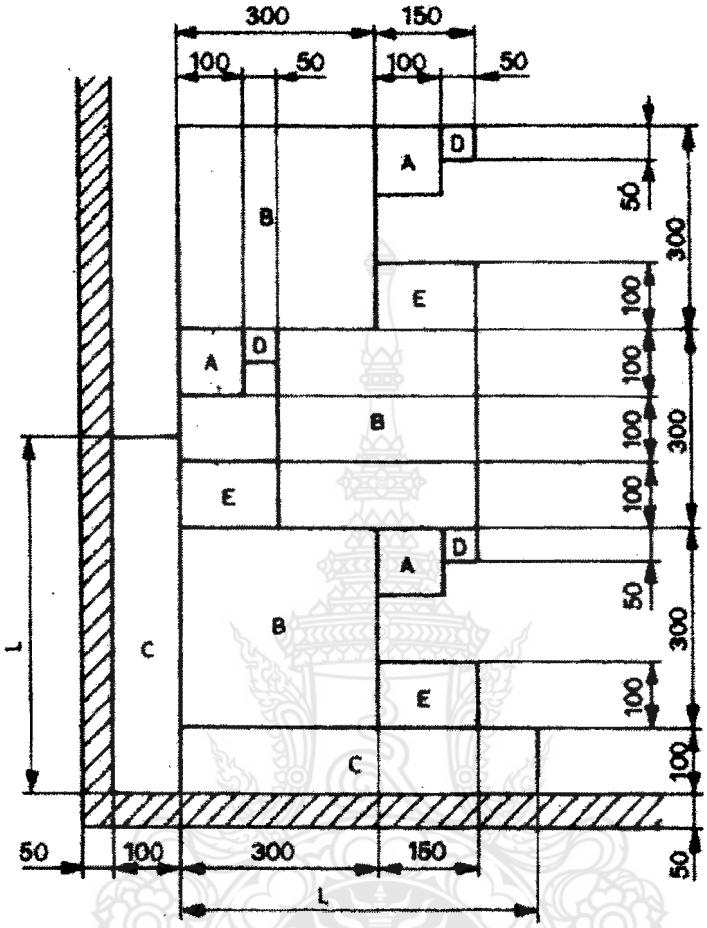
(ข้อ 8.2.1)

ขนาดรุ่น แผ่น	ขนาดตัวอย่าง แผ่น	เลขจำนวน ที่ยอมรับ
ไม่เกิน 150	3	0
151 ถึง 500	13	1
501 ขึ้นไป	20	2

8.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบความหนาแน่น ความชื้น สภาพนำความร้อน และคุณลักษณะที่ต้องการอื่น ๆ

8.2.2.1 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่ม จากแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ที่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในเรื่องขนาด และลักษณะทั่วไปแล้ว มาจำนวน 5 แผ่น แต่ละแผ่นให้ตัดเป็นชิ้นทดสอบตามรูปที่ 1

- ชิ้นทดสอบ A สำหรับทดสอบความหนาแน่น และความชื้น จำนวน 3 ชิ้น
- ชิ้นทดสอบ B สำหรับทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ จำนวน 3 ชิ้น
- ชิ้นทดสอบ C สำหรับทดสอบความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น จำนวน 2 ชิ้น
- ชิ้นทดสอบ D สำหรับทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า จำนวน 3 ชิ้น
- ชิ้นทดสอบ E สำหรับการทดสอบสภาพนำความร้อน จำนวน 3 ชิ้น



รูปที่ 1 ตำแหน่งและการตัดชิ้นทดสอบ

(ข้อ 8.2.2.1)

8.2.2.2 ตัวอย่างทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 6.2 ข้อ 6.3 ข้อ 6.4 และข้อ 6.5 ทุกรายการ จึงจะถือว่าแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์รุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

8.3 เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ต้องเป็นไปตามข้อ 8.2.1.2 และ ข้อ 8.2.2.2 ทุกข้อ จึงจะถือว่าแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์รุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

9. การทดสอบ

9.1 การปรับภาวะชิ้นทดสอบ

ให้นำชิ้นทดสอบที่เตรียมไว้ทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ ความต้านแรงดัด มอดุลัสยืดหยุ่น ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า และสภาพนำความร้อน ไปปรับภาวะที่อุณหภูมิ 23 ± 5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60 ± 10 จนน้ำหนักคงที่ คือ น้ำหนักของชิ้นทดสอบที่ชั่ง 2 ครั้งห่างกัน 24 ชั่วโมง ต่างกันไม่เกินร้อยละ 0.5 แล้วทำการทดสอบทันทีที่พ้นจากการปรับภาวะ ส่วนชิ้นทดสอบที่ใช้ทดสอบความหนาแน่นและความชื้นไม่ต้องปรับภาวะ

9.2 ขนาด

9.2.1 ความกว้างและความยาว

ใช้สายวัดโลหะที่วัดได้ละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร วัดที่จุดลึกเข้าไปจากขอบของแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ ประมาณ 100 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 2

9.2.2 ความหนา

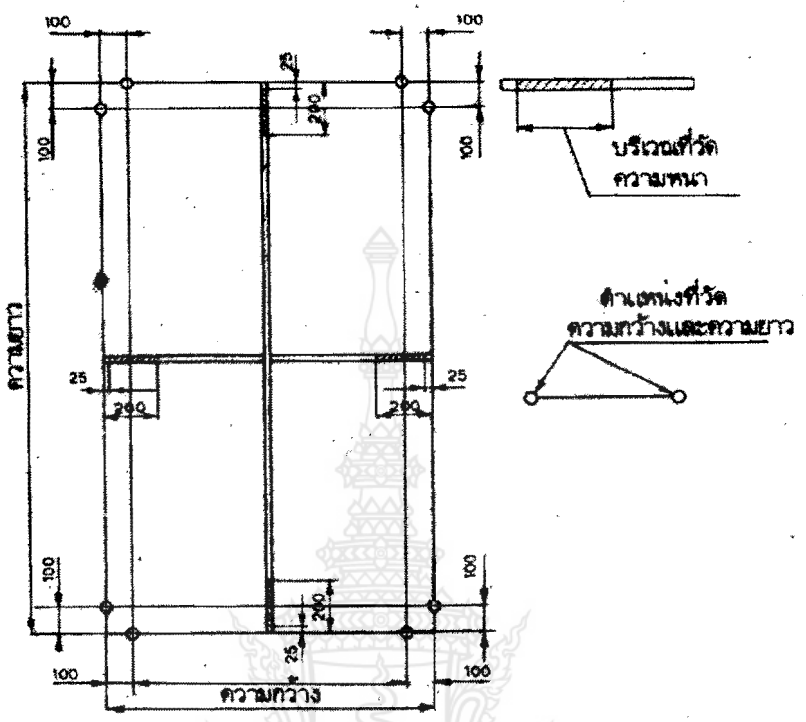
ใช้ไมโครมิเตอร์ ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 มิลลิเมตร ซึ่งมีส่วนของแป้นวัดเรียบและขนานกัน และมีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร วัดที่บริเวณกึ่งกลางของขอบของแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ทั้ง 4 ด้าน และให้ลึกเข้าไปจากขอบประมาณ 25 ถึง 200 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 2

9.2.3 ความแตกต่างของเส้นทแยงมุม

ใช้สายวัดตามข้อ 9.2.1 วัดหาความแตกต่างของเส้นทแยงมุม

9.2.4 ความตรงของขอบ

ขึงเส้นด้ายให้ตึงระหว่างมุมที่ขอบเดียวกัน ของแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ แล้ววัดระยะที่คลาดเคลื่อนจากแนวเส้นด้ายมากที่สุดของขอบทั้ง 4 ด้าน



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 2 ตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาว และความหนาของแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์
(ข้อ 9.2.1 และข้อ 9.2.2)

9.3 ความหนาแน่น

9.3.1 เครื่องมือ

9.3.1.1 เครื่องชั่ง ที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม

9.3.1.2 ไมโครมิเตอร์ ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร

9.3.2 วิธีทดสอบ

9.3.2.1 ชั่งชิ้นทดสอบให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนถึง 0.1 กรัม

9.3.2.2 วัดความกว้างและความยาวของชิ้นทดสอบขนานกับขอบให้ละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร ตามรูปที่ 3 แล้วหาค่าเฉลี่ย

9.3.2.3 วัดความหนา 4 ตำแหน่ง ตามรูปที่ 3 แล้วหาค่าเฉลี่ย

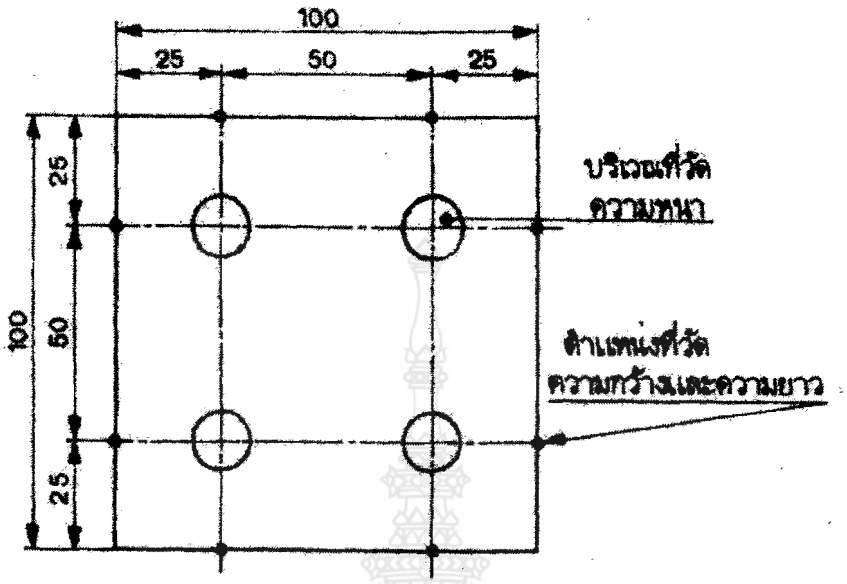
9.3.3 วิธีคำนวณ

หาค่าความหนาแน่นจากสูตร

$$\text{ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)} = \frac{\text{มวล (กรัม)}}{\text{ปริมาตร (ลูกบาศก์มิลลิเมตร)}} \times 10^6$$

9.3.4 การรายงานผล

รายงานค่าความหนาแน่นของชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นและค่าเฉลี่ย



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 3 ตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาว และความหนาของชิ้นทดสอบ

(ข้อ 9.3.2.2 ข้อ 9.3.2.3 และข้อ 9.5.2.1)

9.4 ความชื้น

9.4.1 เครื่องมือ

9.4.1.1 เครื่องชั่ง ที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.01 กรัม

9.4.1.2 เตาอบ ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 130 ± 2 องศาเซลเซียส

9.4.1.3 เดซิกเคเตอร์

9.4.2 วิธีทดสอบ

9.4.2.1 ชั่งชิ้นทดสอบซึ่งผ่านการทดสอบตามข้อ 9.3 แล้ว ให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนถึง 0.01 กรัม เป็นน้ำหนักก่อนอบ

9.4.2.2 อบชิ้นทดสอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 103 ± 2 องศาเซลเซียส จนมีน้ำหนักคงที่ คือน้ำหนักชิ้นทดสอบที่ชั่ง 2 ครั้งห่างกัน 6 ชั่วโมง ต่างกันไม่เกินร้อยละ 0.1

9.4.2.3 นำมาใส่ในเดซิกเคเตอร์ ปล่อยไว้ให้เย็น

9.4.2.4 ชั่งชิ้นทดสอบ เป็นน้ำหนักอบแห้ง

9.4.3 วิธีคำนวณ

หาค่าความชื้นจากสูตร

$$\text{ความชื้นร้อยละ} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)} - \text{น้ำหนักอบแห้ง (กรัม)}}{\text{น้ำหนักอบแห้ง (กรัม)}} \times 100$$

9.4.4 การรายงานผล

รายงานค่าความชื้นของชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นและค่าเฉลี่ย

9.5 การพองตัวเมื่อแช่น้ำ

9.5.1 เครื่องมือ

ไมโครมิเตอร์ ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 มิลลิเมตร

9.5.2 วิธีทดสอบ

9.5.2.1 ทำเครื่องหมายตำแหน่งที่วัดความหนาตามรูปที่ 3 วัดความหนาของชิ้นทดสอบ 4 ตำแหน่ง แล้วหาค่าเฉลี่ยเป็นความหนาก่อนแช่น้ำ

9.5.2.2 แช่ชิ้นทดสอบในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิห้อง โดยตั้งให้แต่ละชิ้นห่างจากกัน ให้ขอบบนอยู่ใต้ระดับผิวน้ำประมาณ 25 มิลลิเมตร ชิ้นทดสอบต้องตั้งได้ฉากกับผิวน้ำ และห่างจากผนังและก้นภาชนะที่ใส่ไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร

9.5.2.3 เมื่อแช่ชิ้นทดสอบครบ 24 ชั่วโมง นำชิ้นทดสอบขึ้นมาซับน้ำที่ผิวออกให้หมดด้วยผ้าหมาดแล้วปล่อยไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยวางให้ชอบด้านใดด้านหนึ่งอยู่บนแผ่นวัสดุที่ไม่ดูดซึมน้ำ เช่น พลาสติก กระจก

9.5.2.4 เมื่อปล่อยชิ้นทดสอบไว้ครบ 2 ชั่วโมงแล้ว นำชิ้นทดสอบมาวัดความหนาตามตำแหน่งเดิม แล้วหาค่าเฉลี่ยเป็นความหนาหลังแช่น้ำ

9.5.3 วิธีคำนวณ

หาค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำจากสูตร

$$\text{การพองตัวเมื่อแช่น้ำ ร้อยละ} = \frac{\text{ความหนาหลังแช่น้ำ (มิลลิเมตร)} - \text{ความหนาก่อนแช่น้ำ (มิลลิเมตร)}}{\text{ความหนาก่อนแช่น้ำ (มิลลิเมตร)}} \times 100$$

9.5.4 การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยการพองตัวเมื่อแช่น้ำเป็นร้อยละ

9.6 ความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

9.6.1 เครื่องมือ

9.6.1.1 เครื่องกด ซึ่งวัดแรงกดได้ละเอียดถึง 5 นิวตัน หรือร้อยละ 5 ของแรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ หัวกดต้องมีปลายส่วนที่ใช้กดเป็นรูปครึ่งวงกลมมีรัศมี 10 ถึง 30 มิลลิเมตร และมีความยาวไม่น้อยกว่าความกว้างของชิ้นทดสอบ

9.6.1.2 แท่นรองรับ ต้องมีลักษณะหน้าตัดเป็นรูปวงกลม หรือรูปครึ่งวงกลม มีรัศมี 10 ถึง 30 มิลลิเมตร ความยาวไม่น้อยกว่าความกว้างของชิ้นทดสอบ

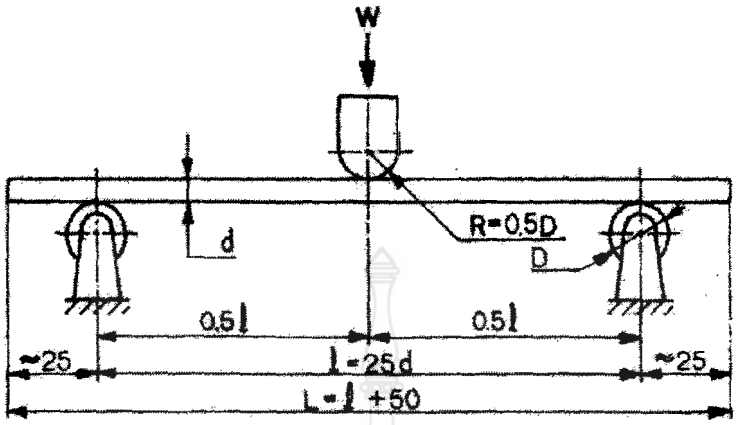
9.6.1.3 มาตรการแอ่นตัว ซึ่งอ่านค่าได้ละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร

9.6.2 วิธีทดสอบ

9.6.2.1 วางชิ้นทดสอบลงบนแท่นรองรับซึ่งมีระยะห่าง 16 เท่าของความหนาระบุของชิ้นทดสอบ (ตัวเลขที่ได้ให้ปัดเป็นเลขจำนวนเต็มของ 10 มิลลิเมตรที่ใกล้เคียง) ตามรูปที่ 4 ให้ปลายชิ้นทดสอบยื่นออกไปจากจุดที่รองรับประมาณข้างละ 25 มิลลิเมตร เท่า ๆ กัน

9.6.2.2 ให้แรงกดบนจุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ โดยมีอัตราการเพิ่มแรงกดอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มกดจนกระทั่งชิ้นทดสอบหัก ต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที และไม่เกิน 120 วินาที

9.6.2.3 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดกับค่าการแอ่นตัว



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 4 การทดสอบความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

(ข้อ 9.6.2.1)

9.6.3 วิธีคำนวณ

9.6.3.1 หาค่าความต้านแรงดัดจากสูตร

$$f = \frac{3\,W\ell}{2\,bf^2}$$

เมื่อ f คือ ความต้านแรงดัด เป็นเมกะพาสคัล

W คือ แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ เป็นนิวตัน

ℓ คือ ระยะห่าง ระหว่างจุดศูนย์กลางของแท่นรองรับ เป็นมิลลิเมตร

b คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

d คือ ความหนาเฉลี่ยของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

9.6.3.2 หาค่ามอดุลัสยืดหยุ่นจากสูตร

$$E = \frac{\ell^3\,\Delta W}{4\,bd^3\,\Delta S}$$

เมื่อ f คือ มอดุลัสยืดหยุ่น เป็นเมกะพาสคัล

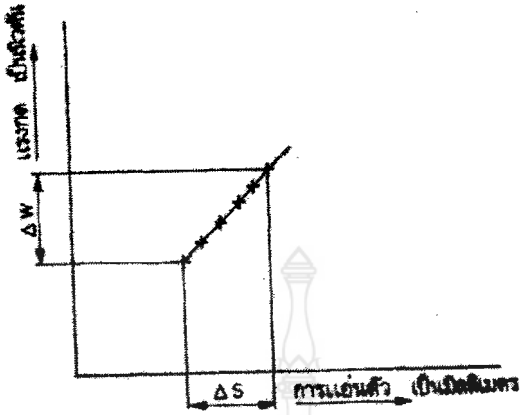
ℓ คือ ระยะห่าง ระหว่างจุดศูนย์กลางของแท่นรองรับ เป็นมิลลิเมตร

ΔW คือ แรงกดที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง ตามรูปที่ 5 เป็นนิวตัน

b คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

d คือ ความหนาเฉลี่ยของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

ΔS คือ ระยะแอ่นตัวที่เพิ่มขึ้น ในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง ตามรูปที่ 5 เป็นมิลลิเมตร



รูปที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดกับการแอ่นตัว
(ข้อ 9.6.3.2)

9.6.4 การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

9.7 ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

9.7.1 เครื่องมือ

9.7.1.1 เครื่องดึง ซึ่งสามารถให้แรงดึงเพื่อแยกชิ้นทดสอบออกในเวลาไม่น้อยกว่า 30 วินาทีและไม่เกิน 120 วินาที

9.7.1.2 แผ่นดึงซึ่งทำด้วยไม้หรือโลหะที่เหมาะสม ขนาดไม่น้อยกว่า 50 มิลลิเมตร × 50 มิลลิเมตร ความหนาตามความเหมาะสม

9.7.2 วิธีทดสอบ

9.7.2.1 ติดผิวหน้าทั้งสองของชิ้นทดสอบกับแผ่นดึง โดยใช้กาวสังเคราะห์ที่มีแรงยึดมากกว่าแรงยึดในตัวชิ้นทดสอบ

9.7.2.2 นำชิ้นทดสอบที่เตรียมได้แล้วนี้ไปเข้าเครื่องดึง ดึงให้ชิ้นทดสอบแยกออกจากกันซึ่งปกติจะแยกในชั้นไส้ อัตราการเพิ่มแรงดึงต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มดึงจนกระทั่งชิ้นทดสอบแยกออกจากกันต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที และไม่เกิน 120 วินาที

9.7.3 วิธีคำนวณ

หาค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าจากสูตร

$$\text{ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเมกะพาสคัล} = \frac{\text{แรงดึงสูงสุด (นิวตัน)}}{\text{ความกว้าง (มิลลิเมตร)} \times \text{ความยาว (มิลลิเมตร)}}$$

9.7.4 การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติคณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายธนันท์ ศัลยวุฒิ
   ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr.Thanan Sanyawuth
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
   เลขที่ 399 ถนนสามเสน แขวงวชิระ เขตดุสิต กรุงเทพ ฯ 10300
   โทรศัพท์..0816595411 E-mail: tanant10@hotmai.com
5. ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	ปริญญา	สาขาวิชา	ชื่อสถาบันฯ
ตรี	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต	สถาปัตยกรรม	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
โท	สถาปัตยกรรมมหาบัณฑิต	นวัตกรรมอาคาร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ
   คุณสมบัติเชิงกลและเชิงกายภาพ, การออกแบบสถาปัตยกรรมและนวัตกรรมอาคาร ผลิตภัณฑ์องค์ประกอบอาคาร, การเขียนแบบก่อสร้าง
7. ประสบการณ์ด้านงานวิจัย

   7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย: ชื่อแผนงานวิจัย
   -

   7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย: ชื่อโครงการวิจัย
   -

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

   7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ: ชื่อข้อเสนอการวิจัย แหล่งทุน และสถานภาพในการทำวิจัยว่าได้ทำการวิจัย ลุล่วงแล้วประมาณร้อยละเท่าใด
   -

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

1. ชื่อ – นามสกุล (ภาษาไท) นายสัจจะชาญ พรัดมะลิ

   ชื่อ -นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Sajjachan Pradmali

2. เลขหมายประจำตัวประชาชน

3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

4. หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กระทรวงศึกษาธิการ เลขที่ 1381 ถ.พิบูลสงคราม แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ จ.กรุงเทพ 10800

e– mail: sajachan@gmail.com โทร 0813572224

5. ประวัติการศึกษา

วศ.บ .วิศวกรรมโยธา

วศ.ม .วิศวกรรมโยธา

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ)แตกต่างจากวุฒิการศึกษา (ระบุสาขาวิชาการ สิ่งประดิษฐ์ คอนกรีตและวัสดุทดแทนคอนกรีต การอนุรักษ์พลังงาน และการสร้าง มูลค่าเพิ่ม การบริหารโครงการ และพัฒนาโครงการ

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย

7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย :ชื่อแผนงานวิจัย

การใช้เทคโนโลยีสำหรับชุมชนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ก่อสร้างจากเศษหินพัมมิซ, ปีงบประมาณ 2559 (รอดำเนินการ)

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย :ชื่อโครงการวิจัย

1) การใช้ดินขาวผสม เส้นใยมะพร้าว ฟางข้าวและแกลบเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนในผนังคอนกรีตบล็อก)หัวหน้าโครงการ(, ปีงบประมาณ2552

2) การใช้ดินขาวผสม กากมะพร้าว เส้นใยจากต้นข้าวโพดและเส้นใยจากเปลือกทุเรียนเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนและลดน้ำหนักในผนังคอนกรีตบล็อก)ผู้ร่วมวิจัย(, ปีงบประมาณ2554

3) การพัฒนาวัสดุอาคารจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเพื่อการประหยัดพลังงานและลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร)ผู้ร่วมวิจัย(, ปีงบประมาณ2554

4) การใช้กากมะพร้าว ต้นข้าวโพดและเปลือกทุเรียนเป็นวัสดุประกอบชีวภาพทดแทนไม้ในแผ่นใยอัดความหนาแน่นปานกลาง)ผู้ร่วมวิจัย(, ปีงบประมาณ2554

5) การใช้กากโดโลไมท์สำหรับเป็นบล็อกประสานที่ต้านทานแรงอัดสูง ปีงบประมาณ2558

6) การใช้ประโยชน์จากเถ้าปาล์มน้ำมันในงานคอนกรีตผสมหินฝุ่นแทนทรายสำหรับผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้าง, ปีงบประมาณ2559

7)การใช้เศษหน้าดินขาวเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนภายในอาคารของอิฐก่อสร้างสามัญปีงบประมาณ2558

8) รางระบายน้ำสำเร็จรูปหน้าตัดการไหลแบบประสม (ผู้ร่วมโครงการวิจัย) งบประมาณแผ่นดินประจำปี 2549

9) โค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลา เชิงภูมิภาค สำหรับลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก (ผู้ร่วมโครงการวิจัย) งบประมาณแผ่นดินประจำปี 2550

10) การศึกษาความเป็นไปได้ในการสัญจรทางน้ำและการท่องเที่ยวเชิงวิชาการของคลองรังสิต(ผู้ร่วมโครงการวิจัย)สกอ. (เครือข่ายการวิจัยภาคกลางตอนบน) งบประมาณ ปี 2549

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

งานวิจัยที่เผยแพร่)วารสารรายงานการประชุมวิชาการ(งานวิจัยที่เผยแพร่(วารสาร รายงานการประชุมวิชาการ)

1) สัจจะชาญ พรัดมะลิ, 2548, Regional Flow-Duration Curve for The Upper Ping River Basins, วารสารชมรมอุทกวิทยาไทย, ฉบับที่ 9, หน้า 159-167.
2) ประชุม คำพุฒ ,สัจจะชาญ พรัดมะลิ, 2548, ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุในการเดินทางสัญจรของนักศึกษา :กรณีศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, เอกสารประกอบการประชุมการสัมมนางานวิจัยเพื่อการพัฒนาทางหลวง, กรุงเทพฯ 2-1 ,กันยายน, หน้า .178-169
3) สัจจะชาญ พรัดมะลิ, 2548, Regional Flow Duration Curve for Wang River Basin, การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วทท) ครั้ง 31, นครราชสีมา, 20-18 ตุลาคม, หน้า 560-564.
4) ประชุม คำพุฒ และ สัจจะชาญ พรัดมะลิ, 2548, การศึกษากำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้หินฝุ่นเป็นมวลรวมละเอียดแทนทรายและใส่สารผสมเพิ่มประเภทลดปริมาณน้ำและเร่งเวลาการก่อตัว, การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปีครั้งที่ ,1สมาคมคอนกรีตไทย ,ระยอง 27-25 ,ตุลาคม , หน้า CON 156-CON 160.
5) สัจจะชาญ พรัดมะลิ, 2549, Regional Flow-Duration Curve for Ungauged Sites of Salawin River Basins, Technology and Innovation for Sustainable Development Conference (TISD2006), ขอนแก่น, 26-25มกราคม, หน้า 91.
6) สัจจะชาญ พรัดมะลิ, 2549, Synthesis of Streamflow by The Watershed Geometry of Wang River Basin, ประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 11, ภูเก็ต, 22-20เมษายน, หน้า 333.
7) สัจจะชาญ พรัดมะลิ, 2549, Estimation of Streamflow by Comparison of Regional Flow-Duration Curves, ประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 11, ภูเก็ต, 22-20 เมษายน, หน้า 334.
8) สัจจะชาญ พรัดมะลิ, 2549, A Study of Requirement of Organizations on Civil Engineer, ประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 11, ภูเก็ต, 22-20เมษายน, หน้า 24.
9) อรรถพล มาลัย, สัจจะชาญ พรัดมะลิ, 2549, A Study of Mechanic Properties of Mango Wood, ประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 11, ภูเก็ต, 22-20เมษายน, หน้า 252.
10) Sajjachan Pradmali, 2006, Regional Analysis of Flow-Duration Curve By Using Rainfall and Watershed Geometry, Asia Pacific Association of Hydrology and Water Resources Conference, Bangkok, Thailand, October. 16-18, 2006: 389.

11)Sajjachan Pradmali, 2006, Regional Analysis of Load Duration Curve for Upper Ping River Basin, Asia Pacific Association of Hydrology and Water Resources Conference, Bangkok,Thailand, October. 16-18, 2006: 393.

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ :ชื่อข้อเสนอการวิจัย แหล่งทุนและสถานภาพในการทำวิจัยว่าได้ทำการวิจัยลุล่วงแล้วประมาณร้อยละเท่าใด

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายประชุม คำพุฒ
   ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr.Prachoom Khamput
2. เลขหมายประจำตัวประชาชน
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)
   ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
   ถ.รังสิต-นครนายก ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110
   โทรศัพท์ที่ทำงาน 0 2549 3417 โทรศัพท์มือถือ 08 1665 4755
   E–mail: prachoom.k@en.rmutt.ac.th, choomy_gtc@hotmail.com
5. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	ปริญญา	สาขาวิชา	ชื่อสถาบันฯ	ประเทศ
2540	ตรี	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	โยธา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี-พระจอมเกล้าธนบุรี	ไทย
2544	โท	วิศวกรรมศาสตร-มหาบัณฑิต	โยธา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี-พระจอมเกล้าธนบุรี	ไทย

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
   6.1 การทดสอบวัสดุและคุณสมบัติของวัสดุ
   6.2 คอนกรีตและวัสดุทดแทนคอนกรีต
   6.3 การอนุรักษ์พลังงาน และการสร้างมูลค่าเพิ่ม
   6.4 การบริหารโครงการ และพัฒนาโครงการ
   6.5 สิ่งประดิษฐ์ ออกแบบผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย
   7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย
      1) การพัฒนาวัสดุและสิ่งแวดล้อมอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน
         งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2552

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

ลำดับที่	ปี งปม.	ชื่อเรื่อง	สถานภาพ	หน่วยงาน
1	2552	การพัฒนาอิฐปูพื้นภายนอกอาคารเพื่อลดอุณหภูมิ	หัวหน้าโครงการ	สกอ. (เชิงพาณิชย์)
2	2553	การศึกษาการป้องกันสารพิษจากบ่อฝังกลบขยะซึมลงน้ำใต้ดินโดยใช้น้ำยางธรรมชาติ	หัวหน้าโครงการ	สกอ. (ภาคกลางตอนบน)
3	2554	โครงการผลิตภัณฑ์บล็อกประสานจากกากดินขาว	หัวหน้าโครงการ	สวทช. (iTAP)
4	2554	โครงการบ้านสำเร็จรูปทรงโดมเพื่อผู้ประสบภัย	หัวหน้าโครงการ	สวทช. (iTAP)
5	2555	การใช้ยางธรรมชาติสำหรับพัฒนาผลิตภัณฑ์พาราชิงเกิ้ลรูฟ	หัวหน้าโครงการ	งปม.แผ่นดิน มทร.ธัญบุรี
6	2555	การพัฒนาบ้านสำเร็จรูปทรงโดมเพื่อผู้ประสบภัย	หัวหน้าโครงการ	สกอ. (SP2)
7	2555	ผลิตภัณฑ์แผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปมวลเบาผสมหินฝุ่น	หัวหน้าโครงการ	สกอ. (SP2)

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

1. Rungthongbaisuree, S., Khamput, P., and Ketratanaborvorn, T. : ***Causes of Damage of Electric Tower in Thailand*;** Proc. of Second Asia/Pacific Conference on Durability of Building Systems : Harmonised Standards and Evaluation, Vol. 1, Bandung, Indonesia, July, 2000, pp. 16-1 ~ 16-9.
2. Rungthongbaisuree, S., and Khamput, P. : ***Methods for Maintenance of Transmission Towers*;** Proc. of the Fourth Regional Symposium on Infrastructure Development in Civil Engineering (RSID4), Bangkok, Thailand, April, 2003, pp. A2-45 ~ A2-54.
3. Khamput, P. : ***A Study of Compressive Strength of Concrete used Quarry Dust to Replace Sand*;** Technology and Innovation for Sustainable Development Conference (TISD2006), Khon Kaen, Thailand, January 25-26, 2006, pp. 108-110.
4. Boksuwan, A., and Khamput, P. : ***A Study of Mixing Natural Rubber in Concrete Block for Developing Strength and Thermal Insulation Properties*;** The 3rd International Symposium on Sustainable Energy System, Kyoto, Japan, August 30-September 1, 2006, pp. 212. (Poster Presentation)
5. Pradmali, S., and Khamput, P. : ***Regional Analysis of Load Duration Curve for Upper Ping River* Basin;** 3rd APHW Conference "Wise Water Resource

Management towards Sustainable Growth and Poverty Reduction", Bangkok, Thailand, October16-18, 2006, pp. 393. @

6. Khamput, P. : ***Using Latex from Para-Rubber for Developing Strength and Thermal Insulation Properties of Concrete Block;*** Asian Symposium on Materials and Processing 2006 (ASMP 2006), Bangkok, Thailand, November 9-10, 2006, pp. 23.
7. Malai, A., and Khamput, P. : ***Development of Rubber Natural Concrete Block for Thermal Insulation and Energy Saving Purpose;*** The 2nd Joint International Conference on "Sustainable Energy and Environment (SEE 2006)", Bangkok, Thailand, November 21-23, 2006, pp. 1009-1014.
8. Khamput, P. : ***A Study of Using Natural Rubber Mixed in Moderate Lightweight Concrete;*** Asian Workshop on Polymer Processing 2006 (AWPP 2006), Bangkok, Thailand, December 6-8, 2006, pp. 257-260.
9. Khamput, P. and Wanthong, P. : ***Using Para-Rubber Mixed in Moderate Lightweight Concrete;*** International Conference on Mining, Materials, and Petroleum Engineering: The Frontiers of Technology (ICFT-2007), Phuket, Thailand, May 10-12, 2007, pp. 23.
10. Khamput, P. : ***A Study of Properties of Composite Boards Made from Coir Fiber and Polyethylene;*** The 2nd International Conference on Advances in Petrochemicals and Polymers (ICAPP 2007), Bangkok, Thailand, June 25-28, 2007, pp. 329. (Poster Presentation)
11. Khamput, P., Ruayruay, E. and Wanthong, P. : ***A Study of Properties of Composite Boards Made from Coir Fiber and Polyethylene;*** Asian-Pacific Regional Conference on Practical Environmental Technology (APRC 2007), Khon Kaen, Thailand, August 1-2, 2007, pp. 70.
12. Khamput, P., Wanthong, P. and Kumnuantip, Ch. : ***A Study of Para-Rubber Plate as Load-Transfer Material in Compression Test of Concrete Specimens;*** International Conference on Engineering, Applied Sciences, and Technology (ICEAST 2007), The Swissôtel Le Concorde, Bangkok, Thailand, November 21-23, 2007, pp. 448-451.
13. Khamput, P. : ***Compressive Strength of Mortars Mixing with Fly Ash and Crushed Dust;*** International Conference on Engineering, Applied Sciences, and Technology (ICEAST 2007), The Swissôtel Le Concorde, Bangkok, Thailand, November 21-23, 2007, pp. 452-455.
14. Lawsuriyonta, M., Kumput, P., Rasilamlert, M. and Yamchaiya, P. : ***A Study of Forming Materials from Coir Mixing with Natural Rubber;*** Eco-Energy and Materials Science and Engineering Symposium (5th EMSES 2007), Asia Pattaya Hotel, Pattaya, Thailand, November 21-24, 2007, pp. 178-180. (Poster Presentation)

15. Khamput, P. and Wanthong, P. : ***Composite Material from High Density Polyethylene and Coconut Coir Powder;*** Eco-Energy and Materials Science and Engineering Symposium (5th EMSES 2007), Asia Pattaya Hotel, Pattaya, Thailand, November 21-24, 2007, pp. 191-194. (Poster Presentation)

16. Khamput, P. and Wanthong, P. : ***A Study of Properties of Lightweight Mortar Mixing with Low Ammonia Concentrated Latex from Natural Rubber;*** The Second GMSARN International Conference 2007 on Sustainable Development: Challenges and Opportunities for the Greater Mekong Subregion, Ambassador City Jomtien Hotel, Pattaya, Thailand, December 12-14, 2007, ME-07.

17. Khamput, P. and Wanthong, P. : ***A Study of Mortar mixing with Medium Ammonia Concentrated Latex;*** The 2nd Technology and Innovation for Sustainable Development Conference (TISD 2008), Khon Kaen, Thailand, January 28-29, 2008, pp. 134-138.

18. Khamput, P. : ***Strength Properties of Adobe Mixing with Rice Husk Ash***; ASEAN COST+3: New Energy Forum for Sustainable Environment (NEFSE), Kyoto, Japan, May 25-27, 2008, pp. 57-58.

19. Khamput, P. and Suweero, K. : ***Properties of Lightweight Mortar Mixing with Low Ammonia Concentrated Latex from Natural Rubber;*** Eco-Energy and Materials Science and Engineering Symposium (7th EMSES 2009), Chiang Mai, Thailand, November 19-22, 2009, p. 60. (Poster Presentation)

20. Khamput, P. and Suweero, K. : ***A Study of Compressive Strength of Concrete used Dolomite to Replace Sand;*** The 5th PSU-UNS International Conference on Engineering and Technology (ICET-2011), Merlin Beach Resort Hotel, Tritrang Beach, Phuket, Thailand, May 2-3, 2011, p. 100.

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อข้อเสนอการวิจัย แหล่งทุน และสถานภาพในการทำวิจัยว่าได้ทำการวิจัยลุล่วงแล้วประมาณร้อยละเท่าใด

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

1. ชื่อ – นามสกุล (ภาษาไทย) นายอรรคเดช ฤกษ์พิบูลย์
   ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Aukkadet Lergpiboon
2. เลขหมายประจำตัวประชาชน
3. ตำแหน่งปัจจุบัน วิศวกรโยธาปฏิบัติการ
   เงินเดือน (บาท) - บาท
   เวลาที่ใช้ทำวิจัย (ชั่วโมง : สัปดาห์) 10 ชั่วโมง : สัปดาห์
4. หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mailฝ่ายวิศวกรรม 2 สำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม กรมชลประทานเลขที่ 811 ถ.สามเสน แขวงถนนนครไชยศรี เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300 โทร 0894650905 e– mail: aukkadet.rid@gmail.com
5.
6. ประวัติการศึกษา
   วศ.บ. (วิศวกรรมโยธา) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
   วศ.ม. (วิศวกรรมโยธา-โครงสร้าง) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
7. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการการทดสอบวัสดุในงานก่อสร้าง คอนกรีตและวัสดุทดแทนคอนกรีต การคำนวณออกแบบโครงสร้างในงานชลประทาน
8. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัยงานวิจัยที่เผยแพร่(วารสาร รายงานการประชุมวิชาการ)
   1) อรรคเดช ฤกษ์พิบูลย์ และชัย จาตุรพิทักษ์กุล, “ผลกระทบของเถ้าชานอ้อยบดละเอียดต่อกำลังอัดประลัยและโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต”, การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปีครั้งที่ 4, 20-22 ตุลาคม 2551, โรงแรมลายทอง, จ.อุบลราชธานี, หน้า MAT96 – MAT101.
   2) นันทชัย ชูศิลป์, อรรคเดช ฤกษ์พิบูลย์ และชัย จาตุรพิ ทักษ์กุล, “การต้านทานคลอไรด์และซัลเฟตของคอนกรีตที่ผสมเถ้าชานอ้อยบดละเอียด”, การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 14, 13 – 15 พฤษภาคม 2552, สุรสัมมนาคาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, จ.นครราชสีมา
   3) อรรคเดช ฤกษ์พิบูลย์, วีรชาติ ตั้งจิรภัทร, ชัย จาตุรพิทักษ์กุล, “คอนกรีตกำลังสูงที่ผสมเถ้าชานอ้อยบดละเอียด”,การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปีครั้งที่ 6, 20-22 ตุลาคม 2553, แกรนด์แปซิฟิก ซอฟเฟอริน รีสอร์ท แอนด์ สปา, อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี