การพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว สำหรับการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม

Development of Cement Boards from Coconut Shell Ash for Energy and Environment Conservation

ปราโมทย์ วีรานุกูล
กิตติพงษ์ สุวีโร

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณพ.ศ. 2558
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว โดยใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1: ทรายละเอียด: น้ำประปา เท่ากับ 1: 0.4: 0.33 โดยน้ำหนัก แล้วเติมเถ้ากะลามะพร้าวในอัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1: เถ้ากะลามะพร้าว ทั้งหมด 5 อัตราส่วน คือ 1: 0.12, 1: 0.13, 1: 0.14, 1: 0.15 และ 1: 0.16 โดยน้ำหนัก ขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยเครื่องอัด ที่อุณหภูมิปกติ (30 – 35 องศาเซลเซียส) ควบคุมความหนาแน่นที่ 0.75 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ทำการทดสอบสมบัติตามมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง ผลการทดสอบพบว่า อัตราส่วน 1: 0.12 เป็นอัตราส่วนแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวเหมาะสมที่สุด แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่พัฒนาขึ้นนี้ สามารถลดปริมาณเถ้ากะลามะพร้าวเหลือทิ้ง และมีสมบัติความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี

คำสำคัญ: แผ่นซีเมนต์บอร์ด; เถ้ากะลามะพร้าว; ฉนวนป้องกันความร้อน; สิ่งแวดล้อม

Abstract

This research aims to develop the cement board from coconut shell ash. The Portland cement type1: fine sand: tap water ratio is equal to 1: 0.4: 0.33 by weight. The 5 ratios of Portland cement type1: coconut shell ash include 1: 0.12, 1: 0.13, 1: 0.14, 1: 0.15 and 1: 0.16 by weight. The cement board production uses the pressure casting in normal temperature (30 – 35 degree of Celsius) and controls the 0.75 g/cm3 of density then test the properties of cement-bonded fiberboard follow TIS 878-2537 standard (cement bonded particle board: high density). From the results, 1: 0.12 is the most suitable ratio of cement board from coconut shell ash. This developed cement boards can reduce the quantity of coconut shell ash waste and have the good thermal insulation.

Keywords: cement board; coconut shell ash; thermal insulation; environment

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
สารบัญ	ข
สารบัญรูป	ง
สารบัญตาราง	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	3
2.1 แผ่นซีเมนต์บอร์ด	3
2.2 เส้นใยธรรมชาติ	5
2.3 วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร	6
2.4 พลังงานจากชีวมวล	7
2.5 การผลิตชีวมวลในประเทศไทย	8
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
2.7 กรอบแนวความคิด	14
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	16
3.1 วัสดุและอุปกรณ์	16
3.2 การออกแบบส่วนผสม	21
3.3 การขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ด	22
3.4 การทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นซีเมนต์บอร์ด	24
3.5 การทดสอบสมบัติอื่นๆ ของแผ่นซีเมนต์บอร์ดเพิ่มเติม	29
บทที่ 4 ผลการวิจัย	32
4.1 ลักษณะโดยทั่วไป	32
4.2 ความหนาแน่น	36
4.3 ความชื้น	36
4.4 การพองตัวเมื่อแช่น้ำ	37
4.5 ความต้านทานแรงดัด	38
4.6 มอดุลัสยืดหยุ่น	38
4.7 ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	39
4.8 สภาพการนำความร้อน	40
4.9 ประสิทธิภาพการป้องกันเสียง	41
4.10 การสร้างแบบจำลองการใช้งานจริง	42
4.11 การยื่นคำขอรับอนุสิทธิบัตร	45
4.12 การเขียนบทความวิจัยส่งลงในเอกสารประกอบการประชุมวิชาการ	45
4.13 การถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่กลุ่มเป้าหมายสำหรับนำไปใช้ประโยชน์	46

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	47
5.1 สรุปผล	47
5.2 ข้อเสนอแนะ	48
เอกสารอ้างอิง	49
ภาคผนวก	51
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.878-2537	
เอกสารประกอบคำขอรับอนุสิทธิบัตร	
บทความสำหรับเผยแพร่	
หนังสือรับรองการนำไปใช้ประโยชน์	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	กรอบแนวความคิดของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว	15
3.1	หม้อต้มไอน้ำที่ใช้กะลามะพร้าวเป็นเชื้อเพลิง	17
3.2	เถ้ากะลามะพร้าวที่เหลือทิ้งจากการเผาเป็นเชื้อเพลิง	17
3.3	เถ้ากะลามะพร้าวสำหรับมาผสมเป็นแผ่นซีเมนต์บอร์ด	17
3.4	การคัดขนาดของเถ้ากะลามะพร้าวโดยการร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 8	18
3.5	เครื่องผสมคอนกรีต	18
3.6	เครื่องอัดแผ่นซีเมนต์บอร์ดแบบสั่นเขย่า	18
3.7	แบบหล่อแผ่นซีเมนต์บอร์ดสำหรับเครื่องอัดขึ้นรูปแบบสั่นเขย่า	19
3.8	แท่นพลิกแผ่นซีเมนต์บอร์ด	19
3.9	กาวติดเหล็กสำหรับยึดผิวหน้าแผ่นซีเมนต์บอร์ด	20
3.10	แผ่นเหล็กและเหล็กข้ออ้อยสำหรับยึดเข้ากับผิวหน้าแผ่นซีเมนต์บอร์ด	20
3.11	เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (UTM)	20
3.12	เครื่องวัดระดับเสียง	21
3.13	ห้องจำลองสำหรับติดตั้งแผ่นวัสดุทดสอบเสียง	21
3.14	การตวงส่วนผสมสำหรับแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว	22
3.15	การอัดขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวด้วยเครื่องสั่นเขย่า	22
3.16	แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวก่อนการถอดแบบ	23
3.17	การพลิกแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวเพื่อถอดแบบ	23
3.18	ผิวหน้าแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวที่ได้จากการขึ้นรูป	23
3.19	การวัดขนาดของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว	24
3.20	การวัดความหนาของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว	25
3.21	การแช่แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวในน้ำเพื่อทดสอบการพองตัว	25
3.22	การชั่งน้ำหนักของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว	25
3.23	การระบุตำแหน่งให้น้ำหนักทดสอบของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว	26
3.24	การวางจุดรองรับและจุดให้น้ำหนักทดสอบของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว	26
3.25	การทดสอบความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว	26
3.26	การรายงานผลทดสอบความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวด้วยคอมพิวเตอร์	27
3.27	การแตกหักของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวภายหลังการทดสอบความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น	27
3.28	การวัดและตัดแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวให้มีขนาดตามการทดสอบความต้านทานแรงดึงที่ผิวหน้า	27
3.29	การติดแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวเข้ากับเหล็กยึดด้วยกาวติดเหล็กสำหรับทดสอบความต้านทานแรงดึงที่ผิวหน้า	28
3.30	แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวที่พร้อมทำการทดสอบความต้านทานแรงดึงที่ผิวหน้า	28

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.31	การติดตั้งชิ้นส่วนแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวสำหรับทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากที่ผิวหน้าด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์	28
3.32	การทดสอบความต้านทานแรงดึงที่ผิวหน้าของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว	29
3.33	ห้องจำลองสำหรับติดตั้งแผ่นวัสดุทดสอบเสียง	29
3.34	การติดตั้งแหล่งกำเนิดเสียงภายในห้องจำลอง	30
3.35	คอมพิวเตอร์สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียง	30
3.36	การวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องจำลอง	30
3.37	การติดตั้งแผ่นซีเมนต์บอร์ดกะลาสำหรับทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียง	31
3.38	การทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียงของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวด้วยเครื่องวัดระดับเสียง	31
4.1	ภาพขยายของเถ้ากะลามะพร้าวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 100 เท่า	33
4.2	ภาพขยายของเถ้ากะลามะพร้าวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 500 เท่า	33
4.3	ภาพขยายของเถ้ากะลามะพร้าวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 1,500 เท่า	34
4.4	ภาพขยายของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 50 เท่า	34
4.5	ภาพขยายของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 200 เท่า	35
4.6	ภาพขยายของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 500 เท่า	35
4.7	ความหนาแน่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว ที่อายุการบ่ม 28 วัน	36
4.8	ความชื้นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว ที่อายุการบ่ม 28 วัน	37
4.9	การพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว ที่อายุการบ่ม 28 วัน	37
4.10	ความต้านทานแรงดัดของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว ที่อายุการบ่ม 28 วัน	38
4.11	มอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว ที่อายุการบ่ม 28 วัน	39
4.12	ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว ที่อายุการบ่ม 28 วัน	40
4.13	สภาพการนำความร้อนของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว ที่อายุการบ่ม 28 วัน	40
4.14	ระดับเสียงที่ผ่านแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวออกจากห้องจำลอง ที่อายุการบ่ม 28 วัน	41
4.15	ระดับเสียงเฉลี่ยที่ผ่านแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวออกจากห้องจำลอง ที่อายุการบ่ม 28 วัน	42
4.16	โครงคร่าวเหล็กสำหรับติดตั้งแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว	43
4.17	การใช้สว่านไฟฟ้าขันตะปูเกลียวปลายปล่อยลงในโครงคร่าวเหล็ก เพื่อติดตั้งแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว	43

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.18	ด้านหลังโครงคร่าวเหล็กที่มีการติดตั้งแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว	43
4.19	การติดตั้งแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวที่ผ่านการตัดให้เล็กเพื่อเข้ามุมผนัง	44
4.20	การฉาบปิดรอยต่อแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวด้วยกาวซีเมนต์	44
4.21	ลักษณะผนังจำลองที่ติดตั้งแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว	44
4.22	ด้านหลังของผนังจำลองที่ติดตั้งแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว	45
4.23	คณะผู้วิจัยนำเสนอผลงานในการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 7	45
4.24	คณะผู้วิจัยรับมอบใบประกาศในการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 7	46

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	พื้นที่ปลูกพืชเส้นใยทางเกษตร ปี 2530/31 (ไร่)	5
2.2	ปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรของไทย ปี 2544 – 2545	6
2.3	สัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงปริมาณผลผลิตทางการเกษตรเป็นชีวมวล	8
2.4	ปริมาณชีวมวลชนิดต่างๆ (ยกเว้นไม้ฟืน) ที่ผลิตได้ในประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2540/41	9
2.5	ปริมาณเชื้อเพลิงชีวมวลที่ยังไม่ได้นำไปใช้ ของประเทศไทย ปี 2541	10
2.6	ความแข็งแรงของการเกาะยึดระหว่างไมยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส กับปอร์ตแลนด์ ซีเมนต์ ตราเพชร จากการใช้น้ำและสารเคมีต่างๆ	12
2.7	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติจากค่าความแข็งแรงของการเกาะยึดระหว่าง ไม้และซีเมนต์ในการทดลองด้วยน้ำและสารเคมีต่างๆ กัน	12
3.1	องค์ประกอบทางเคมีของเถ้ากะลามะพร้าวจากการทดสอบด้วยเครื่อง XRF	16
3.2	ส่วนผสมโดยน้ำหนักของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว	22
4.1	ลักษณะทั่วไปของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว	32

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

แผ่นซีเมนต์บอร์ดหรือไม้อัดซีเมนต์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการก่อสร้างบ้านสำเร็จรูปและใช้เป็นส่วนประกอบของบ้านเรือน สามารถลดต้นทุนการก่อสร้างลงได้ เนื่องจากนิยมนำมาใช้เป็นผนังแทนการก่ออิฐฉาบปูน แผ่นซีเมนต์บอร์ด แบ่งได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่ ชนิดแรก แผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์ หรือมีชื่อเรียกกันในวงการป่าไม้ว่า Wood-Wood Board หรือ Wood-Wood Cement Slabs (W.W.S.) มีมาตรฐานคือ มอก.442-2525 เรื่องแผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์ชนิดใช้งานทั่วไป (สมอ., 2525) ชนิดที่สอง แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ (Cement-Bonded Particle-Boards) ชิ้นไม้สับ (Wood Chip) ที่ใช้เป็นวัตถุดิบ มีความหนาแน่น (Density) สูงสุด 1,250 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร มีมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537) และชนิดที่สาม แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ (Cement-Bonded Fiber Board) มีกรรมวิธีการผลิตเช่นเดียวกับแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ แต่ใช้เส้นใยจากไม้แทนที่จะเป็นชิ้นไม้ ปัจจุบันอุตสาหกรรมนี้ยังไม่มีผลิตออกมาเป็นสินค้าจึงยังไม่มีมาตรฐานควบคุม ในอนาคตเส้นใยที่ได้จากไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิล และพืชเกษตร เช่น ปาล์มน้ำมัน อาจถูกนำมาใช้ผลิตไม้อัดชนิดนี้สำหรับทดแทนเส้นใยที่ได้จากแร่ใยหิน (Asbestos) ที่สร้างมลพิษให้สภาพแวดล้อมมาก

จากปริมาณการส่งออกมะพร้าวของไทยที่มากเป็นอันดับต้นๆ ของโลก ทำให้มีขยะกะลามะพร้าวเหลือทิ้งมาก จึงต้องมีการนำไปเผาเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า แต่ก็มีส่วนที่เหลือเป็นเถ้ากะลามะพร้าวปริมาณมากกว่า 222,000 ตันต่อปี กลายเป็นปัญหาขยะเหลือทิ้งที่ต้องมีแนวทางการกำจัดหรือการนำไปใช้ประโยชน์อย่างเร่งด่วน (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2545) เมื่อวิเคราะห์ลักษณะของเถ้ากะลามะพร้าว พบว่า เถ้าส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นก้อนจากเศษกะลามะพร้าวที่เผาไหม้ไม่หมด ปะปนอยู่กับผงกะลามะพร้าวขนาดเล็ก มีน้ำหนักเบา และแข็งมากพอสมควร จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำเถ้ากะลามะพร้าวมาผสมเป็นแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์

แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์จากเถ้ากะลามะพร้าวนี้ เป็นวัสดุทดแทนการก่อผนังที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนป้องกันความร้อน ดูดซับเสียงได้ น้ำหนักเบา ทนทาน สามารถช่วยประหยัดพลังงานและลดขนาดโครงสร้างของอาคารลงได้ เป็นการนำเถ้ากะลามะพร้าวที่มีอยู่มากมาใช้ประโยชน์ และมีต้นทุนต่ำกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ทั่วไป กล่าวได้ว่า เป็นวัสดุก่อสร้างเพื่อการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างแท้จริง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1) เพื่อศึกษาขั้นตอนการผลิตแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวสำหรับการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม

2) เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวสำหรับการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม

3) เพื่อทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล สัมประสิทธิ์การนำความร้อน ประสิทธิภาพการป้องกันเสียงของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวสำหรับการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม

4) เพื่อทดสอบการใช้งานจริงของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวสำหรับการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม

5) เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวสำหรับการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1) ใช้เถ้ากะลามะพร้าวจากโรงงานแปรรูปมะพร้าวภายในประเทศ

2) ออกแบบอัตราส่วนแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวสำหรับการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม โดยการนำเถ้ากะลามะพร้าวมาแทนที่ชิ้นไม้ในการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ จำนวนไม่น้อยกว่า 5 อัตราส่วน

3) ทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกล ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐาน มอก. 878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537)

4) ทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C177 (ASTM, 2012) โดยส่งตัวอย่างทดสอบ ณ กรมวิทยาศาสตร์บริการ

5) ทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียง โดยใช้การทดสอบระดับเสียงที่ลดลงจากแหล่งกำเนิดเสียงความถี่ต่างๆ ภายในห้องจำลอง ขนาด 30x30x30 เซนติเมตร ซึ่งบุผนังภายในด้วยแผ่นเหล็ก และติดตั้งแผ่นโฟมโดยรอบ (Abdullah et al., 2014)

6) ถ่ายทอดเทคโนโลยีแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวสำหรับการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ครั้ง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ทราบกระบวนการผลิตแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวสำหรับการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม

2) ทราบอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวสำหรับการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม

3) ทราบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล สัมประสิทธิ์การนำความร้อน ประสิทธิภาพการป้องกันเสียงของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวสำหรับการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม

4) ทราบผลการทดสอบการใช้งานจริงของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวสำหรับการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม

5) ผู้สนใจสามารถนำแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวสำหรับการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมไปผลิตในเชิงพาณิชย์ได้

6) ช่วยให้มีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติภายในประเทศได้อย่างคุ้มค่ามากที่สุด

7) ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/ อนุสิทธิบัตรได้

บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรม

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวสำหรับการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม สามารถสรุปทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และกรอบแนวคิดของโครงการได้ ดังนี้

2.1 แผ่นซีเมนต์บอร์ด

แผ่นผนังไม้เทียมที่มีส่วนผสมจากเศษไม้และปูนซีเมนต์ หรือที่เรียกว่า แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ หรือแผ่นซีเมนต์บอร์ด 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 จำกัดในสหพันธ์สาธารณารัฐเยอรมันได้พัฒนาวิธีที่เรียกว่า “การพับ” (Flolding) โดยใช้ใบมีดของเครื่องจักรเซาะผลิตภัณฑ์ไม้อัดซีเมนต์เป็นร่อง ให้ตัวร่องเป็นมุมฉากแล้วหักพับเป็นมุมเหลี่ยมต่างๆ ได้ เช่นในลักษณะตัว L ตัว C ตัว U และตัว T เป็นต้น โดยการใช้กาวยึดรอยพับให้แน่น ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการก่อสร้างได้กว้างมากขึ้น (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2539)

ประเทศต่างๆ ได้ให้ความสนใจกับผลิตภัณฑ์ไม้อัดซีเมนต์กันอย่างมากโดยผลิตภัณฑ์นี้เข้ามามีบทบาทอย่างสำคัญสำหรับใช้ในการก่อสร้างบ้านสำเร็จรูปและใช้เป็นส่วนประกอบของบ้านเรือน ซึ่งทำให้ต้นทุนในด้านวัสดุก่อสร้างถูกลงมาก อุตสาหกรรมสำหรับผลิตภัณฑ์ไม้อัดซีเมนต์ แบ่งได้เป็น 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 มม. หนาราว 0.2-1 มม. ยาวประมาณ 50 ซม. ต่อจากนั้นนำไปผสมกับซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ วัตถุ

เคมีบางอย่างละน้ำ 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 เพื่อจะมีไม้ชนิดที่ต้องการมาป้อนเป็นวัตถุดิบอย่างสม่ำเสมอและร่วมทุนกับบริษัทที่ผลิตปูนซีเมนต์ปัจจุบันนี้เป็นที่นิยมใช้กันมากในประเทศออสเตรีย และสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน (บริษัท วิบูลย์วัฒนอุตสาหกรรม จำกัด, 2553) องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติได้ทำการสำรวจพบว่า ในปี 21 ทั่วโลกมีปริมาณการผลิตแผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์ราว 7.6 ล้านลูกบาศก์เมตร และคาวคะเนต่อไปว่าอัตราการใช้แผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์ของโลกจะถีบตัวสูงขึ้นถึง 15.0 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยที่แผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์จะเป็นที่นิยมนำมาใช้ทำองค์ประกอบอาคารทั่วไปและอาคารสำเร็จรูปมากขึ้นในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา การคาดคะเนนี้ อาศัยพื้นฐานจากการคาดการณ์ว่าบรรดาบ้านราคาถูกสำหรับผู้มีรายได้น้อยทั่วโลกจะเพิ่มขึ้นราวปีละ 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 และพืชการเกษตรที่มีความสำคัญมากดังเช่น ปาล์มน้ำมันอาจเป็นสิ่งทดแทนเส้นใยที่ได้จากแร่ใยหิน (Asbestos) เพราะได้มีกฎหมายห้ามใช้ในผลิตภัณฑ์ก่อสร้างเนื่องจากมลพิษในสภาพแวดล้อม และอุตสาหกรรมนี้ยังไม่มีผลิตออกมาเป็นสินค้าจึงเป็นเรื่องที่ศึกษาทดลอง ตลอดจนถึงการศึกษาการผลิตอิฐบล็อกด้วยไฟเบอร์ผสมซีเมนต์และชิ้นไม้สับผสมซีเมนต์ด้วย

2.2 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 และสมควรนำมาทำการศึกษาวิจัยอย่างเป็นจริงจัง เพื่อที่จะได้มีวัสดุก่อสร้างชนิดใหม่ที่มีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดีและมีราคาถูกกว่าวัสดุฉนวนชนิดอื่นที่มีจำหน่ายในท้องตลาดต่อไป

ตารางที่ 2.1 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

ตารางที่ 2.1 พื้นที่ปลูกพืชเส้นใยทางเกษตร ปี 2530/31 (ไร่) (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2530)

ชนิดไม้	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ภาคเหนือ	ภาคกลาง	ภาคใต้	รวม
ละหุ่ง	*	*	*	*	263,400
สับปะรด	*	*	*	*	395,000

หมายเหตุ * = ไม่มีข้อมูล, ** = พื้นที่เก็บเกี่ยว

2.3 วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

แม้ปัจจุบันประเทศไทยจะเป็นศูนย์กลางของอุตสาหกรรมบางประเภทในภูมิภาคก็ตาม แต่รายได้หลักที่เกิดจากการส่งออกยังอยู่ที่ภาคการเกษตร ซึ่งแต่ละปีจะมีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก บางส่วนนำไปเป็นอาหารสัตว์ ปุ๋ย หรือนำไปแปรรูปเป็นพลังงาน แต่ยังมีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอีกมากที่ต้องเผาทำลาย ไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์อันใด ประชากรส่วนใหญ่ของประเทศไทยอาศัยอยู่ในชนบท ซึ่งมีอาชีพเกษตรกรรม สภาพที่อยู่อาศัยของชาวชนบท เหล่านี้มักทำด้วยวัสดุที่ไม่ถาวรและหาได้ง่ายในพื้นที่ใกล้เคียง เช่น ไม้ไผ่ แฝก จาก หากมีฐานะดีขึ้นก็จะเปลี่ยนมาใช้วัสดุที่มีอายุการใช้งานนานขึ้น เช่น สังกะสี ซึ่งมักจะมีปัญหาเรื่องความร้อนภายในอาคาร ทำให้อยู่อาศัยไม่สบาย หรือบางบ้านอาจจะใช้ไม้จริง อิฐมอญ หรือคอนกรีตบล็อก ซึ่งเป็นวัสดุชนิดเดียวกับที่บ้านพักอาศัยในชุมชนเมืองใช้กันอยู่โดยทั่วไป แต่หากพิจารณาสภาพการทำงานในภาคเกษตรกรรมแล้ว จะเห็นว่ามีปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรเกิดขึ้น ในแต่ละปีเป็นจำนวนมาก และมีความหลากหลาย เช่น ฟางข้าว ชานอ้อย กากมะพร้าว ซังข้าวโพด และต้นมันสำปะหลัง เป็นต้น (ธนัญชัย และคณะ, 2549) ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรของไทย ปี 2544 - 2545

ชนิด	ผลผลิตต่อปี (ล้านกิโลกรัม)	ส่วนที่เหลือใช้	ปริมาณวัสดุเหลือใช้ต่อปี (ล้านกิโลกรัม)
อ้อย	60,013	ชานอ้อย	3,615.00
		ยอดและใบ	17,870.19
ข้าว	26,514	แกลบ	3,006.42
		ฟางข้าว	8,106.60
ปาล์มน้ำมัน	4,089	ทะลายปาล์ม	1,022.05
		เส้นใยปาล์ม	80.55
		กะลาปาล์ม	7.41
		ทะลายตัวผู้	952.74
		ก้านทาง	10,647.76
มะพร้าว	1,396	เปลือก	300.68
		กะลามะพร้าว	84.43
		ทะลายมะพร้าว	57.66
		ทางมะพร้าว	254.11
มันสำปะหลัง	16,868	ลำต้น	604.14
ข้าวโพด	4,466	ซังข้าวโพด	816.88
ถั่วลิสง	126	เปลือก	41.67

ตารางที่ 2.2 ปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรของไทย ปี 2544 - 2545

ชนิด	ผลผลิตต่อปี (ล้านกิโลกรัม)	ส่วนที่เหลือใช้	ปริมาณวัสดุเหลือใช้ต่อปี (ล้านกิโลกรัม)
ฝ้าย	36	ลำต้น	116.35
ถั่วเหลือง	292	ลำต้น ใบ เปลือก	590.97
ข้าวฟ่าง	145	ใบ ต้น	117.64

ซึ่งมีหน่วยงานและองค์กรหลายแห่งได้ให้ความสนใจที่จะนำวัสดุเหลือใช้เหล่านี้ มาแปรรูปให้เกิดประโยชน์ เช่น ทำเป็นอาหารสัตว์ ผลิตพลังงาน เป็นต้น ส่วนการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างอาคารที่สามารถผลิตได้โดยชาวชนบทเอง มีขบวนการผลิตที่ไม่ซับซ้อน หรือเพื่อให้เป็นวัสดุทางเลือกเพิ่มเติม พบว่า ยังไม่ได้มีการพัฒนาเท่าที่ควร (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2548)

2.4 พลังงานจากชีวมวล

พลังงานจากชีวมวล เป็นพลังงานที่ได้จากพืชและสัตว์ หรือองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิตหรือสารอินทรีย์ต่างๆ รวมทั้งการผลิตจากการเกษตรและป่าไม้ เช่น ไม้ฟืน แกลบ กากอ้อย วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอื่นๆ รวมถึง การนำมูลสัตว์ ของเสียจากโรงงานแปรรูปทางเกษตร และขยะ มาเผาไหม้โดยตรงและนำความร้อนที่ได้ไปใช้ หรือนำมาผลิตก๊าซชีวภาพ โดยขบวนการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีโดยอาศัยจุลินทรีย์ (กลุ่มพลังงานชีวมวล, 2555)

ชีวมวลแต่ละชนิดมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันออกไป บางชนิดไม่เหมาะที่จะนำมาเผาไหม้โดยตรงเพื่อผลิตไฟฟ้า เช่น กากมันสำปะหลัง และส่าเหล้า เพราะมีความชื้นสูงถึง 80 – 90 % บางชนิดต้องนำมาย่อย ก่อนนำไปเผาไหม้ เช่น เศษไม้ยางพารา เป็นต้น แหล่งผลิตชีวมวลขึ้นอยู่กับชนิดของชีวมวล ดังนี้

- โรงสีข้าว → แกลบ
- โรงงานน้ำตาล → กากอ้อย
- โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ → กากปาล์ม
- โรงเลื่อยไม้ยางพารา สวนยางพารา และโรงงานผลิตไม้อัด → เศษไม้
- การแยกเมล็ดข้าวโพดออกซึ่งกระจายอยู่ตามไร่ข้าวโพด → ซังข้าวโพด
- สวนมะพร้าว ร้านขายส่งลูกมะพร้าว และโรงงานแปรรูปเนื้อมะพร้าวบางแห่ง → กาบ, กะลามะพร้าว
- โรงงานผลิตเอทธิลแอลกอฮอล์ → ส่าเหล้า
- โรงงานแป้งมันสำปะหลัง → กากมันสำปะหลัง

ชีวมวลเหล่านี้ บางส่วนได้ถูกนำไปใช้เพื่อการผลิตอยู่แล้ว เช่น แกลบจะถูกนำมาเผา เพื่อผลิตไอน้ำ นำไปหมุนกังหันใช้งาน ในโรงสีข้าว กากอ้อยและกากปาล์ม จะถูกนำมาเผาเพื่อผลิตไอน้ำ และไฟฟ้าใช้ในขบวนการผลิต และเศษไม้ยางพารา จะถูกนำมาเผาเพื่อผลิตลมร้อนใช้ในการอบไม้ยางพารา เป็นต้น และยังมีชีวมวลส่วนเหลือที่มีศักยภาพสามารถนำมาผลิตไฟฟ้าได้ ดังนี้

1) แกลบ เป็นชีวมวลที่ได้จากโรงสีข้าว เมื่อนำข้าวเปลือก 1 ตัน ผ่านกระบวนการแปรรูปต่างๆ แล้ว จะใช้พลังงานทั้งสิ้น 30-60 kWh เพื่อให้ได้ข้าวประมาณ 650-700 กิโลกรัม และจะมีวัสดุที่เหลือจากกระบวนการผลิตหรือ แกลบ ประมาณ 220 กิโลกรัม หรือเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าได้ 90-125 kWh

2) กาก (ชาน) อ้อย เป็นชีวมวลที่ได้จากโรงงานน้ำตาล เมื่อนำอ้อย 1 ตัน ผ่านกระบวนการแปรรูปต่างๆ แล้ว จะใช้พลังงานทั้งสิ้น 25-30 kWh และใช้ไอน้ำอีก 0.4 ตัน เพื่อให้ได้น้ำตาลทรายประมาณ 100-121 กิโลกรัม และจะมีวัสดุที่เหลือจากกระบวนการผลิตหรือ กากก้อย ประมาณ 290 กิโลกรัม หรือหรือเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าได้ 100 kWh

3) เปลือกปาล์ม กะลาปาล์ม และทลายปาล์ม เป็นชีวมวลที่ได้จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม เมื่อนำปาล์ม 1 ตัน ผ่านกระบวนการแปรรูปต่างๆ แล้ว จะใช้พลังงานทั้งสิ้น 20-25 kWh และใช้ไอน้ำอีก 0.73 ตัน เพื่อให้ได้น้ำมันปาล์มประมาณ 140-200 กิโลกรัม และจะมีวัสดุที่เหลือจากกระบวนการผลิตหรือ เปลือกปาล์ม กะลาปาล์ม ประมาณ 190 กิโลกรัม และได้เป็นทลายปาล์ม 230 กิโลกรัม หรือเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าได้ 120 kWh และมีน้ำเสียจากโรงงานคิดเทียบเท่าก๊าซชีวภาพได้ 20 ลูกบาศก์เมตร

4) เศษไม้ เป็นชีวมวลที่ได้จากโรงเลื่อยไม้ เมื่อนำไม้ 1 ลูกบาศก์เมตร ผ่านกระบวนการแปรรูปต่างๆ แล้ว จะใช้พลังงานทั้งสิ้น 35-45 kWh เพื่อให้ได้ไม้แปรรูปประมาณ 0.5 ลูกบาศก์เมตร และจะมีวัสดุที่เหลือจากกระบวนการผลิตหรือ เศษไม้ ประมาณ 0.5 ลูกบาศก์เมตร หรือเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าได้ 80 kWh (กลุ่มพลังงานชีวมวล, 2555)

2.5 การผลิตชีวมวลในประเทศไทย

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีผลผลิตทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก เช่น ข้าว น้ำตาล ยางพารา น้ำมันปาล์ม และมันสำปะหลัง เป็นต้น ผลผลิตส่วนหนึ่งส่งออกไปยังต่างประเทศมีมูลค่าปีละหลายพันล้านบาท อย่างไรก็ตามในการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรเหล่านี้ จะมีวัสดุเหลือใช้ออกมาจำนวนหนึ่งด้วย (สนพ., 2545)

ปริมาณชีวมวลที่สามารถผลิตได้ภายในประเทศ จะแปรผันและขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิต ทางการเกษตรของประเทศ ซึ่งจากสถิติการเกษตรของประเทศไทย สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรและสหกรณ์ ในปีเพาะปลูก 2540/41 เมื่อนำมาคำนวณสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลง ปริมาณผลผลิตทางการเกษตรเป็นชีวมวล ดังที่ปรากฏในตารางที่ 2.1 เพื่อประมาณปริมาณชีวมวลที่ผลิตได้รวมทั้งประเทศ ในปี 2540/41 จะได้ปริมาณชีวมวลประมาณ 31.32 ล้านตัน หรือเทียบเท่าน้ำมันดิบ 8.49 ล้านตัน ดังที่ปรากฏในตารางที่ 2.2 ชีวมวลที่สามารถผลิตได้ส่วนใหญ่คือ ชานอ้อยมีปริมาณ 11.7 ล้านตัน หรือเทียบเท่าน้ำมันดิบ 2.56 ล้านตัน และแกลบมีปริมาณ 5.4 ล้านตัน หรือเทียบเท่าน้ำมันดิบ 1.8 ล้านตัน

ตารางที่ 2.3 สัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงปริมาณผลผลิต ทางการเกษตรเป็นชีวมวล [1/]

ชนิด	ผลผลิต	Crop/residue ratio	Energy content (MJ/kg)
อ้อย	ชานอ้อย	0.25 [2/]	9.25 [2/]
ข้าวเปลือก	แกลบ	0.23	14.27
	ฟางข้าว	0.447	10.24
มันสำปะหลัง	ลำต้นมันสำปะหลัง	0.08	18.42
ปาล์มน้ำมัน	ทะลายปาล์ม	0.428	17.86
	เส้นใยปาล์ม	0.147	17.62
	กะลาปาล์ม	0.049	18.46

ตารางที่ 2.3 สัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงปริมาณผลผลิต ทางการเกษตรเป็นชีวมวล [1/]

ชนิด	ผลผลิต	Crop/residue ratio	Energy content (MJ/kg)
มะพร้าว	กาบมะพร้าว	0.362	16.23
	กะลามะพร้าว	0.16	17.93

ที่มา : 1/ Biomass Energy in Asia: A Study on Selected Technologies and Policy Options, December 1999 โดย กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน 2/ สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย

ตารางที่ 2.4 ปริมาณชีวมวลชนิดต่างๆ (ยกเว้นไม้ฟืน) ที่ผลิตได้ในประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2540/41

ชนิด	ผลผลิต[1]/	ชีวมวล		พลังงาน	
	(1,000 ตัน)	ประเภท	(1,000 ตัน)	(1,000 GJ)	(1,000 toe)
อ้อย	46,873	ชานอ้อย	11,718	108,392	2,566
ข้าวเปลือก[2/]	23,580	แกลบ	5,423	77,386	1,832
		ฟางข้าว	10,540	107,930	2,555
มันสำปะหลัง	15,590	ลำต้นมันสำปะหลัง	1,247	22,970	544
ปาล์มน้ำมัน	2,681	ทะลายปาล์ม	1,147	20,485	485
		เส้นใยปาล์ม	394	6,942	164
		กะลาปาล์ม	131	2,418	57
มะพร้าว	1,386	กาบมะพร้าว	502	8,147	193
		กะลามะพร้าว	222	3,980	94
รวม	**90,110**		**31,324**	**358,650**	**8,490**

ที่มา : 1/ สถิติการเกษตรของประเทศไทย สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรและสหกรณ์ 2/ รวมผลผลิตข้าวเปลือกจากนาปีและนาปรัง

ตามที่ Danish Cooperation for Environment and Development (DANCED) ประเทศเดนมาร์กได้ช่วยศึกษาหาข้อมูลให้กับ สพช. ในเรื่องรายละเอียดของกลไกด้านราคา เพื่อส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียน ในประเทศไทย ซึ่งผลการศึกษาประมาณการว่า ในปี 2538 ประเทศไทยมีชีวมวลจากชานอ้อย แกลบ กากปาล์ม และเศษไม้ ประมาณ 28 ล้านตัน หรือเทียบเท่าน้ำมันดิบ 6.9 ล้านตัน ซึ่ง DANCED ได้นำปริมาณเชื้อเพลิงชีวมวลที่เหลืออยู่ทั้งหมดมาใช้และคิดเฉพาะทางเทคนิคเท่านั้น (ไม่ได้วิเคราะห์ถึงความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์) โดยใช้ Plant factor ของโรงไฟฟ้าแต่ละประเภท คือ ชานอ้อย = 0.29 แกลบ = 0.68 กากปาล์ม = 0.57 และ เศษไม้ = 0.57 และคิดรวมถึงปริมาณไฟฟ้าที่อาจผลิตได้เพิ่มขึ้นหากโรงงานมีการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าฯ ที่มีอยู่เดิมด้วย DANCED จึงประเมินศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าได้ประมาณ 3,000 MW (สนพ., 2545)

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า ชีวมวลที่ผลิตได้ในประเทศไทย จะมีการนำไปใช้งานในรูปแบบต่างๆ แล้วจึงมีเพียงบางส่วนเท่านั้นที่เหลืออยู่ และสามารถจะนำมาใช้เป็นพลังงานได้ ซึ่งจากผลการศึกษา ของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน (พพ.) เรื่อง Biomass Energy in Asia: A Study on Selected Technologies and Policy Options, December 1999 ได้ประมาณการปริมาณชีวมวลที่เหลือ โดยใช้ค่าตัวประกอบมาคำนวณด้วย (Surplus availability factor) ดังนั้น เมื่อเรานำปริมาณชีวมวลที่ผลิตได้รวมทั้งประเทศ ในปี 2540/41 ตามตารางที่ 2 มาคำนวณด้วยค่าตัวประกอบ ที่ได้จากแหล่งข้อมูลต่างๆ ก็

จะได้ความน่าจะเป็นของปริมาณเชื้อเพลิงชีวมวล ที่ยังไม่ได้นำไปใช้ประมาณ 5.7 ล้านตัน หรือเทียบเท่าน้ำมันดิบ 1.7 ล้านตัน และสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง ในการผลิตไฟฟ้าได้ประมาณ 703 MW (สนพ., 2545) ดังที่ปรากฏในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ปริมาณเชื้อเพลิงชีวมวลที่ยังไม่ได้นำไปใช้ ของประเทศไทย ปี 2541

ชนิด	ปริมาณชีวมวลที่ผลิตได้ (1,000 ตัน)	Surplus availability factor	ปริมาณชีวมวลที่เหลือ (1,000 ตัน)	พลังงานทั้งหมด (1,000 GJ)	พลังงานทั้งหมด (1,000 toe)	สามารถผลิตไฟฟ้าได้ (MW)
ชานอ้อย	11,718	0.207 [1/]	2,426	22,441	531	202 [4/]
แกลบ	5,423	0.469 [2/]	2,543	36,289	859	426 [5/]
ทะลายปาล์ม	1,147	0.584 [3]	670	11,966	283	
เส้นใยปาล์ม	394	0.134 [3/]	53	934	22	75 [6/]
กะลาปาล์ม	131	0.037 [3/]	5	92	2	
รวม	18,813		5,697	71,722	1,697	703

ที่มา : [1/] Thailand Biomass-Based Power Generation and Cogeneration Within Small Rural Industries, January 1999 โดย บริษัท Black & Veatch (Thailand) [2/] รายงานพลังงานของประเทศ ปี 2540 โดยรวมปริมาณแกลบที่ใช้ในการผลิตถ่านไม้เป็นปริมาณที่เหลือด้วย [3/] The Investigation of Residues from Palm Oil Industry, 1995 โดย กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน [4/] ปริมาณชานอ้อย 12,010 ตัน ผลิตพลังไฟฟ้าได้ 1 MW-ปี (Plant factor = 0.29) [5/] ปริมาณแกลบ 5,969 ตัน ผลิตพลังไฟฟ้าได้ 1 MW-ปี (Plant factor = 0.68) [6/] ปริมาณกากปาล์ม จำนวน 9,707 ตัน ผลิตพลังไฟฟ้าได้ 1 MW-ปี (Plant factor = 0.57)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้เส้นใยธรรมชาติสำหรับผสมลงในซีเมนต์ที่ทำการรวบรวมมาพอสังเขป สามารถสรุปได้ ดังนี้

1) ธนัญชัย ปคุณวรกิจ และคณะ (2549) ได้ศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติความเป็นฉนวนของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรระหว่างฉนวนที่ผลิตจากซังข้าวโพดกับฉนวนที่ผลิตจากต้นมันสำปะหลัง ในระดับความหนาแน่นที่ต่างกัน เพื่อหาความหนาแน่นที่สามารถลดการถ่ายเทความร้อนได้ดีที่สุด ซึ่งพบว่าฉนวนที่มีความหนาแน่นน้อยจะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำกว่าฉนวนชนิดเดียวกันที่มีความหนาแน่นมาก โดยฉนวนต้นมันสำปะหลัง ความหนาแน่น 200 กก./ ลบ.ม. หนา 10 มม. จะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน เท่ากับ 0.059 วัตต์/ เมตร เคลวิน ซึ่งสามารถลดอุณหภูมิภายในให้ต่ำลงประมาณ 2.3 องศาเซลเซียส จึงมีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้เป็นฉนวนอาคาร โดยเฉพาะบ้านเรือนในชนบท เนื่องจากมีต้นทุนต่ำและใช้วัสดุในท้องถิ่น นอกจากนี้เมื่อนำแผ่นที่ทำจากต้นมันสำปะหลัง ความหนาแน่น 800 กก./ ลบ.ม หนา 10 มม. มาทำแผ่นผนังภายในแทนการใช้ไม้อัด พบว่า สามารถลดความร้อนเข้าสู่อาคารได้ดีกว่าไม้อัด 3.03 องศาเซลเซียส และมีต้นทุนวัสดุที่ถูกกว่ามาก อย่างไรก็ตาม ฉนวนและแผ่นผนังที่ทำจากต้นมันสำปะหลังยังต้องได้รับการพัฒนาในเรื่องคุณสมบัติทางกายภาพการป้องกันแมลง การควบคุมการผลิต รวมไปถึงการพัฒนาจากการศึกษาวิจัยไปสู่การใช้งานจริง ซึ่งปัจจุบันมีฉนวนจากวัสดุเหลือใช้ทาง

การเกษตรอีกมากที่มีการศึกษาวิจัย เช่น ฟางข้าว หญ้าแฝก เป็นต้น ซึ่งเป็นการเพิ่มคุณค่าแก่วัสดุเหลือใช้ เพราะสามารถลดปริมาณขยะ ลดมลพิษอันเกิดจากการเผาทำลาย สร้างรายได้ให้กับชุมชนและยังสะท้อนอัตลักษณ์ทางสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นได้อีกด้วย

2) ธวัช จิรายุส (2535) ทำการศึกษาการจับยึดปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ของไม้ยูคาลิปตัสและทดลองทำแผ่นไม้อัดซีเมนต์จากไม้ยูคาลิปตัส คามาลเลน (Eucalyptus camal-dulensis Dehnh) ซึ่งเป็นไม้ชนิดแรกที่ได้มีการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ (wood cement particleboard) ในประเทศ ผลการศึกษาคุณสมบัติการเกาะยึดระหว่างไม้กับปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ตราเพชร โดยใช้สารเคมี 3 ชนิด เป็นสารปรับปรุงความแข็งแรงในการเกาะยึด พบว่า การใช้สารเคมีประเภท อนินทรีย์ถึง 2 ชนิด คือ โซเดียมซิลิเกต และอลูมิเนียมซัลเฟต สามารถช่วยเพิ่มความแข็งแรงในการเกาะยึดระหว่างไม้ยูคาลิปตัสกับซีเมนต์ให้สูงขึ้นได้ ถึง 2 เท่าตัว เมื่อเทียบกับการเกาะยึดในสภาพธรรมดาที่ไม่ใช้สารเคมี แต่สำหรับการใช้สารเคมีชนิดแคลเซียมคลอไรด์ กลับให้ค่าที่ต่ำกว่าในสภาพธรรมดา ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณการใช้สารเคมีชนิดนี้มากเกินไป จนทำให้ซีเมนต์แข็งตัวเร็วเกินไป (flash set) การทดสอบหาแรงเกาะยึดระหว่างไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสกับปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ จากท้องตลาด เพื่อเป็นแนวทางในการหาวัตถุดิบที่เหมาะสมและเพื่อเป็นการปรับปรุงวัตถุดิบโดยใช้สารเคมีเป็นตัวช่วยเร่งปฏิกิริยาและช่วยให้การเกาะยึดดีขึ้น เป็นการศึกษาเบื้องต้นในระบบวิธีการไม้-ซีเมนต์ (wood cement system) ซึ่งเป็นการทดสอบที่ง่ายกว่าและสิ้นเปลืองน้อยกว่าวิธีศึกษาหาความเหมาะสมโดยวิธีที่เรียกว่า hydration temperature method ที่ใช้อุณหภูมิเป็นเกณฑ์พิจารณาตัดสินว่าไม้ชนิดใดมีคุณลักษณะเหมาะสมในการที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบ อุณหภูมิที่ว่านี้ คือ อุณหภูมิในการแข็งตัวของส่วนผสมของไม้และซีเมนต์ ชนิดไม้ที่ลดอุณหภูมิสูงสุดลงจนทำให้การแข็งตัวของซีเมนต์เสียไปจนต่ำกว่าเกณฑ์ตัดสินที่ตั้งไว้ ถือว่าไม่เหมาะสมต่อการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบผสมกับซีเมนต์ อย่างไรก็ตามวิธีดังกล่าวนี้จำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือในการบันทึกอุณหภูมิโดยอัตโนมัติที่มีประสิทธิภาพสูงและมีราคาแพง และยังเป็นวิธีที่ไม่สามารถชี้ให้เห็นชัดถึงแรงยึดเหนี่ยวกันอย่างแท้จริงระหว่างไม้กับซีเมนต์ เป็นเพียงวิธีหาความเหมาะสมของชนิดของวัตถุดิบต่อการแข็งตัวของซีเมนต์ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะทางเคมีที่มีการคายความร้อนเกิดขึ้นเท่านั้น ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้ จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการศึกษาหาวิธีปรับปรุงวัตถุดิบที่ได้จากไม้เท่าที่สามารถจะกระทำโดยเร็วนอกเหนือไปจากการทดลองทำแผ่นทดสอบในห้องปฏิบัติการ

ในส่วนวัสดุและวิธีการทดลองของการศึกษาการจับยึดปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ของไม้ยูคาลิปตัสและทดลองทำแผ่นไม้อัดซีเมนต์จากไม้ยูคาลิปตัส คามาลเลน เริ่มจากการนำไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสที่ได้มาจากสถานีทดลองปลูกพรรณไม้ห้วยทา จังหวัดศรีสะเกษ ไม้ที่ใช้ทดลองอายุประมาณ 20 ปี นำไม้มาตัดเป็นแท่งเล็กๆ ขนาด 200 x 15 x 5 มม. เลือกเอาแท่งไม้ที่มีเสี้ยนตรงไม่บิด และส่วนปลายปราศจากตำหนิเช่น ตา, รอยแตกร้าว ฯลฯ แช่แท่งไม้ทดสอบที่คัดดีแล้วในน้ำกลั่น และน้ำกลั่นที่มีสารเคมีผสมอยู่ร้อยละ 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 มม. ให้ตั้งฉากกับผิวหน้าของซีเมนต์แต่ละถ้วย โดยใช้แบบที่ทำขึ้นจากเหล็กแต่ละถ้วย โดยใช้แบบที่ทำขึ้นจากเหล็กฉากมีรูเป็นตัวบังคับ หลังปล่อยให้ส่วยผสมซีเมนต์แข็งตัวภายในสภาวะอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จึงนำแบบถ้วยทดลองทั้งหมดไปทำการทดสอบหาแรงดึง (tension test) แล้วบันทึกค่าแรงดึงสูงสุด (failling load) ที่ทำให้แท่งทดสอบหลุดออกจากถ้วยซีเมนต์

ในการวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการทดสอบกับน้ำกลั่น 1 ชุด และกับสารละลายอีก 3 ชนิดๆ ละ 1 ชุดทดสอบ รวมเป็น 4 ชุดทดสอบ โดยเตรียมการทดลองไว้ชุดทดสอบละ 6 จำนวนซ้ำ

สำหรับผลและการวิจารณ์ผลการทดลอง จากการศึกษาทดลองการเกาะยึดระหว่างไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส โดยวิธี stick test method โดยการทดลองใช้สารเคมี 3 ชนิด คือ อลูมิเนียมซัลเฟต, แคลเซียมคลอไรด์, และโซเดียมซิลิเกต เป็นสารปรับปรุงคุณภาพฉาบผิวและซึมเข้าในเนื้อไม้เพื่อเร่งการแข็งตัวของซีเมนต์ และปรับปรุงการเกาะยึดโดยใช้สภาวะที่ไม่ได้ใช้สารเคมี (ใช้น้ำอย่างเดียว) เป็นการทดลองเปรียบเทียบ สามารถสรุปผลเป็นข้อๆ (ธวัช, 2528) ได้ว่า

2.1) การใช้สารเคมีชนิดโซเดียมซิลิเกต และอลูมิเนียมซัลเฟต สามารถให้ค่าความแข็งแรงด้านแรงดึงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้และซีเมนต์เฉลี่ยสูงกว่าสภาวะทดลองที่ไม่ใช้สารเคมีเป็นตัวเปรียบเทียม ตามลำดับ แต่การทดลองใช้สารเคมีชนิดแคลเซียมคลอไรด์ กลับให้ค่าความแข็งแรงเฉลี่ยต่ำกว่าการทดลองเปรียบเทียบที่ไม่ใช้สารเคมี (ใช้น้ำอย่างเดียว) ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ความแข็งแรงของการเกาะยึดระหว่างไมยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส กับปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ตราเพชร จากการใช้น้ำและสารเคมีต่างๆ

สารละลายที่ใช้	น้ำ	แคลเซียมคลอไรด์	อลูมิเนียมซัลเฟต	โซเดียมซิลิเกต
ปริมาณสารละลายที่ดูดซึม (ASA), กรัม[1]	2.97	1.41	1.59	2.60
ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของการเกาะยึดไม้กับซีเมนต์, นิวตัน[2]	276.23 กข [3]	233.41 ก	490.02 ขค	540.53 ค

หมายเหตุ [1] ASA = Amount of solution absorbed [2] เป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลองทำ 6 ซ้ำ, 1 กก. แรง x 9.807 = 1 นิวตัน [3] เป็นการตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงโดยวิธี Duncan's new multiple range test ซึ่งตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่เหมือนกัน แสดงว่าเป็นค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.2) ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) ดังตารางที่ 2.7 พบว่า สภาวะการทดลองต่างๆ จากการใช้สารเคมี 3 ชนิด และน้ำในการศึกษาครั้งนี้ ให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (C.V.) เท่ากับ ร้อยละ 49.60

ตารางที่ 2.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติจากค่าความแข็งแรงของการเกาะยึดระหว่างไม้และซีเมนต์ในการทดลองด้วยน้ำและสารเคมีต่างๆ กัน

SOV	df	SS	MS	F
Blocks	5	151,502.17	30,300.43	0.83 [NS]
Treatments	3	420,180.26	140,060.09	3.84 *
Error	15	547,071.07	36,471.40	

หมายเหตุ CV = 49.60% NS คือ ความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

2.3) เมื่อทำการตรวจสองความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงการใช้สารเคมีโดยวิธี Duncan's new multiple range test พบว่า

ก. การใช้สารเคมีชนิดอลูมิเนียมซัลเฟต และแคลเซียมคลอไรด์ไม่แตกต่างกันในทางสถิติกับการทดลองที่ไม่ใช้สารเคมี

ข. การใช้สารเคมีชนิดโซเดียมซิลิเกต ให้ค่าความแข็งแรงของการยึดเหนี่ยวระหว่างไม้และซีเมนต์สูงที่สุด คือ 540.53 นิวตัน

ผลที่ได้สามารถสรุปได้ว่า การใช้สารเคมีเพื่อช่วยปรับปรุงการเกาะยึดระหว่างไม้และซีเมนต์ครั้งนี้นั้น ช่วยเพิ่มความแข็งแรงการเกาะยึดได้มาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่า สารเคมีดังกล่าวช่วยลดอิทธิพลยับยั้งต่างๆ ในการจับยึดระหว่าไม้และซีเมนต์ได้ ถึงแม้ว่าในกรณีของสารแคลเซียมคลอไรด์ จะให้ค่าความแข็งแรงที่ต่ำกว่าสภาพธรรมดา ซึ่งไม่ใช้สารเคมีก็ตาม แต่ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณสารแคลเซียมคลอไรด์ที่ใช้อาจมากเกินไปแทนที่จะช่วยให้ไม้และซีเมนต์จับยึดกันดีขึ้น แต่ทำให้กลับลดลงสาเหตุนี้อาจอธิบายได้ว่า สารเคมีชนิดนี้นั้นโดยปกติเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวของซีเมนต์ให้เร็วขึ้น แต่การใช้ปริมาณมากไปซีเมนต์ก็จะเกิดการแข็งตัวเร็วเกินไป (flash set) จนไม้และซีเมนต์มีอัตราการเกาะยึดที่น้อยไป อีกสาเหตุหนึ่งก็คือ ความแปรผันภายในไม้ที่ใช้ทำการทดลองที่ค่อนข้างสูง (ธวัช จิรายุส, 2528) โดยพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติที่แสดงให้เห็นว่า มีความคลาดเคลื่อนของการทดลอง (experimental error) และค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (C.V.) ที่เกิดขึ้นในการทดลองค่อนข้างสูงซึ่งไม่สามารถทราบเหตุที่แน่นอน อย่างไรก็ดีผลที่ได้นับเป็นข้อยืนยันที่เพียงพอพิสูจน์ได้ว่า ในการใช้ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จับยึดกับซีเมนต์นั้น หากมีการใช้สารเคมีอนินทรีย์ (mineral chemicals) ผสมกับน้ำด้วยจะช่วยเพิ่มความแข็งแรงของการยึดจับระหว่างไม้และซีเมนต์ให้สูงขึ้นได้โดยเฉพาะการใช้สารเคมีชนิดโซเดียมซิลิเกตที่ให้ค่าความแข็งแรงมากกว่าถึง 2 เท่า เทียมกับสภาพธรรมดาเมื่อไม่ใช้สารเคมี

3) 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 เซนติเมตร ด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก นำมาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกล ตามมาตรฐาน มอก. 58-2530 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ผลการทดสอบพบว่า การใส่เส้นใยในปริมาณมากทำให้ความหนาแน่นของอิฐบล็อกมีค่าน้อยลง แต่การเปลี่ยนแปลงความยาวและร้อยละการดูดซึมน้ำจะเพิ่มมากขึ้น ส่วนค่าความต้านทานแรงอัดจะมีค่าน้อยลง โดยอิฐบล็อกกากดินขาวที่ไม่ผสมเส้นใยจะมีค่า 20 กก./ ตร.ซม. เท่ากับมาตรฐาน มอก. ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะใช้เส้นใยธรรมชาติมาเป็นวัสดุผสมเพิ่มเพื่อลดน้ำหนักของอิฐบล็อกกากดินขาวให้น้อยลงแต่ ควรใส่ในปริมาณที่ไม่มาก เพื่อที่ค่าความต้านทานแรงอัดจะได้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

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 ส่งผลให้มอร์

ต้าร์มีกำลังดัดและการดูดซึมน้ำสูงขึ้น ส่วนกำลังอัดและความหนาแน่นจะต่ำลง ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วสามารถนำเส้นใยจากขยะเปลือกทุเรียนไปพัฒนาใช้ในงานคอนกรีตน้ำหนักเบาได้ต่อไป

5) ณัฐนนท์ รัตนไชย และประชุม คำพุฒ (2552) ได้ศึกษาแนวทางแยกเส้นใยไผ่จากไม้ไผ่ เพื่อส่งเสริมให้มีการผลิตเป็นสินค้าส่งออกของกลุ่มจังหวัดภาคกลางตอนบน โดยกรรมวิธีในการแยกเส้นใยไผ่สามารถแบ่งตามกระบวนการได้ 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

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 ซม. โดยวิธีการอัดร้อน และทดสอบสมบัติทางกลของแผ่นวัสดุผสมตามมาตรฐาน ASTM จากผลการทดสอบพบว่าวัสดุผสมที่มีปริมาณของโพลีเอทธิลีนที่สูงขึ้นจะทำให้วัสดุผสมมีความต้านทานการรับแรงดึง และแรงกระแทกสูงกว่า ส่วนปริมาณเส้นใยเปลือกทุเรียนที่เพิ่มขึ้นทำให้ความต้านทานการรับแรงดัด และความแข็งที่ผิวสูงขึ้น ผลการวิจัยมีแนวโน้มที่จะนำไปพัฒนาเป็นแผ่นวัสดุตกแต่งผนังอาคารเนื่องจากมีสีผิวและลวดลายของวัสดุผสมที่สวยงาม

7) เอกรัตน์ รวยรวย (2551) ได้ศึกษาการผสมเส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าวลงในคอนกรีตบล็อกเพื่อผลิตเป็นคอนกรีตบล็อกมวลเบา โดยใช้อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ต่อเส้นใยมะพร้าวและอัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อขุยมะพร้าว ทั้งหมด 11 อัตราส่วน คือ อัตราส่วน 1:0, 1:0.04, 1:0.06, 1:0.08, 1:0.1 และ 1:0.12 พบว่า อัตราส่วนทั้งหมดสามารถผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้ โดยมีค่าความต้านทานแรงอัดสูงกว่า 25 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และมีการดูดซึมน้ำต่ำกว่า ร้อยละ 25 แต่การที่ไม่สามารถผสมได้มากกว่า อัตราส่วน 1: 0.12 เนื่องจากไม่สามารถขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกได้ นอกจากนี้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนยังต่ำลงมากอีกด้วย

2.7 กรอบแนวความคิด

จากการศึกษาข้อมูลต่าง เถ้ากะลามะพร้าว เป็นวัสดุเหลือทิ้งที่มีปริมาณมาก และมีความเป็นไปได้ในการนำมาผลิตเป็น แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ ที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนป้องกันความร้อน ดูดซับเสียงได้ น้ำหนักเบา และทนทาน กรอบแนวความคิด จึงเป็นการศึกษาและพัฒนาแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์หรือแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีเถ้ากะลามะพร้าวผสมรวมกับปูนซีเมนต์ โดยเน้นให้มีการศึกษา ทดลอง และปรับปรุงเพื่อหาอัตราส่วนและกระบวนการที่ทำให้แผ่นผนังไม้อัดดังกล่าว มีความคุณสมบัติตามต้องการ และสามารถผ่านการทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกล ตามมาตรฐาน มอก. 878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูงได้ (สมอ., 2537)

รูปที่ 2.1 กรอบแนวความคิดของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

โครงการพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวสำหรับการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการทดลอง โดยดำเนินการวิจัยและพัฒนา ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และหน่วยงานภาครัฐอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

ในการพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวตามมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูง สามารถสรุปวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการขึ้นรูปและทดสอบสมบัติต่างๆ ประกอบด้วย

1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1

2) ทรายละเอียด

3) เถ้ากะลามะพร้าวชนิดหยาบ (มีเศษกะลาปะปน) จากโรงงานแปรรูปมะพร้าว ในจังหวัดนครปฐม นำมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 8 (รูปที่ 3.1 ถึง 3.4) ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีจากการทดสอบด้วยเครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนต์ (X-Ray Fluorescence, XRF) ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 องค์ประกอบทางเคมีของเถ้ากะลามะพร้าวจากการทดสอบด้วยเครื่อง XRF

องค์ประกอบทางเคมี	ร้อยละ
K	20.9
Cl	16.5
Na	10.6
Fe	6.3
Ca	5.0
Si	4.7
P	3.5
Mg	3.3
S	1.1
Al	0.20
Cr	0.20
Mn	0.17
Rb	0.14
Zn	0.10
Cu	0.09
Ti	0.09
Br	0.08
Sr	0.05
Ba	0.04
W	0.03

รูปที่ 3.1 หม้อต้มไอน้ำที่ใช้กะลามะพร้าวเป็นเชื้อเพลิง

รูปที่ 3.2 เถ้ากะลามะพร้าวที่เหลือทิ้งจากการเผาเป็นเชื้อเพลิง

รูปที่ 3.3 เถ้ากะลามะพร้าวสำหรับมาผสมเป็นแผ่นซีเมนต์บอร์ด

รูปที่ 3.4 การคัดขนาดของเถ้ากะลามะพร้าวโดยการร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 8

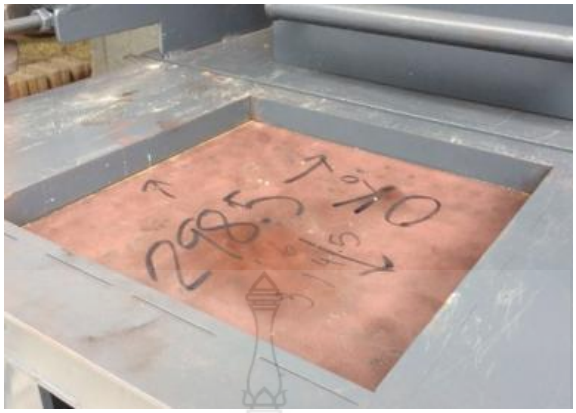
4) น้ำประปา
5) เครื่องผสมคอนกรีต ดังรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 เครื่องผสมคอนกรีต

6) เครื่องอัดแผ่นซีเมนต์บอร์ดแบบสั่นเขย่า ดังรูปที่ 3.6

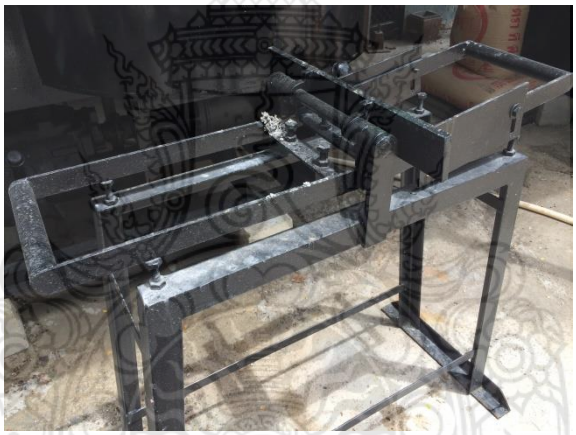
รูปที่ 3.6 เครื่องอัดแผ่นซีเมนต์บอร์ดแบบสั่นเขย่า

7) แบบหล่อแผ่นซีเมนต์บอร์ด ขนาด 30x30x1.5 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แบบหล่อแผ่นซีเมนต์บอร์ดสำหรับเครื่องอัดขึ้นรูปแบบสั่นเขย่า

8) แท่นพลิกแผ่นซีเมนต์บอร์ด ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แท่นพลิกแผ่นซีเมนต์บอร์ด

9) แผ่นพลาสติกรองแบบ

10) น้ำมันหล่อลื่น

11) ชุดอุปกรณ์ตัดแผ่นซีเมนต์บอร์ด เช่น เลื่อย, ตลับเมตร และเครื่องตัดคอนกรีต เป็นต้น

12) ชุดอุปกรณ์ยึดแผ่นซีเมนต์บอร์ดสำหรับทดสอบความต้านทานแรงดึงที่ผิวหน้า เช่น กาวติดเหล็ก (Epoxy) (รูปที่ 3.9), แผ่นเหล็ก หนา 3 มิลลิเมตร และเหล็กข้ออ้อย เกรด SD 40 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร (รูปที่ 3.10) เป็นต้น

รูปที่ 3.9 กาวติดเหล็กสำหรับยึดผิวหน้าแผ่นซีเมนต์บอร์ด

รูปที่ 3.10 แผ่นเหล็กและเหล็กข้ออ้อยสำหรับยึดเข้ากับผิวหน้าแผ่นซีเมนต์บอร์ด

13) ชุดอุปกรณ์ทดสอบความหนาแน่น ความชื้น และการพองตัว เช่น เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์, ไมโครมิเตอร์, เครื่องชั่งน้ำหนัก และตลับเมตร เป็นต้น

14) เครื่องทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

15) เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (UTM) ดังรูปที่ 3.11

รูปที่ 3.11 เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (UTM)

16) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

17) เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนต์ (X-Ray Fluorescence, XRF)

18) ชุดอุปกรณ์แหล่งกำเนิดเสียง เช่น คอมพิวเตอร์, อุปกรณ์ขยายเสียง และโปรแกรม Sound Generator เป็นต้น

19) เครื่องวัดระดับเสียง ยี่ห้อ UNI-T รุ่น UT351 ความคลาดเคลื่อน ไม่เกิน 1.5 dB ดังรูปที่ 3.12

รูปที่ 3.12 เครื่องวัดระดับเสียง

20) อุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้นแบบดิจิตอล

21) ห้องจำลองสำหรับติดตั้งแผ่นวัสดุทดสอบเสียง ขนาด 30x30x30 เซนติเมตร โดยเว้นช่องว่างสำหรับติดตั้งแผ่นวัสดุ 1 ด้าน ส่วนอีก 5 ด้าน บุภายในด้วยแผ่นเหล็กเคลือบสังกะสี และติดตั้งแผ่นโฟม หนา 12.5 เซนติเมตร รอบๆ ห้องจำลอง (Abdullah et al., 2014) ดังรูปที่ 3.13

รูปที่ 3.13 ห้องจำลองสำหรับติดตั้งแผ่นวัสดุทดสอบเสียง

3.2 การออกแบบส่วนผสม

ออกแบบส่วนผสมของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวโดยน้ำหนัก เพื่อใช้ในการขึ้นรูปและทดสอบหาอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้ประโยชน์ โดยออกแบบจากอัตราส่วนของแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีปริมาณเถ้ากะลามะพร้าวมากที่สุด แล้วจึงลดปริมาณของเถ้ากะลามะพร้าวลง จนได้อัตราส่วนจำนวน 5 อัตราส่วน ทั้งนี้ ทุกอัตราส่วนต้องสามารถอัดขึ้นรูปด้วยวิธีสั่นเขย่าได้ ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ส่วนผสมโดยน้ำหนักของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว

อัตราส่วน	ปูนซีเมนต์	ทรายละเอียด	เถ้ากะลามะพร้าว	น้ำประปา
1:0.12	1	0.4	0.12	0.33
1:0.13	1	0.4	0.13	0.33
1:0.14	1	0.4	0.14	0.33
1:0.15	1	0.4	0.15	0.33
1:0.16	1	0.4	0.16	0.33

3.3 การขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ด

1) ตวงส่วนผสมสำหรับแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว โดยการชั่งน้ำหนักวัสดุให้ได้ตามที่ออกแบบ ดังรูปที่ 3.14

รูปที่ 3.14 การตวงส่วนผสมสำหรับแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว

2) ผสมส่วนผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมคอนกรีต

3) เตรียมแบบหล่อแผ่นซีเมนต์บอร์ดภายในเครื่องอัดแผ่นซีเมนต์บอร์ดแบบสั่นเขย่า โดยรองแผ่นพลาสติกและทาน้ำมันหล่อลื่น

4) นำส่วนผสมที่เข้ากันดีแล้วมาอัดขึ้นรูปเป็นแผ่นซีเมนต์บอร์ด โดยใช้เครื่องอัดแผ่นซีเมนต์บอร์ดแบบสั่นเขย่า ที่อุณหภูมิปกติ (30 – 35 องศาเซลเซียส) ควบคุมความหนาแน่น ไม่ต่ำกว่า 0.75 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (Pablo, 1989) ดังรูปที่ 3.15 และ 3.16

รูปที่ 3.15 การอัดขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวด้วยเครื่องสั่นเขย่า

รูปที่ 3.16 แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวก่อนการถอดแบบ

5) นำแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ขึ้นรูปมาถอดแบบ โดยใช้แท่นพลิกแผ่นซีเมนต์บอร์ด ได้แผ่นซีเมนต์บอร์ดสำหรับนำไปบ่ม ดังรูปที่ 3.17 และ 3.18

รูปที่ 3.17 การพลิกแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวเพื่อถอดแบบ

รูปที่ 3.18 ผิวหน้าแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวที่ได้จากการขึ้นรูป

6) นำแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวที่ได้จากการขึ้นรูปเรียบร้อยแล้ว ไปบ่มในอากาศ เป็นระยะเวลาต่างๆ ได้แก่ 7 วัน 14 วัน 21 วัน และ 28 วัน ตามแต่ละการทดสอบ ก่อนนำไปทดสอบสมบัติต่างๆ ต่อไป

3.4 การทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นซีเมนต์บอร์ด

ในการทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกะลามะพร้าว ตามมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537) นั้น เป็นการนำมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ที่มีความใกล้เคียงกันในลักษณะของการใช้งาน มาทำการทดสอบเทียบเคียง เพื่อหาสมบัติเบื้องต้นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว เพราะปัจจุบันยังไม่มีการออกมาตรฐานของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวโดยตรง ทั้งนี้ การทดสอบทั้งหมดมีการใช้จำนวนตัวอย่าง ไม่น้อยกว่า 5 ตัวอย่างต่อการทดสอบ ซึ่งสมบัติที่ต้องทดสอบตามมาตรฐาน มอก.878-2537 นี้ ประกอบด้วย

1) ลักษณะโดยทั่วไป

2) ความหนาแน่น

3) ความชื้น

4) การพองตัวเมื่อแช่น้ำ

5) ความต้านทานแรงดัด

6) มอดุลัสยืดหยุ่น

7) ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

8) สภาพการนำความร้อน หรือสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal Conductivity Coefficient) ตามมาตรฐาน ASTM C177 (ASTM, 2012)

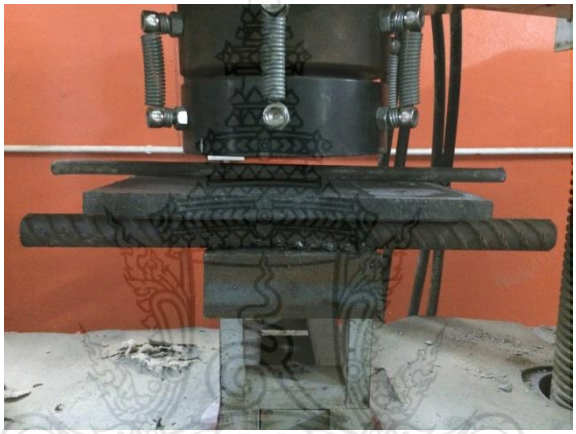
รูปที่ 3.19 การวัดขนาดของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว

รูปที่ 3.20 การวัดความหนาของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว

รูปที่ 3.21 การแช่แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวในน้ำเพื่อทดสอบการพองตัว

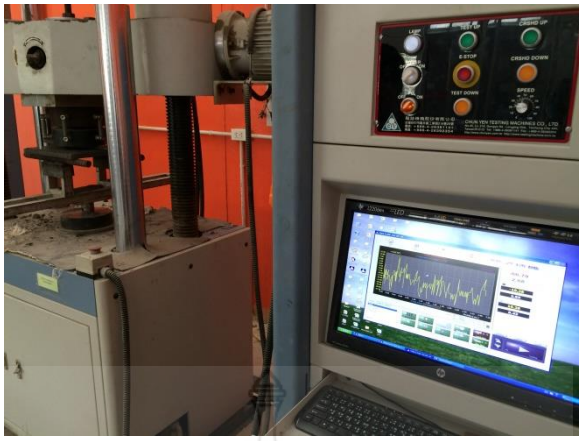
รูปที่ 3.22 การชั่งน้ำหนักของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว

รูปที่ 3.23 การระบุตำแหน่งให้น้ำหนักทดสอบของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว



รูปที่ 3.24 การวางจุดรองรับและจุดให้น้ำหนักทดสอบของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว

รูปที่ 3.25 การทดสอบความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น
ของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว



รูปที่ 3.26 การรายงานผลทดสอบความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวด้วยคอมพิวเตอร์

รูปที่ 3.27 การแตกหักของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวภายหลังการทดสอบความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

รูปที่ 3.28 การวัดและตัดแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวให้มีขนาดตามการทดสอบความต้านทานแรงดึงที่ผิวหน้า

รูปที่ 3.29 การติดแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวเข้ากับเหล็กยึดด้วยกาวติดเหล็ก สำหรับทดสอบความต้านทานแรงดึงที่ผิวหน้า

รูปที่ 3.30 แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวที่พร้อมทำการทดสอบความต้านทานแรงดึงที่ผิวหน้า

รูปที่ 3.31 การติดตั้งชิ้นส่วนแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวสำหรับทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากที่ผิวหน้าด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์

รูปที่ 3.32 การทดสอบความต้านทานแรงดึงที่ผิวหน้าของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว

3.5 การทดสอบสมบัติอื่นๆ ของแผ่นซีเมนต์บอร์ดเพิ่มเติม

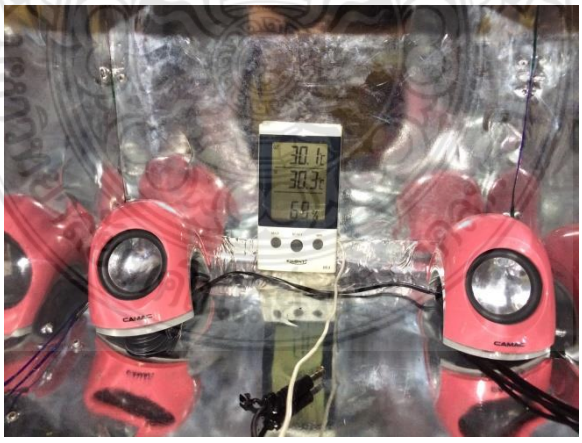
สมบัติอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกะลามะพร้าว ซึ่งนำมาทดสอบ ได้แก่ สมบัติทางเสียง สมบัติทางการยึดเกาะของอนุภาค และสมบัติด้านการใช้งานจริง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1) การทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียง โดยใช้การทดสอบระดับเสียงที่ลดลงจากแหล่งกำเนิดเสียงความถี่ต่างๆ ประกอบด้วย ความถี่ 125, 250, 500, 1,000, 2,000 และ 4,000 เฮิรตซ์ (Hz) ด้วยโปรแกรม Sound Check Tone Generator ผ่านลำโพงขนาด 3 วัตต์ จำนวน 2 ตัว มีช่วงความถี่ของเสียง 125 – 20,000 เฮิรตซ์ ติดตั้งอยู่ภายในห้องจำลอง ขนาด 30x30x30 เซนติเมตร ซึ่งผนังภายในมีการบุด้วยแผ่นเหล็กชุบสังกะสี และติดตั้งแผ่นโฟมรอบห้องจำลอง โดยด้านหน้ามีการเว้นช่องว่างขนาด 30 x 30 เซนติเมตร สำหรับติดตั้งแผ่นวัสดุ แล้วจึงทำการวัดระดับเสียงด้วยเครื่องวัดระดับเสียง (Sound Level Meter) ที่มีการครอบด้วยกรวยพลาสติกที่มีการบุฟองน้ำไว้ที่ขอบและผนังด้านใน (Abdullah et al., 2014)

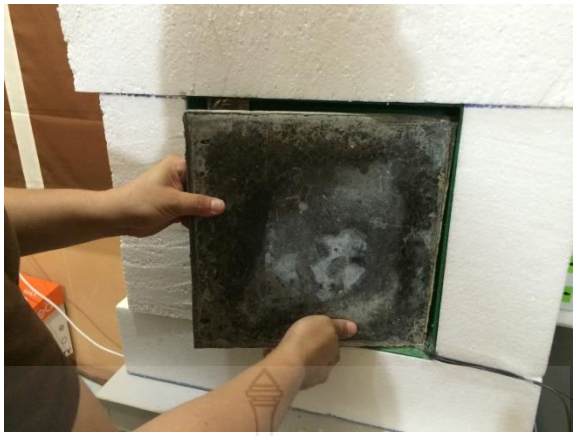
รูปที่ 3.33 ห้องจำลองสำหรับติดตั้งแผ่นวัสดุทดสอบเสียง

รูปที่ 3.34 การติดตั้งแหล่งกำเนิดเสียงภายในห้องจำลอง

รูปที่ 3.35 คอมพิวเตอร์สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียง



รูปที่ 3.36 การวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องจำลอง



รูปที่ 3.37 การติดตั้งแผ่นซีเมนต์บอร์ดกะลาสำหรับทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียง

รูปที่ 3.38 การทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียงของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว ด้วยเครื่องวัดระดับเสียง

2) การศึกษาลักษณะการยึดเกาะของอนุภาค โดยใช้การส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) ที่กำลังขยายต่างๆ

3) การใช้งานเป็นผนังจริง โดยทำการเลือกแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวจากอัตราส่วนที่มีสมบัติต่างๆ เหมาะสมมาใช้เป็นผนังทดสอบ แล้วจึงเริ่มจากการเชื่อมโครงคร่าวด้วยเหล็กกลวงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 50 x 25 มิลลิเมตร ให้มีระยะห่างระหว่างแผ่น 30 เซนติเมตร เท่ากับความกว้างของแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ต้องการติดตั้ง จากนั้นใช้ตะปูเกลียวปลายปล่อย มาขันเข้าไปในเนื้อแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยสว่านไฟฟ้า เพื่อยึดแผ่นซีเมนต์บอร์ดเข้ากับโครงคร่าวที่ได้เตรียมไว้ โดยให้เว้นรอยต่อไว้ประมาณ 5 มิลลิเมตร หากมีความจำเป็นต้องตัดแผ่นซีเมนต์บอร์ดออกเป็นแผ่นขนาดเล็ก ให้ดำเนินการตัดโดยใช้เครื่องตัดแผ่นคอนกรีต เมื่อทำการติดตั้งแผ่นซีเมนต์บอร์ดจนได้พื้นที่ตามต้องการแล้ว จึงทำการอุดรอยต่อทั้งหมดด้วยกาวซีเมนต์ชนิดสำหรับอุดรอยต่อแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ ได้ผนังที่ใช้แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวสำหรับใช้งานจริง ทั้งนี้ ให้สังเกตกระบวนการทำงานว่า มีความแตกต่างจากการใช้แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ทั่วไป แล้วทำการบันทึกและสรุปผลการทดสอบต่อไป

บทที่ 4
ผลการวิจัย

จากการทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว ตามมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537) และมาตรฐานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังต่อไปนี้

4.1 ลักษณะโดยทั่วไป

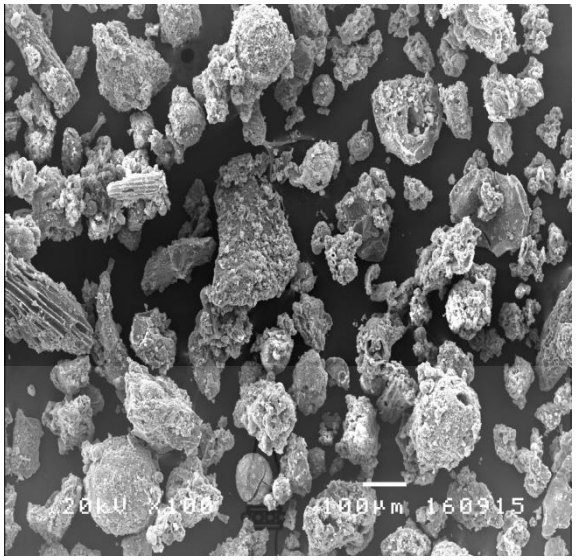
แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวที่ขึ้นรูปด้วยวิธีการอัดและสั่นเขย่า ทั้ง 5 อัตราส่วน มีลักษณะโดยทั่วไป ได้แก่ ความหนา, ความแน่น, ความเรียบสม่ำเสมอ และขอบต้องตั้งฉากกับระนาบผิว ซึ่งสามารถสรุปได้ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ลักษณะทั่วไปของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว

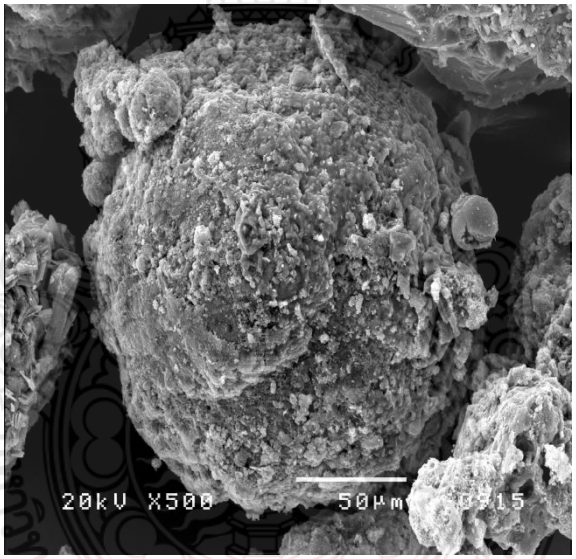
อัตราส่วน	ลักษณะทั่วไป
มอก. 878-2537	ความหนา ความแน่น ความเรียบต้องสม่ำเสมอ และขอบต้องตั้งฉากกับระนาบผิว
1:0.12	ผ่าน
1:0.13	ผ่าน
1:0.14	ผ่าน
1:0.15	ผ่าน
1:0.16	ผ่าน

จากตารางที่ 4.1 พบว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวทั้งหมดมีลักษณะผ่านตามที่มาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537) กำหนด คือ ขนาดของแผ่นซีเมนต์บอร์ดมีความหนา ความแน่น และความเรียบเท่ากันอย่างสม่ำเสมอ ส่วนขอบทุกอัตราส่วนก็มีความได้ฉากกับระนาบผิว

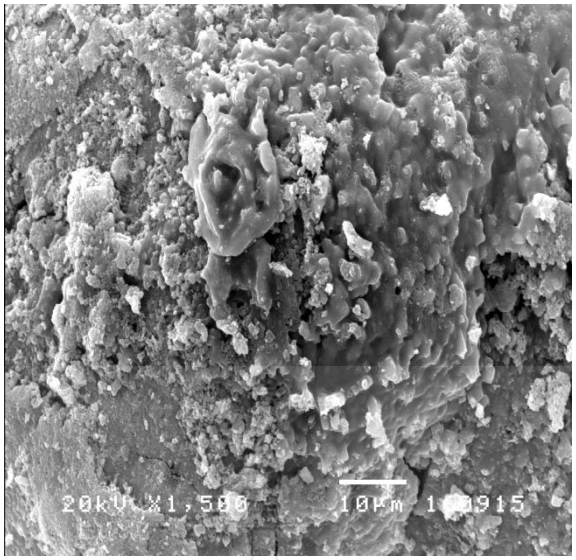
ทั้งนี้ เมื่อนำเถ้ากะลามะพร้าวและแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว ไปส่องขยายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยายต่างๆ ทำให้สามารถเห็นลักษณะพื้นผิว รูพรุนภายในเนื้อ และวิธีการจับตัวกันของวัสดุ ทั้งเถ้ากะลามะพร้าวและแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว ซึ่งภาพขยายต่างๆ มีดังรูปที่ 4.1 ถึง 4.6



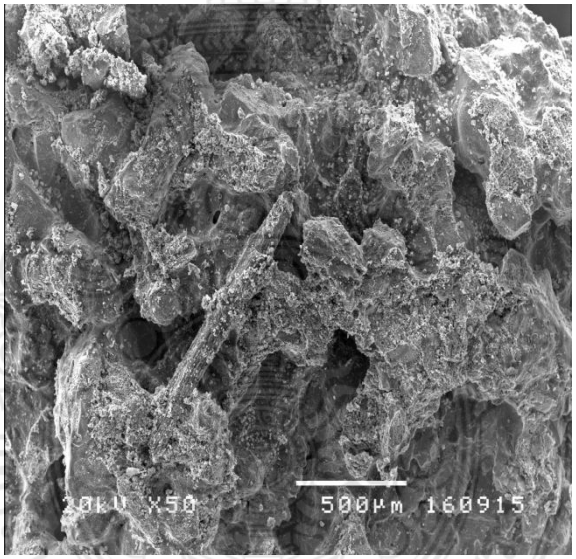
รูปที่ 4.1 ภาพขยายของเถ้ากะลามะพร้าวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 100 เท่า



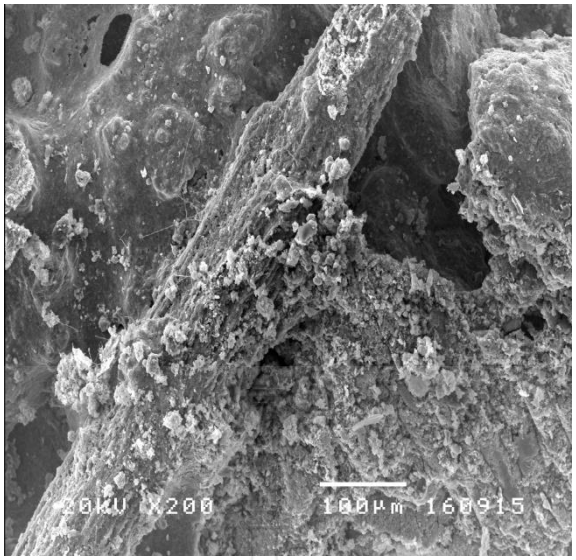
รูปที่ 4.2 ภาพขยายของเถ้ากะลามะพร้าวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 500 เท่า



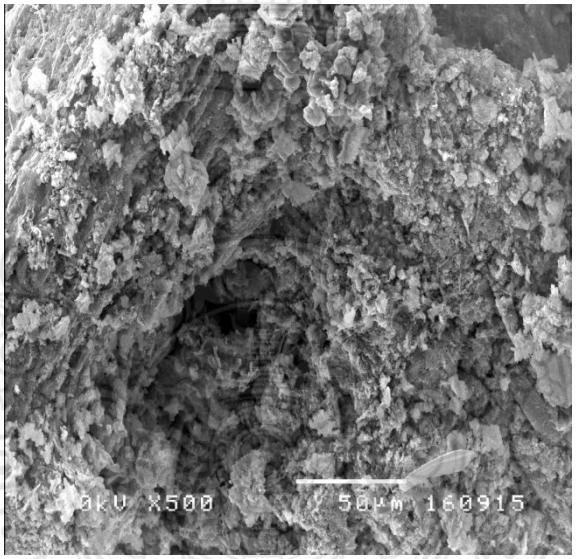
รูปที่ 4.3 ภาพขยายของเถ้ากะลามะพร้าวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 1,500 เท่า



รูปที่ 4.4 ภาพขยายของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 50 เท่า



รูปที่ 4.5 ภาพขยายของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 200 เท่า

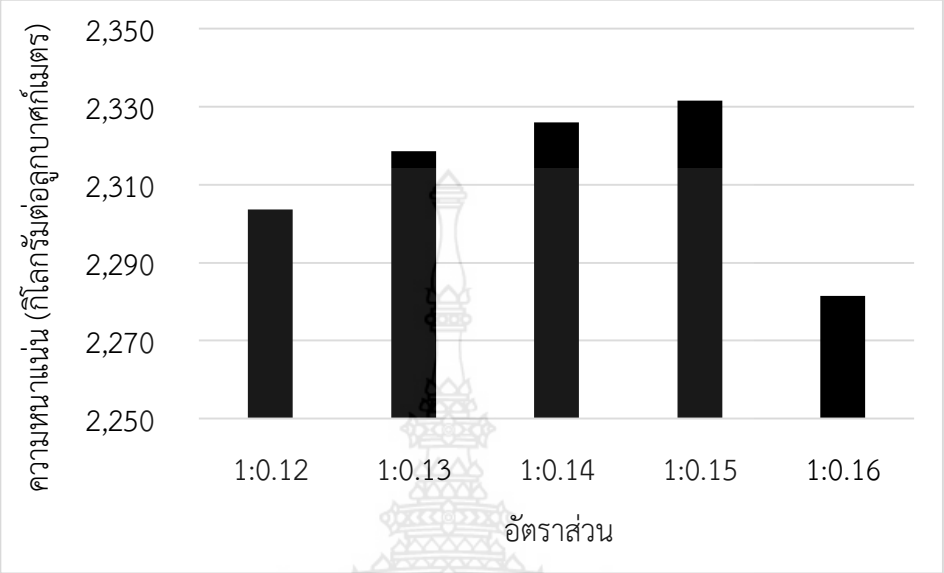


รูปที่ 4.6 ภาพขยายของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 500 เท่า

จากรูปที่ 4.1 ถึง 4.6 แสดงภาพขยายของเถ้ากะลามะพร้าวและแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวที่ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยายต่างๆ จากการพิจารณาเถ้ากะลามะพร้าว ทำให้เห็นว่า อนุภาคของเถ้ากะลามะพร้าวที่นำมาผสมมีขนาดระหว่าง 100 – 400 ไมโครเมตร ลักษณะอนุภาคมีรูปทรงที่ปะปนกัน ทั้งทรงกลมและทรงกระบอก พื้นผิวมีความขรุขระเพียงเล็กน้อย และมีรูพรุนค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้ เมื่อนำเถ้ากะลามะพร้าวดังกล่าวไปผสมกับปูนซีเมนต์ พร้อมทั้งอัดเป็นแผ่นซีเมนต์บอร์ด แล้วนำมาส่องขยายเช่นเดียวกัน จะพบว่าปูนซีเมนต์ที่ผสมสามารถยึดเกาะเข้ากับเถ้ากะลามะพร้าวได้เป็นอย่างดี โดยจะเห็นได้จากพื้นผิวของแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีรูพรุนไม่มาก และสามารถมองเห็นส่วนของเถ้ากะลามะพร้าวได้น้อย ทำให้เนื้อของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวจึงมีความหนาแน่นและความแข็งแรงที่ดี

4.2 ความหนาแน่น

ในส่วนผลการทดสอบความหนาแน่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว ทั้ง 5 อัตราส่วน สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.7

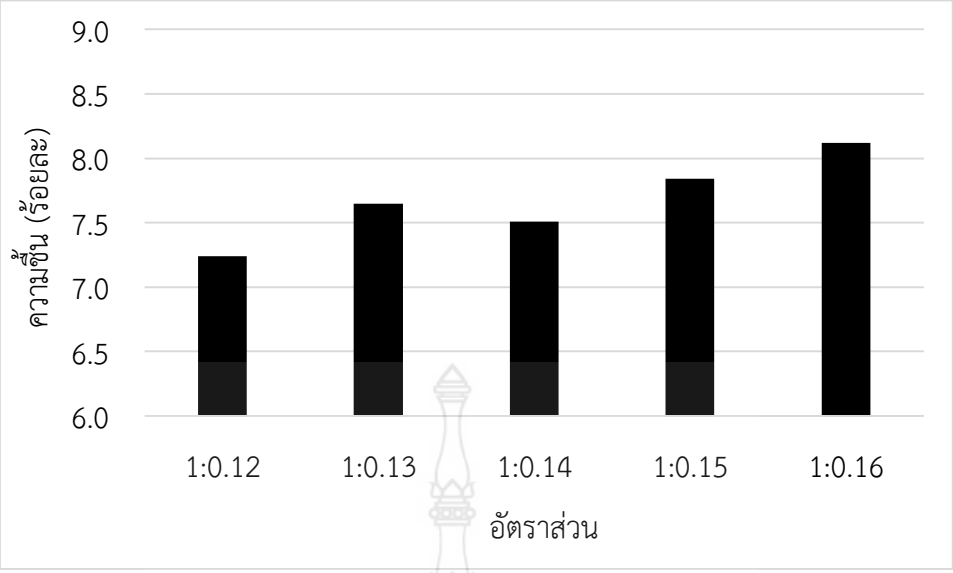


รูปที่ 4.7 ความหนาแน่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว ที่อายุการบ่ม 28 วัน

จากรูปที่ 4.7 แสดงให้เห็นถึงผลกระทบของปริมาณเถ้ากะลามะพร้าวที่มีต่อความหนาแน่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ด โดยการผสมเถ้ากะลามะพร้าวปริมาณมากพอเหมาะ จะทำให้แผ่นซีเมนต์บอร์ดมีเนื้อแน่นขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากขนาดของเถ้ากะลามะพร้าวที่มีขนาดเล็ก เมื่อผสมลงไปแล้วขนาดคละของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจึงดีขึ้นและมีความหนาแน่นที่สูงขึ้น (ปริญญา และชัย, 2551) เมื่อเทียบกับมาตรฐาน มอก. 878-2537 พบว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวมีความหนาแน่นสูงกว่ามาตรฐาน ซึ่งกำหนดให้มีค่าระหว่าง 1,100 ถึง 1,300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (สมอ., 2537) ถึงเกือบ 2 เท่า ทั้งนี้ เป็นเพราะความถ่วงจำเพาะของส่วนผสมที่ค่อนข้างมาก ได้แก่ ปูนซีเมนต์ เท่ากับ 3.1 ถึง 3.2 ทราย เท่ากับ 2.6 ถึง 2.7 และเถ้ากะลามะพร้าว เท่ากับ 2.0 ถึง 2.3 (Young, 1992) แตกต่างจากแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ทั่วไปที่มีส่วนผสมหลักเป็นชิ้นไม้ ซึ่งมีความถ่วงจำเพาะเพียง 0.6 ถึง 1.1 (Faherty et al., 1995)

4.3 ความชื้น

จากการผสมเถ้ากะลามะพร้าวลงในแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่อัตราส่วนต่างๆ สามารถสรุปผลของปริมาณเถ้ากะลามะพร้าวที่มีต่อค่าความชื้นภายในแผ่นซีเมนต์บอร์ดได้ ดังรูปที่ 4.8

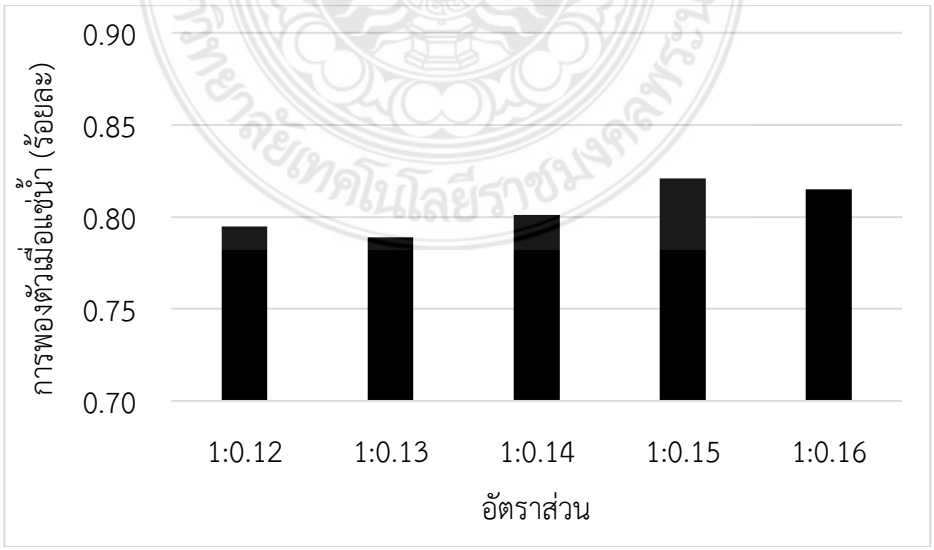


รูปที่ 4.8 ความชื้นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว ที่อายุการบ่ม 28 วัน

สำหรับค่าความชื้นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีปริมาณเถ้ากะลามะพร้าวอัตราส่วนต่างๆ ในรูปที่ 4.8 พบว่า ปริมาณเถ้ากะลามะพร้าวที่เพิ่มมากขึ้น จะมีผลต่อแนวโน้มของความชื้นภายในแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ทั้งนี้ เป็นผลมาจากลักษณะของเถ้ากะลามะพร้าวที่มีรูพรุนอยู่บ้าง (รูปที่ 4.1 และ 4.4) ทำให้มีการสะสมความชื้นอยู่ในแผ่นซีเมนต์บอร์ดมีค่ามากขึ้น อย่างไรก็ตาม ค่าความชื้นที่เพิ่มขึ้นดังกล่าวก็ยังมีค่าไม่มากนัก โดยยังคงมีค่าความชื้นที่ใกล้เคียงกัน และอยู่ในช่วงมาตรฐานระหว่าง ร้อยละ 9 ถึง 15 ตามที่ มอก.878-2537 (สมอ., 2537) กำหนด

4.4 การพองตัวเมื่อแช่น้ำ

เมื่อนำแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวอัตราส่วนต่างๆ มาแช่น้ำ แล้วทำการทดสอบค่าการพองตัวที่เกิดขึ้น สามารถสรุปผลได้ ดังรูปที่ 4.9

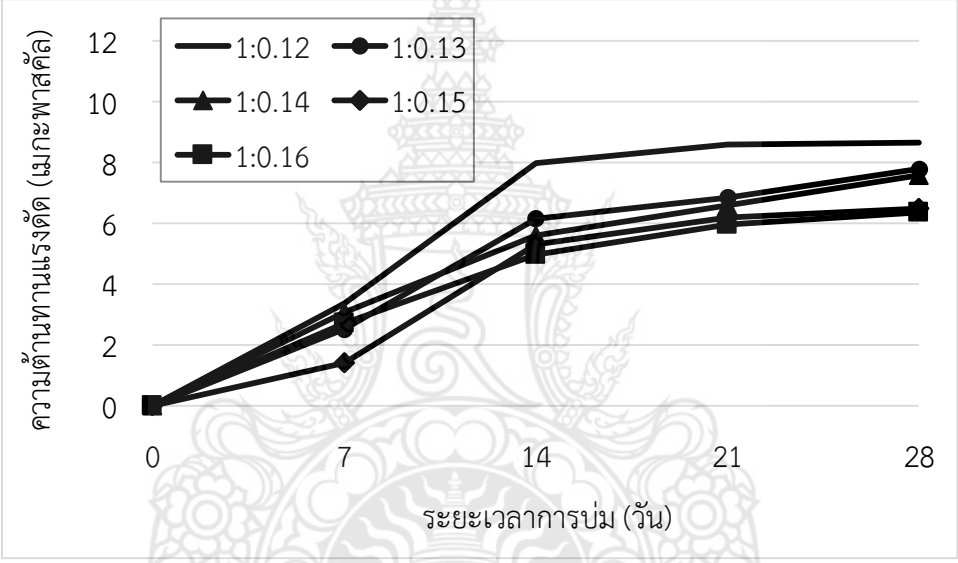


รูปที่ 4.9 การพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว ที่อายุการบ่ม 28 วัน

จากรูปที่ 4.9 พบว่า ค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวมีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามปริมาณเถ้ากะลามะพร้าวที่ผสมลงไป โดยค่าการพองตัวทั้งหมดยังคงผ่านตามที่มาตรฐาน มอก.878-2537 (สมอ., 2537) กำหนด คือ ต้องมีค่าการพองตัว ไม่เกินร้อยละ 2 ทั้งนี้ สมบัติด้านการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นซีเมนต์บอร์ดมีความสำคัญต่อการใช้งานเป็นผนัง โดยเฉพาะผนังภายนอกอาคารที่ต้องสัมผัสฝนและความชื้นอย่างมาก ซึ่งแผ่นซีเมนต์บอร์ดทุกอัตราส่วนก็สามารถใช้งานได้โดยไม่มีแนวโน้มของปัญหาการพองตัว

4.5 ความต้านทานแรงดัด

ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว ทั้งอัตราส่วนที่มีปริมาณเถ้ากะลามะพร้าวน้อย จนถึงอัตราส่วนที่มีปริมาณเถ้ากะลามะพร้าวมากที่สุด สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.10

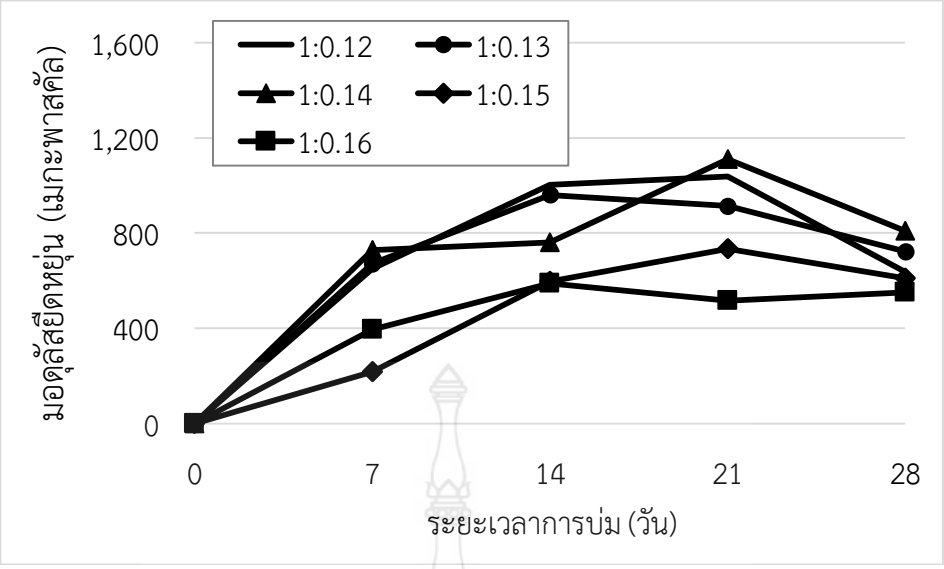


รูปที่ 4.10 ความต้านทานแรงดัดของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว ที่อายุการบ่ม 28 วัน

จากผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดในรูปที่ 4.10 พบว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีปริมาณเถ้ากะลาน้อยที่สุด (อัตราส่วน 1:0.12) มีความต้านทานแรงดัดสูงที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน 1:0.13 อัตราส่วน 1:0.14 อัตราส่วน 1:0.15 และอัตราส่วน 1:0.16 มีความต้านทานแรงดัดต่ำที่สุด ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เถ้ากะลามะพร้าวที่ผสม มีส่วนทำให้ความต้านทานแรงดัดลดลง ทั้งนี้เป็นผลมาจากความหยาบของเถ้ากะลามะพร้าว ซึ่งมีหน้าที่เป็นเพียงมวลรวมในแผ่นซีเมนต์บอร์ด (ปริญญา และชัย, 2551) และเมื่อมีปริมาณเถ้ากะลามะพร้าวเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้ความแข็งแรงลดลง เพราะมีปริมาณปูนซีเมนต์ที่ช่วยยึดเกาะน้อยกว่าแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีปริมาณเถ้ากะลามะพร้าวน้อย โดยเมื่อเทียบกับมาตรฐาน มอก. 878-2537 (สมอ., 2537) ที่กำหนดให้ความต้านทานแรงดัดต้องไม่น้อยกว่า 9 เมกะพาสคัลนั้น มีเพียงอัตราส่วน 1:0.12 ที่มีค่าใกล้เคียงกับมาตรฐาน แต่ก็ยังต่ำกว่ามาตรฐานเล็กน้อย

4.6 มอดุลัสยืดหยุ่น

มอดุลัสยืดหยุ่นเป็นสมบัติทางกลของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวที่เกี่ยวเนื่องกับความต้านทานแรงดัด โดยผลการทดสอบสามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.11

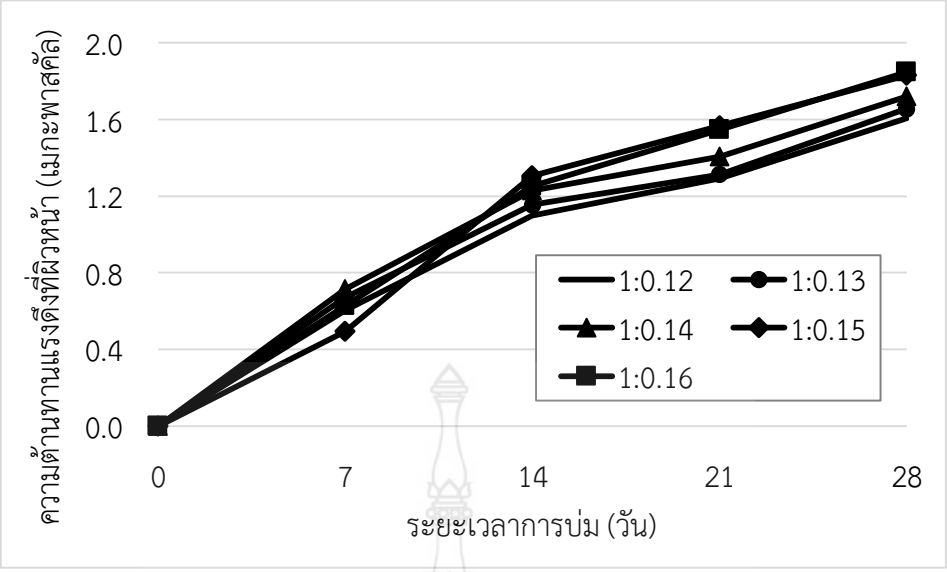


รูปที่ 4.11 มอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว ที่อายุการบ่ม 28 วัน

ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นในรูปที่ 4.11 ของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวทุกอัตราส่วนมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าระหว่าง 549.84 ถึง 807.91 เมกะพาสคัล แต่ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นทั้งหมดก็ยังต่ำกว่าที่มาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537) กำหนด ซึ่งให้แผ่นซีเมนต์บอร์ดต้องมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่น ไม่ต่ำกว่า 3,000 เมกะพาสคัล แสดงให้เห็นว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวมีความยืดหยุ่นหรือการโก่งตัวเกินกว่ามาตรฐาน

4.7 ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

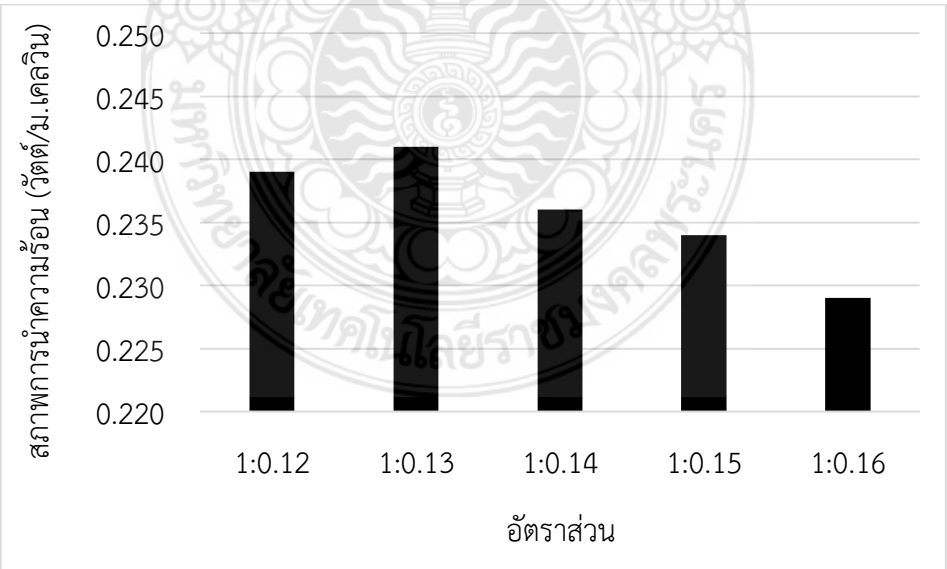
ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวที่แสดงในรูปที่ 4.12 พบว่า ปริมาณเถ้ากะลามะพร้าวที่มากมีแนวโน้มต่อค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าที่เพิ่มขึ้นได้ ทั้งนี้เป็นผลมาจากลักษณะของเถ้ากะลามะพร้าวบางส่วนที่เป็นทรงกระบอกยาว (รูปที่ 4.1) จึงสามารถช่วยให้แผ่นซีเมนต์บอร์ดรับแรงดึงให้ดีขึ้นได้ (Bledzki and Gassan, 1999) นอกจากนี้ แผ่นซีเมนต์บอร์ดทั้งหมดยังมีค่าผ่านตามมาตรฐาน มอก.878-2537 ซึ่งกำหนดให้ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ต้องสูงกว่า 0.4 เมกะพาสคัล (สมอ., 2537)



รูปที่ 4.12 ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว ที่อายุการบ่ม 28 วัน

4.8 สภาพการนำความร้อน

สภาพการนำความร้อนหรือสัมประสิทธิ์การนำความร้อน เป็นสมบัติของแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่แสดงให้เห็นถึงความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน โดยแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีสภาพการนำความร้อนต่ำจะมีการถ่ายเทความร้อนได้ช้า ทำให้มีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีกว่าแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีสภาพการนำความร้อนสูงซึ่งถ่ายเทความร้อนได้เร็วกว่า ทั้งนี้ ผลการทดสอบสภาพการนำความร้อนของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวทุกอัตราส่วน สามารถสรุปการทดสอบได้ ดังรูปที่ 4.13



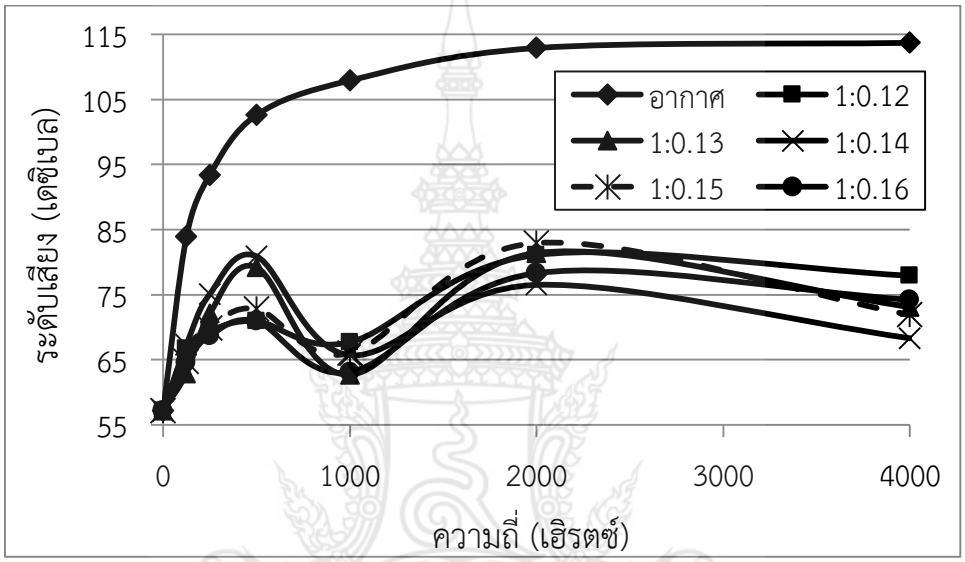
รูปที่ 4.13 สภาพการนำความร้อนของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว ที่อายุการบ่ม 28 วัน

ความพรุนของเถ้ากะลามะพร้าวที่ผสมในแผ่นซีเมนต์บอร์ดมีผลต่อสภาพการนำความร้อนที่ลดลง หรือทำให้แผ่นซีเมนต์บอร์ดมีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีขึ้น (ธนัญชัย และคณะ, 2549) โดยรูป

ที่ 4.13 พบว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีปริมาณเถ้ากะลามะพร้าวมากที่สุด คือ 1:0.16 เป็นอัตราส่วนที่มีสภาพการนำความร้อนต่ำที่สุด โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำเพียง 0.229 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน นอกจากนี้ แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวทั้งหมดมีสภาพการนำความร้อนเป็นไปตามมาตรฐาน มอก.878-2537 ที่กำหนดให้มีค่าต้องมีค่าไม่เกิน 0.25 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน (สมอ., 2537)

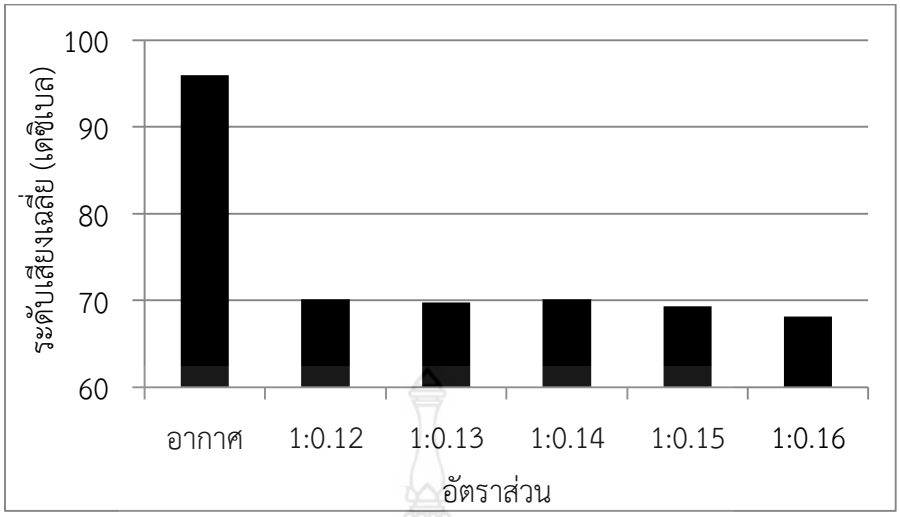
4.9 ประสิทธิภาพการป้องกันเสียง

ในส่วนของประสิทธิภาพในการป้องกันเสียงของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว ณ ความถี่ต่างๆ สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 ระดับเสียงที่ผ่านแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวออกจากห้องจำลอง ที่อายุการบ่ม 28 วัน

จากรูปที่ 4.14 แสดงระดับเสียงที่ผ่านออกจากห้องจำลอง ซึ่งภายในมีการติดตั้งแหล่งกำเนิดเสียงที่ความถี่ต่างๆ ไว้ โดยมีแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวอัตราส่วนต่างๆ ทำหน้าที่เป็นฉนวนป้องกันเสียง พบว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดทั้งหมดสามารถช่วยลดระดับเสียงให้ต่ำลงได้ ดังจะเห็นได้จากเส้นกราฟ “อากาศ” เป็นระดับเสียงที่ไม่มีการติดตั้งแผ่นใดๆ ขวาง เป็นกรณีที่มีระดับเสียงมากที่สุด โดยเฉพาะในช่วงความถี่สูงที่ 1,000 ถึง 4,000 เฮิรตซ์ ส่วนระดับเสียงจากห้องจำลองที่มีการติดตั้งแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวมีค่าลดต่ำลงอย่างชัดเจน ทั้งนี้ แผ่นซีเมนต์บอร์ดแต่ละอัตราส่วน จะสามารถลดระดับเสียงที่ความถี่ต่างๆ ได้แตกต่างกัน โดยแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีปริมาณเถ้ากะลามะพร้าวมาก จะมีแนวโน้มในการลดระดับเสียงได้ดีที่ความถี่สูง และแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีปริมาณเถ้ากะลามะพร้าวน้อย จะมีแนวโน้มในการลดระดับเสียงได้ดีที่ความถี่ต่ำ เมื่อนำระดับเสียงทุกความถี่มาคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยจะสามารถสรุปผลได้ ดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 ระดับเสียงเฉลี่ยที่ผ่านแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวออกจากห้องจำลอง ที่อายุการบ่ม 28 วัน

ระดับเสียงเฉลี่ยที่ผ่านแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวออกจากห้องจำลองในรูปที่ 4.15 แสดงให้เห็นว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีปริมาณเถ้ากะลามะพร้าวมาก จะมีระดับเสียงเฉลี่ยโดยรวมต่ำกว่าแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีปริมาณเถ้ากะลามะพร้าวน้อย ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาลักษณะโครงสร้างภายใน พบว่าแผ่นซีเมนต์เป็นวัสดุแบบรูพรุน (Porous absorber) คือ มีเซลล์เปิดอยู่ภายในค่อนข้างมาก เนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมีของซีเมนต์เกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ ทำให้รูพรุนที่อยู่ในเนื้อวัสดุมีความสม่ำเสมอ รวมทั้งตัวแผ่นซีเมนต์บอร์ด ยังคงมีความหนาแน่นค่อนข้างสูง จึงช่วยให้เกิดการสูญเสียพลังงาน ในรูปของการเสียดทานและความหนืด (Frictional and Viscous Loss) ได้อย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้ โครงสร้างแบบรูพรุน ยังสามารถดูดซับเสียงในช่วงความถี่สูงได้ดี และมีความสามารถในการดูดซับเสียงลดลงเมื่อความถี่ต่ำลง (ศักดิ์ชัย, 2541; บุรฉัตร, 2544)

4.10 การสร้างแบบจำลองการใช้งานจริง

จากผลการทดสอบสมบัติต่างๆ ทำให้คัดเลือกแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว อัตราส่วน 1:0.12 มาใช้ในการทดสอบการใช้งานจริงเป็นผนัง เนื่องจากมีสมบัติที่ใกล้เคียงกับมาตรฐาน มอก.878-2537 มากที่สุด ทั้งนี้ ผลการติดตั้งแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวลงบนโครงคร่าวเหล็ก โดยการยึดตะปูเกลียวปลายปล่อยด้วยสว่านไฟฟ้า และเว้นรอยต่อแต่ละแผ่นไว้ 5 มิลลิเมตร จากนั้นทำการอุดรอยต่อทั้งหมดด้วยกาวซีเมนต์ ได้ผนังที่ใช้แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวสำหรับใช้งานจริง เมื่อสังเกตกระบวนการทำงานทั้งหมด พบว่า ไม่มีความแตกต่างจากการใช้แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ทั่วไป ซึ่งผลจากการสร้างแบบจำลองการใช้งานจริงบางส่วน สามารถสรุปผลได้ ดังรูปที่ 4.16 ถึง 4.22

รูปที่ 4.16 โครงคร่าวเหล็กสำหรับติดตั้งแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว

รูปที่ 4.17 การใช้สว่านไฟฟ้าขันตะปูเกลียวปลายปล่อยลงในโครงคร่าวเหล็ก
เพื่อติดตั้งแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว

รูปที่ 4.18 ด้านหลังโครงคร่าวเหล็กที่มีการติดตั้งแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว

รูปที่ 4.19 การติดตั้งแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวที่ผ่านการตัดให้เล็กเพื่อเข้ามุมผนัง

รูปที่ 4.20 การฉาบปิดรอยต่อแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวด้วยกาวซีเมนต์

รูปที่ 4.21 ลักษณะผนังจำลองที่ติดตั้งแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว

รูปที่ 4.22 ด้านหลังของผนังจำลองที่ติดตั้งแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว

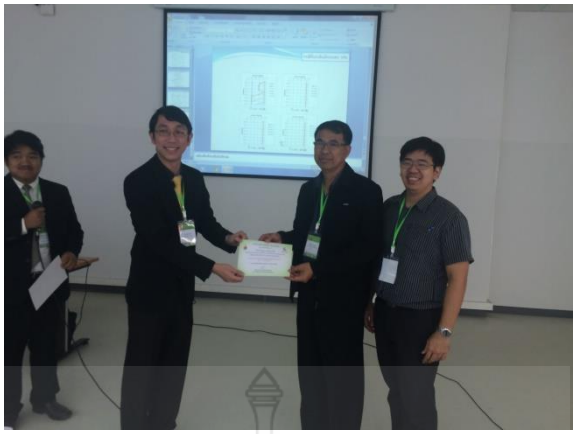
4.11 การยื่นคำขอรับอนุสิทธิบัตร

โครงการ “การพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวสำหรับการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม” เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ซึ่งสามารถนำผลการศึกษาวิจัยมายื่นคำขอรับอนุสิทธิบัตรได้จำนวน 1 คำขอ โดยมีคณะผู้วิจัย ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล และว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร เป็นผู้ประดิษฐ์ และมี “มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร” เป็นเจ้าของอนุสิทธิบัตร ทั้งนี้ การยื่นคำขอรับอนุสิทธิบัตรดังกล่าวได้รับคำแนะนำจาก หน่วยจัดการทรัพย์สินทางปัญญาและถ่ายทอดเทคโนโลยี แห่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล (TLO-RMUT) ในการดำเนินการร่างจัดเตรียมเอกสาร และยื่นคำขอ ดังรายละเอียดในภาคผนวก

4.12 การเขียนบทความวิจัยส่งลงในเอกสารประกอบการประชุมวิชาการ

ได้เขียนและนำเสนอบทความเรื่อง “การพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวสำหรับการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม” ในการประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 7 (7^{th} RMUTNC) “ราชมงคลกับการวิจัยอย่างยั่งยืน” ระหว่างวันที่ 1 - 3 กันยายน 2558 ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดนครราชสีมา (รายละเอียดในภาคผนวก) ดังรูปที่ 4.23 และ 4.24

รูปที่ 4.23 คณะผู้วิจัยนำเสนอผลงานในการประชุมวิชาการระดับชาติ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 7



รูปที่ 4.24 คณะผู้วิจัยรับมอบใบประกาศในการประชุมวิชาการระดับชาติ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 7

4.13 การถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่กลุ่มเป้าหมายสำหรับนำไปใช้ประโยชน์

ผลจากการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่ได้จากโครงการ “การพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวสำหรับการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม” ให้แก่กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ หน่วยงานภาครัฐ หน่วยงานภาคเอกชน ชุมชน บริษัท และห้างร้านต่างๆ นั้น พบว่า มีกลุ่มเป้าหมายในส่วนผู้ประกอบการสนใจรับการถ่ายทอดเทคโนโลยี และได้นำไปประยุกต์ใช้เบื้องต้นแล้ว จำนวน 1 ราย คือ ห้างหุ้นส่วนจำกัด กรีน ซัพพลายเชน ดังรายละเอียดในภาคผนวก

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

โครงการ “การพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวสำหรับการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม” เป็นการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นซีเมนต์บอร์ดชนิดใหม่จากเศษวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมการแปรรูปมะพร้าว พร้อมทั้งทดสอบสมบัติต่างๆ เปรียบเทียบกับมาตรฐาน การถ่ายทอดและตีพิมพ์เทคโนโลยีในงานประชุมวิชาการ การขอรับอนุสิทธิบัตร และการนำไปประยุกต์ใช้งานจริง ซึ่งสามารถสรุปเป็นผลการดำเนินงานแบ่งตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะสำหรับการดำเนินงานวิจัยต่อไปได้ ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผล

ผลจากการพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวสำหรับการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม สามารถสรุปได้ว่า

1) ขั้นตอนการผลิตแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว สามารถขึ้นรูปโดยใช้วิธีการอัดและสั่นเขย่า เพื่อให้ส่วนผสมเรียงและจับตัวกันเป็นแผ่นซีเมนต์บอร์ดได้ดี โดยไม่ต้องใช้วิธีการให้น้ำหนักแบบแผ่นซีเมนต์บอร์ดทั่วไป ทำให้ชุมชนและผู้ประกอบการสามารถเข้าถึงเทคโนโลยีได้ง่าย และไม่ต้องลงทุนเครื่องจักรสำหรับการผลิตที่สูงจนเกินไป

2) จากผลการพิจารณาเพื่อคัดเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวสำหรับการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมนั้น พบว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว อัตราส่วน 0:0.12 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการนำไปใช้งานหรือพัฒนาต่อไป เนื่องจากมีสมบัติที่ใกล้เคียงกับมาตรฐาน มอก.878-2537 มากที่สุด ทั้งนี้ อัตราส่วนดังกล่าวมีส่วนผสมต่างๆ ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1: ทรายละเอียด: เถ้ากะลามะพร้าว: น้ำประปา เท่ากับ 1: 0.4: 0.12: 0.33 ส่วนโดยน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด

3) ในส่วนสมบัติต่างๆ ของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว พบว่า ปริมาณเถ้ากะลามะพร้าวที่เหมาะสม สามารถพัฒนาสมบัติบางประการ ได้แก่ ความต้านทานแรงดึงที่ผิวหน้า มอดุลัสยืดหยุ่น ความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนและเสียงที่ดีขึ้นได้ ในขณะที่สมบัติอื่นๆ ยังคงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้น ความหนาแน่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มากเกินไป และความต้านทานแรงดัดที่ต่ำกว่ามาตรฐานเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่พัฒนา สามารถใช้งานทั่วไปได้ เช่นเดียวกับแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ทั่วไปโดยไม่เกิดปัญหา

4) ผลการใช้งานแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวสำหรับเป็นผนังอาคารนั้น ยืนยันได้ว่าแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวทุกอัตราส่วน สามารถก่อสร้างและใช้งานเป็นผนังอาคารได้ ทั้งการตัดแต่ง การเจาะรู และการติดตั้งด้วยวัสดุทั่วไป เช่นเดียวกับแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ในท้องตลาด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวที่อัตราส่วน 1: 0.12 ซึ่งถูกคัดเลือกให้นำมาใช้ติดตั้งและทดสอบเป็นผนังจำลองขนาด 2 x 1.5 เมตร

5) การถ่ายทอดเทคโนโลยีแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวสำหรับการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม เป็นการถ่ายทอดผ่านช่องทางต่างๆ ที่หลากหลาย ได้แก่ การนำเสนอและตีพิมพ์ในงานประชุมวิชาการ จำนวน 1 ฉบับ การขอรับอนุสิทธิบัตร จำนวน 1 คำขอ การนำไปประยุกต์ใช้งานในบริษัทเอกชน จำนวน 1 บริษัท และมีแนวโน้มในการนำไปถ่ายทอดและใช้ประโยชน์เพิ่มเติมอีก

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาต่อไป ควรพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวให้มีสมบัติผ่านมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ชนิดความหนาแน่นสูง รวมทั้งมีสมบัติที่ดีกว่าแผ่นซีเมนต์บอร์ดในท้องตลาดทั่วไป โดยอาจเพิ่มเส้นใยมะพร้าวมาช่วยรับแรงดึงและลดน้ำหนักให้กับแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว และทดลองเปลี่ยนวิธีการขึ้นรูปเป็นการให้น้ำหนักกดค้างไว้แทนการสั่นเขย่า ซึ่งน่าจะทำให้แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว สามารถแข่งขันและเป็นทางเลือกของผลิตภัณฑ์ผนังอาคารที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและประหยัดพลังงานได้ดียิ่งขึ้นได้

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2548. **ศักยภาพชีวมวลในประเทศไทย**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.dede.go.th/dede/index.php?id=437. 25 ธันวาคม 2548.

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

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2544. **ไม้อัดซีเมนต์**. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

กลุ่มพลังงานชีวมวล, 2555. **พลังงานชีวมวล.** กลุ่มพลังงานชีวมวล สำนักค้นคว้าพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทน กระทรวงพลังงาน, 27 หน้า.

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

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. **ประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของฉนวนอาคารจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร**. Journal of Architectural/Planning Research and Studies Volume 4 . 2 0 0 6 Faculty of Architecture and Planning, Thammasat University.

ธวัช จิรายุส, 2528. **รายงานการทดลองทำแผ่นไม้อัดซีเมนต์จากไม้ยูคาลิปตัสคามาลเลนซิส**.เอกสารวิชาการเล่มที่ 2 การประชุมป่าไม้ ประจำปี 2528. สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้.หน้า388-345.

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

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

บุรฉัตร วิริยะ, 2544. **การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับเสียงของวัสดุพืชแห้งและเส้นใยแก้ว.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ประชุม คำพุฒ, กิตติพงษ์ สุวีโร และสมพิศ ดีบุญโน, 2552. **การใช้เส้นใยจากขยะเปลือกทุเรียนเป็นวัสดุผสมในมอร์ต้าร์น้ำหนักเบา**. วารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทยปีที่ 23 ฉบับที่ 2. หน้า 79-88.

ปริญญา จินดาประเสริฐ, และ ชัย จาตุรพิทักษ์กุล. 2551. **ปูนซีเมนต์ ปอซโซลาน และคอนกรีต.** พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : สมาคมคอนกรีตไทย.

ศักดิ์ชัย อมรศักดิ์ชัย, 2541. **การศึกษาประสิทธิภาพในการลดเสียงของวัสดุเหลือใช้เมื่อใช้ซีเมนต์เป็นสารเชื่อมประสาน.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหิดล.

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

สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (สนพ.), 2545. **วารสารนโยบายพลังงาน**. ฉบับที่ 55, มกราคม-มีนาคม 2545, สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ กระทรวงพลังงาน.

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

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.), 2525. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องแผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์ชนิดใช้งานทั่วไป มอก. 442-2525**. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.), 2537. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูง มอก. 878-2537**. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

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

เอกรัตน์ รวยรวย, 2551. **คอนกรีตบล็อกมวลเบาผสมเส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าว**. โครงการสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมไทย เครือข่าย มจธ.. สำนักงานพัฒนาวิทยาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

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

Abdullah Keyvani, Sasan Somi, and Özgür Eren, 2014. Humidity intrusion effects on the properties of sound acoustic of autoclaved aerated concrete. **International Journal of Research in Engineering and Technology**, Vol.3 No.2, pp. 6 – 11.

American Society for Testing and Materials (ASTM), 2012. **Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus (ASTM C177)**. Philadelphia.

Bledzki, A.K. and Gassan, J., 1999. Composites Reinforced with Cellulose based Fibers, **Progress in Polymer Science**, Vol.24, pp.221-274.

Faherty, Keith F. and Williamson, Thomas G., 1995. **Wood Engineering and Construction Handbook**. Second Edition. New York: McGraw-Hill, Inc.

Pablo, A.A. 1989. **Wood cement boards from wood wastes and fast-growing plantation species for lowcost housing.** The Philippine Lumberman, 35, 8–53.

Young, Hugh D., 1992. **Hyper Physics**. University Physics. Addison Wesley.

ภาคผนวก

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)”

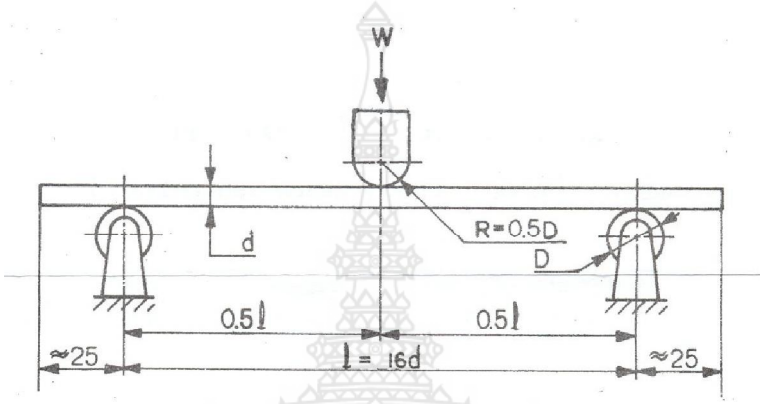
4. ให้ยกเลิกความในข้อ 9.3.1.2 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"9.3.1.2 ไมโครมิเตอร์ ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 มิลลิเมตร สำหรับวัดความหนา"

5. ให้เพิ่มความต่อไปนี้เป็นข้อ 9.3.1.3

"9.3.1.3 เวอร์เนียร์แคลลิเปอร์ส ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร สำหรับวัดความกว้างและความยาว"

6. ให้ยกเลิกรูปที่ 4 และให้ใช้รูปต่อไปนี้แทน



รูปที่ 4 การทดสอบความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

(ข้อ 9.6.1.2)

ทั้งนี้ ตั้งแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

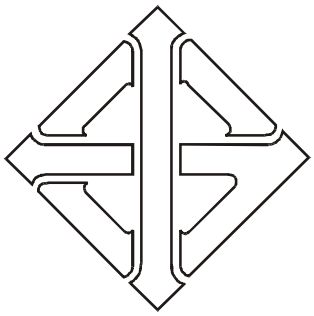
ประกาศ ณ วันที่ 4 ตุลาคม พ.ศ. 2537

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

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 106 ตอนที่ 137
วันที่ 24 สิงหาคม พุทธศักราช 2532

คณะกรรมการวิชาการคณะที่ 120
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นอัดสำหรับการก่อสร้าง

ประธานกรรมการ

นายวรรณะ มณี	ผู้แทนสมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์

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 เชลโลกรีตไทย 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

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 ความตรงของขอบแต่ละด้านจะคลาดเคลื่อนไปจากแนวตรง ได้ไม่เกิน 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		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

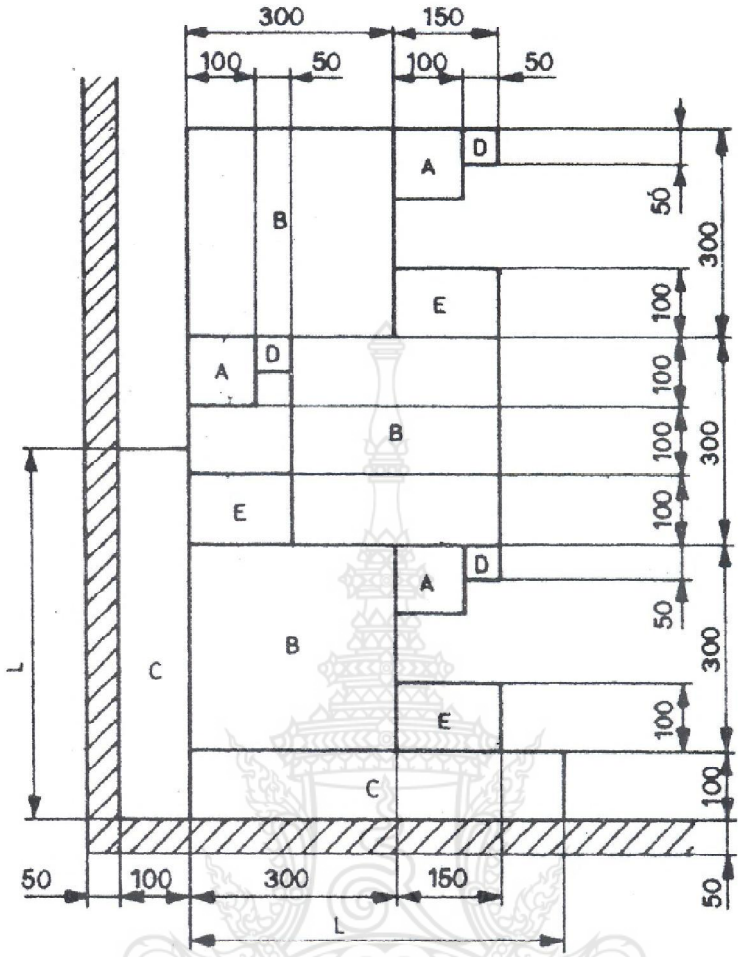
(ข้อ 8.2.1)

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



L = 16 เท่าของความหนาระบุ (ตัวเลขที่ได้ให้ปัดเป็นเลขจำนวนเต็ม
ของ 10 มิลลิเมตรที่ใกล้เคียง) บวกด้วย 25 มิลลิเมตร

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

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

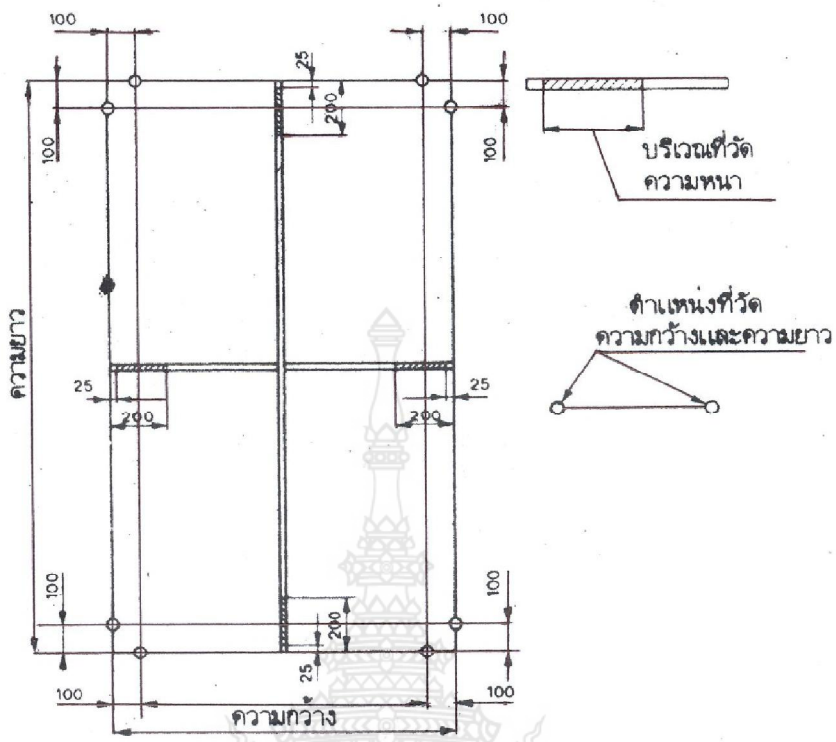
ใช้ไมโครมิเตอร์ ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 มิลลิเมตร ซึ่งมีส่วนของแป้นวัดเรียบและขนานกัน และมีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร วัดที่บริเวณกึ่งกลางของขอบของแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ทั้ง 4 ด้าน และให้ลึกเข้าไปจากขอบประมาณ 25 ถึง 200 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 2

9.2.3 ความแตกต่างของเส้นทแยงมุม

ใช้สายวัดตามข้อ 9.2.1 วัดหาความแตกต่างของเส้นทแยงมุม

9.2.4 ความตรงของขอบ

ขึงเส้นด้ายให้ตึงระหว่างมุมที่ขอบเดียวกัน ของแผ่นชิ้นไม่อัดซีเมนต์ 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

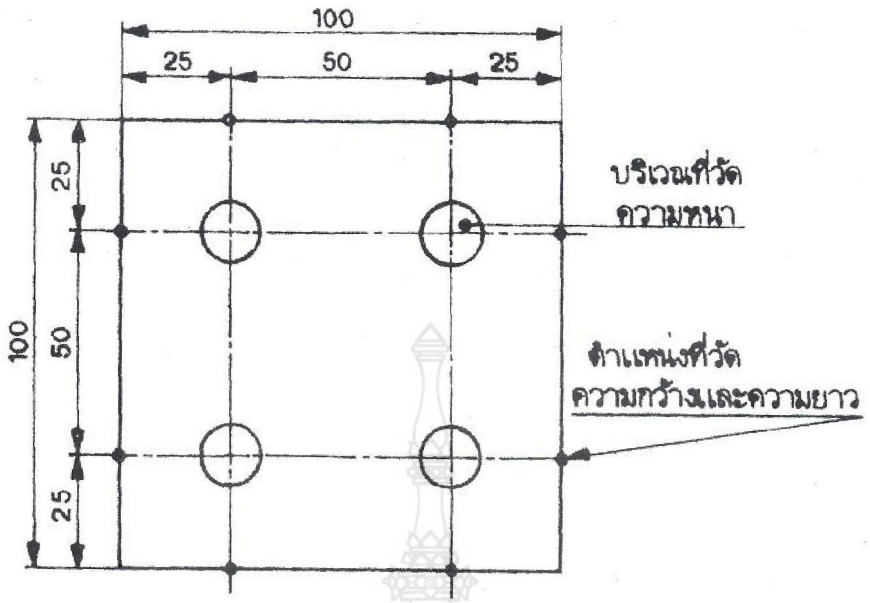
9.3.3 วิธีคำนวณ

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

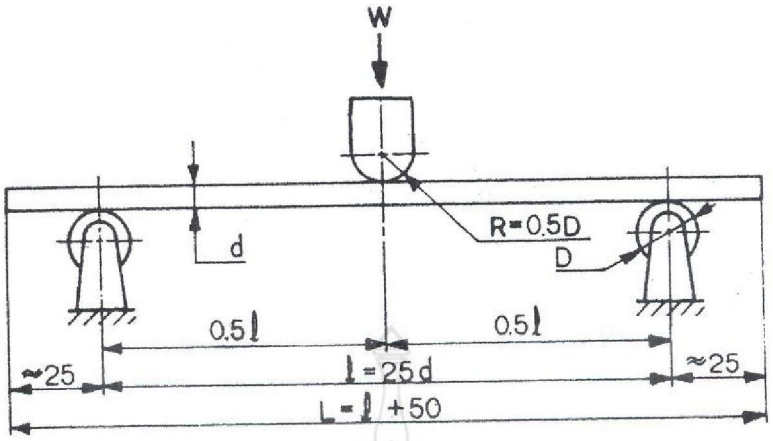
9.6.1.3 มาตรการแอ่นตัว ซึ่งอ่านค่าได้ละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร

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

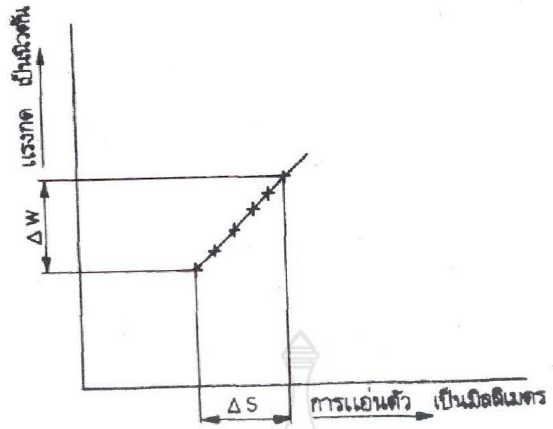
$$f = \frac{3\,W\ell}{2\,bf^2}$$

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

คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

☐ การประดิษฐ์
☐ การออกแบบผลิตภัณฑ์
☑ อนุสิทธิบัตร

ข้าพเจ้าผู้ลงลายมือชื่อในคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ตามพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ 2522 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 2) พ.ศ 2535 และ พระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 3) พ.ศ 2542

สำหรับเจ้าหน้าที่

วันรับคำขอ	เลขที่คำขอ
วันยื่นคำขอ	
สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ	
ใช้กับแบบผลิตภัณฑ์ ประเภทผลิตภัณฑ์	
วันประกาศโฆษณา	เลขที่ประกาศโฆษณา
วันออกสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร	เลขที่สิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร
ลายมือชื่อเจ้าหน้าที่	

1.ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์
แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวและกรรมวิธีการผลิต

2.คำขอรับสิทธิบัตรการออกแบบผลิตภัณฑ์นี้เป็นคำขอสำหรับแบบผลิตภัณฑ์อย่างเดียวกันและเป็นคำขอลำดับที่
ในจำนวน คำขอ ที่ยื่นในคราวเดียวกัน

3.ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร และที่อยู่ (เลขที่ ถนน ประเทศ)		
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่อยู่ เลขที่ 399 ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10300 ประเทศไทย	3.1 สัญชาติ	ไทย
	3.2 โทรศัพท์	08 8274 0869, 08 9447 9899
	3.3 โทรสาร	0 2628 5201
	3.4 อีเมล์	pramot.w@rmutp.ac.th

4.สิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร
☐ ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบ ☑ ผู้รับโอน ☐ ผู้ขอรับสิทธิโดยเหตุอื่น

5.ตัวแทน(ถ้ามี)/ที่อยู่ (เลขที่ ถนน จังหวัด รหัสไปรษณีย์)		
ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร ที่อยู่ เลขที่ 8/3 หมู่ที่8 ถนนพุทธรักษา ตำบลท้ายบ้านใหม่ อำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ รหัสไปรษณีย์ 10280 ประเทศไทย	5.1 ตัวแทนเลขที่	2262
	5.2 โทรศัพท์	08 1199 4705
	5.3 โทรสาร	0 2549 4033
	5.4 อีเมล์	siam_macho@hotmail.com

6.ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ และที่อยู่ (เลขที่ ถนน ประเทศ)
ผศ.ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล ที่อยู่ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เลขที่ 399 ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10300 ประเทศไทย และ ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร ที่อยู่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เลขที่ 39 หมู่ที่1 ถนนรังสิต-นครนายก คลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 12110 ประเทศไทย

7. คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิม
ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอให้ถือว่าได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ ในวันเดียวกับคำขอรับสิทธิบัตร
เลขที่ วันยื่น เพราะคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิมเพราะ
☐ คำขอเดิมมีการประดิษฐ์หลายอย่าง ☐ ถูกคัดค้านเนื่องจากผู้ขอไม่มีสิทธิ ☐ ขอเปลี่ยนแปลงประเภทของสิทธิ

หมายเหตุ ในกรณีที่ไม่อาจระบุรายละเอียดได้ครบถ้วน ให้จัดทำเป็นเอกสารแนบท้ายแบบพิมพ์นี้โดยระบุหมายเลขกำกับข้อและหัวข้อที่แสดงรายละเอียดเพิ่มเติมดังกล่าวด้วย

8.การยื่นคำขอนอกราชอาณาจักร

วันยื่นคำขอ	เลขที่คำขอ	ประเทศ	สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ	สถานะคำขอ
8.1				
8.2				
8.3				

8.4 ☐ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรขอสิทธิให้ถือว่าได้ยื่นคำขอนี้ในวันที่ได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรในต่างประเทศเป็นครั้งแรกโดย
☐ ได้ยื่นเอกสารหลักฐานพร้อมคำขอนี้ ☐ ขอยื่นเอกสารหลักฐานหลังจากวันยื่นคำขอนี้

9.การแสดงการประดิษฐ์ หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรได้แสดงการประดิษฐ์ที่หน่วยงานของรัฐเป็นผู้จัด
วันแสดง วันเปิดงานแสดง ผู้จัด

10.การประดิษฐ์เกี่ยวกับจุลชีพ

10.1 เลขทะเบียนฝากเก็บ	10.2 วันที่ฝากเก็บ	10.3 สถาบันฝากเก็บ/ประเทศ

11.ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอยื่นเอกสารภาษาต่างประเทศก่อนในวันยื่นคำขอนี้ และจะจัดยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ที่จัดทำเป็นภาษาไทยภายใน 90 วัน นับจากวันยื่นคำขอนี้ โดยขอยื่นเป็นภาษา
☐ อังกฤษ ☐ ฝรั่งเศส ☐ เยอรมัน ☐ ญี่ปุ่น ☐ อื่นๆ

12.ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอให้อธิบดีประกาศโฆษณาคำขอรับสิทธิบัตร หรือรับจดทะเบียน และประกาศโฆษณาอนุสิทธิบัตรนี้ หลังจากวันที่ เดือน พ.ศ
☐ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรขอให้ใช้รูปเขียนหมายเลข ในการประกาศโฆษณา

13.คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ประกอบด้วย

ก. แบบพิมพ์คำขอ	2	หน้า
ข. รายละเอียดการประดิษฐ์ หรือคำพรรณนาแบบผลิตภัณฑ์	2	หน้า
ค. ข้อถือสิทธิ	1	หน้า
ง. รูปเขียน	รูป	หน้า
จ. ภาพแสดงแบบผลิตภัณฑ์		
☐ รูปเขียน	รูป	หน้า
☐ ภาพถ่าย	รูป	หน้า
ฉ. บทสรุปการประดิษฐ์	1	หน้า

14.เอกสารประกอบคำขอ
☑ เอกสารแสดงสิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร
☐ หนังสือรับรองการแสดงการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์
☑ หนังสือมอบอำนาจ
☐ เอกสารรายละเอียดเกี่ยวกับจุลชีพ
☐ เอกสารการขอนับวันยื่นคำขอในต่างประเทศเป็นวันยื่นคำขอในประเทศไทย
☐ เอกสารขอเปลี่ยนแปลงประเภทของสิทธิ
☐ เอกสารอื่น ๆ

15. ข้าพเจ้าขอรับรองว่า
☑ การประดิษฐ์นี้ไม่เคยยื่นขอรับสิทธิบัตร/ อนุสิทธิบัตรมาก่อน
☐ การประดิษฐ์นี้ได้พัฒนาปรับปรุงมาจาก.....

16.ลายมือชื่อ (☑ ผู้ขอรับสิทธิบัตร / อนุสิทธิบัตร; ☐ ตัวแทน)

(ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร)
ตัวแทนผู้รับมอบอำนาจ

หมายเหตุ บุคคลใดยื่นขอรับสิทธิบัตรการประดิษฐ์หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ หรืออนุสิทธิบัตร โดยการแสดงข้อความอันเป็นเท็จแก่พนักงานเจ้าหน้าที่ เพื่อให้ได้ไปซึ่งสิทธิบัตรหรืออนุสิทธิบัตร ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินหกเดือน หรือปรับไม่เกินห้าพันบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ

รายละเอียดการประดิษฐ์

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์

แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวและกรรมวิธีการผลิต

สาขาวิทยาการที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์

สาขาวิศวกรรมวัสดุที่เกี่ยวข้องกับแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวและกรรมวิธีการผลิต

ภูมิหลังของศิลปะหรือวิทยาการที่เกี่ยวข้อง

แผ่นซีเมนต์บอร์ดหรือไม้อัดซีเมนต์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการก่อสร้างบ้านสำเร็จรูปและใช้เป็นส่วนประกอบของบ้านเรือน สามารถลดต้นทุนการก่อสร้างลงได้ เนื่องจากนิยมนำมาใช้เป็นผนังแทนการก่ออิฐฉาบปูน แผ่นซีเมนต์บอร์ด แบ่งได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่ ชนิดแรก แผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์ หรือมีชื่อเรียกกันในวงการป่าไม้ว่า Wood-Wood Board หรือ Wood-Wood Cement Slabs (W.W.S.) มีมาตรฐาน คือ มอก. 442-2525 เรื่องแผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์ชนิดใช้งานทั่วไป ชนิดที่สอง แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ (Cement-Bonded Particle-Boards) ชิ้นไม้สับ (Wood Chip) ที่ใช้เป็นวัตถุดิบ มีความหนาแน่น (Density) สูงสุด 1,250 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร มีมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูง และชนิดที่สาม แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ (Cement-Bonded Fiber Board) มีกรรมวิธีการผลิตเช่นเดียวกับแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ แต่ใช้เส้นใยจากไม้แทนที่จะเป็นชิ้นไม้ ปัจจุบันอุตสาหกรรมนี้ยังไม่มีผลิตออกมาเป็นสินค้าจึงยังไม่มีมาตรฐานควบคุม ในอนาคตเส้นใยที่ได้จากไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิล และพืชเกษตร เช่น ปาล์มน้ำมัน อาจถูกนำมาใช้ผลิตไม้อัดชนิดนี้สำหรับทดแทนเส้นใยที่ได้จากแร่ใยหิน (Asbestos) ที่สร้างมลพิษให้สภาพแวดล้อมมาก

จากปริมาณการส่งออกมะพร้าวของไทยที่มากเป็นอันดับต้นๆ ของโลก ทำให้มีขยะกะลามะพร้าวเหลือทิ้งมาก จึงต้องมีการนำไปเผาเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า แต่ก็มีส่วนที่เหลือเป็นเถ้ากะลามะพร้าวปริมาณมากกว่า 222,000 ตันต่อปี กลายเป็นปัญหาขยะเหลือทิ้งที่ต้องมีแนวทางการกำจัดหรือการนำไปใช้ประโยชน์อย่างเร่งด่วน เมื่อวิเคราะห์ลักษณะของเถ้ากะลามะพร้าว พบว่า เถ้าส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นก้อนจากเศษกะลามะพร้าวที่เผาไหม้ไม่หมด ปะปนอยู่กับผงกะลามะพร้าวขนาดเล็ก มีน้ำหนักเบา และแข็งมากพอสมควร จึงมีเหมาะที่จะนำเถ้ากะลามะพร้าวมาผสมเป็นแผ่นซีเมนต์บอร์ด

แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวนี้ เป็นวัสดุทดแทนการก่อผนังที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนป้องกันความร้อน ดูดซับเสียงได้ น้ำหนักเบา ทนทาน สามารถช่วยประหยัดพลังงานและลดขนาดโครงสร้างของอาคารลงได้ เป็นการนำเถ้ากะลามะพร้าวที่มีอยู่มากมาใช้ประโยชน์ และมีต้นทุนต่ำกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ทั่วไป กล่าวได้ว่า เป็นวัสดุก่อสร้างเพื่อการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม

ลักษณะและความมุ่งหมายของการประดิษฐ์

ลักษณะของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว เป็นแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีส่วนประกอบหลัก คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1 ทรายละเอียด เถ้ากะลามะพร้าว และน้ำประปา ขึ้นรูปด้วยการผสมให้เข้ากัน และอัดเป็นแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยเครื่องอัดแบบสั่นเขย่า ได้แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวที่มีความแข็งแรง น้ำหนักเบา ทึบน้ำ ทนทาน เป็นฉนวนป้องกันความร้อนและเสียงที่ดี

ความมุ่งหมายของการประดิษฐ์นี้ เพื่อใช้เป็นผนังอาคารทั้งภายนอกและภายใน สำหรับอุตสาหกรรมการก่อสร้างทั่วไป

การเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

ส่วนผสมของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว ประกอบด้วย

- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1	ปริมาณ	1	ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด
- ทรายละเอียด	ปริมาณ	0.35 – 0.45	ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด
- เถ้ากะลามะพร้าว	ปริมาณ	0.12 – 0.15	ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด
- น้ำประปา	ปริมาณ	0.30 – 0.35	ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด

กรรมวิธีการผลิตแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว เริ่มจากคัดขนาดเถ้ากะลามะพร้าวให้มีขนาดระหว่าง 0.0117 – 0.0937 มิลลิเมตร (ผ่านตะแกรงเบอร์ 8 และค้างตะแกรงเบอร์ 50) แล้วนำเถ้ากะลามะพร้าวดังกล่าวมาผสมเข้ากับทรายละเอียดจนเข้ากัน จากนั้นเติมน้ำประปาปริมาณครึ่งหนึ่งของปริมาณน้ำประปาทั้งหมดลงในส่วนผสม ทำการผสมจนส่วนผสมเข้ากันแล้วจึงเติมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1 ลงไป ผสมส่วนผสมทั้งหมด พร้อมทยอยเติมน้ำประปาที่เหลือลงไป จนกระทั่งส่วนผสมเข้ากันและสามารถบีบอัดเป็นก้อนได้โดยไม่ต้องใช้แรงมาก จากนั้นจึงนำส่วนผสมทั้งหมดไปเทลงในแบบหล่อของเครื่องอัดแบบสั่นเขย่าตามขนาดที่ต้องการ ทำการอัดโดยควบคุมให้แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่อัดให้มีความหนาแน่น 1.8 – 2.3 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ได้แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว จากนั้นจึงนำไปบ่มในที่ร่มจนได้แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวที่มีอายุการบ่มตามต้องการ

วิธีการในการประดิษฐ์ที่ดีที่สุด

ดังได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อการเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

ข้อถือสิทธิ

1. ส่วนผสมของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว ประกอบด้วย

- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1	ปริมาณ	1	ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด
- ทรายละเอียด	ปริมาณ	0.35 – 0.45	ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด
- เถ้ากะลามะพร้าว	ปริมาณ	0.12 – 0.15	ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด
- น้ำประปา	ปริมาณ	0.30 – 0.35	ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด

2. กรรมวิธีการผลิตแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว ตามข้อถือสิทธิ 1 มีดังนี้

ก. คัดขนาดเถ้ากะลามะพร้าวให้มีขนาดระหว่าง 0.0117 – 0.0937 มิลลิเมตร (ผ่านตะแกรงเบอร์ 8 และค้างตะแกรงเบอร์ 50)

ข. นำเถ้ากะลามะพร้าวที่คัดขนาดแล้ว มาผสมเข้ากับทรายละเอียดจนเข้ากัน

ค. เติมน้ำประปาปริมาณครึ่งหนึ่งของปริมาณน้ำประปาทั้งหมดลงในส่วนผสม แล้วทำการผสมจนส่วนผสมเข้ากัน

ง. เติมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1 ลงไป ทำการผสมส่วนผสมทั้งหมด พร้อมทยอยเติมน้ำประปาที่เหลือลงไป จนกระทั่งส่วนผสมเข้ากันและสามารถบีบอัดเป็นก้อนได้โดยไม่ต้องใช้แรงมาก

จ. นำส่วนผสมทั้งหมดไปเทลงในแบบหล่อของเครื่องอัดแบบสั่นเขย่าตามขนาดที่ต้องการ

ฉ. อัดแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว โดยควบคุมความหนาแน่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดให้อยู่ระหว่าง 1.8 – 2.3 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ได้แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว

ช. นำแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวที่ได้ ไปบ่มในที่ร่มจนได้แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวที่มีอายุการบ่มตามต้องการ

บทสรุปการประดิษฐ์

แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวและกรรมวิธีการผลิต เป็นอัตราส่วนและกระบวนการผลิตแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีส่วนประกอบของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1 ทรายละเอียด เถ้ากะลามะพร้าว และน้ำประปา ขึ้นรูปโดยการผสมให้เข้ากัน และอัดเป็นแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยเครื่องอัดแบบสั่นเขย่า ได้แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวที่มีความแข็งแรง น้ำหนักเบา ทึบน้ำ ทนทาน เป็นฉนวนป้องกันความร้อนและเสียงที่ดี สำหรับใช้เป็นผนังอาคารทั้งภายนอกและภายใน

หนังสือสัญญาโอนสิทธิขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

เขียนที่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล
เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300

วันที่ 10 กันยายน 2558

สัญญาระหว่างผู้โอน คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล ที่อยู่ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เลขที่ 399 ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10300 ประเทศไทย และ ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร ที่อยู่ หน่วยจัดการทรัพย์สินทางปัญญาและถ่ายทอดเทคโนโลยี แห่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เลขที่ 39 ม.1 ถ.รังสิต-นครนายก คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 12110 ประเทศไทย โดยมีผู้รับโอน คือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร โดย รองศาสตราจารย์สุภัทรา โกไศยกานนท์ ตำแหน่ง อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่อยู่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เลขที่ 399 ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10300 ประเทศไทย

โดยสัญญานี้ ผู้โอนซึ่งเป็นผู้ประดิษฐ์ แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวและกรรมวิธีการผลิต ขอโอนสิทธิในการประดิษฐ์ดังกล่าว ซึ่งรวมถึงสิทธิขอรับอนุสิทธิบัตรและสิทธิอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องให้แก่ผู้รับโอน โดยผู้รับโอนได้จ่ายค่าตอบแทนที่เหมาะสมให้แก่ผู้โอน

เพื่อเป็นพยานหลักฐานแห่งการนี้ ผู้โอนและผู้รับโอนได้ลงลายมือชื่อไว้ข้างล่างนี้

(ลงชื่อ) ผู้โอน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล)

(ลงชื่อ) ผู้โอน
(ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร)

(ลงชื่อ) ผู้รับโอน
(รองศาสตราจารย์สุภัทรา โกไศยกานนท์)

(ลงชื่อ) พยาน
(ดร.ผกามาศ ชูสิทธิ์)

(ลงชื่อ) พยาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิหาร ดีปัญญา)

หนังสือมอบอำนาจ

ข้าพเจ้า **มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร** โดย รองศาสตราจารย์สุภัทรา โกไศยกานนท์ ตำแหน่ง อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่อยู่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เลขที่ 399 ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10300 ประเทศไทย ขอมอบหมายและแต่งตั้งให้ **ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร** (ตัวแทนสิทธิบัตรเลขที่ 2262) ที่อยู่ เลขที่ 8/3 หมู่ที่ 8 ถนนพุทธรักษา ตำบลท้ายบ้านใหม่ อำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ รหัสไปรษณีย์ 10280 ประเทศไทย เป็นตัวแทนและผู้รับมอบอำนาจของข้าพเจ้าอันแท้จริง และชอบด้วยกฎหมายเพื่อข้าพเจ้าและในนามข้าพเจ้าให้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตรและให้ได้มาซึ่งสิทธิบัตรภายใต้ชื่อ "**แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวและกรรมวิธีการผลิต**" ให้รับโอนการประดิษฐ์การออกแบบผลิตภัณฑ์สิทธิบัตรและคำขอรับสิทธิบัตรต่างๆ และเพื่อความประสงค์ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในนามของข้าพเจ้า ให้ลงนามและยื่นบรรดาหนังสือและเอกสารทั้งมวลซึ่งตัวแทนผู้รับมอบอำนาจในฐานะดังที่ได้กล่าวมาแล้วอาจคิดเห็นว่าเป็นการจำเป็นหรือพึงต้องการ ให้เปลี่ยนแปลงแก้ไขและเพิกถอนคำขอรับสิทธิบัตรและเอกสารต่างๆ เช่นว่ามานั้น ให้ไปปฏิบัติการ ณ สถานที่ราชการหรือ ณ ที่อื่นใด ให้ต่อสู้หรือป้องกันคำขอและสิทธิบัตรให้พ้นจากการปฏิเสธการคัดค้านหรือการขัดขวางใดๆ ให้ยื่นคำร้องคัดค้านและคำอุทธรณ์ ให้ชำระค่าธรรมเนียมทั้งหลายทั้งปวง และให้แต่งตั้งตัวแทนช่วงภายใต้อำนาจของตัวแทนผู้รับมอบอำนาจเพื่อกระทำกิจการอย่างหนึ่งอย่างใดหรือกระทำการทั้งมวลดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น และให้มีอำนาจยกเลิกการแต่งตั้งตัวแทนช่วงได้ตามอำเภอใจเช่นเดียวกัน และโดยหนังสือนี้ข้าพเจ้าขอยืนยันและให้สัตยาบันรับรองทุกสิ่งทุกอย่างที่ตัวแทนของข้าพเจ้าหรือตัวแทนช่วงอาจได้กระทำไปโดยชอบด้วยกฎหมายอาศัยอำนาจแห่งหนังสือนี้

ลงวันที่ ณ วันที่ 10 กันยายน 2558

(ลงชื่อ) ผู้มอบอำนาจ

(รองศาสตราจารย์สุภัทรา โกไศยกานนท์)

(ลงชื่อ) ผู้รับมอบอำนาจ

(ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร)

(ลงชื่อ) พยาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล)

(ลงชื่อ) พยาน

(ดร.ผกามาศ ชูสิทธิ์)

การพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว สำหรับการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม

Development of Cement Boards from Coconut Shell Ash for Energy and Environment Conservation

ผศ.ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล[1*], ว่าที่ ร.อ.กิตติพงษ์ สุวีโร[2]

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว โดยใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1: ทรายละเอียด: น้ำประปา เท่ากับ 1: 0.4: 0.33 โดยน้ำหนัก แล้วเติมเถ้ากะลามะพร้าวในอัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1: เถ้ากะลามะพร้าว ทั้งหมด 5 อัตราส่วน คือ 1: 0.12, 1: 0.13, 1: 0.14, 1: 0.15 และ 1: 0.16 โดยน้ำหนัก ขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยเครื่องอัด ที่อุณหภูมิปกติ (30 – 35 องศาเซลเซียส) ควบคุมความหนาแน่นที่ 0.75 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ทำการทดสอบสมบัติตามมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง ผลการทดสอบพบว่า อัตราส่วน 1: 0.12 เป็นอัตราส่วนแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวเหมาะสมที่สุด แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่พัฒนาขึ้นนี้ สามารถลดปริมาณเถ้ากะลามะพร้าวเหลือทิ้ง และมีสมบัติความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี

คำสำคัญ : แผ่นซีเมนต์บอร์ด; เถ้ากะลามะพร้าว; ฉนวนป้องกันความร้อน; สิ่งแวดล้อม

[1] *คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพมหานคร*
E-mail : pramot.w@rmutp.ac.th

[2] *หน่วยจัดการทรัพย์สินทางปัญญาและถ่ายทอดเทคโนโลยี แห่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล จังหวัดปทุมธานี*
E-mail : siam_macho@hotmail.com

Abstract

This research aims to develop the cement board from coconut shell ash. The Portland cement type1: fine sand: tap water ratio is equal to 1: 0.4: 0.33 by weight. The 5 ratios of Portland cement type1: coconut shell ash include 1: 0.12, 1: 0.13, 1: 0.14, 1: 0.15 and 1: 0.16 by weight. The cement board production uses the pressure casting in normal temperature (30 – 35 degree of Celsius) and controls the 0.75 g/cm^3 of density then test the properties of cement-bonded fiberboard follow TIS 878-2537 standard (cement bonded particle board: high density). From the results, 1: 0.12 is the most suitable ratio of cement board from coconut shell ash. This developed cement boards can reduce the quantity of coconut shell ash waste and have the good thermal insulation.

Keywords : cement board; coconut shell ash; thermal insulation; environment

บทนำ

แผ่นซีเมนต์บอร์ดหรือไม้อัดซีเมนต์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการก่อสร้างบ้านสำเร็จรูปและใช้เป็นส่วนประกอบของบ้านเรือน สามารถลดต้นทุนการก่อสร้างลงได้ เนื่องจากนิยมนำมาใช้เป็นผนังแทนการก่ออิฐฉาบปูน (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2539) แผ่นซีเมนต์บอร์ด แบ่งได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่ ชนิดที่ 1 แผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์ หรือมีชื่อเรียกกันในวงการป่าไม้ว่า Wood-Wood Board หรือ Wood-Wood Cement Slabs (W.W.S.) มีมาตรฐาน คือ มอก.442-2525 เรื่องแผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์ชนิดใช้งานทั่วไป (สมอ., 2525) ชนิดที่ 2 แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ (Cement-Bonded Particle-Boards) ชิ้นไม้สับ (Wood Chip) ที่ใช้เป็นวัตถุดิบ มีความหนาแน่น (Density) สูงสุด 1,250 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537) และชนิดที่ 3 แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ (Cement-Bonded Fiber Board) มีกรรมวิธีการผลิตเช่นเดียวกับแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ แต่ใช้เส้นใยจากไม้แทนที่จะเป็นชิ้นไม้ ปัจจุบันอุตสาหกรรมนี้ยังไม่มีผลิตออกมาเป็นสินค้าจึงยังไม่มีมาตรฐานควบคุม ในอนาคตเส้นใยจากไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิล และพืชเกษตร เช่น ปาล์มน้ำมัน อาจนำมาใช้ผลิตไม้อัดชนิดนี้ทดแทนเส้นใยที่ได้จากแร่ใยหิน (Asbestos) ที่สร้างมลพิษให้สภาพแวดล้อม

จากปริมาณการส่งออกมะพร้าวของไทยที่มากเป็นอันดับต้นๆ ของโลก ทำให้มีขยะกะลามะพร้าวเหลือทิ้งมาก จึงต้องมีการนำไปเผาเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า แต่ก็มีส่วนที่เหลือเป็น เถ้ากะลามะพร้าว ปริมาณมากกว่า 222,000 ตันต่อปี กลายเป็นปัญหาขยะเหลือทิ้งที่ต้องมีแนวทางการกำจัดหรือการนำไปใช้ประโยชน์อย่างเร่งด่วน (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2545) เมื่อวิเคราะห์ลักษณะของเถ้ากะลามะพร้าว พบว่า เถ้าส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นก้อนจากเศษกะลามะพร้าวที่เผาไหม้ไม่หมด ปะปนอยู่กับผง

กะลามะพร้าวขนาดเล็ก มีน้ำหนักเบา และแข็งมากพอสมควร จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำเถ้ากะลามะพร้าวมาผสมเป็นแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์

การพัฒนาและทดสอบสมบัติของแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์จากเถ้ากะลามะพร้าวนี้ จึงเป็นวัตถุประสงค์ของการวิจัย ซึ่งก็เพื่อให้ได้วัสดุที่สามารถทดแทนการก่อผนัง มีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน ทนทาน ช่วยประหยัดพลังงาน สามารถลดขนาดโครงสร้างอาคาร และเป็นการนำเถ้ากะลามะพร้าวที่มีอยู่มากมายมาใช้ประโยชน์ สร้างมูลค่าเพิ่ม และช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมได้

วัสดุ และอุปกรณ์

ในการดำเนินการพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว สามารถสรุปวัสดุที่ใช้ผสมเป็นเนื้อแผ่นซีเมนต์บอร์ด ได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1 ทรายละเอียด เถ้ากะลามะพร้าวชนิดหยาบ (มีเศษกะลาปะปน) จากโรงงานแปรรูปมะพร้าว ในจังหวัดสมุทรสาคร นำมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 8 (รูปที่ 1) และน้ำประปา ส่วนอุปกรณ์ที่ใช้ในการขึ้นรูปและทดสอบสมบัติของแผ่นซีเมนต์บอร์ด ได้แก่ เครื่องผสมคอนกรีต เครื่องอัดแผ่นซีเมนต์บอร์ดแบบสั่นเขย่า แบบหล่อแผ่นซีเมนต์บอร์ด ขนาด 30x30x1.5 เซนติเมตร แท่นพลิกแผ่นซีเมนต์บอร์ด แผ่นพลาสติกรองแบบ น้ำมันหล่อลื่น อุปกรณ์ทดสอบความหนาแน่น ความชื้น และการพองตัว (เช่น ไมโครมิเตอร์ เครื่องชั่งน้ำหนัก และสายวัดโลหะ เป็นต้น) เครื่องทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน และเครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (UTM)

รูปที่ 1 การร่อนเถ้ากะลามะพร้าวผ่านตะแกรงเบอร์ 8 เพื่อคัดขนาด

วิธีดำเนินการวิจัย

สำหรับวิธีการดำเนินการวิจัยแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว มีขั้นตอน ดังนี้

1. ออกแบบส่วนผสมของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวโดยน้ำหนัก จำนวน 5 อัตราส่วน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนผสมโดยน้ำหนักของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว

อัตราส่วน	ปูนซีเมนต์	ทรายละเอียด	เถ้ากะลามะพร้าว	น้ำประปา
1:0.12	1	0.4	0.12	0.33
1:0.13	1	0.4	0.13	0.33
1:0.14	1	0.4	0.14	0.33
1:0.15	1	0.4	0.15	0.33
1:0.16	1	0.4	0.16	0.33

2. ทำการตวงส่วนผสมโดยน้ำหนัก จากนั้นผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมคอนกรีต

3. อัดขึ้นรูปส่วนผสมที่เข้ากันดีแล้วเป็นแผ่นซีเมนต์บอร์ด โดยใช้เครื่องอัดแผ่นซีเมนต์บอร์ดแบบสั่นเขย่า (รูปที่ 2) ที่อุณหภูมิปกติ (30 – 35 องศาเซลเซียส) ควบคุมความหนาแน่นอย่างต่ำที่ 0.75 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (Pablo, 1989) ให้มีขนาด 30x30x1.5 เซนติเมตร แบบหล่อมีการรองแผ่นพลาสติกและน้ำมันหล่อลื่น แล้วพลิกถอดแบบด้วยแท่นพลิกแผ่นซีเมนต์บอร์ด ได้แผ่นซีเมนต์บอร์ดสำหรับนำไปบ่มในอากาศเป็นระยะเวลาต่างๆ คือ 7 วัน 14 วัน 21 วัน และ 28 วัน เพื่อใช้ในการทดสอบต่อไป

รูปที่ 2 การขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวด้วยเครื่องอัดแบบสั่นเขย่า

4. ทดสอบสมบัติของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกะลามะพร้าว ตามมาตรฐาน มอก.878-2537 (สมอ., 2537) และ ASTM C177 (ASTM, 2010) ประกอบด้วย ลักษณะโดยทั่วไป ความหนาแน่น ความชื้น สภาพการนำความร้อนหรือสัมประสิทธิ์การนำความร้อน การพองตัว ความต้านทานแรงดัด มอดุลัสยืดหยุ่น และความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า โดยใช้ 5 ตัวอย่างต่อการทดสอบ ดังรูปที่ 3 ถึง 5

รูปที่ 3 การวัดขนาดแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว

รูปที่ 4 การทดสอบความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว

รูปที่ 5 การทดสอบความต้านทานแรงดึงที่ผิวหน้าของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว

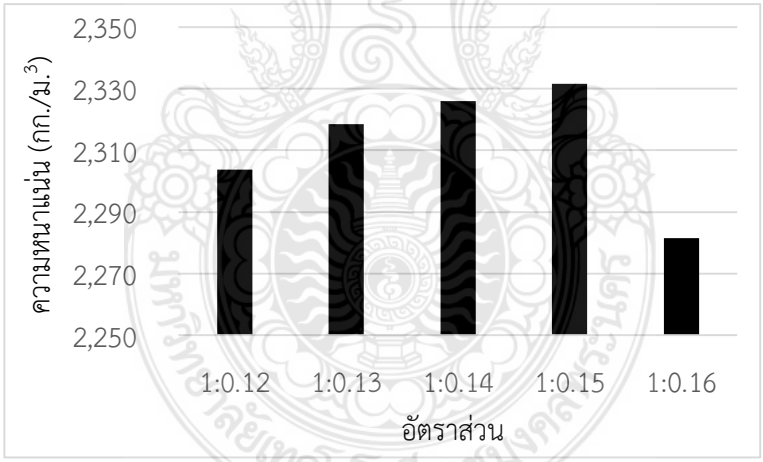
5. วิเคราะห์ และสรุปผลการวิจัย เพื่อต่อยอดไปใช้ในเชิงพาณิชย์ต่อไป

ผลการวิจัย และการอภิปรายผล

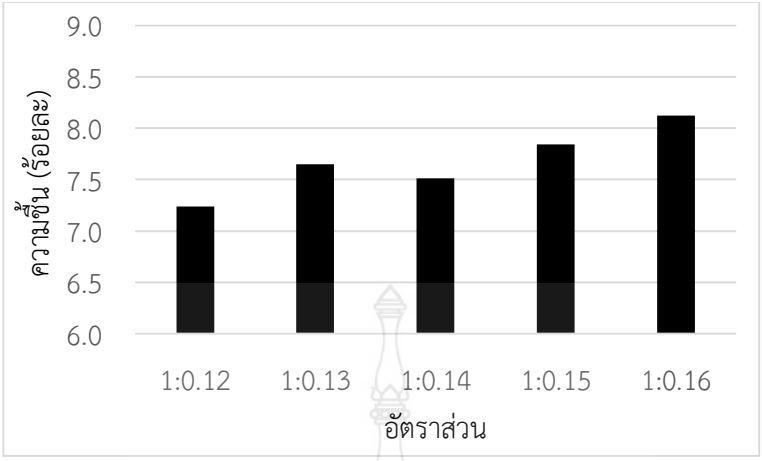
ผลการทดสอบลักษณะโดยทั่วไป ความหนาแน่น ความชื้น สภาพการนำความร้อนหรือสัมประสิทธิ์การนำความร้อน การพองตัว ความต้านทานแรงดัด มอดุลัสยืดหยุ่น และความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว สามารถสรุปแบ่งตามประเภทการทดสอบได้ ดังนี้

1. ลักษณะโดยทั่วไป ความหนาแน่น ความชื้น และการพองตัว

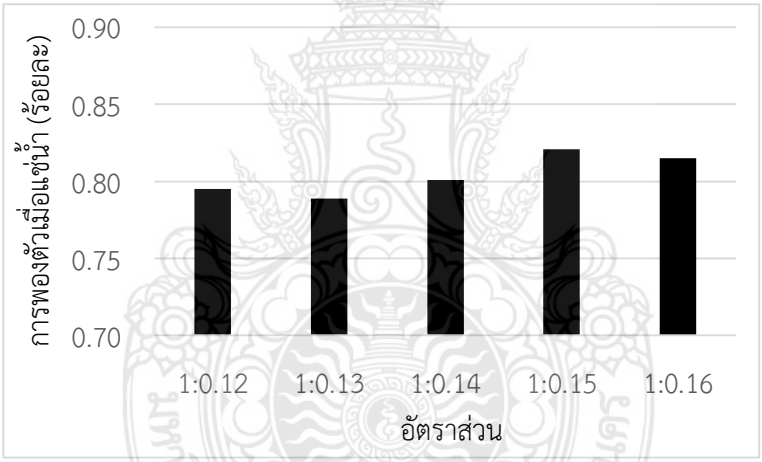
จากการขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีส่วนผสมของเถ้ากะลามะพร้าว ทำให้ได้แผ่นตัวอย่างสำหรับทดสอบสมบัติต่างๆ ซึ่งผลการตรวจพินิจลักษณะโดยทั่วไป พบว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวทั้ง 5 อัตราส่วน มีลักษณะที่สมบูรณ์ คือ แผ่นซีเมนต์บอร์ดมีความหนา ความแน่น และความเรียบที่สม่ำเสมอตลอดทั้งแผ่น รวมทั้งขอบมีความตั้งตรงได้ฉากกับระนาบผิว เป็นไปตามมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537) ส่วนผลการทดสอบความหนาแน่น ความชื้น และการพองตัว สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 6 ถึง 8



รูปที่ 6 ความหนาแน่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว ที่อายุการบ่ม 28 วัน



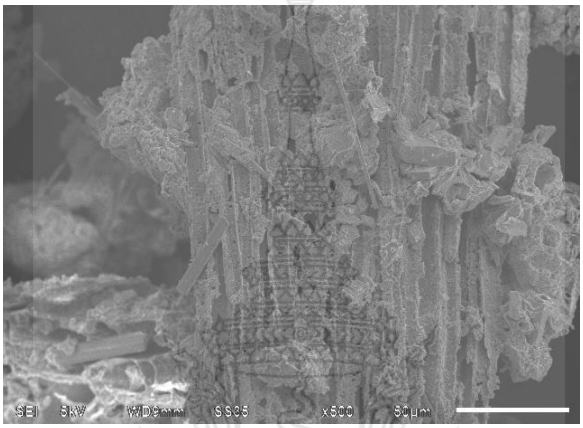
รูปที่ 7 ความชื้นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว ที่อายุการบ่ม 28 วัน



รูปที่ 8 การพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว ที่อายุการบ่ม 28 วัน

จากรูปที่ 6 ถึง 8 แสดงให้เห็นถึงผลของเถ้ากะลามะพร้าวที่มีต่อสมบัติทางกายภาพของแผ่นซีเมนต์บอร์ด โดยการผสมเถ้ากะลามะพร้าวปริมาณมาก ทำให้แผ่นซีเมนต์บอร์ดมีเนื้อแน่นขึ้น เป็นผลมาจากขนาดของเถ้ากะลามะพร้าวที่มีขนาดเล็ก เมื่อผสมลงไปแล้วขนาดคละของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจึงดีขึ้น และมีความหนาแน่นที่สูงขึ้น (ปริญญา และชัย, 2551) เมื่อเทียบกับมาตรฐาน มอก.878-2537 พบว่าแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวมีความหนาแน่นสูงกว่ามาตรฐาน ซึ่งกำหนดให้มีค่าระหว่าง 1,100 ถึง 1,300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (สมอ., 2537) ถึงเกือบ 2 เท่า เป็นเพราะความถ่วงจำเพาะของส่วนผสมที่ค่อนข้างมาก ได้แก่ ปูนซีเมนต์ เท่ากับ 3.1 ถึง 3.2 ทราย เท่ากับ 2.6 ถึง 2.7 และเถ้ากะลามะพร้าว เท่ากับ 2.0 ถึง 2.3 (Young, 1992) แตกต่างจากแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ทั่วไปที่มีส่วนผสม

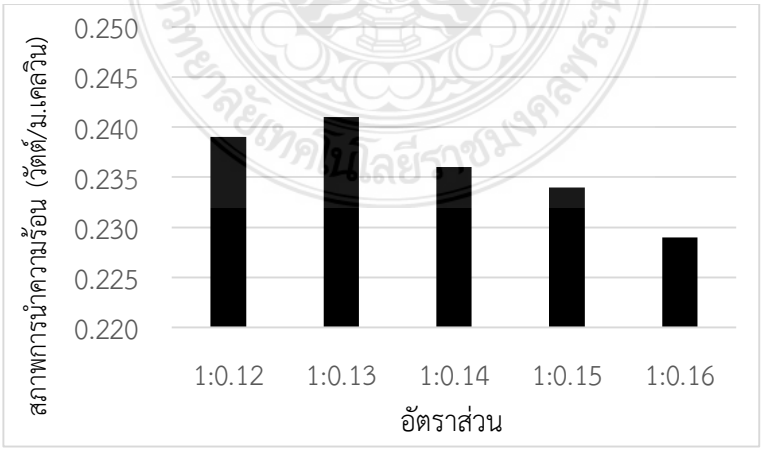
หลักเป็นชิ้นไม้ ซึ่งมีความถ่วงจำเพาะเพียง 0.6 ถึง 1.1 (Faherty et al., 1995) สำหรับปริมาณความชื้นและการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นซีเมนต์บอร์ดทั้งหมดนั้น มีค่าใกล้เคียงกันและอยู่ในช่วงที่มาตรฐาน มอก.878-2537 (สมอ., 2537) กำหนด คือ มีความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 9 ถึง 15 และมีการพองตัวเมื่อแช่น้ำ ไม่เกินร้อยละ 2 ทั้งนี้เพราะปูนซีเมนต์ที่ใช้มีปริมาณมากพอจะยึดเหนี่ยวเนื้อของแผ่นซีเมนต์บอร์ดไม่ให้พองเมื่อแช่น้ำ ส่วนแนวโน้มของความชื้นที่เพิ่มขึ้น เป็นผลมาจากลักษณะของเถ้ากะลามะพร้าวที่มีรูพรุนค่อนข้างมาก ทำให้มีความชื้นสะสมอยู่ในแผ่นซีเมนต์บอร์ดมากตามไปด้วย ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 ภาพขยายของเถ้ากะลามะพร้าวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (SEM) ที่กำลังขยาย 500 เท่า

2. สภาพการนำความร้อน

สภาพการนำความร้อนหรือสัมประสิทธิ์การนำความร้อน เป็นสมบัติของแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่แสดงให้เห็นถึงความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน โดยมีผลสรุปจากการทดสอบได้ ดังรูปที่ 10

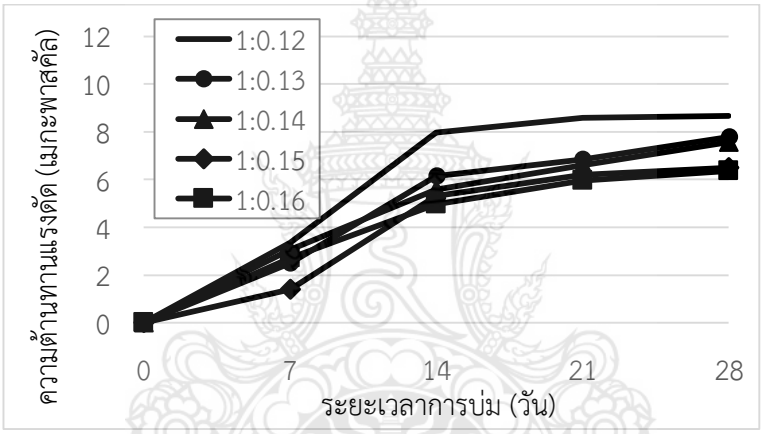


รูปที่ 10 สภาพการนำความร้อนของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว ที่อายุการบ่ม 28 วัน

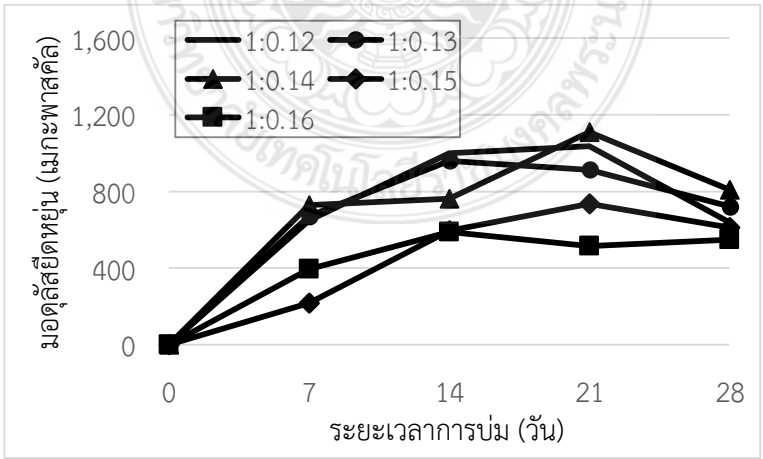
ความพรุนของเถ้ากะลามะพร้าวที่ผสมในแผ่นซีเมนต์บอร์ดมีผลต่อสภาพการนำความร้อนที่ลดลง หรือทำให้แผ่นซีเมนต์บอร์ดมีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีขึ้น (ธนัญชัย และคณะ, 2549) โดยรูปที่ 10 พบว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีปริมาณเถ้ากะลามะพร้าวมากที่สุด คือ 1:0.16 เป็นอัตราส่วนที่มีสภาพการนำความร้อนต่ำที่สุด โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำเพียง 0.229 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน อย่างไรก็ตาม แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวทั้งหมด มีสภาพการนำความร้อนเป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 878-2537 ที่กำหนดให้มีค่าไม่เกิน 0.25 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน (สมอ., 2537)

3. ความต้านทานแรงดัด และมอดุลัสยืดหยุ่น

สำหรับผลการทดสอบสมบัติทางกลของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกะลามะพร้าวในด้านความต้านทานแรงดัด และมอดุลัสยืดหยุ่น สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 11 และ 12



รูปที่ 11 ความต้านทานแรงดัดของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว ที่อายุการบ่ม 28 วัน

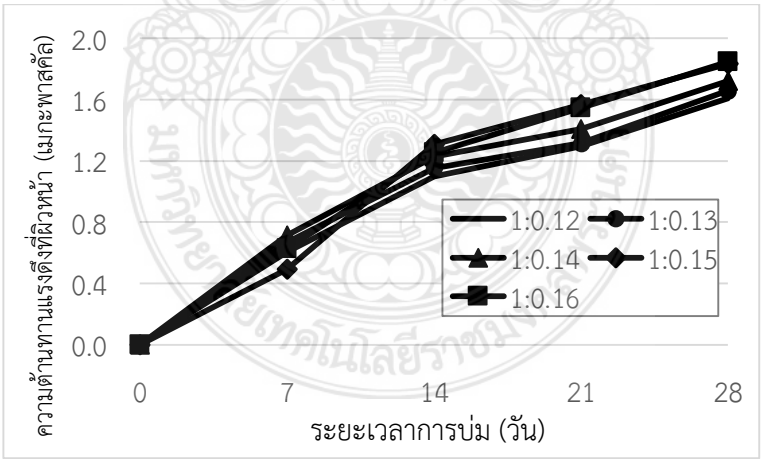


รูปที่ 12 มอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว ที่อายุการบ่ม 28 วัน

จากผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดในรูปที่ 11 พบว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีปริมาณเถ้ากะลาน้อยที่สุด (อัตราส่วน 1:0.12) มีความต้านทานแรงดัดสูงที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน 1:0.13 อัตราส่วน 1:0.14 อัตราส่วน 1:0.15 และอัตราส่วน 1:0.16 มีความต้านทานแรงดัดต่ำที่สุด ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เถ้ากะลามะพร้าวที่ผสม มีส่วนทำให้ความต้านทานแรงดัดลดลง ทั้งนี้เป็นผลมาจากความหยาบของเถ้ากะลามะพร้าว ซึ่งมีหน้าที่เป็นเพียงมวลรวมในแผ่นซีเมนต์บอร์ด (ปริญญา และชัย, 2551) และเมื่อมีปริมาณเถ้ากะลามะพร้าวเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้ความแข็งแรงลดลง เพราะมีปริมาณปูนซีเมนต์ที่ช่วยยึดเกาะน้อยกว่าแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีปริมาณเถ้ากะลามะพร้าวน้อย โดยเมื่อเทียบกับมาตรฐาน มอก.878-2537 (สมอ., 2537) ที่กำหนดให้ความต้านทานแรงดัดต้องไม่น้อยกว่า 9 เมกะพาสคัลนั้น มีเพียงอัตราส่วน 1:0.12 ที่มีค่าใกล้เคียงกับมาตรฐาน แต่ก็ยังต่ำกว่ามาตรฐานเล็กน้อย ส่วนค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (รูปที่ 12) มีค่าใกล้เคียงกันในทุกอัตราส่วน โดยมีค่าระหว่าง 549.84 ถึง 807.91 เมกะพาสคัล ทั้งหมดนี้มีค่าต่ำกว่าที่มาตรฐาน มอก.878-2537 กำหนดให้แผ่นซีเมนต์บอร์ดมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นไม่ต่ำกว่า 3,000 เมกะพาสคัล แสดงให้เห็นว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวมีความยืดหยุ่นหรือการโก่งตัวเกินกว่ามาตรฐาน

4. ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวในรูปที่ 13 พบว่า ปริมาณเถ้ากะลามะพร้าวที่มากมีแนวโน้มต่อค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าที่เพิ่มขึ้นได้เล็กน้อย ทั้งนี้เป็นผลมาจากลักษณะของเถ้ากะลามะพร้าวที่เป็นแท่งยาว (รูปที่ 9) จึงสามารถช่วยให้แผ่นซีเมนต์บอร์ดรับแรงดึงได้ดีขึ้น (Bledzki and Gassan, 1999)



รูปที่ 13 ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว ที่อายุการบ่ม 28 วัน

บทสรุป

จากผลการพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวสำหรับการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม แสดงให้เห็นว่า เถ้ากะลามะพร้าว สามารถนำมาผสมกับปูนซีเมนต์ ทราย และน้ำ แล้วขึ้นรูปเป็นแผ่นซีเมนต์บอร์ดได้ด้วยเครื่องอัดแบบสั่นเขย่า โดยผลการทดสอบสมบัติต่างๆ เทียบกับมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง พบว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าว มีสมบัติทางกายภาพและทางกลที่ยังไม่เป็นไปตามมาตรฐาน ทั้งนี้ปริมาณเถ้ากะลามะพร้าวที่เพิ่มขึ้น สามารถช่วยพัฒนาความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนให้ดีขึ้น และมีผลต่อสมบัติทางกลที่ด้อยลงเพียงเล็กน้อย โดยแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวที่เหมาะสำหรับนำไปพัฒนาต่อไป คือ อัตราส่วน 0:0.12 ซึ่งควรมีการเพิ่มเศษชิ้นไม้ลงในส่วนผสม เพื่อลดความหนาแน่นและเพิ่มความต้านทานแรงดัดของแผ่นซีเมนต์บอร์ด รวมทั้งเปลี่ยนวิธีการขึ้นรูปเป็นการให้น้ำหนักกดค้างไว้แทนการสั่นเขย่า ก็มีความเป็นไปได้ที่จะช่วยให้แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวมีสมบัติที่ผ่านตามที่มาตรฐานกำหนดได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ประจำปี 2558 ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

บรรณานุกรม

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2539. ไม้อัดซีเมนต์, กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, **อุตสาหกรรมสาร**, ประจำเดือนตุลาคม – พฤศจิกายน 2539.

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

ปริญญา จินดาประเสริฐ, และ ชัย จาตุรพิทักษ์กุล. 2551. **ปูนซีเมนต์ ปอซโซลาน และคอนกรีต.** พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : สมาคมคอนกรีตไทย.

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

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.), 2525. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องแผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์ชนิดใช้งานทั่วไป มอก. 442-2525**. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.), 2537. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูง มอก. 878-2537**. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

American Society for Testing and Materials (ASTM), 2010. **Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means the Guarded-Hot-Plate Apparatus ASTM C 177**, Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia.

Bledzki, A.K. and Gassan, J., 1999. Composites Reinforced with Cellulose based Fibers, **Progress in Polymer Science**, Vol.24, pp.221-274.

Faherty, Keith F. and Williamson, Thomas G., 1995. **Wood Engineering and Construction Handbook**. Second Edition. New York: McGraw-Hill, Inc.

Pablo, A.A. 1989. **Wood cement boards from wood wastes and fast-growing plantation species for lowcost housing.** The Philippine Lumberman, 35, 8–53.

Young, Hugh D., 1992. **Hyper Physics**. University Physics. Addison Wesley.

ห้างหุ้นส่วนจำกัด กรีน ซัพพลายเชน (Green Supply Chain Limited Partnership)
อาคารเอสทีออฟฟิต เลขที่ 199/93 ม.4 ถ.รังสิต-นครนายก ต.รังสิต อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110
โทร 0 2577 5652 โทรสาร 0 2577 5652 มือถือ 08 9882 1689

วันที่ 10 กันยายน 2558

เรื่อง ขอขอบคุณ ผศ.ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล
ในงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวสำหรับการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม

เรียน อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ด้วยทาง ห้างหุ้นส่วนจำกัด กรีน ซัพพลายเชน ได้นำเอาส่วนหนึ่งของผลงานวิจัย ของ ผศ.ดร. ปราโมทย์ วีรานุกูล ในงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวสำหรับการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม ไปใช้ในการแก้ไขปัญหาการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แผ่นซีเมนต์บอร์ดของห้างหุ้นส่วนฯ เป็นผลให้ห้างหุ้นส่วนฯ สามารถลดความผิดพลาดและค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตได้ดี

ในการนี้ ทางห้างหุ้นส่วนฯ จึงขอขอบคุณมายัง ผศ.ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล ในงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวสำหรับการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม และขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ความช่วยเหลือด้านเทคนิควิธี และให้คำปรึกษาในการดำเนินงานมา ณ ที่นี้

ห้างหุ้นส่วนจำกัด กรีน ซัพพลายเชน GSC GREEN SUPPLY CHAIN LIMITED PARTNERSHIP

เดือนเต็ม ทิมายงค์

(นางสาวเดือนเต็ม ทิมายงค์)
รองผู้จัดการ
ห้างหุ้นส่วนจำกัด กรีน ซัพพลายเชน