



การใช้ประโยชน์จากต้นมันสำปะหลังเหลือทิ้งผสมซีเมนต์
สำหรับเป็นแผ่นผนังไม้เทียมเพื่อป้องกันความร้อนภายในอาคาร
Application of Cassava Pit Waste Mixed with Cement to
Particle Board Wall for Thermal Resistance in Building

ผกามาศ ชูลิทธิ
ภาณุเดช ขัดเงางาม
กิตติพงษ์ สุวีโร

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้เศษต้นมันสำปะหลังผสมปูนซีเมนต์สำหรับเป็นแผ่นผนังไม้เทียม โดยใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1: ทรายละเอียด: น้ำประปา เท่ากับ 1: 0.5: 0.416 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนต้นมันสำปะหลังต่อปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เท่ากับ 0.05, 0.06, 0.07, 0.08, 0.09 และ 0.10 โดยน้ำหนัก ทำการย่อยต้นมันสำปะหลังให้มีขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ด้วยเครื่องบดพลาสติก ขึ้นรูปด้วยการอัดส่วนผสมลงในแบบหล่อที่อุณหภูมิห้อง (30 – 35 องศาเซลเซียส) ใช้ความหนาแน่น 0.75 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ทดสอบสมบัติตามมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง พบว่า ต้นมันสำปะหลังที่ย่อยผสมกับปูนซีเมนต์ สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นผนังไม้เทียมและมีสมบัติต่างๆ ที่ดี โดยเฉพาะความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน

คำสำคัญ: แผ่นผนังไม้เทียม; ต้นมันสำปะหลัง; ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่1; ฉนวนป้องกันความร้อน

Abstract

This research aims to study the using cassava pit wastes mixed with cement to particle board walls. The Portland cement type1: fine sand: tap water ratio is equal to 1: 0.5: 0.416 by weight. The ratios of cassava pit wastes to cement are used following: 0.05, 0.06, 0.07, 0.08, 0.09, and 0.10 by weight. The cassava pit wastes are crushed by plastic plastics granulators (pass sieve no.4). The casting of particle board walls use the compression machine in room temperature (30 – 35 degree of Celsius) and control 0.75 g/cm³ of density. The TIS 878-2537 standard (cement bonded particle board: high density) is followed to test the properties of particle board wall. Resulting, the cassava pit wastes mixed with cement can cast to particle board walls and have good properties, especially the thermal insulation property.

Keywords: particle board wall; cassava pit; Portland cement type1; thermal insulation

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
สารบัญ	๗
สารบัญรูป	ง
สารบัญตาราง	๗
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	3
2.1 วัสดุเปลือกอาคาร	3
2.2 แผ่นผนังไม้เทียม	3
2.3 โครงสร้างโมเลกุลของเส้นใยธรรมชาติ	5
2.4 สถานการณ์วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร	6
2.5 สมมติฐาน	9
2.6 กรอบแนวความคิด	9
2.7 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง	9
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	14
3.1 วัสดุและอุปกรณ์	14
3.2 การเตรียมต้นมันสำปะหลังสำหรับใช้เป็นส่วนผสม	20
3.3 การออกแบบส่วนผสมของแผ่นผนังไม้เทียม	22
3.4 การขึ้นรูปแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์	22
3.5 การทดสอบสมบัติของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์	25
3.6 การทดสอบการใช้งานจริง	30
บทที่ 4 ผลการวิจัย	31
4.1 ลักษณะทั่วไป	31
4.2 ความหนาแน่น	35
4.3 ความชื้น	35
4.4 การพองตัวเมื่อแช่น้ำ	36
4.5 สภาพนำความร้อน	36
4.6 ความต้านทานแรงดัด	37
4.7 มอดุลัสยืดหยุ่น	38
4.8 ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	39
4.9 การสร้างแบบจำลองการใช้งานจริง	39
4.10 การยื่นคำขอรับอนุสิทธิบัตร	43
4.11 การเขียนบทความวิจัยส่งลงในเอกสารประกอบการประชุมวิชาการ	44
4.12 การถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่กลุ่มเป้าหมายสำหรับนำไปใช้ประโยชน์	44

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	45
5.1 สรุปผล	45
5.2 ข้อเสนอแนะ	46
เอกสารอ้างอิง	47
ภาคผนวก	49
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.878-2537	
เอกสารประกอบคำขอรับอนุสิทธิบัตร	
บทความสำหรับเผยแพร่	
หนังสือรับรองการนำไปใช้ประโยชน์	

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	8
3.1	15
3.2	15
3.3	15
3.4	16
3.5	16
3.6	16
3.7	17
3.8	17
3.9	18
3.10	18
3.11	18
3.12	19
3.13	19
3.14	19
3.15	20
3.16	20
3.17	21
3.18	21
3.19	21
3.20	22
3.21	23
3.22	23
3.23	24
3.24	24
3.25	24
3.26	25
3.27	25
3.28	26
3.29	26
3.30	26

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.31	การเตรียมแท่นสำหรับทดสอบความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์	27
3.32	การติดตั้งแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์เพื่อทดสอบความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น	27
3.33	การทดสอบความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์	27
3.34	การอ่านผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ด้วยคอมพิวเตอร์	28
3.35	ลักษณะการวิบัติของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์จากการทดสอบความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น	28
3.36	การติดตั้งแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์สำหรับทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	28
3.37	การทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์	29
3.38	ลักษณะการวิบัติของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์จากการทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	29
3.39	ลักษณะเนื้อของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์จากการทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	29
4.1	ขอบของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ที่เริ่มมีการหลุดร่อน	31
4.2	ภาพถ่ายระยะต้นมันสำปะหลังด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 50 เท่า	32
4.3	ภาพถ่ายระยะต้นมันสำปะหลังด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 100 เท่า	32
4.4	ภาพถ่ายระยะต้นมันสำปะหลังด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 500 เท่า	33
4.5	ภาพถ่ายแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 50 เท่า	33
4.6	ภาพถ่ายแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 200 เท่า	34
4.7	ภาพถ่ายแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 500 เท่า	34
4.8	ความหนาแน่นของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ที่อายุการบ่ม 28 วัน	35
4.9	ความชื้นของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ ที่อายุการบ่ม 28 วัน	35
4.10	การพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ที่อายุการบ่ม 28 วัน	36
4.11	สภาพการนำความร้อนของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ที่อายุการบ่ม 28 วัน	37

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.12	ความต้านทานแรงดัดของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ ที่อายุการบ่มต่างๆ	37
4.13	มอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ ที่อายุการบ่มต่างๆ	38
4.14	ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลัง ผสมซีเมนต์ที่อายุการบ่มต่างๆ	39
4.15	แผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ อัตราส่วน 1:0.09 สำหรับใช้ในการ ก่อสร้างผนังอาคาร	40
4.16	โครงคร่าวสำหรับยึดแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์	40
4.17	การยึดแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ลงบนโครงคร่าวเหล็ก	41
4.18	การใช้สว่านไฟฟ้าขันยึดตะปูเกลียวปลายป้อยลงบนแผ่นผนังไม้เทียมจาก ต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ลงบนโครงคร่าวเหล็ก	41
4.19	โครงคร่าวด้านหลังที่ขันตะปูเกลียวปลายป้อยลงบนแผ่นผนังไม้เทียมจาก ต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์โดยไม่มีการยื่นออกมา	41
4.20	รอยต่อของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ที่ต้องทำการฉาบอุด	42
4.21	การใช้ปูนกาวยาซีเมนต์ฉาบรอยต่อของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์	42
4.22	รอยต่อของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์หลังการฉาบอุด	42
4.23	แผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ก่อนการฉาบผิว	43
4.24	แผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์หลังการฉาบผิว	43

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	พื้นที่ปลูกพืชเส้นใยทางเกษตร ปี 2530/31 (ไร่)	6
2.2	ปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรของไทย ปี 2544 - 2545	7
2.3	ผลการทดสอบคุณสมบัติความเป็นฉนวน	8
2.4	ความแข็งแรงของการเกาะยึดระหว่างไมยคาลิปัส คามาลดูเลนซิส กับปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ ตราเพชร จากการใช้น้ำและสารเคมีต่างๆ	11
2.5	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติจากค่าความแข็งแรงของการเกาะยึดระหว่างไม้และซีเมนต์ในการทดลองด้วยน้ำและสารเคมีต่างๆ กัน	11
3.1	องค์ประกอบทางเคมีของลำต้นมันสำปะหลังที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง XRF	14
3.2	อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์	22
4.1	ลักษณะทั่วไปของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์	31

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

มันสำปะหลัง เป็นพืชที่สามารถเพาะปลูกได้ทั่วไป ตามภูมิภาคต่างๆ กว่า 40 จังหวัด มาเป็นเวลานานกว่า 20 ปี จากพืชที่ไม่มีความหมายทางเศรษฐกิจเท่าใดนัก เมื่อเทียบกับข้าว ปอ และพืชอื่นๆ ต่อมามันสำปะหลังได้กลายเป็นตัวผลักดันเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย ด้วยเหตุผลสำคัญ 2 ประการคือ โดยธรรมชาติมันสำปะหลังเป็นพืชที่ปลูกง่าย ทนแล้ง ขึ้นในดินต่างคุณภาพ ทำให้มีการปลูกกันแพร่หลายในภูมิภาคต่างๆ ประกอบกับในทางการค้ามันสำปะหลังได้รับอานิสงค์จากการบิดเบือนการผลิตสินค้าธัญพืชของสหภาพยุโรป โดยการอุดหนุนการผลิต ทำให้ธัญพืชที่ใช้การผลิตอาหารสัตว์มีราคาสูง จึงทำให้มีผู้ใช้ในสหภาพยุโรปต้องแสวงหาวัตถุดิบทดแทนที่มีราคาต่ำกว่า และมันสำปะหลังเป็นทางเลือกที่โดดเด่นสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ จึงทำให้ในระยะที่ผ่านมาประเทศไทยมีการส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังไปสหภาพยุโรปได้เป็นจำนวนมาก และในแต่ละปีสามารถนำเงินตราเข้าประเทศได้สูงถึงประมาณ 20,000 ล้านบาท มันสำปะหลังนอกจากจะใช้ประโยชน์เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์แล้ว ยังเป็นวัตถุดิบสำคัญที่มีการนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร/เครื่องดื่ม ผงชูรส สารความหวาน ยารักษาโรค เครื่องสำอาง กาว กรดมะนาว สิ่งทอ กระดาษ ไม้อัด วัสดุภัณฑ์ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ แอลกอฮอล์ และเอทานอล เป็นต้น ส่วนต้นมันสำปะหลังเป็นส่วนที่เหลือทิ้งหลังจากการเก็บเกี่ยว ซึ่งเป็นส่วนที่มีสมบัติทางกลที่ดี แต่แทบจะไม่มีมูลค่า (กรมการค้าต่างประเทศ, 2555)

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า ต้นมันสำปะหลัง สามารถนำมาขึ้นรูปเป็นแผ่นฉนวนป้องกันความร้อนที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับแผ่นฉนวนใยแก้ว (ธัญชัย และคณะ, 2549) ซึ่งจะช่วยให้อาคารประหยัดพลังงานได้มากขึ้น ทั้งนี้ หากนำต้นมันสำปะหลังที่เหลือทิ้งมาผสมกับซีเมนต์ แล้วผลิตเป็นแผ่นผนังไม้เทียมสำหรับป้องกันความร้อนภายในอาคาร ซึ่งกำลังเป็นที่ต้องการในตลาดวัสดุก่อสร้างปัจจุบัน (สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2551) เป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรที่เป็นพืชเศรษฐกิจมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ช่วยแก้ไขปัญหาลดลงของปริมาณป่าไม้จากการนำไม้ดังกล่าวมาใช้ประโยชน์เป็นที่อยู่อาศัยได้ (วรรณ, 2554) และยังเข้ากับความต้องการของผู้บริโภคที่เริ่มให้ความสนใจกับสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น (อัศวิน, 2548) โดยแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ มีลักษณะที่โดดเด่นกว่าแผ่นไม้อัดหรือแผ่นป้องกันความร้อนทั่วไป (บริษัท วิบูลย์พัฒนาอุตสาหกรรม จำกัด, 2553) เนื่องจากสามารถใช้งานได้ทั้งภายในและภายนอก มีความแข็งแรงทนทาน คงทนต่อทุกสภาวะอากาศ ปลอดภัยจากแมลงศัตรูไม้ และไม่เกิดเชื้อรา ป้องกันไฟ ป้องกันความร้อน ทำงานง่าย ติดตั้งรวดเร็ว ช่วยรักษาสภาพแวดล้อม ปลอดภัย ประหยัด และเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีแนวโน้มความต้องการสูง (สุวัฒน์, 2550)

ดังนั้น โครงการการใช้ประโยชน์จากต้นมันสำปะหลังเหลือทิ้งผสมซีเมนต์สำหรับเป็นแผ่นผนังไม้เทียมเพื่อป้องกันความร้อนภายในอาคาร จึงเป็นการบูรณาการการใช้วัสดุที่มีเหลือใช้จากการเกษตรจำนวนมากในท้องถิ่นเพื่ออนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ป่าไม้ พลังงาน เพื่อเพิ่มมูลค่า ช่วยลดปัญหาการขาดดุลการค้า เพื่อการส่งเสริมให้ชุมชน และบริษัทฯ ขนาดเล็ก ได้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์แผ่นผนังไม้เทียมให้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้จริงในการก่อสร้างบ้านพักอาศัยที่อนุรักษ์พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและราคาถูก ทั้งยังเป็นการสร้างงานและเพิ่มรายได้ให้กับท้องถิ่นได้เป็นอย่างดีอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- 1) เพื่อทราบสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์
- 2) เพื่อทราบสมบัติความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์
- 3) เพื่อทราบอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับขึ้นรูปแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์
- 4) เพื่อนำต้นมันสำปะหลังที่มีจำนวนมากในท้องถิ่นมาใช้เกิดประโยชน์และมีมูลค่ามากขึ้น

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

- 1) ใช้ต้นมันสำปะหลัง จากพื้นที่ในเขตภาคกลาง
- 2) ออกแบบอัตราส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปเป็นแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ จำนวนไม่น้อยกว่า 5 อัตราส่วน
- 3) ทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล และสมบัติความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.878-2537 (สมอ., 2537) และมาตรฐาน ASTM C177 (ASTM, 2012)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับต้นมันสำปะหลัง
- 2) สามารถกำจัดของเหลือใช้จากภาคการเกษตร ลดการทำลายสิ่งแวดล้อม และลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ
- 3) ทราบความเหมาะสมในการนำต้นมันสำปะหลังมาใช้เป็นแผ่นผนังไม้เทียมเพื่อป้องกันความร้อนภายในอาคาร
- 4) สามารถให้ความรู้ด้านการใช้ต้นมันสำปะหลัง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเป็นฉนวนป้องกันความร้อนของแผ่นผนังไม้เทียมที่มีผสมปูนซีเมนต์แก่ภาคธุรกิจ และชุมชน
- 5) ได้วัสดุก่อสร้างชนิดใหม่ที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนความร้อนที่ดีและมีราคาถูก
- 6) เขียนบทความเผยแพร่ในวารสารวิชาการที่เป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางในสาขาวิชา ทั้งในประเทศและต่างประเทศ
- 7) เข้าร่วมบรรยายในงานประชุมสัมมนาของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
- 8) ทำการจดสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรในนาม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- 9) สามารถสร้างความร่วมมือระหว่างมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และองค์กรการปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) ในการบูรณาการงานวิจัยร่วมกันตามยุทธศาสตร์ของประเทศ

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

โครงการวิจัยการใช้ประโยชน์จากต้นมันสำปะหลังเหลือทิ้งผสมซีเมนต์สำหรับเป็นแผ่นผนังไม้เทียมเพื่อป้องกันความร้อนภายในอาคาร สามารถสรุปรายละเอียดของทฤษฎี สมมติฐาน และกรอบแนวความคิดได้ ดังต่อไปนี้

2.1 วัสดุเปลือกอาคาร

วัสดุเปลือกอาคาร เป็นวัสดุก่อสร้างส่วนที่อยู่โดยรอบของอาคาร หรืออาจเรียกได้ว่าเป็นกรอบอาคาร หรือผนังอาคาร ทำหน้าที่ในการป้องกันสภาพแวดล้อมภายนอกเข้ามาภายในอาคาร ตลอดจนป้องกันการรบกวนจากสิ่งอื่นๆ ภายนอก เช่น สายตาของคนภายนอก, สัตว์, และฝุ่นละออง เป็นต้น ปกติเปลือกอาคาร จะช่วยให้อาคารสามารถประหยัดพลังงานลงได้ไม่น้อยกว่า 10% ต่อปี (อิทธิคม และคณะ, 2549) ทั้งนี้วัสดุเปลือกอาคารที่จะนำมาใช้เป็นทางเลือกการประหยัดพลังงานจะต้องมีคุณสมบัติ (อมรรัตน์ และคณะ, 2549) ดังต่อไปนี้

- วัสดุก่อสร้างที่หาได้ทั่วไปในท้องตลาด
- มีค่าความเป็นฉนวนกันความร้อน
- มีส่วนประกอบหลักที่สามารถผลิตได้ในประเทศ
- มีคุณสมบัติเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศของเมืองไทย
- เป็นวัสดุที่มีแนวโน้มที่จะได้รับความนิยมใช้ก่อสร้างอาคารในอนาคต
- ไม่เป็นวัสดุที่มีแนวโน้มว่าจะก่อให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพ
- ไม่เป็นวัสดุที่มีแนวโน้มว่าจะก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมภายหลัง

ซึ่งวัสดุเปลือกอาคาร จะมีความสำคัญต่อการออกแบบและก่อสร้างอาคารประหยัดพลังงาน ที่ต้องคำนึงถึงการผสมผสานวิธีในการออกแบบทุกๆ ระบบเข้าด้วยกัน หรือออกแบบให้ทุกๆ ระบบมีความสอดคล้องกัน มีเป้าหมายหลักเพื่อให้อาคารมีประสิทธิภาพด้านการประหยัดพลังงานสูงสุด ขณะที่มีการค่าใช้จ่ายในการออกแบบและก่อสร้างอาคารต่ำ โดยเฉพาะหลักการป้องกันความร้อนเข้าสู่กรอบอาคาร (Passive Design) เพื่อที่จะให้มีการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศในระดับต่ำสุด แนวคิดการออกแบบอาคารแบบบูรณาการสามารถแสดงได้ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2555)

2.2 แผ่นผนังไม้เทียม

แผ่นผนังไม้เทียม มีส่วนผสมจากเศษไม้และปูนซีเมนต์ หรือที่เรียกว่า ไม้ขึ้นไม้อัดซีเมนต์ หรือแผ่นไม้อัดซีเมนต์ (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2544) ถือกำเนิดมาจากแนวความคิดที่จะใช้ประโยชน์จากเศษไม้ที่เหลือจากอุตสาหกรรมไม้อัดและการตัดไม้ซุงจากป่าออกมาใช้ประโยชน์จะมีเศษไม้ ปลายไม้เหลือไว้ในป่าอย่างน้อยครึ่งหนึ่งของปริมาณที่ตัดออกมา และเมื่อนำไม้ซุงมาแปรรูปในโรงเลื่อยก็จะเหลือปริมาณไม้แปรรูปประมาณ ร้อยละ 50 ของไม้ซุงที่เข้าแปรรูป จึงได้คิดวิธีที่นำเศษไม้จำนวนมากเหล่านี้มาแปรรูปเป็นวัสดุ โดยงานวิจัยแผ่นไม้อัดสารแร่ กลุ่มวิจัยพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ได้ค้นคว้าวิจัยเพื่อหาแนวทางในการนำเศษไม้และไม้โตเร็ว โดยเฉพาะยูคาลิปตัส คามาลดูลูเลนซิส มาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า “แผ่นวัสดุที่ทำจากไม้ Wood Base Panel” ซึ่งได้แก่ ไม้อัด(Plywood) แผ่นไม้อัด (Particle Board) แผ่นขึ้นไม้อัด (Fiber Board) บล็อกบอร์ด (Block Board) และผลิตภัณฑ์ไม้อัดสารแร่ (Mineral Bonded Panel Products) ซึ่งสามารถแบ่งประเภทของผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ออกได้ 3 ชนิดและสารเชื่อม ประเภทที่ได้จากสาร

แร่ (Inorganic Binder) หลายชนิดด้วยกัน เช่น แผ่นไม้อัดยิปซัม เป็นต้น สำหรับผลิตภัณฑ์ไม้อัดซีเมนต์ นั้น มีคุณสมบัติพิเศษรวมกันทั้งของไม้และซีเมนต์กล่าวคือ ทนน้ำทนไฟ ทนปลวกและแมลง สามารถตกแต่งได้เช่น การตัด การเจาะ ได้เช่นเดียวกับไม้ โดยไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษ การฉาบผิวของผลิตภัณฑ์ไม้อัดซีเมนต์กระทำได้โดยวิธีธรรมดา เช่น การลงแล็กเกอร์ การฉาบผิวด้วยสี หรือน้ำมันต่างๆ การปะหน้าด้วยพีวีซี หรือแผ่นไม้บางวีเนียร์ เป็นต้น อีกทั้งยังสามารถใช้เครื่องมือธรรมดาตกแต่งได้ จึงสามารถนำไปใช้ทำบังใบ มนขอบทำลิ้นได้ นอกจากนี้ บริษัท Bison Werke จำกัด ในสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมันได้พัฒนาวิธีที่เรียกว่า “การพับ” (Folding) โดยใช้ใบมีดของเครื่องจักรเซาะผลิตภัณฑ์ไม้อัดซีเมนต์เป็นร่อง ให้ตัวร่องเป็นมุมฉากแล้วหักพับเป็นมุมเหลี่ยมต่างๆ ได้ เช่นในลักษณะตัว L ตัว C ตัว U และตัว T เป็นต้น โดยการใช้กาวอีพ็อกซีให้แน่น ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการก่อสร้างได้กว้างมากขึ้น (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2539)

ประเทศต่างๆ ได้ให้ความสนใจกับผลิตภัณฑ์ไม้อัดซีเมนต์กันอย่างมากโดยผลิตภัณฑ์นี้เข้ามามีบทบาทอย่างสำคัญสำหรับใช้ในการก่อสร้างบ้านสำเร็จรูปและใช้เป็นส่วนประกอบของบ้านเรือน ซึ่งทำให้ต้นทุนในด้านวัสดุก่อสร้างถูกลงมาก อุตสาหกรรมสำหรับผลิตภัณฑ์ไม้อัดซีเมนต์ แบ่งได้เป็น 3 ชนิด (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2544) ดังนี้

1) อุตสาหกรรมแผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์ หรือมีชื่อเรียกกันในวงการป่าไม่ว่า Wood-Wood Board หรือ ว่า Wood-Wood Cement Slabs ซึ่งเขียนเป็นตัวย่อว่า W.W.S. และมีชื่อเรียกตามมาตรฐาน มอก. 442-2525 ว่า “แผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์ชนิดใช้งานทั่วไป” อุตสาหกรรมประเภทนี้เกิดขึ้นในประเทศไทยมารวม 26 ปีเศษแล้ว โดยมีวิธีการผลิตจากการนำไม้ท่อน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นไม้ท่อนซุงที่มีลักษณะดีงาม และกลมมาทอนเป็นท่อนสั้นๆ ประมาณ 40-50 ซม. ฝาท่อนนั้นเป็น 2 ซีก แล้วขูดซีกของท่อนซุงด้วยเครื่องทำฝอยไม้ (Wood-Wood Machine) ฝอยที่ขูดออกมาจะเป็นลักษณะซี่กบบางๆ กว้างราว 4-5 มม. หนาราว 0.2-1 มม. ยาวประมาณ 50 ซม. ต่อจากนั้นนำไปผสมกับซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ วัตถุเคมีบางอย่างละน้ำ แล้วนำไปเข้าแบบอัดเป็นแผ่น มีความหนาตั้งแต่ 0.5 นิ้วถึง 4 นิ้ว ส่วนความกว้าง ความยาวของแผ่นเส้นฝอยอัดซีเมนต์นั้น โดยมากใช้ขนาดมาตรฐาน 1x2 เมตร นำไปผึ่งให้ซีเมนต์แห้ง จะมีความยืดหดตัวน้อย สามารถกันเสียง และเป็นฉนวนกันความร้อนความหนาวได้ดี เหมาะสำหรับทำฝ้าเพดาน และฉากกันห้อง คุณสมบัติพิเศษคือสามารถฉาบปูนได้เนื่องจากมีผิวที่หยาบเกาะยึดปูนฉาบได้ดี จึงสามารถนำไปทำฝ้าห้องได้ทั้งภายนอกและภายในอาคาร แต่สิ่งที่ควรระวังคือไม้ที่นำมาขูดทำเส้นไม้ (Wood-Wood) จะต้องมีความเหมาะสมที่จะยึดเกาะซีเมนต์ได้ โดยที่ไม้เหล่านั้นจะต้องไม่มีปริมาณสารแทรกเช่น น้ำตาล ไขมัน น้ำมัน (Resin) เป็นต้น มากเกินไป เพราะสารเหล่านี้จะเป็นตัวการขัดขวางปฏิกิริยาแข็งตัวของซีเมนต์ ไม้ที่เหมาะสมจะนำมาเป็นวัตถุดิบได้แก่ ไม้ก่อ มะค่าแดง อินทนิล ไม้สน และยูคาลิปตัส ฯลฯ สำหรับในต่างประเทศในทวีปยุโรปสามารถนำไม้เนื้ออ่อนชนิดต่างๆ มาผลิตแผ่นฝอยอัดซีเมนต์ โดยใช้ น้ำยาเคมีช่วย อย่างไรก็ตามแผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์ในประเทศไทยยังไม่ก้าวหน้าเท่าที่ควร เนื่องจากต้นทุนการดำเนินงานสูง วัตถุดิบหลักคือซีเมนต์และไม้ ซึ่งต้องเลือกชนิดยึดเกาะกับซีเมนต์ และเลือกท่อนโตเปลาตรง เพื่อจะขูดได้ฝอยไม้เส้นยาว ทำให้วัตถุดิบมีราคาสูง ซึ่งผู้ประกอบการสามารถแก้ไขปัญหานี้ได้โดยปลูกสร้างสวนป่าเองเพื่อจะมีไม้ชนิดที่ต้องการมาป้อนเป็นวัตถุดิบอย่างสม่ำเสมอและร่วมทุนกับบริษัทที่ผลิตปูนซีเมนต์ปัจจุบันนี้เป็นที่นิยมใช้กันมากในประเทศออสเตรเลีย และสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติได้ทำการสำรวจพบว่า ในปี 21 ทัวโลกมีปริมาณการผลิตแผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์ราว 7.6 ล้านลูกบาศก์เมตร และคาดคะเนต่อไปว่าอัตราการใช้แผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์ของโลกจะเติบโตสูงขึ้นถึง 15.0 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยที่แผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์จะเป็นที่นิยมนำมาใช้ทำองค์ประกอบอาคารทั่วไปและอาคารสำเร็จรูปมากขึ้นในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา การคาดคะเนนี้ อาศัยพื้นฐานจากการคาดการณ์ว่าบรรดาบ้านราคาถูกสำหรับผู้มีรายได้น้อยทั่วโลกจะเพิ่มขึ้นราวปีละ 1 ล้าน

หลังทุกปี และบ้านเหล่านี้จะหันมาใช้แผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์กันมากขึ้น เพราะมีราคาถูกและยังมีคุณสมบัติที่ดีหลายประการคือ ทนไฟ ทนปลวก เชื้อรา สามารถบำบัดแต่งได้ และมีความทนทานสูงอีกด้วย โดยส่วนประกอบของแผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์ใน 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) อุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ (Cement-Bonded Particle-Boards) ขึ้นไม้สับ (Wood Chip) ที่ใช้เป็นวัตถุดิบ สำหรับอุตสาหกรรมนี้เป็นวัตถุดิบเช่นเดียวกับวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ดโดยทั่วไป คุณสมบัติของไม้ที่ต้องเลือกคือจะต้องเป็นไม้สับที่บางและยาว ซึ่งจะทำให้แผ่นผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีขึ้น ขนาดของแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ โดยทั่วไปมี 2 ขนาดคือ 1,250 x 2,240 มม. และขนาด 1,250x2,800 มม. ส่วนความหนานั้นมีตั้งแต่ 8-40 มม. ความแน่น (Density) สูงสุด 1,250 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ถ้าส่วนผสมระหว่างขึ้นไม้สับกับซีเมนต์เป็นอัตราส่วน 1:2:75 โดยน้ำหนัก การจะลดความหนาแน่นให้ต่ำลงสามารถทำได้ด้วยการลดอัตราส่วนผสมของซีเมนต์ลง แต่จะทำให้อัตราการทนไฟต่ำลงและทำให้การพองตัวเมื่อถูกน้ำเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามแผ่นขึ้นไม้สับอัดซีเมนต์ที่ลดความหนาแน่นโดยวิธีลดอัตราส่วนผสมของซีเมนต์นั้นอาจนำไปใช้ทำฝ้ากันห้องทำเพดานและทำส่วนประกอบของสิ่งก่อสร้างที่ต้องการความทนไฟสูง และมีมาตรฐาน มอก. 878-2537 เรื่องแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537)

3) อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ (Cement-Bonded Fiber Board) อุตสาหกรรมประเภทนี้เป็นเรื่องที่น่าสนใจจะศึกษาค้นคว้าผลิตออกมาเป็นรูปแบบอุตสาหกรรม เพราะมีกรรมวิธีการผลิตเช่นเดียวกับแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ มีข้อแตกต่างเพียงใช้เส้นใยจากไม้แทนที่จะเป็นขึ้นไม้ การผลิตควรจะสร้างเป็นโรงงานผนวกกับโรงงานไม้อัดแผ่นเรียบ (Fiber-Board) เนื่องจากอุตสาหกรรมวัตถุดิบสำคัญของอุตสาหกรรมนี้ คือเส้นใยไม้ ซึ่งโรงงานไฟเบอร์บอร์ดต้องผลิตอยู่แล้ว ในอนาคตเส้นใยที่ได้จากไม้ยูคาลิปตัส คามาลูเลนซิล และพืชการเกษตรที่มีความสำคัญมากดังเช่น ปาล์มน้ำมันอาจเป็นสิ่งทดแทนเส้นใยที่ได้จากแอสเบสตอส (Asbestos) เพราะได้มีกฎหมายห้ามใช้ในผลิตภัณฑ์ก่อสร้างเนื่องจากมลพิษในสภาพแวดล้อม และอุตสาหกรรมนี้ยังไม่มีผลิตออกมาเป็นสินค้าจึงเป็นเรื่องที่ศึกษาทดลอง ตลอดจนถึงการศึกษาการผลิตอิฐบล็อกด้วยไฟเบอร์ผสมซีเมนต์และขึ้นไม้สับผสมซีเมนต์ด้วย

2.3 โครงสร้างโมเลกุลของเส้นใยธรรมชาติ

เส้นใยธรรมชาติแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ เส้นใยจากพืชหรือเส้นใยเซลลูโลส เส้นใยจากสัตว์หรือเส้นใยโปรตีน เส้นใยแร่ โลหะ เส้นใยเซลลูโลสเป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่งเกิดจากเซลลูโลสยึดเกาะกันด้วยพันธะเคมีเป็นโมเลกุลใหญ่มีสูตรเป็น $(C_6H_{10}O_5)_x$ โครงสร้างและการยึดเกาะของโมเลกุลแสดงในภาพประกอบ โครงสร้างเคมีของเซลลูโลสมีความสำคัญต่อคุณสมบัติของเส้นใย กล่าวคือ ในโมเลกุลเซลลูโลสจะเกิดจากหน่วยโมเลกุลซ้ำ (Repeat units) ยึดจับกันเป็นสายยาว หน่วยโมเลกุลซ้ำ คือ เซลโลไบโอส (Cellobiose) เกิดจากปีต้า กลูโคส 2 โมเลกุลยึดเกาะกันด้วยพันธะ C-O-C ในโมเลกุลเซลลูโลสจะมีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) อยู่มากมายจะทำหน้าที่ดึงดูดน้ำ หรือเกิดปฏิกิริยาจับกับหมู่ธาตุอื่นๆ การจัดเรียงตัวของโมเลกุลเซลลูโลสมีความเป็นระเบียบ (Crystalline) ค่อนข้างมากคือ 85 – 95 % และระหว่างสายโมเลกุลจะมีการยึดจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bond) เป็นระยะๆ ซึ่งมีผลทำให้เส้นใยเซลลูโลสมีความเหนียวแข็งแรงค่อนข้างสูง จากข้อมูลคุณสมบัติทางโครงสร้างโมเลกุลของเส้นใยธรรมชาติ จะเห็นว่าสามารถนำมาเป็นส่วนประกอบของคอนกรีตได้ ดังนั้นแนวความคิดในการนำเส้นใย

ธรรมชาติมาผสมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักจึงมีความเป็นไปได้อย่างยิ่ง และสมควรนำมาทำการศึกษาวิจัยอย่างเป็นจริงจัง เพื่อที่จะได้มีวัสดุก่อสร้างชนิดใหม่ที่มีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดีและมีราคาถูกกว่าวัสดุฉนวนชนิดอื่นที่มีจำหน่ายในท้องตลาดต่อไป

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

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

หมายเหตุ * = ไม่มีข้อมูล, ** = พื้นที่เก็บเกี่ยว

2.4 สถานการณ์วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

แม้ปัจจุบันประเทศไทยจะเป็นศูนย์กลางของอุตสาหกรรมบางประเภทในภูมิภาคก็ตาม แต่รายได้หลักที่เกิดจากการส่งออกยังอยู่ที่ภาคการเกษตร ซึ่งแต่ละปีจะมีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก บางส่วนนำไปเป็นอาหารสัตว์ บ่อย หรือนำไปแปรรูปเป็นพลังงาน แต่ยังมีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอีกมากที่ต้องเผาทำลาย ไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์อันใด ประชากรส่วนใหญ่ของประเทศไทยอาศัยอยู่ในชนบท ซึ่งมีอาชีพเกษตรกรรม สภาพที่อยู่อาศัยของชาวชนบท เหล่านี้มักทำด้วยวัสดุที่ไม่ถาวรและหาได้ง่ายในพื้นที่ใกล้เคียง เช่น ไม้ไผ่ แฝก จาก หากมีฐานะดีขึ้นก็จะเปลี่ยนมาใช้วัสดุที่มีอายุการใช้งานนานขึ้น เช่น สังกะสี ซึ่งมักจะมีปัญหาเรื่องความร้อนภายในอาคาร ทำให้อยู่อาศัยไม่สบาย หรือบางบ้านอาจจะใช้ไม้จริง อิฐมอญ หรือคอนกรีตบล็อก ซึ่งเป็นวัสดุชนิดเดียวกับที่บ้านพักอาศัยในชุมชนเมืองใช้กันอยู่โดยทั่วไป แต่หากพิจารณาสภาพการทำงานในภาคเกษตรกรรมแล้ว จะเห็นว่าปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเกิดขึ้น ในแต่ละปีเป็นจำนวนมาก และมีความหลากหลาย เช่น ฟางข้าว ชานอ้อย กากมะพร้าว ชังข้าวโพด ต้นมันสำปะหลัง เป็นต้น (ธัญชัย และคณะ, 2549) ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรของไทย ปี 2544 - 2545

ชนิด	ผลผลิตต่อปี (10 ⁶ กก.)	ส่วนที่เหลือใช้	ปริมาณวัสดุเหลือใช้ต่อปี (10 ⁶ กก.)
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
ฝ้าย	36	ลำต้น	116.35
ถั่วเหลือง	292	ลำต้น ใบ เปลือก	590.97
ข้าวฟ่าง	145	ใบ ต้น	117.64

ซึ่งมีหน่วยงานและองค์กรหลายแห่งได้ให้ความสนใจที่จะนำวัสดุเหลือใช้เหล่านี้มาแปรรูปให้เกิดประโยชน์ เช่น ทำเป็นอาหารสัตว์ ผลิตพลังงาน เป็นต้น ส่วนการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างอาคารที่สามารถผลิตได้โดยชาวชนบทเอง มีขบวนการผลิตที่ไม่ซับซ้อน หรือเพื่อให้เป็นวัสดุทางเลือกเพิ่มเติม พบว่ายังไม่ได้มีการพัฒนาเท่าที่ควร (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2548)

การนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์ สามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ การนำเส้นใยมาใช้ประโยชน์และการนำขึ้นวัสดุหรือลำต้นมาใช้ประโยชน์



รูปที่ 2.1 ต้นมันสำปะหลัง

ตัวอย่างของการศึกษาความเป็นไปได้การนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น การนำซังข้าวโพด และต้นมันสำปะหลังมาใช้ประโยชน์ทั้งในลักษณะเป็นแผ่นฉนวนที่ผนังอาคารเพื่อลดอุณหภูมิภายในอาคารและใช้เป็นแผ่นผนังอาคารเพื่อทดแทนวัสดุอื่น เช่น ไม้อัด เนื่องจากวัสดุจำพวกเส้นใยนั้นต้องนำเข้า กาวไอโซไซยาเนตจากต่างประเทศ (วรธรรม, 2548) แต่ฉนวนที่ผลิตจากต้นมันสำปะหลังและซังข้าวโพด นั้นจะใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (urea formaldehyde) ซึ่งผลิตได้เองภายในประเทศ จึงน่าจะมีศักยภาพ ในการพัฒนาเป็นฉนวน โดยผู้เขียนได้ทำการผลิตฉนวนจากซังข้าวโพดและต้นมันสำปะหลังที่ ห้องปฏิบัติการวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้และป้องกันรักษาเนื้อไม้ สำนักวิจัยการ จัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ โดยนำซังข้าวโพดและต้นมันสำปะหลังมาซอยเป็นชิ้นเล็ก ๆ และ อัดด้วยกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ให้มีความหนา 10 มม. โดยมีความหนาแน่นในระดับต่างๆ ตั้งแต่ 200 400 และ 800 กก./ลบ.ม. จากนั้นใช้เครื่องวัดการนำความร้อนในสถานะคงที่ ตามมาตรฐานอังกฤษโดยวิธีการ วัดอัตราการถ่ายเทความร้อนจากด้านบนสู่ด้านล่างของวัตถุ ณ ห้องปฏิบัติการคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต เพื่อหาว่าความหนาแน่นใดที่ทำให้เกิดคุณสมบัติในการเป็นฉนวนที่ดี ที่สุด ผลการทดสอบพบว่า ฉนวนที่มีความหนาแน่นน้อยสามารถลดความร้อนได้ดีกว่าฉนวนชนิดเดียวกันที่ มีความหนาแน่นมาก ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติความเป็นฉนวน

ชนิดวัสดุ	ค่าสัมประสิทธิ์ในการนำความร้อน (k) (วัตต์/เมตร.เคลวิน)	ความต้านทานความร้อน (R) (ตร.ม.เคลวิน/วัตต์)
1. ฉนวนจากซังข้าวโพด ความหนาแน่น 200 กก./ ลบ.ม.	0.063	0.138
2. ฉนวนจากซังข้าวโพด ความหนาแน่น 400 กก./ ลบ.ม.	0.093	0.097
3. ฉนวนจากซังข้าวโพด ความหนาแน่น 800 กก./ ลบ.ม.	0.123	0.077
4. ฉนวนจากต้นมันสำปะหลัง ความหนาแน่น 200 กก./ ลบ.ม.	0.059	0.151
5. ฉนวนจากต้นมันสำปะหลัง ความหนาแน่น 400 กก./ ลบ.ม.	0.085	0.109
6. ฉนวนจากต้นมันสำปะหลัง ความหนาแน่น 800 กก./ ลบ.ม.	0.105	0.094

โดยค่าสัมประสิทธิ์ในการนำความร้อนของฉนวนซึ่งข้าวโพดและฉนวนตันมันสำปะหลังที่ความหนาแน่น 200 กก./ลบ.ม. มีค่า 0.063 และ 0.059 วัตต์/ เมตร.เคลวิน ตามลำดับซึ่งเป็นค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งมีคุณสมบัติความเป็นฉนวนดีที่สุดจากฉนวนที่นำมาทดสอบ และเมื่อเทียบคุณสมบัติความเป็นฉนวนกับวัสดุในท้องตลาด พบว่า ฉนวนตันมันสำปะหลังที่ความหนาแน่น 200 กก./ลบ.ม. จะต้านทานความร้อนได้น้อยกว่าฉนวนใยแก้ว (ธนัญชัย และคณะ, 2549)

2.5 สมมติฐาน

สำหรับสมมติฐานของโครงการการใช้ประโยชน์จากต้นมันสำปะหลังเหลือทิ้งผสมซีเมนต์สำหรับเป็นแผ่นผนังไม้เทียมเพื่อป้องกันความร้อนภายในอาคาร มีดังนี้

- 1) ต้นมันสำปะหลัง มีสมบัติทางกายภาพและทางกลที่ดี
- 2) ต้นมันสำปะหลัง มีสมบัติการเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี
- 3) ต้นมันสำปะหลัง เมื่อย่อยขนาดแล้วสามารถผสมเข้ากับปูนซีเมนต์เพื่ออัดขึ้นรูปเป็นแผ่นผนังไม้อัดได้
- 4) ต้นมันสำปะหลัง สามารถลดต้นทุนของแผ่นผนังไม้เทียมเพื่อป้องกันความร้อนภายในอาคารได้
- 5) ต้นมันสำปะหลัง ที่ขึ้นรูปเป็นแผ่นผนังไม้เทียมเพื่อป้องกันความร้อนภายในอาคารสามารถใช้งานจริง และอาจส่งเสริมเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนได้

2.6 กรอบแนวความคิด

จากการศึกษาข้อมูลต่าง จะเห็นได้ว่า ต้นมันสำปะหลัง มีสมบัติที่ดีกว่าเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรอื่นๆ โดยเฉพาะการนำมาผลิตเป็นฉนวนป้องกันความร้อน กรอบแนวความคิด จึงเป็นการศึกษาและพัฒนาแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมปูนซีเมนต์ ที่เน้น การปรับปรุงเพื่อหาอัตราส่วนที่ทำให้แผ่นผนังไม้อัดดังกล่าว มีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี น้ำหนักเบา และสามารถผ่านการทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกล ตามมาตรฐาน มอก. 878-2537 เรื่องแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูงได้ (สมอ., 2537)

2.7 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้เส้นใยธรรมชาติสำหรับผสมลงในซีเมนต์ที่ทำการรวบรวมมาพอสังเขป สามารถสรุปได้ ดังนี้

- 1) ธนัญชัย ปคุณวรกิจ และคณะ (2549) ได้ศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติความเป็นฉนวนของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรระหว่างฉนวนที่ผลิตจากข้าวโพดกับฉนวนที่ผลิตจากต้นมันสำปะหลัง ในระดับความหนาแน่นที่ต่างกัน เพื่อหาความหนาแน่นที่สามารถลดการถ่ายเทความร้อนได้ดีที่สุด ซึ่งพบว่าฉนวนที่มีความหนาแน่นน้อยจะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำกว่าฉนวนชนิดเดียวกันที่มีความหนาแน่นมาก โดยฉนวนตันมันสำปะหลัง 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 การควบคุมการ

ผลิต รวมไปถึงการพัฒนาจากการศึกษาวิจัยไปสู่การใช้งานจริง ซึ่งปัจจุบันมีฉนวนจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอีกมากที่มีการศึกษาวิจัย เช่น ฟางข้าว หญ้าแฝก เป็นต้น ซึ่งเป็นการเพิ่มคุณค่าแก่วัสดุเหลือใช้ เพราะสามารถลดปริมาณขยะ ลดมลพิษอันเกิดจากการเผาทำลาย สร้างรายได้ให้กับชุมชนและยังสะท้อนอัตลักษณ์ทางสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นได้อีกด้วย

2) ธวัช จิรายุส (2535) ทำการศึกษาการจับยึดพอร์ตแลนด์ซีเมนต์ของไม้ยูคาลิปตัสและทดลองทำแผ่นไม้อัดซีเมนต์จากไม้ยูคาลิปตัส คามาลเลน (*Eucalyptus camal-dulensis* Dehnh) ซึ่งเป็นไม้ชนิดแรกที่ได้มีการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ (Wood cement particleboard) ในประเทศ ผลการศึกษาคุณสมบัติการเกาะยึดระหว่างไม้กับพอร์ตแลนด์ซีเมนต์ตราเพชร โดยใช้สารเคมี 3 ชนิด เป็นสารปรับปรุงความแข็งแรงในการเกาะยึด พบว่า การใช้สารเคมีประเภท อนินทรีย์ถึง 2 ชนิด คือ โซเดียมซิลิเกต และอลูมิเนียมซัลเฟต สามารถช่วยเพิ่มความแข็งแรงในการเกาะยึดระหว่างไม้ยูคาลิปตัสกับซีเมนต์ให้สูงขึ้นได้ ถึง 2 เท่าตัว เมื่อเทียบกับการเกาะยึดในสภาพธรรมดาที่ไม่ใช้สารเคมี แต่สำหรับการใช้สารเคมีชนิดแคลเซียมคลอไรด์ กลับให้ค่าที่ต่ำกว่าในสภาพธรรมดา ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณการใช้สารเคมีชนิดนี้มากเกินไป จนทำให้ซีเมนต์แข็งตัวเร็วเกินไป (flash set) การทดสอบหาแรงเกาะยึดระหว่างไม้ยูคาลิปตัส คามาลเลนซีเมนต์กับพอร์ตแลนด์ซีเมนต์ จากท้องตลาด เพื่อเป็นแนวทางในการหาวัตถุดิบที่เหมาะสมและเพื่อเป็นการปรับปรุงวัตถุดิบโดยใช้สารเคมีเป็นตัวช่วยเร่งปฏิกิริยาและช่วยให้การเกาะยึดดีขึ้น เป็นการศึกษาเบื้องต้นในระบบวิธีการไม้-ซีเมนต์ (wood cement system) ซึ่งเป็นการทดสอบที่ง่ายกว่าและสิ้นเปลืองน้อยกว่าวิธีศึกษาหาความเหมาะสมโดยวิธีที่เรียกกันว่า hydration temperature method ที่ใช้อุณหภูมิเป็นเกณฑ์พิจารณาตัดสินว่าไม้ชนิดใดมีคุณลักษณะเหมาะสมในการที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบ อุณหภูมิที่วุ่น คือ อุณหภูมิในการแข็งตัวของส่วนผสมของไม้และซีเมนต์ ชนิดไม้ที่ลดอุณหภูมิสูงสุดลงจนทำให้การแข็งตัวของซีเมนต์เสียไปจนต่ำกว่าเกณฑ์ตัดสินที่ตั้งไว้ ถือว่าไม่เหมาะสมต่อการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบผสมกับซีเมนต์ อย่างไรก็ตามวิธีดังกล่าวนี้จำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือในการบันทึกอุณหภูมิโดยอัตโนมัติที่มีประสิทธิภาพสูงและมีราคาแพง และยังเป็นวิธีที่ไม่สามารถชี้ให้เห็นชัดถึงแรงยึดเหนี่ยวกันอย่างแท้จริงระหว่างไม้กับซีเมนต์ เป็นเพียงวิธีหาความเหมาะสมของชนิดของวัตถุดิบต่อการแข็งตัวของซีเมนต์ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะทางเคมีที่มีการคายความร้อนเกิดขึ้นเท่านั้น ดังนั้นการศึกษานี้จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการศึกษาหาวิธีปรับปรุงวัตถุดิบที่ได้จากไม้เท่าที่สามารถจะกระทำโดยเร็ว นอกเหนือไปจากการทดลองทำแผ่นทดสอบในห้องปฏิบัติการ

ในส่วนวัสดุและวิธีการทดลองของการศึกษาการจับยึดพอร์ตแลนด์ซีเมนต์ของไม้ยูคาลิปตัสและทดลองทำแผ่นไม้อัดซีเมนต์จากไม้ยูคาลิปตัส คามาลเลน เริ่มจากการนำไม้ยูคาลิปตัส คามาลเลนซีเมนต์ที่ได้มาจากสถานีทดลองปลูกพรรณไม้ห้วยทา จังหวัดศรีสะเกษ ไม้ที่ใช้ทดลองอายุประมาณ 20 ปี นำไม้มาตัดเป็นแท่งเล็กๆ ขนาด 200 มม. x 15 มม. x 5 มม. เลือกเอาแท่งไม้ที่มีเส้นตรงไม่บิด และส่วนปลายปราศจากตำหนิเช่น ตา, รอยแตกกร้าว ฯลฯ แฉกแท่งไม้ทดสอบที่คัดแล้วในน้ำกลั่น และน้ำกลั่นที่มีสารเคมีผสมอยู่ ร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก สารละลายเคมีที่ใช้เปรียบเทียบกับ 3 ชนิด คือ อลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3$) แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) และโซเดียมซิลิเกต (Na_2SiO_3) ปักแท่งไม้ทดสอบให้จมลงในส่วนผสมของซีเมนต์กับน้ำกลั่นที่เตรียมไว้ โดยมีอัตราส่วนผสมของพอร์ตแลนด์ซีเมนต์ 400 กรัม และน้ำกลั่น 160 มิลลิลิตร ภายในถ้วยกระดาษขนาด 200 มิลลิลิตร ระยะเวลาที่แช่แท่งไม้ในน้ำกลั่นหรือสารละลายประมาณ 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดจึงนำไม้ออกมาซับน้ำผิวหน้าออกให้แห้งพอหมาดๆ แล้วจึงปักไม้ลงในถ้วยที่บรรจุส่วนผสมในระดับลึก 50 มม. ให้ตั้งฉากกับผิวหน้าของซีเมนต์แต่ละถ้วย โดยใช้แบบที่ทำขึ้นจากเหล็กแต่ละถ้วย โดยใช้แบบที่ทำขึ้นจากเหล็กฉากมีรูเป็นตัวบังคับ หลังปล่อยให้ส่วนผสมซีเมนต์แข็งตัวภายในสภาวะอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จึงนำแบบถ้วยทดลองทั้งหมดไปทำการทดสอบหาแรงดึง (tension test) แล้วบันทึกค่าแรงดึงสูงสุด (failing load) ที่ทำให้แท่งทดสอบหลุดออกจากถ้วยซีเมนต์

ในการวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการทดสอบกับน้ำกลั่น 1 ชุด และกับสารละลายอีก 3 ชนิด ๆ ละ 1 ชุด ทดสอบรวมเป็น 4 ชุดทดสอบ โดยเตรียมการทดลองไว้ชุดทดสอบละ 6 จำนวนซ้ำ

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

2.1) การใช้สารเคมีชนิดโซเดียมซิลิเกต และอลูมิเนียมซัลเฟต สามารถให้ค่าความแข็งแรงด้านแรงดึงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้และซีเมนต์เฉลี่ยสูงกว่าสภาวะทดลองที่ไม่ใช้สารเคมีเป็นตัวเปรียบเทียบ ตามลำดับ แต่การทดลองใช้สารเคมีชนิดแคลเซียมคลอไรด์ กลับให้ค่าความแข็งแรงเฉลี่ยต่ำกว่าการทดลองเปรียบเทียบที่ไม่ใช้สารเคมี (ใช้น้ำอย่างเดียว) ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ความแข็งแรงของการเกาะยึดระหว่างไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส กับพอร์ตแลนด์ซีเมนต์ ดราเพชร จากการใช้น้ำและสารเคมีต่างๆ

สารละลายที่ใช้	น้ำ	แคลเซียม คลอไรด์	อลูมิเนียม ซัลเฟต	โซเดียม ซิลิเกต
ปริมาณสารละลายที่ดูดซึม (ASA), กรัม ¹	2.97	1.41	1.59	2.60
ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของการเกาะยึดไม้ กับซีเมนต์, 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 $\times 9.807 = 1$ นิวตัน

³ เป็นการตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงโดยวิธี Duncan's new multiple range test ซึ่งตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่เหมือนกัน แสดงว่าเป็นค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.2) ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) ดังตารางที่ 2.5 พบว่า สภาวะการทดลองต่างๆ จากการใช้สารเคมี 3 ชนิด และน้ำในการศึกษาครั้งนี้ ให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (C.V.) เท่ากับ ร้อยละ 49.60

ตารางที่ 2.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติจากค่าความแข็งแรงของการเกาะยึดระหว่างไม้และซีเมนต์ในการทดลองด้วยน้ำและสารเคมีต่าง ๆ 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) เมื่อทำการตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงการใช้สารเคมีโดยวิธี Duncan's new multiple range test พบว่า

ก. การใช้สารเคมีชนิดอูมิเนียมซัลเฟต และแคลเซียมคลอไรด์ไม่แตกต่างกันในทางสถิติกับการทดลองที่ไม่ใช้สารเคมี

ข. การใช้สารเคมีชนิดโซเดียมซิลิเกต ให้ค่าความแข็งแรงของการยึดเหนี่ยวระหว่างไม้และซีเมนต์ สูงที่สุด คือ 540.53 นิวตัน

ผลที่ได้สามารถสรุปได้ว่า การใช้สารเคมีเพื่อช่วยปรับปรุงการเกาะยึดระหว่างไม้และซีเมนต์ครั้งนี้ นั้น ช่วยเพิ่มความแข็งแรงการเกาะยึดได้มาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่า สารเคมีดังกล่าวช่วยลดอิทธิพลยั้งต่างๆ ในการจับยึดระหว่างไม้และซีเมนต์ได้ ถึงแม้ว่าในกรณีของสารแคลเซียมคลอไรด์ จะให้ค่าความแข็งแรงที่ต่ำกว่าสภาพธรรมชาติ ซึ่งไม่ใช้สารเคมีก็ตาม แต่ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณสารแคลเซียมคลอไรด์ ที่ใช้อาจมากเกินไปแทนที่จะช่วยให้ไม้และซีเมนต์จับยึดกันดีขึ้น แต่ทำให้กลับลดลงสาเหตุนี้อาจอธิบายได้ว่า สารเคมีชนิดนี้นั้นโดยปกติเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวของซีเมนต์ให้เร็วขึ้น แต่การใช้ปริมาณ มากไปซีเมนต์ก็จะเกิดการแข็งตัวเร็วเกินไป (flash set) จนไม้และซีเมนต์มีอัตราการเกาะยึดที่น้อยไป อีกสาเหตุหนึ่งก็คือ ความแปรผันภายในไม้ที่ใช้ทำการทดลองที่ค่อนข้างสูง (ธวัช จิรายุส, 2528) โดยพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติที่แสดงให้เห็นว่า มีความคลาดเคลื่อนของการทดลอง (experimental error) และค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (C.V.) ที่เกิดขึ้นในการทดลองค่อนข้างสูงซึ่งไม่สามารถทราบเหตุที่แน่นอน อย่างไรก็ตามที่ได้เป็นข้อยืนยันที่เพียงพอพิสูจน์ได้ว่า ในการใช้ไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชันของซีเมนต์จับยึดกับซีเมนต์นั้น หากมีการใช้สารเคมีอนินทรีย์ (mineral chemicals) ผสมกับน้ำด้วยจะเพิ่มความแข็งแรงของการยึดจับระหว่างไม้และซีเมนต์ให้สูงขึ้นได้โดยเฉพาะการใช้สารเคมีชนิดโซเดียมซิลิเกต ที่ให้ค่าความแข็งแรงมากกว่าถึง 2 เท่า เทียบกับสภาพธรรมชาติเมื่อไม่ใช้สารเคมี

3) ก้องนภา ถิ่นวัฒนากุล และคณะ (2553) ได้ศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของการนำเส้นใยเปลือกทุเรียน เส้นใยต้นข้าวโพด และกากมะพร้าว มาผสมกับกากดินขาว ขึ้นรูปเป็นอิฐบล็อกกากดินขาวผสมเส้นใยต่างๆ โดยกำหนดอัตราส่วน ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ต่อกากดินขาว 1 : 60 โดยน้ำหนัก ผสมเส้นใยร้อยละ 1.67, 3.33 และ 5 ทำการขึ้นรูปตัวอย่างขนาด $6.9 \times 39 \times 19$ เซนติเมตร ด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก นำมาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกล ตามมาตรฐาน มอก. 58-2530 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ผลการทดสอบพบว่า การใส่เส้นใยในปริมาณมากทำให้ความหนาแน่นของอิฐบล็อกมีค่าน้อยลง แต่การเปลี่ยนแปลงความยาวและร้อยละการดูดซึมน้ำ จะเพิ่มมากขึ้น ส่วนค่าความต้านทานแรงอัดจะมีค่าน้อยลง โดยอิฐบล็อกกากดินขาวที่ไม่ผสมเส้นใยจะมีค่า 20 กก./ตร.ซม. เท่ากับมาตรฐาน มอก. ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะใช้เส้นใยธรรมชาติมาเป็นวัสดุผสมเพิ่มเพื่อลดน้ำหนักของอิฐบล็อกกากดินขาวให้น้อยลงแต่ ควรใส่ในปริมาณที่ไม่มาก เพื่อที่ค่าความต้านทานแรงอัดจะได้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

4) ประชุม คำพุ่ม และคณะ (2552) ได้ศึกษาสมบัติของมอร์ตาร์น้ำหนักเบา โดยใช้เส้นใยจากขยะเปลือกทุเรียนเป็นวัสดุผสมเพิ่ม ออกแบบส่วนผสมของมอร์ตาร์ให้มีอัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1: ทรายละเอียดร้อนค้ำตะแกรงเบอร์ 200 เท่ากับ 1 : 2.75 โดยน้ำหนัก และกำหนดอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ในสัดส่วนประมาณ 0.83 ซึ่งจะใช้เส้นใยเปลือกทุเรียนแทนที่ปูนซีเมนต์เท่ากับร้อยละ 0, 0.04, 0.06, 0.08, 0.10 และ 0.12 โดยน้ำหนัก นำไปหล่อก้อนตัวอย่างมอร์ตาร์ทดสอบ โดยขนาด $5 \times 5 \times 5$ ลบ.ซม. สำหรับทดสอบกำลังอัด ขนาด $4 \times 4 \times 16$ ลบ.ซม. สำหรับทดสอบกำลังคด นำตัวอย่างทั้ง 2 ขนาด มาหาค่าการดูดซึมน้ำและความหนาแน่นของมอร์ตาร์ ที่อายุมอร์ตาร์ 7, 14 และ 28 วัน ผลการทดสอบพบว่า เมื่อผสมเส้นใยเปลือกทุเรียนแทนที่ปูนซีเมนต์ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้มอร์ตาร์

ตำรามีกำลังตัดและการดูดซึมน้ำสูงขึ้น ส่วนกำลังอัดและความหนาแน่นจะต่ำลง ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วสามารถนำเส้นใยจากขยะเปลือกทุเรียนไปพัฒนาใช้ในงานคอนกรีตน้ำหนักเบาได้ต่อไป

5) ณัฐนนท์ รัตนไชย และประชุม คำพุ่ม (2552) ได้ศึกษาแนวทางแยกเส้นใยไผ่จากไม้ไผ่ เพื่อส่งเสริมให้มีการผลิตเป็นสินค้าส่งออกของกลุ่มจังหวัดภาคกลางตอนบน โดยกรรมวิธีในการแยกเส้นใยไผ่สามารถแบ่งตามกระบวนการได้ 2 วิธีหลักๆ คือ การแยกโดยวิธีทางกล และการแยกโดยวิธีทางเคมี ซึ่งผลจากการแยกเส้นใยดังกล่าวพบว่า การแยกเส้นใยด้วยวิธีทางกล จะได้เส้นใยที่มีความยาวประมาณ 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 คำพุ่ม (2552) ได้ศึกษาสมบัติวัสดุผสมจากโพลีเอทิลีนกับเส้นเปลือกทุเรียน โดยมีส่วนผสมของโพลีเอทิลีนต่อเส้นใยเปลือกทุเรียน เท่ากับ 90: 10, 80: 20, 70: 30, 60: 40 และ 50: 50 โดยน้ำหนัก ผสมเส้นใยทุเรียนด้วยเครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้ง ทำการอัดขึ้นรูปแผ่นวัสดุผสมขนาด $30 \times 30 \times 0.5$ ซม. โดยวิธีการอัดร้อน และทดสอบสมบัติทางกลของแผ่นวัสดุผสมตามมาตรฐาน ASTM จากผลการทดสอบพบว่าวัสดุผสมที่มีปริมาณของโพลีเอทิลีนที่สูงขึ้นจะทำให้วัสดุผสมมีความต้านทานการรับแรงดึง 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

จากงานวิจัยที่ผ่านมา จะเห็นว่า การใช้เส้นใยธรรมชาติจากวัสดุการเกษตร ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับต้นมันสำปะหลัง ผสมในพอลิเมอร์และปูนซีเมนต์ สามารถขึ้นรูปเป็นวัสดุก่อสร้างได้ดี ทั้งนี้ โครงการพัฒนาแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ที่ได้ จะทำให้แผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์มีราคาต้นทุนที่ลดลง มีสมบัติเป็นฉนวนป้องกันความร้อนดี น้ำหนักเบา นอกจากนี้งานวิจัยที่ผ่านมา ยังแสดงให้เห็นถึงสมบัติของเส้นใยธรรมชาติและผลิตภัณฑ์ แนวทางการศึกษาวิจัย และระเบียบวิธีวิจัย สำหรับแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการทดลอง โดยเก็บรวบรวมข้อมูลและทดสอบ ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และหน่วยงานภาครัฐอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสามารถแบ่งวิธีการวิจัยได้ ดังนี้

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

สำหรับวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาและทดสอบสมบัติต่างๆ แผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ ประกอบด้วย

1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

2) ทรายละเอียด

3) ต้นมันสำปะหลังเหลือทิ้งจากเกษตรกร จังหวัดสระบุรี เป็นลำต้นที่ไม่สมบูรณ์หรือมีขนาดต้นเล็กมาก โดยเกษตรกรต้องทำการเผาหรือกำจัดทิ้ง ส่วนลำต้นที่มีความใหญ่สมบูรณ์ เกษตรกรจะเก็บไว้เป็นพันธุ์ เพื่อเพาะปลูกในฤดูกาลต่อไป ซึ่งต้นมันสำปะหลังที่นำมาใช้พัฒนาแผ่นผนังไม้เทียม คือ ลำต้นมันสำปะหลังส่วนที่เกษตรกรไม่ต้องการแล้ว โดยมีองค์ประกอบทางเคมีที่วิเคราะห์ด้วยเครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ (XRF) และลักษณะทั่วไปของเศษต้นมันสำปะหลัง ดังตารางที่ 3.1 และรูปที่ 3.1 ถึง 3.4

ตารางที่ 3.1 องค์ประกอบทางเคมีของลำต้นมันสำปะหลังที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง XRF

องค์ประกอบ	ร้อยละ
C	16.92
O	65.16
Mg	0.29
Si	0.54
P	0.26
S	1.12
Cl	1.02
K	5.08
Ca	7.15
Mn	0.62
Cu	0.95
Zn	0.92



รูปที่ 3.1 การไถต้นมันสำปะหลังทิ้งเพื่อเก็บเกี่ยวภายในไร่ของเกษตรกรจังหวัดสระบุรี



รูปที่ 3.2 การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังของเกษตรกรจังหวัดสระบุรี



รูปที่ 3.3 ต้นมันสำปะหลังที่เกษตรกรนำไปใช้เป็นพันธุ์สำหรับเพาะปลูกต่อไป



รูปที่ 3.4 ต้นมันสำปะหลังเหลือทิ้งที่เกษตรกรต้องเผาทำลายหรือต้องกำจัด

4) น้ำประปา

5) เครื่องผสมคอนกรีต ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 เครื่องผสมคอนกรีต

6) เครื่องอัดแผ่นผนังไม้เทียมแบบสันเขย่า พร้อมแบบหล่อขนาด 30x30x1.5 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 เครื่องอัดแผ่นผนังไม้เทียมแบบสันเขย่า

7) แท่นพลิกแผ่นผนังไม้เทียม ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แท่นพลิกแผ่นผนังไม้เทียม

8) เครื่องบดต้นมันสำปะหลัง พร้อมตะแกรงเบอร์ 4 หรือ 4.76 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.8



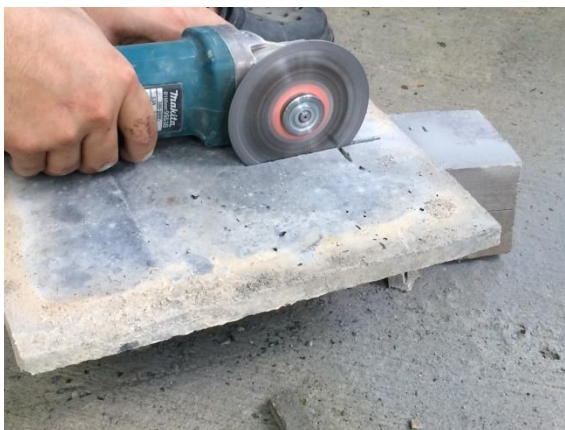
รูปที่ 3.8 เครื่องบดต้นมันสำปะหลัง พร้อมตะแกรงเบอร์ 4 หรือ 4.76 มิลลิเมตร

9) แผ่นพลาสติกกรองแบบ

10) น้ำมันหล่อลื่น

11) ชุดอุปกรณ์ทดสอบความหนาแน่น ความชื้น และการพองตัวเมื่อแช่น้ำ

12) ชุดอุปกรณ์เตรียมตัวอย่างสำหรับทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ได้แก่ เครื่องตัดคอนกรีตขนาดเล็ก, เครื่องเชื่อมโลหะ พร้อมลวดเชื่อม, เหล็กข้ออ้อย เกรด SD40 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร, แผ่นเหล็ก หนา 5 มิลลิเมตร และกาวติดเหล็ก (Epoxy) โดยนำมายึดเข้ากับแผ่นซีเมนต์บอร์ดดังรูปที่ 3.9 ถึง 3.14



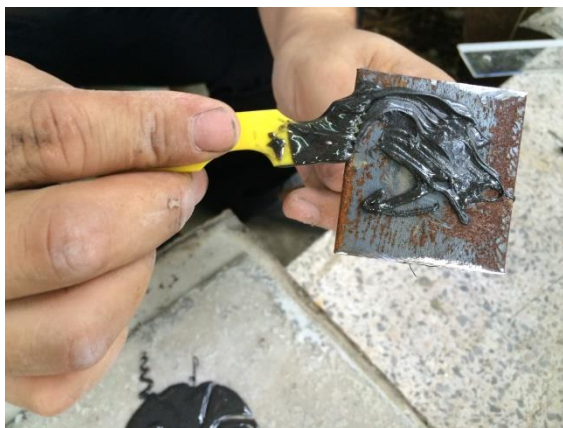
รูปที่ 3.9 การตัดแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ด้วยเครื่องตัดคอนกรีตขนาดเล็ก
ให้มีขนาดตามที่มาตรฐานกำหนดสำหรับทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า



รูปที่ 3.10 แผ่นเหล็กและเหล็กข้ออ้อยที่ถูกเชื่อมเพื่อรองรับการทดสอบ
ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า



รูปที่ 3.11 กาวติดเหล็กสำหรับยึดแผ่นผนังไม้เทียมเข้ากับแผ่นเหล็ก



รูปที่ 3.12 การทาการติดเหล็กลงบนแผ่นเหล็กเพื่อสำหรับยึดเข้ากับแผ่นผนังไม้เทียม



รูปที่ 3.13 การยึดแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์เข้ากับแท่งเหล็ก
สำหรับทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า



รูปที่ 3.14 ตัวอย่างแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์อัตราส่วนต่างๆ
สำหรับทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

13) เครื่องทดสอบแรงกด (UTM) ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 เครื่องทดสอบแรงกด (UTM)

14) เครื่องทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

15) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM)

16) เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ (X-Ray Fluorescence, XRF)

17) อุปกรณ์ทดสอบความหนาแน่น ความชื้น และการพองตัว ได้แก่ ไมโครมิเตอร์, เวอร์เนียคาลิเปอร์, เครื่องชั่งน้ำหนัก และตลับเมตร

3.2 การเตรียมต้นมันสำปะหลังสำหรับใช้เป็นส่วนผสม

1) นำต้นมันสำปะหลังมาล้างทำความสะอาดและตากแดดจนผิวเปลือกนอกของลำต้นมันสำปะหลังสะอาดและแห้ง ดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 การตากแดดต้นมันสำปะหลังก่อนนำเข้าเครื่องบด

2) ใส่ต้นมันสำปะหลังลงในเครื่องบดต้นมันสำปะหลัง พร้อมตะแกรงเบอร์ 4 หรือ 4.76 มิลลิเมตร (ASTM, 2012) เพื่อลดขนาดของต้นมันสำปะหลัง ดังรูปที่ 3.17 และ 3.18



รูปที่ 3.17 การใส่ต้นมันสำปะหลังลงย่อยขนาดในเครื่องบด



รูปที่ 3.18 เศษต้นมันสำปะหลังที่ผ่านการย่อยขนาดด้วยเครื่องบด

3) ตากแดดเพื่อให้เนื้อของเศษต้นมันสำปะหลังที่บดแล้วแห้ง หรือมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 19 จากนั้นจึงนำไปใช้เป็นส่วนผสมของแผ่นผนังไม้เทียมต่อไป ดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 การตากแดดเศษต้นมันสำปะหลังให้แห้งก่อนนำไปผสมเป็นแผ่นผนังไม้เทียม

3.3 การออกแบบส่วนผสมของแผ่นผนังไม้เทียม

การออกแบบอัตราส่วนของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์นี้ แตกต่างจากการออกแบบอัตราส่วนแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์หรือแผ่นผนังไม้เทียมทั่วไป เพราะการขึ้นรูปแผ่นผนังไม้เทียมนี้ จะไม่ใช้วิธีการให้น้ำหนักค้ำไว้จนแผ่นผนังแข็งตัว แต่จะเป็นการอัดและสั่นเขย่าให้เนื้อแผ่นผนังแน่นและแข็งตัวได้เอง โดยส่วนผสมของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์

อัตราส่วน	ปูนซีเมนต์	ทรายละเอียด	เศษต้นมันสำปะหลัง	น้ำประปา
1:0.05	1	0.5	0.05	0.416
1:0.06	1	0.5	0.06	0.416
1:0.07	1	0.5	0.07	0.416
1:0.08	1	0.5	0.08	0.416
1:0.09	1	0.5	0.09	0.416
1:0.10	1	0.5	0.10	0.416

3.4 การขึ้นรูปแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์

- 1) ชั่งส่วนผสมตามที่ออกแบบไว้ในตารางที่ 3.1
- 2) รองแผ่นพลาสติกลงบนแบบหล่อของเครื่องอัดแผ่นผนังไม้เทียมแบบสั่นเขย่า พร้อมทั้งทาน้ำมัน เพื่อป้องกันการติดแบบ ดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 การรองแผ่นพลาสติกและทาน้ำมันบนแบบหล่อของเครื่องอัดแผ่นผนังไม้เทียมแบบสั่นเขย่า

- 3) ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่1 ให้เข้ากับทรายละเอียดด้วยเครื่องผสมคอนกรีต
- 4) เติมน้ำประปาลงในส่วนผสมในปริมาณ 2 ส่วน จาก 3 ส่วนของปริมาณน้ำประปาทั้งหมด แล้วทำการผสมให้เข้ากัน
- 5) หอยใส่เศษต้นมันสำปะหลังลงในส่วนผสม พร้อมกับทำการผสมไปด้วย จนกระทั่งส่วนผสมเริ่มเข้ากัน
- 6) เทน้ำประปาส่วนที่เหลือลงไปทีละน้อย พร้อมทั้งสังเกตส่วนผสมตลอดเวลา โดยพยายามให้ส่วนผสมเติมน้ำน้อยที่สุด ในขณะที่ส่วนผสมยังคงสามารถใช้แรงเล็กน้อยบีบเพื่อให้จับตัวกันได้

7) เทส่วนผสมทั้งหมดที่เข้ากันดีแล้วลงในแบบหล่อของเครื่องอัดแผ่นผนังไม้เทียมแบบสันเขย่า โดยใช้ความหนาแน่นไม่ต่ำกว่า 1.3 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 การเทส่วนผสมลงในแบบหล่อของเครื่องอัดแผ่นผนังไม้เทียมแบบสันเขย่า

8) ทำการอัดขึ้นรูปและสันเขย่าส่วนผสมด้วยเครื่องอัดแผ่นผนังไม้เทียมให้แน่น ดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 การอัดขึ้นรูปและสันเขย่าส่วนผสมด้วยเครื่องอัดแผ่นผนังไม้เทียมให้แน่น

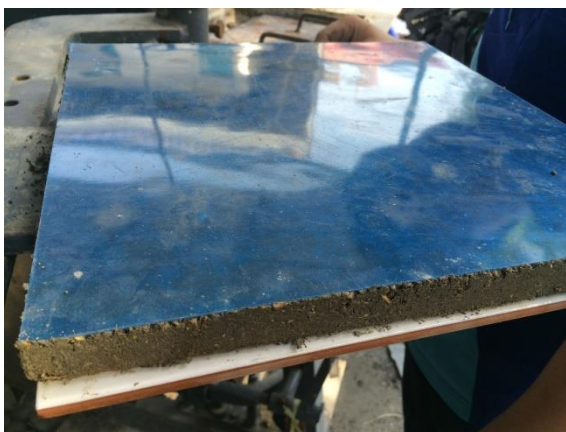
9) ถอดแบบแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ด้วยแท่นพลิกแผ่นผนังไม้เทียม ดังรูปที่ 3.23 ถึงรูปที่ 3.28



รูปที่ 3.23 ผลจากการอัดขึ้นรูปและสั่นเขย่าส่วนผสมของแผ่นผนังไม้เทียม



รูปที่ 3.24 การถอดแบบของแผ่นผนังไม้เทียม



รูปที่ 3.25 การนำแผ่นพลาสติกทรงแบบออกจากแผ่นผนังไม้เทียม



รูปที่ 3.26 ลักษณะแผ่นผนังไม้เทียมที่ได้จากการอัด



รูปที่ 3.27 เนื้อของแผ่นผนังไม้เทียมที่ได้จากการอัด

- 10) บ่มแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ในที่ร่มตามระยะเวลาที่ต้องการ
- 11) เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดในการบ่มแล้ว ได้ตัวอย่างแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ สำหรับทำการทดสอบสมบัติต่างๆ ต่อไป

3.5 การทดสอบสมบัติของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์

ทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล และสมบัติทางความร้อนของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ ตามมาตรฐาน มอก.878-2537 เรืองแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537) ประกอบด้วย

- 1) ลักษณะทั่วไป
- 2) ความหนาแน่น
- 3) ความชื้น
- 4) การพองตัวเมื่อแช่น้ำ
- 5) สภานำความร้อน หรือสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C177 (ASTM, 2012) โดยส่งตัวอย่างขนาด $30 \times 30 \times 1.5$ เซนติเมตร ไปทดสอบ ณ กรมวิทยาศาสตร์บริการ

- 6) ความต้านทานแรงดัด
- 7) มอดุลัสยืดหยุ่น
- 8) ความต้านทานแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้า



รูปที่ 3.28 การวัดขนาดและพิจารณาลักษณะทั่วไปของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์



รูปที่ 3.29 การชั่งน้ำหนักแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์



รูปที่ 3.30 การแช่น้ำแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์เพื่อทดสอบการพองตัว



รูปที่ 3.31 การเตรียมแท่นสำหรับทดสอบความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น
ของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์



รูปที่ 3.32 การติดตั้งแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์
เพื่อทดสอบความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น



รูปที่ 3.33 การทดสอบความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นของ
แผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์



รูปที่ 3.34 การอ่านผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ด้วยคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.35 ลักษณะการวิบัติของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์จากการทดสอบความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น



รูปที่ 3.36 การติดตั้งแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์สำหรับทดสอบความต้านทานแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้า



รูปที่ 3.37 การทดสอบความต้านทานแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นผนังไม้เทียมจาก
ต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์



รูปที่ 3.38 ลักษณะการวิบัติของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์
จากการทดสอบความต้านทานแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้า



รูปที่ 3.39 ลักษณะเนื้อของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์
จากการทดสอบความต้านทานแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้า

3.6 การทดสอบการใช้งานจริง

สำหรับการทดสอบการใช้งานจริงของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ เป็นการคัดเลือกแผ่นผนังไม้เทียมอัตราส่วนที่เหมาะสมมาใช้ก่อสร้างเป็นผนังอาคารภายนอก เพื่อสังเกตและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการใช้งาน และการผลิตจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ ทั้งนี้ แผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ที่นำมาใช้ก่อสร้างผนัง จะต้องผ่านการเจาะ การยึดอุปกรณ์ การตัด และการฉาบต่างๆ ซึ่งมีขั้นตอนต่างๆ ประกอบด้วย

- 1) ตีโครงคร่าวโดยใช้ระยะห่าง 30 เซนติเมตร
- 2) ใช้สว่านไฟฟ้าขันตะปูเกลียวปลายปล้อยลงบนแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ เพื่อยึดติดแผ่นผนังดังกล่าวเข้ากับโครงคร่าว โดยทำการเว้นระยะรอยต่อไว้ประมาณ 5 มิลลิเมตร
- 3) ทาน้ำยารองพื้นลงบนรอยต่อของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์
- 4) ใช้กาวยาซีเมนต์อุดรอยต่อระหว่างแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์
- 5) ตกแต่งพื้นผิวของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ด้วยปูนฉาบ
- 6) สรุปผลความเหมือนหรือแตกต่างของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ และแผ่นซีเมนต์ทั่วไป

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ตามที่ได้มีการทดสอบสมบัติต่างๆ ของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ ตามมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537) และมาตรฐานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปผลการทดสอบแบ่งตามชนิดของการทดสอบได้ ดังต่อไปนี้

4.1 ลักษณะทั่วไป

จากการพิจารณาลักษณะทั่วไปของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ด้วยวิธีการสังเกตและการวัดขนาด ทั้ง 6 อัตราส่วน สามารถสรุปผลการตรวจสอบลักษณะทั่วไปได้ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ลักษณะทั่วไปของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์

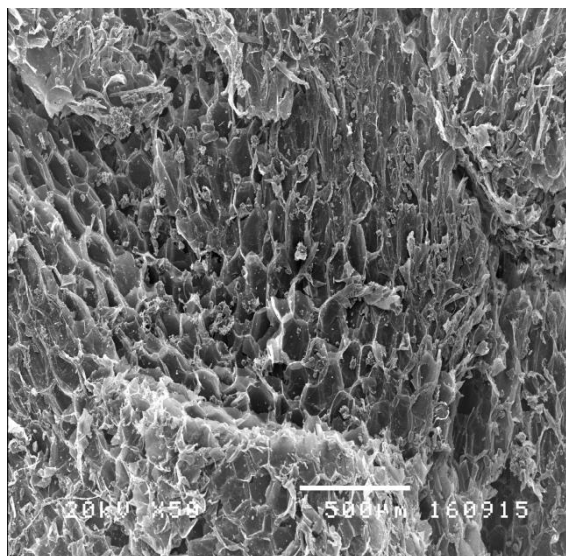
อัตราส่วน	ลักษณะทั่วไป
มอก. 878-2537	ความหนา ความแน่น ความเรียบต้องสม่ำเสมอ และขอบต้องตั้งฉากกับระนาบผิว
1:0.05	ผ่าน
1:0.06	ผ่าน
1:0.07	ผ่าน
1:0.08	ผ่าน
1:0.09	ผ่าน
1:0.10	ผ่าน

ผลการตรวจพินิจลักษณะโดยทั่วไปของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ ทั้ง 6 อัตราส่วน ในตารางที่ 4.1 พบว่า ลักษณะของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ สามารถยึดเกาะกันได้ดี ทั้งหมดมีความหนา ความแน่น และความเรียบที่สม่ำเสมอตลอดทั้งแผ่น และขอบมีความตั้งตรงได้ฉากกับระนาบผิว เป็นไปตามมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537) แต่การผสมต้นมันสำปะหลังเกินกว่าอัตราส่วน 1:0.10 เริ่มมีการหลุดร่อนของแผ่นผนังไม้เทียม ดังรูปที่ 4.1

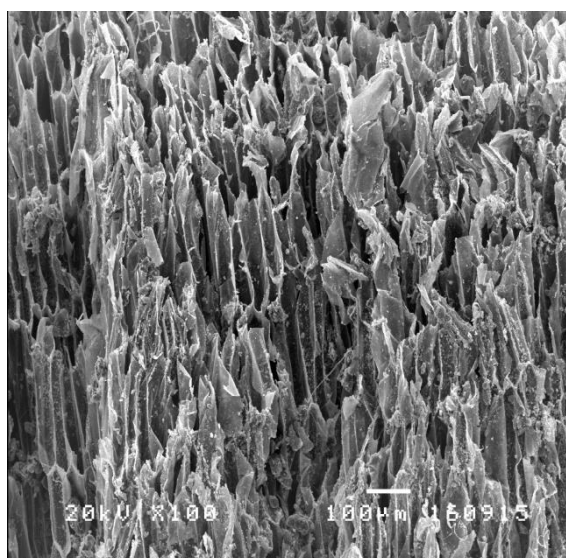


รูปที่ 4.1 ขอบของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ที่เริ่มมีการหลุดร่อน

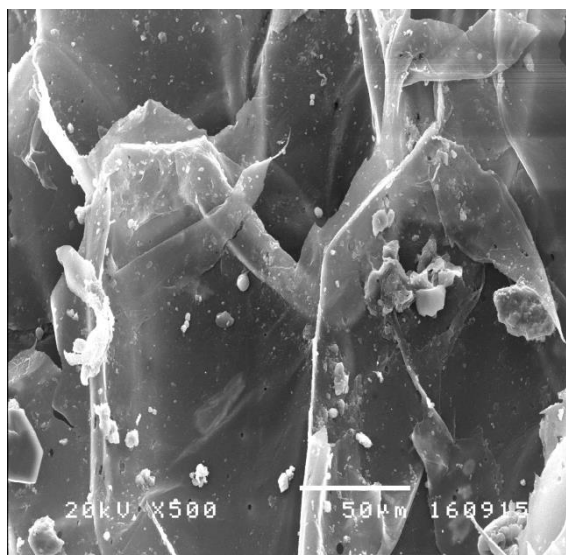
ทั้งนี้ เมื่อนำแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ และส่วนผสมต่างๆ ไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.2 ถึง 4.7



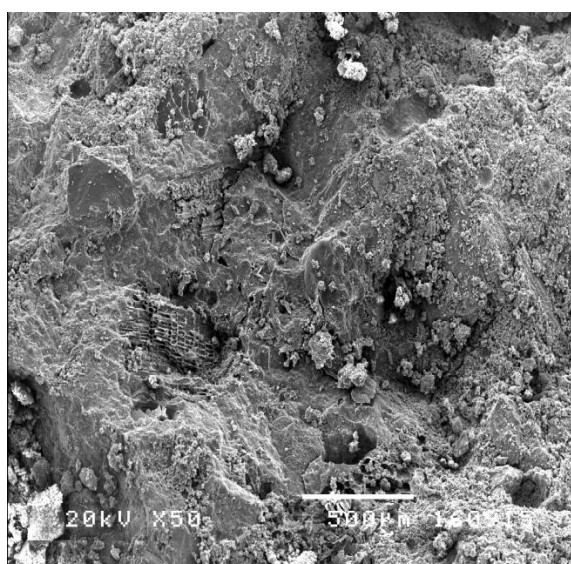
รูปที่ 4.2 ภาพขยายเศษชิ้นมันสำปะหลังด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 50 เท่า



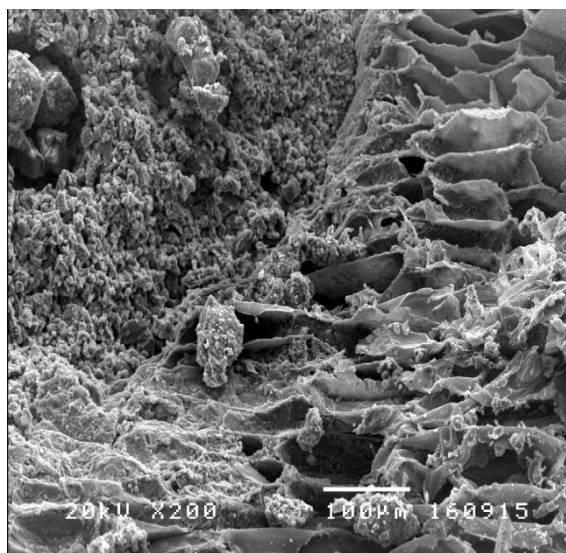
รูปที่ 4.3 ภาพขยายเศษชิ้นมันสำปะหลังด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 100 เท่า



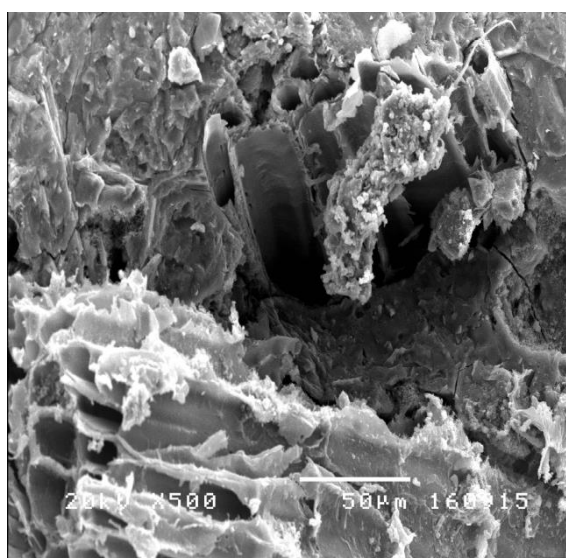
รูปที่ 4.4 ภาพขยายเศษต้นมันสำปะหลังด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด
ที่กำลังขยาย 500 เท่า



รูปที่ 4.5 ภาพขยายแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ด้วยกล้องจุลทรรศน์
อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 50 เท่า



รูปที่ 4.6 ภาพขยายแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 200 เท่า

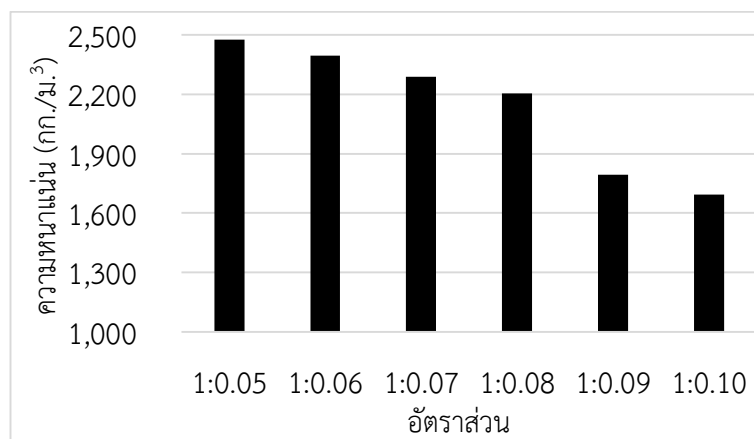


รูปที่ 4.7 ภาพขยายแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 500 เท่า

จากรูปที่ 4.2 ถึง 4.7 แสดงให้เห็นถึง ลักษณะของต้นมันสำปะหลังที่ประกอบด้วย เส้นใยเซลลูโลส และลิกนิน เช่นเดียวกับไม้ทั่วไป โดยเส้นใยดังกล่าวจะมีลักษณะเป็นท่อทรงกระบอกภายในกลวง ยึดติดกันเป็นก้อน ซึ่งมีแนวโน้มของน้ำหนักรที่เบาและค่าการดูดซึมน้ำที่สูงขึ้นเมื่อทำการผสมเข้ากับปูนซีเมนต์และอัดขึ้นรูปเป็นแผ่นไม้เทียม ทั้งนี้ เนื้อของปูนซีเมนต์สามารถเคลือบและยึดเศษต้นมันสำปะหลังได้เป็นอย่างดี แต่ก็มีเศษต้นมันสำปะหลังบางส่วนที่ยื่นออกมาจากปูนซีเมนต์ ทำให้การใช้งานควรต้องมีการฉาบผิวบางส่วนหรือทั้งหมด เพื่อเพิ่มอายุการใช้งาน และลดการเสื่อมสภาพของเศษต้นมันสำปะหลัง

4.2 ความหนาแน่น

การทดสอบความหนาแน่นของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ ทั้ง 6 อัตราส่วน สามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังรูปที่ 4.8

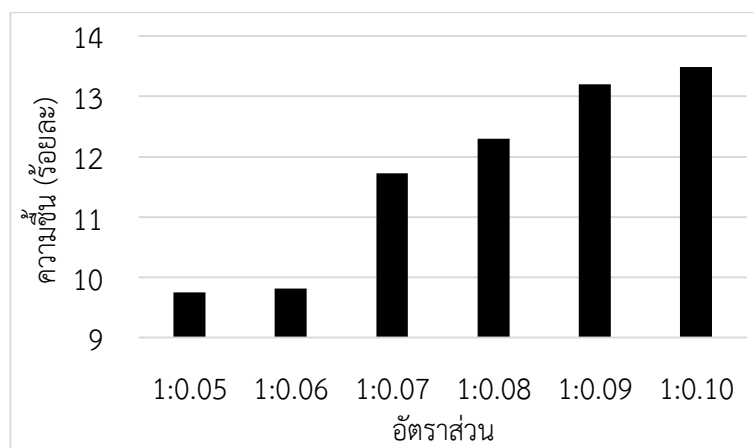


รูปที่ 4.8 ความหนาแน่นของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ ที่อายุการบ่ม 28 วัน

จากผลการทดสอบความหนาแน่นของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ในรูปที่ 4.8 พบว่า ต้นมันสำปะหลังที่ผสมมีส่วนทำให้ความหนาแน่นลดลง โดยเฉพาะเมื่อผสมในปริมาณมาก ตั้งแต่อัตราส่วน 1:0.09 ขึ้นไป และอัตราส่วน 1:0.10 เป็นอัตราส่วนที่มีความหนาแน่นต่ำที่สุด เท่ากับ 1,693.33 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ทั้งนี้เป็นเพราะต้นมันสำปะหลังมีลักษณะใกล้เคียงกับไม้ ซึ่งมีความถ่วงจำเพาะประมาณ 0.6 (Faherty et al., 1995) แต่เมื่อเทียบกับมาตรฐาน มอก.878-2537 (สมอ., 2537) พบว่า แผ่นผนังไม้เทียมทุกอัตราส่วน มีความหนาแน่นสูงกว่าที่กำหนด คือ ให้มีค่า 1,100 ถึง 1,300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

4.3 ความชื้น

ผลการทดสอบความชื้นของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ ทั้ง 6 อัตราส่วน ที่อายุการบ่ม 28 วัน สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.9

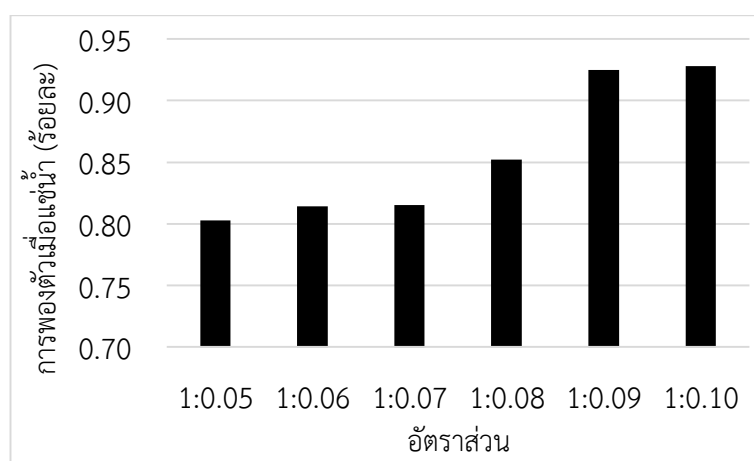


รูปที่ 4.9 ความชื้นของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ ที่อายุการบ่ม 28 วัน

จากรูปที่ 4.9 พบว่า แผ่นผนังไม้เทียมที่ผสมต้นมันสำปะหลังในปริมาณมาก มีความชื้นสูงกว่าแผ่นผนังไม้เทียมที่ผสมต้นมันสำปะหลังในปริมาณน้อย เนื่องจากต้นมันสำปะหลังเป็นเส้นใยธรรมชาติที่มีรูพรุน ทำให้มีความสามารถในการกักเก็บความชื้นได้สูง (Pablo, 1989) เมื่อเปรียบเทียบค่าความชื้นของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ ทั้ง 6 อัตราส่วนกับมาตรฐาน มอก.878-2537 ทำให้ทราบว่า แผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ทั้งหมด มีค่าความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คือระหว่างร้อยละ 9 ถึง 15 (สมอ., 2537)

4.4 การพองตัวเมื่อแช่น้ำ

การพองตัวเมื่อแช่น้ำ เป็นสมบัติที่แสดงถึงความคงทนต่อการใช้งานแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ในสภาพที่ต้องสัมผัสความชื้นบ่อยครั้ง โดยเฉพาะบริเวณภายนอกอาคาร ทั้งนี้ จากการทดสอบดังกล่าว สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.10

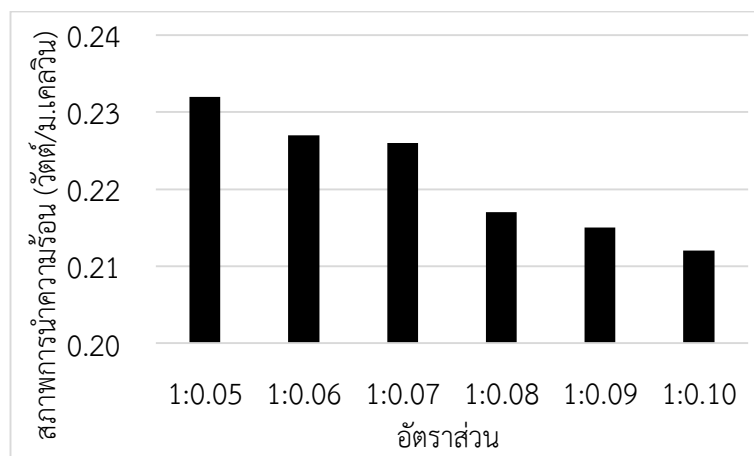


รูปที่ 4.10 การพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ ที่อายุการบ่ม 28 วัน

จากรูปที่ 4.10 พบว่า การพองตัวของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ทุกอัตราส่วนมีค่าค่อนข้างต่ำ เพราะการยิดเกาะของปูนซีเมนต์ที่ยังคงมีปริมาณมาก (ปริญญ และชัย, 2551) ช่วยให้เศษต้นมันสำปะหลังไม่พองตัวมากนักเมื่อต้องสัมผัสน้ำหรือความชื้น ทั้งนี้ การพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ ทั้ง 6 อัตราส่วน มีค่าเป็นไปตามมาตรฐาน มอก.878-2537 กำหนด คือ ต้องมีการพองตัวเมื่อแช่น้ำ ไม่เกินร้อยละ 2 (สมอ., 2537)

4.5 สภาพนำความร้อน

ผลการทดสอบสภาพนำความร้อนหรือสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ ทั้ง 6 อัตราส่วน สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.11

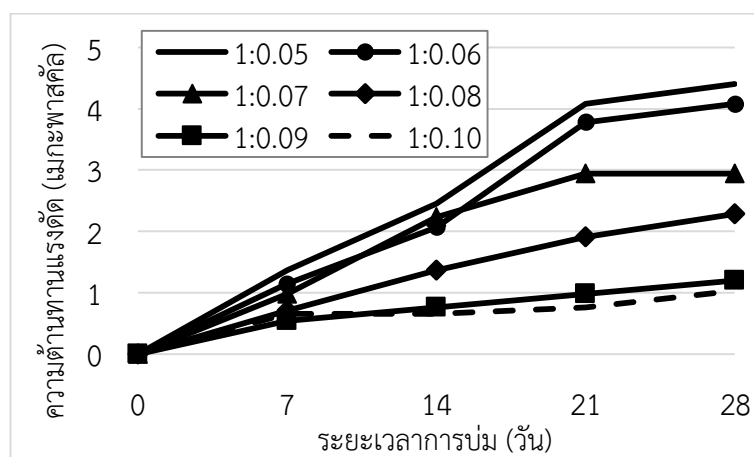


รูปที่ 4.11 สภาพการนำความร้อนของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ ที่อายุการบ่ม 28 วัน

สภาพการนำความร้อนหรือสัมประสิทธิ์การนำความร้อน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความเป็นฉนวน ป้องกันความร้อนของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ โดยค่าสภาพการนำความร้อนที่น้อย แสดงว่าแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์มีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี แต่ถ้าค่าสภาพการนำความร้อนสูง แสดงว่าแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์มีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ไม่ดี ซึ่งผลการทดสอบในรูปที่ 4.11 พบว่า ปริมาณต้นมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้น สามารถช่วยให้ค่าสภาพการนำความร้อนของแผ่นผนังไม้เทียมลดลงได้ และเมื่อเทียบกับมาตรฐาน มอก. 878-2537 จะเห็นได้ว่า ทุกอัตราส่วนมีสภาพการนำความร้อนเป็นไปตามมาตรฐาน คือ มีค่าไม่เกิน 0.25 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน (สมอ., 2537) ทั้งนี้ เนื่องจากต้นมันสำปะหลังเป็นเส้นใยธรรมชาติที่มีความเป็นฉนวน ป้องกันความร้อนที่ดี (ธนัญชัย และคณะ, 2549; อมเรศ และประชุม, 2552) และมีรูพรุนสูง ดังรูปที่ 4.2 ถึง 4.7 จึงทำให้สภาพการนำความร้อนมีค่าค่อนข้างต่ำดังกล่าว

4.6 ความต้านทานแรงดัด

สำหรับผลการทดสอบสมบัติความต้านทานแรงดัด ซึ่งเป็นสมบัติทางกลที่สำคัญในการแสดงถึงความสามารถในการรับแรงดัดขณะใช้งานแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.12

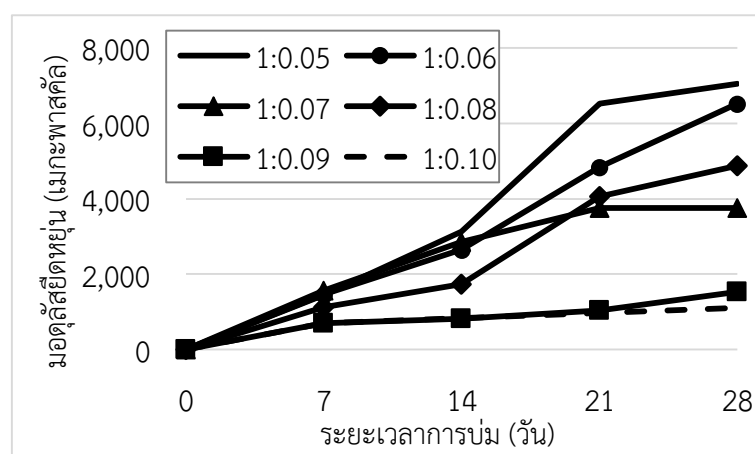


รูปที่ 4.12 ความต้านทานแรงดัดของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ ที่อายุการบ่มต่างๆ

จากรูปที่ 4.12 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณต้นมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่าความต้านทานแรงดัดของแผ่นผนังไม้เทียมลดลง โดยแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ อัตราส่วน 1:0.05 มีค่าความต้านทานแรงดัดสูงที่สุด ในขณะที่อัตราส่วน 1:0.10 มีค่าความต้านทานแรงดัดต่ำที่สุด ทั้งนี้ เป็นเพราะความแข็งแรงของแผ่นผนังไม้เทียมที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการอัดและสั่นเขย่า นั้น จะขึ้นอยู่กับปริมาณของสารเชื่อมประสานหรือปูนซีเมนต์เป็นหลัก (ปริญญญา และชัย, 2551) โดยอัตราส่วนที่มีปริมาณปูนซีเมนต์มากเมื่อเทียบกับมวลรวม (ทรายละเอียดและต้นมันสำปะหลัง) ก็จะมีค่าความต้านทานแรงดัดสูงกว่าอัตราส่วนที่มีปริมาณปูนซีเมนต์น้อย เมื่อเปรียบเทียบค่าความต้านทานแรงดัดของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ทุกอัตราส่วน กับมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง พบว่า แผ่นผนังไม้เทียมทั้งหมด มีค่าความต้านทานแรงดัดที่ต่ำกว่ามาตรฐาน ซึ่งกำหนดให้ต้องมีค่าความต้านทานแรงดัด ไม่ต่ำกว่า 9 เมกะพาสคัล (สมอ., 2537) อย่างไรก็ตาม แผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์นี้ ก็ยังคงสามารถใช้งานได้ เนื่องจากมาตรฐาน มอก.878-2537 นั้น ไม่ถูกบังคับให้ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด ต้องมีค่าผ่านตามาตรฐาน (ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ ส่วนใหญ่ถูกใช้เป็นเปลือกอาคาร จึงไม่เกิดอันตรายร้ายแรง หากมีการใช้งานผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านมาตรฐาน) นอกจากนี้ มาตรฐาน มอก.878-2537 ที่นำมาอ้างอิงนี้ ยังไม่ตรงตามลักษณะและส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนา

4.7 มอดูลัสยืดหยุ่น

ผลการทดสอบมอดูลัสยืดหยุ่นหรือสมบัติด้านการโก่งตัวของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ ทั้ง 6 อัตราส่วน สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.13

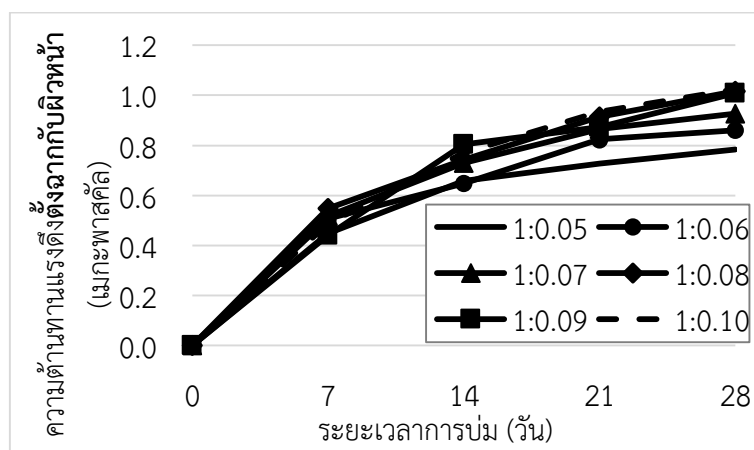


รูปที่ 4.13 มอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ ที่อายุการบ่มต่างๆ

จากรูปที่ 4.13 ซึ่งแสดงผลทดสอบค่ามอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ต่อจากค่าความต้านทานแรงดัด (รูปที่ 4.6) พบว่า อัตราส่วน 1: 0.05 มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นมากที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน 1: 0.06, 1: 0.08, 1: 0.07, 1: 0.09 และ 1: 0.10 เป็นอัตราส่วนที่มีค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นน้อยที่สุด ตามลำดับ โดยมีเพียงอัตราส่วน 1: 0.09 และ 1: 0.10 เท่านั้น ที่มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่น ต่ำกว่า 3,000 เมกะพาสคัล ซึ่งไม่ผ่านตามที่มาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง กำหนด (สมอ., 2537) ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของค่ามอดูลัสยืดหยุ่นกับมาตรฐาน จะให้เห็นว่า แผ่นผนังไม้อัดซีเมนต์ในอัตราส่วนที่มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นต่ำกว่ามาตรฐาน จะมีแนวโน้มการโก่งตัวเมื่อรับน้ำหนักกดที่มากเกินไป

4.8 ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ทั้งนี้ ในส่วนของความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ซึ่งเป็นสมบัติทางกลของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ที่มีความสำคัญเช่นเดียวกับความต้านทานแรงดัด และมอดุลัสยืดหยุ่น เพราะความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า เป็นสมบัติที่บ่งบอกความสามารถและความแข็งแรง ในการยึดเกาะของผิวหน้ากับวัสดุต่างๆ ได้แก่ กระเบื้องบุผนัง สลักเกลียว และอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งยึดเข้ากับบริเวณผิวหน้าของแผ่นผนังไม้เทียม สามารถสรุปผลการทดสอบทั้งหมดได้ ดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ที่อายุการบ่มต่างๆ

ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ในรูปที่ 4.14 พบว่า ต้นมันสำปะหลังที่เป็นเส้นใยธรรมชาติ มีแนวโน้มช่วยเพิ่มความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าให้สูงขึ้นได้ (Bledzki and Gassan, 1999) โดยแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์มากที่สุด อย่างอัตราส่วน 1:0.10 เป็นแผ่นผนังไม้เทียมที่มีความต้านทานแรงดึงสูงที่สุด และอัตราส่วน 1:0.05 เป็นแผ่นผนังไม้เทียมที่ผสมต้นมันสำปะหลังน้อยที่สุดและมีความต้านทานแรงดึงต่ำที่สุดทั้งนี้ เมื่อเทียบกับค่าที่ได้กับมาตรฐาน มอก.878-2537 (สมอ., 2537) พบว่า มาตรฐานดังกล่าว ยังไม่มีการระบุเกณฑ์เกี่ยวกับค่าความต้านทานแรงดึงนี้

4.9 การสร้างแบบจำลองการใช้งานจริง

จากการก่อสร้างผนังอาคาร โดยใช้แผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์อัตราส่วนต่างๆ นั้น ได้ทำการคัดเลือกแผ่นซีเมนต์บอร์ดอัตราส่วน 1:0.09 มาเป็นแผ่นผนังหลัก (รูปที่ 4.15) และเสริมด้วยแผ่นผนังไม้เทียมอัตราส่วนอื่นๆ ทั้งนี้ อัตราส่วน 1:0.09 เป็นแผ่นผนังไม้เทียมที่มีปริมาณเศษต้นมันสำปะหลังมากที่สุด และยังมีสมบัติต่างๆ ที่โดดเด่นกว่าอัตราส่วนอื่น เช่น น้ำหนักเบา เป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี ขึ้นรูปง่าย และมีความแข็งแรง เป็นต้น ซึ่งเหมาะกับการใช้ก่อสร้างเป็นผนังอาคารอย่างมาก โดยเฉพาะอาคารที่ต้องการความประหยัดพลังงาน



รูปที่ 4.15 แผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ อัตราส่วน 1:0.09
สำหรับการก่อสร้างผนังอาคาร

เมื่อนำแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์มาผ่านการเจาะ การยึดอุปกรณ์ การตัด และการฉาบต่างๆ เริ่มจากการตีโครงคร่าวเหล็ก โดยใช้ระยะห่าง 30 เซนติเมตร แล้วใช้สว่านไฟฟ้าขัน ตะปูเกลียวปลายปล่อยลงบนแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ เพื่อยึดติดแผ่นผนังดังกล่าวเข้ากับโครงคร่าว โดยทำการเว้นระยะรอยต่อไว้ประมาณ 5 มิลลิเมตร จากนั้นจึงทาน้ำยารองพื้นลงบนรอยต่อของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ แล้วใช้กาวยาซีเมนต์อุดรอยต่อระหว่างแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ และตกแต่งพื้นผิวอีกครั้งด้วยปูนฉาบ ซึ่งสามารถประมวณภาพตัวอย่างบางส่วนขณะดำเนินการก่อสร้างผนังอาคารด้วยแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ได้ ดังรูปที่ 4.16 ถึง 4.24



รูปที่ 4.16 โครงคร่าวสำหรับยึดแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์



รูปที่ 4.17 การยึดแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ลงบนโครงคร่าวเหล็ก



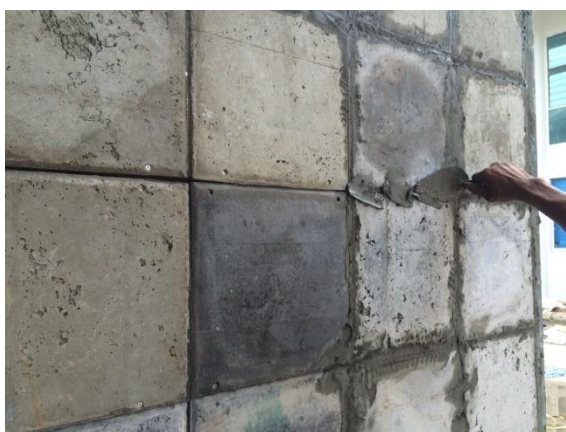
รูปที่ 4.18 การใช้สว่านไฟฟ้าขันยึดตะปูเกลียวปลายปล่อยลงบนแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ลงบนโครงคร่าวเหล็ก



รูปที่ 4.19 โครงคร่าวด้านหลังที่ขันตะปูเกลียวปลายปล่อยลงบนแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์โดยไม่มีการยื่นออกมา



รูปที่ 4.20 รอยต่อของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ที่ต้องทำการฉาบอุด



รูปที่ 4.21 การใช้ปูนกาวซีเมนต์ฉาบรอยต่อของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์



รูปที่ 4.22 รอยต่อของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์หลังการฉาบอุด



รูปที่ 4.23 แผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ก่อนการฉาบผิว



รูปที่ 4.24 แผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์หลังการฉาบผิว

ทั้งนี้ ผลจากการทดลองก่อสร้างผนังอาคารด้วยแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์เปรียบเทียบกับแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ทั่วไป พบว่า แผ่นวัสดุ ทั้ง 2 ชนิด สามารถใช้งานเป็นผนังเพื่อทดแทนการก่ออิฐหรือก่อผนังด้วยคอนกรีตบล็อกทั่วไปได้ นอกจากนี้ ลักษณะการใช้งานของแผ่นวัสดุดังกล่าว ไม่มีความแตกต่างกัน ทำให้ช่างผู้ใช้งานทั่วไปหรือผู้ที่ไม่มีประสบการณ์ สามารถนำแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ไปใช้งานได้ทันที

4.10 การยื่นคำขอรับอนุสิทธิบัตร

จากผลการวิจัยในโครงการ “การใช้ประโยชน์จากต้นมันสำปะหลังเหลือทิ้งผสมซีเมนต์สำหรับเป็นแผ่นผนังไม้เทียมเพื่อป้องกันความร้อนภายในอาคาร” สามารถยื่นคำขอรับอนุสิทธิบัตร จำนวน 1 คำขอ คือ แผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมปูนซีเมนต์และกรรมวิธีการผลิต ดังรายละเอียดในภาคผนวก

ทั้งนี้ การขอรับอนุสิทธิบัตรได้รับคำแนะนำและความอนุเคราะห์จากหน่วยจัดการทรัพย์สินทางปัญญาและถ่ายทอดเทคโนโลยี แห่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล (TLO-RMUT) ในการร่างคำขอจัดเตรียมเอกสาร และยื่นขอรับอนุสิทธิบัตรในนาม “มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร”

4.11 การเขียนบทความวิจัยส่งลงในเอกสารประกอบการประชุมวิชาการ

ได้เขียนและส่งบทความเรื่อง “การใช้ประโยชน์จากต้นมันสำปะหลังเหลือทิ้งผสมซีเมนต์สำหรับเป็นแผ่นผนังไม้เทียมเพื่อป้องกันความร้อนภายในอาคาร” เพื่อตีพิมพ์ลงใน “วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต” ดังรายละเอียดในภาคผนวก

4.12 การถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่กลุ่มเป้าหมายสำหรับนำไปใช้ประโยชน์

ผลจากการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่ได้จากโครงการ “การใช้ประโยชน์จากต้นมันสำปะหลังเหลือทิ้งผสมซีเมนต์สำหรับเป็นแผ่นผนังไม้เทียมเพื่อป้องกันความร้อนภายในอาคาร” ให้แก่กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ หน่วยงานภาครัฐ หน่วยงานภาคเอกชน ชุมชน บริษัท และห้างร้านต่างๆ นั้น พบว่า มีกลุ่มเป้าหมายในส่วนผู้ประกอบการสนใจรับการถ่ายทอดเทคโนโลยี และได้นำไปประยุกต์ใช้เบื้องต้นแล้ว จำนวน 1 ราย คือ ห้างหุ้นส่วนจำกัด เคแอนด์พี อินโนเวชั่น (ไทยแลนด์)

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

โครงการ “การใช้ประโยชน์จากต้นมันสำปะหลังเหลือทิ้งผสมซีเมนต์สำหรับเป็นแผ่นผนังไม้เทียม เพื่อป้องกันความร้อนภายในอาคาร” ที่ดำเนินการมา สามารถสรุปผลและข้อเสนอแนะได้ ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผล

จากการดำเนินงานของโครงการ ทำให้สามารถสรุปผลแบ่งตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้ ดังนี้

1) การผสมเศษต้นมันสำปะหลังที่ผ่านการย่อยขนาดลงในแผ่นผนังไม้เทียมผสมซีเมนต์ในปริมาณที่มาก สามารถช่วยพัฒนาสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นผนังไม้เทียมให้ดีขึ้นได้ เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นผนังไม้เทียมผสมซีเมนต์ที่มีปริมาณเศษต้นมันสำปะหลังน้อย โดยสมบัติที่มีแนวโน้มดีขึ้น ได้แก่ สมบัติด้านความหนาแน่นมีค่าลดลง และสมบัติด้านความต้านทานแรงดึงตึงฉากกับผิวหน้ามีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนสมบัติอื่นๆ ได้แก่ สมบัติด้านลักษณะโดยทั่วไป, สมบัติด้านความชื้น, สมบัติด้านการพองตัวเมื่อแช่น้ำ, สมบัติด้านความต้านทานแรงดัด และสมบัติด้านมอดุลัสยืดหยุ่น กลับมีสมบัติที่ด้อยลงเล็กน้อย แต่เกือบทั้งหมดก็ยังมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง ยกเว้น สมบัติด้านความต้านทานแรงดัด และสมบัติด้านมอดุลัสยืดหยุ่น ที่จำเป็นต้องมีการพัฒนาต่อไป อย่างไรก็ตาม แผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ทุกอัตราส่วน สามารถใช้งานเป็นผนังอาคารได้จริง โดยรองรับทั้งการเจาะ การตอก การตัด การฉาบ และการทาสี ได้เช่นเดียวกับแผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์ทั่วไป

2) ในด้านสมบัติความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนของแผ่นผนังไม้เทียมผสมซีเมนต์ที่มีการผสมเศษต้นมันสำปะหลังในปริมาณที่มากขึ้น พบว่า ค่าสภาพการนำความร้อนของแผ่นผนังไม้เทียมมีแนวโน้มลดลง โดยแผ่นผนังไม้เทียมอัตราส่วนที่มีปริมาณต้นมันสำปะหลังมากที่สุด จะมีค่าสภาพการนำความร้อนต่ำที่สุด และแผ่นผนังไม้เทียมอัตราส่วนที่มีปริมาณต้นมันสำปะหลังน้อยที่สุด จะมีค่าสภาพการนำความร้อนสูงที่สุด ทั้งนี้ ค่าสภาพการนำความร้อนที่ลดลง จะช่วยให้แผ่นผนังไม้เทียมมีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดียิ่งขึ้นได้

3) อัตราส่วนแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ที่เหมาะสมที่สุดจากผลการดำเนินงานในโครงการนี้ คือ แผ่นผนังไม้เทียม อัตราส่วน 1: 0.09 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่มีปริมาณปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่1: ทรายละเอียด: เศษต้นมันสำปะหลัง: น้ำประปา เท่ากับ 1: 0.5: 0.09: 0.416 โดยน้ำหนัก เพราะแผ่นผนังไม้เทียมอัตราส่วนนี้ มีการผสมเศษต้นมันสำปะหลังในปริมาณมากที่สุด แต่ยังคงมีลักษณะโดยทั่วไปสมบูรณ์ รวมทั้งมีสมบัติอื่นๆ ที่อยู่ในเกณฑ์ดี กล่าวคือ มีความหนาแน่นค่อนข้างต่ำเพียง 1,793 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีสภาพการนำความร้อนที่ต่ำ 0.215 วัตต์ต่อเมตร.เคลวิน มีความต้านทานแรงดึงตึงฉากกับผิวหน้าสูงถึง 1.01 เมกะพาสคัล ในขณะที่ยังคงมีสมบัติทางกายภาพอื่นๆ เป็นไปตามมาตรฐาน มอก.878-2537 ทั้งหมด แต่จะมีเพียงสมบัติด้านความต้านทานแรงดัด และมอดุลัสยืดหยุ่น ที่มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานและต้องพัฒนาต่อไป

4) จากผลการพัฒนาแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ในโครงการ ทำให้ได้ต้นแบบแผ่นผนังไม้เทียมที่สามารถใช้ป้องกันความร้อนภายในอาคารได้ดี ซึ่งมีประโยชน์ต่อชุมชน หน่วยงานภาครัฐ บริษัทเอกชน และประชาชนทั่วไป ที่ต้องการใช้ประโยชน์หรือศึกษาวิจัยด้านการนำต้นมันสำปะหลังมาสร้างมูลค่าเพิ่ม โดยเป็นการบูรณาการการใช้วัสดุที่มีเหลือใช้จากการเกษตร เพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ป่าไม้ และพลังงานอย่างยั่งยืน

5.2 ข้อเสนอแนะ

สำหรับแนวทางการพัฒนาแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ครั้งต่อไป ควรนำอัตราส่วนและผลการทดสอบในโครงการนี้ไปพัฒนาต่อยอด โดยการเสริมเส้นใยธรรมชาติที่มีลักษณะเป็นเส้นใยที่มีความยาวมาก ลงในตำแหน่งต่างๆ ของแผ่นผนังดังกล่าว เพื่อช่วยในการรับแรงดัด และเพิ่มค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมซีเมนต์ให้สูงขึ้น ซึ่งจะทำให้แผ่นผนังไม้เทียมชนิดนี้ มีสมบัติที่ผ่านตามมาตรฐาน มอก.878-2537 กำหนดได้

เอกสารอ้างอิง

- กรมการค้าต่างประเทศ, 2555. **มันสำปะหลังกับวิถีชีวิตคนไทย**. สำนักบริหารการนำเข้าส่งออกสินค้าทั่วไป กรมการค้าต่างประเทศ.
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2548. **ศักยภาพชีวมวลในประเทศไทย**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <http://www.dede.go.th/dede/index.php?id=437>. 25 ธันวาคม 2548.
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2555. **แบบบ้านประหยัดพลังงาน**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <http://www.dede.go.th/dede/h-homesafe/goodnews.html> 15 สิงหาคม 2555.
- กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2544. **ไม้อัดซีเมนต์**. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.
- กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2539. **ไม้อัดซีเมนต์**. อุตสาหกรรมสาร. ฉบับเดือน ต.ค. - พ.ย. 2539.
- ก้องนภา ถิ่นวัฒนากุล, ฐานันดร หล่วนพานิช, พิชัย มีคุณ, อิศรพงษ์ อังกรรจ, 2553. **การศึกษาคอนกรีตบล็อกกาหินขาวที่ผสมเส้นใยเปลือกทุเรียน เส้นใยต้นข้าวโพด และกากมะพร้าว**. ปริญญานิพนธ์ระดับปริญญาตรี. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- ณัฐนันท์ รัตนไชย และประชุม คำพุ่ม, 2552. **การแยกเส้นใยไม้ไผ่เพื่อส่งเสริมให้มีการผลิตเป็นสินค้าส่งออกของกลุ่มจังหวัดภาคกลางตอนบน**. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. ชุดโครงการกลุ่ม “อุตสาหกรรม การเกษตร อาหาร สิ่งทอ พลังงานทดแทน การขนส่ง และโลจิสติก”. สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.).
- ธัญชัย ปทุมวรกิจ, พันธดา 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. **รายงานการทดลองทำแผ่นไม้อัดซีเมนต์จากไม้ยูคาลิปตัสตามาลเลนซิส**. เอกสารวิชาการเล่มที่ 2 การประชุมป่าไม้ ประจำปี 2528. สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้. หน้า 388-345.
- ธวัช จิรายุส, 2535. **การจับยึดพอร์ตแลนด์ซีเมนต์ของไม้ยูคาลิปตัส**. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฉบับที่ 7 เดือน ม.ค.-เม.ย.2535. สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้. หน้า 85.
- บริษัท วิบูลย์พัฒนอุตสาหกรรม จำกัด, 2553. **แผ่นไม้อัดซีเมนต์**. รายงานผลการวิจัยทุนรัชดาภิเษกสมโภช. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ประชุม คำพุ่ม, กิตติพงษ์ สุวิโร และสมพิศ ดีบุญโน, 2552. **การใช้เส้นใยจากขยะเปลือกทุเรียนเป็นวัสดุผสมในมอร์ตาร์น้ำหนักเบา**. วารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย ปีที่ 23 ฉบับที่ 2. หน้า 79-88.
- ปริญญา จินดาประเสริฐ, และ ชัย จาตุรพิทักษ์กุล. 2551. **ปูนซีเมนต์ ปอชโซลาน และคอนกรีต**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : สมาคมคอนกรีตไทย.
- วรธรรม อุ่นจิตติชัย, 2554. **โลกเกษตร : เส้นทางของเศษฟางข้าว...วัสดุทดแทนไม้ที่มีอนาคต**. สำนักวิจัยและการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้.
- วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2548. **นักวิชาการป่าไม้ ระดับ 8 หัวหน้ากลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้และป้องกันรักษาเนื้อไม้**. สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้. สัมภาษณ์.

- สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2551. **ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเส้นทางบรรเทาภาวะโลกร้อน.** จดหมายข่าวสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย ฉบับที่ 1 ปี 2551.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.), 2530. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องไม้สักแปรรูป (มอก. 422-2530),** สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.), 2537. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูง มอก. 878-2537.** สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2530. **สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก 2530/31.** สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สุวัฒน์ เทพอารักษ์, 2550. **การแก้ไขปัญหาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมตามแนวพระราชดำริ.** สยามรัฐสัปดาห์วิจารณ์ ฉบับวันที่ 30 พฤศจิกายน – 6 ธันวาคม 2550.
- เอกรัตน์ รวยรวย, 2551. **คอนกรีตบล็อกมวลเบาผสมเส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าว.** โครงการสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมไทย เครือข่าย มจธ.. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.
- อติคม วิมลวัตรเวที, ธนิต จินดาวณิก, และอรรถจัน เศรษฐบุตร, 2549. **แนวทางการออกแบบปรับปรุงบ้านเอื้ออาทรเพื่อสภาวะน่าสบายและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ.** วารสารวิจัยพลังงาน ฉบับที่ 3/2549. สถาบันวิจัยพลังงานจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. หน้า 51-88.
- อมรรัตน์ พงศ์พิศิษฐ์สกุล, ธนิต จินดาวณิก, และอรรถจัน เศรษฐบุตร, 2549. **การออกแบบบ้านพักอาศัยเพื่อการประหยัดพลังงานด้วยแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืน.** วารสารวิจัยพลังงาน ฉบับที่ 3/2549. สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. หน้า 1-30.
- อมเรศ บกสุวรรณ และประชุม คำพุ่ม, 2552. **การศึกษาการผลิตแผ่นไม้อัดเทียมจากเปลือกทุเรียน.** รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. ชุดโครงการ กลุ่ม “อุตสาหกรรม การเกษตร อาหาร สิ่งทอ พลังงานทดแทน การขนส่ง และโลจิสติก”. สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.)
- อัศวิน น้อยสุวรรณ, 2548. **คอนกรีตผสมแกลบ.** ปริญญาณิพนธ์ระดับปริญญาตรี. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- American Society for Testing and Materials (ASTM), 2012. **ASTM C136-96a: Standard test method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates.** Annual Book of ASTM Standard. Philadelphia. Vol. 04 No.02.
- American Society for Testing and Materials (ASTM), 2012. **ASTM C177: Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus.** Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia. Vol. 04 No.06.
- 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 low cost housing.** The Philippine Lumberman, 35, 8–53.

ภาคผนวก



ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 1999 (พ.ศ. 2537)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง แก้ไขมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

แผ่นชั้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง (แก้ไขครั้งที่ 1)

โดยที่เป็นการสมควรแก้ไขเพิ่มเติมมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นชั้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง มาตรฐานเลขที่ มอก.878-2532

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นชั้นไม้อัดซีเมนต์ : 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

ใช้เครื่องจักรย่อยไม้ออกเป็นชิ้นไม้แยกชิ้นไม้ให้ได้ขนาดตามที่ต้องการนำไปผสมกับปูนซีเมนต์ แล้วนำไปโรยและอัดเป็นแผ่นในแบบโดยทิ้งไว้ให้ปูนซีเมนต์ก่อตัวจึงถอดแบบออก หากใส่สารผสมเพิ่มเติมต้องไม่ทำให้ความแข็งแรงหรือความคงทนของแผ่นชั้นไม้อัดซีเมนต์เสียไป”

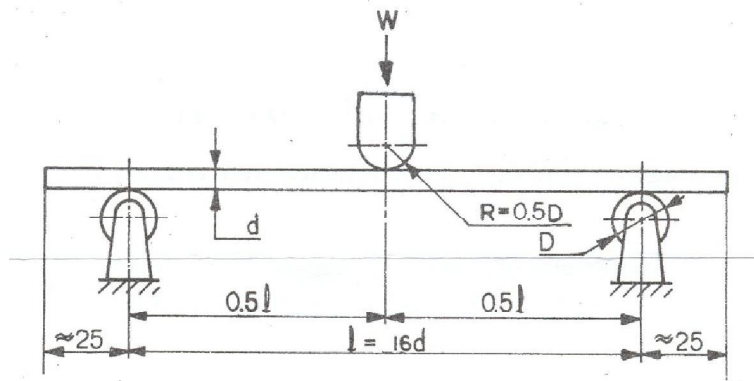
3. ให้ยกเลิกความในข้อ 6.4 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

“6.4 สภาน้ำความร้อน

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 เวอร์เนียแคลิเปอร์ส ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร สำหรับวัดความกว้างและความยาว”
6. ให้ยกเลิกรูปที่ 4 และให้ใช้รูปต่อไปนี้แทน



รูปที่ 4 การทดสอบความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น
(ข้อ 9.6.1.2)

ทั้งนี้ ตั้งแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

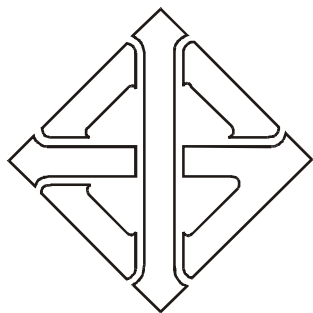
ประกาศ ณ วันที่ 4 ตุลาคม พ.ศ. 2537

พลตรี สนั่น ขจรประศาสน์

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 111 ตอนที่ 87 ง

วันที่ 1 พฤศจิกายน พุทธศักราช 2537



มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก. 878—2532

แผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง

CEMENT BONDED PARTICLEBOARDS : HIGH DENSITY

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม

UDC 691.328.41:674.821

ISBN 974-8126-75-7

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
แผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ : 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 ศรีเมฆรัตน์

ผู้แทนกรมโยธาธิการ

นายสุทธิศักดิ์ สำเร็จประสงค์

ผู้แทนสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

นายอรุณ พุฒยางกูร

ผู้แทนสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ

นายผิงผาย สุนทรภักย์

ผู้แทนวิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา

วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ

นายพลสินธุ์ อาชวาคม

ผู้แทนกรมการค้าต่างประเทศ

นายวิจิตร กฤษณบำรุง

ผู้แทนคณะวนศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นายอำนาจ พานิชกุล

ผู้แทนวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์

นายอภัย รัตนันท์

ผู้แทนบริษัท ศรีมหาราชา จำกัด

ร.ต. อุทัย ลินธุ์ประมา

ผู้แทนบริษัท ไม้อัดไทย จำกัด

นายวิชัย ภูษิตวิทย์

นายชูชาติ บุญศิริ

ผู้แทนบริษัท ไทยชิปบอร์ด จำกัด

ร.ท. จลอง ขุนพรหม

ผู้แทนบริษัท สตรามิตบอร์ด จำกัด

นายก่อเกียรติ แยมมีศรี

ผู้แทนบริษัท เซลโลกรีดไทย จำกัด

นายนิสสิต บุญ-หลง

ผู้แทนบริษัท ไทยทักษิณป่าไม้ จำกัด

กรรมการและเลขานุการ

นายสมคิด แสงนิล

ผู้แทนสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ปัจจุบันมีการทำแผ่นซีเมนต์ไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง ขึ้นได้เองภายในประเทศ โดยนำไปใช้ในงานก่อสร้างทั่วไป และส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศ ดังนั้นเพื่อเป็นการส่งเสริมอุตสาหกรรมประเภทนี้และเพื่อประโยชน์แก่ผู้ใช้ จึงกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นซีเมนต์ไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง ขึ้น
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ กำหนดขึ้นโดยอาศัยเอกสารต่อไปนี้เป็นแนวทาง

ISO 8335 : 1987

Cement-bonded particleboards-Boards of Portland or equivalent cement reinforced with fibrous wood particles

คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้พิจารณามาตรฐานนี้แล้ว เห็นสมควรเสนอรัฐมนตรีประกาศตาม
มาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511



ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 1516 (พ.ศ. 2532)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

แผ่นชั้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง

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

ประกาศ ณ วันที่ 3 สิงหาคม พ.ศ. 2532

บรรหาร ศิลปอาชา

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

แผ่นชั้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง

1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด แบบและสัญลักษณ์ ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ส่วนประกอบ และการทำ คุณสมบัติที่ต้องการ เครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน และการทดสอบ แผ่นชั้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง ที่ใช้งานก่อสร้างทั่ว ๆ ไป
- 1.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ครอบคลุมเฉพาะ แผ่นชั้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง ที่เป็นแผ่นเรียบ รูปสี่เหลี่ยม แต่ไม่ครอบคลุมถึงแผ่นชั้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง ที่มีรูปร่างพิเศษ

2. บทพิเศษ

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

- 2.1 แผ่นชั้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง ซึ่งต่อไปนีมาตรฐานนี้จะเรียกว่า “แผ่นชั้นไม้อัดซีเมนต์” หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นแผ่น ทำจากซินไม้และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 1 100 ถึง 1 300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
- 2.2 ซินไม้ หมายถึง ซินหรือส่วนของเนื้อไม้หรือวัสดุลิกโนเซลลูโลส (ligno-cellulosic material) อื่น ๆ ที่ถูกย่อยด้วยเครื่องจักร ซินไม้อาจมีลักษณะต่าง ๆ อย่างใดอย่างหนึ่งดังนี้
 - 2.2.1 เกล็ด (flake) หมายถึง ซินไม้บาง ๆ มีทิศทางของเส้นไม้นานกับผิว ได้จากการใช้ใบมีดตัดขนานกับแนวของเส้นไม้ แต่ทำมุมกับแนวแกนของเส้นใย
 - 2.2.2 เกล็ดใหญ่ (wafer) หมายถึง ซินไม้ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเกล็ด แต่มีความกว้างและความหนามากกว่า
 - 2.2.3 แถบ (strand) หมายถึง ซินไม้ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเกล็ดแต่มีความยาวมากเมื่อเทียบกับความกว้าง และมีความหนาสม่ำเสมอตลอดความยาวของแถบ
 - 2.2.4 ชีบกบ (planer shaving) หมายถึง ซินไม้ที่มีรูปร่างเป็นแผ่นขนาดเล็กมีความหนาไม่เท่ากัน คือหนาที่ปลายด้านหนึ่งส่วนปลายอีกด้านหนึ่งจะบาง มีลักษณะเป็นแฉกขนนก และมักจะโค้งงอด้วย ซึ่งได้จากการไสไม้ด้วยเครื่องไสไม้ชนิดหัวตัดหมุน (rotary cutterhead)
 - 2.2.5 แท่ง (splinter or sliver) หมายถึง ซินไม้ที่มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมเมื่อดูทางหน้าตัด และมีความยาวตามแนวเส้นไม้น้อยกว่า 4 เท่าของความหนา
 - 2.2.6 เม็ด (granule) หมายถึง ซินไม้ที่มีลักษณะคล้ายขี้เลื่อยซึ่งมีความกว้าง ความยาว และความหนาเกือบเท่ากัน
 - 2.2.7 ลักษณะอื่น ๆ ซึ่งเหมาะสมสำหรับใช้ทำแผ่นชั้นไม้อัดซีเมนต์
- 2.3 วัสดุลิกโนเซลลูโลส หมายถึง วัสดุที่มีเซลลูโลสและลิกนินเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น ไม้ และพืชต่าง ๆ ได้แก่ ขานอ้อย ป่าน ปอ เป็นต้น

3. แบบและสัญลักษณ์

3.1 แผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ 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

การวัดให้ปฏิบัติตามข้อ 9.2

4.4 ความตรงของขอบแต่ละด้านจะคลาดเคลื่อนไปจากแนวตรง ได้ไม่เกิน 3.0 มิลลิเมตร

การวัดให้ปฏิบัติตามข้อ 9.2

ตารางที่ 1 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน
(ข้อ 4.1และข้อ 4.2)

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

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

5. ส่วนประกอบและการทำ

5.1 ส่วนประกอบ

5.1.1 ชันไม้

5.1.2 ปูนซีเมนต์

ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 1 ข้อกำหนดคุณภาพ มาตรฐานเลขที่ มอก. 15 เล่ม 1

5.2 การทำ

ใช้เครื่องจักรย่อยไม้ออกเป็นชันไม้ แยกชันไม้ให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ นำไปผสมกับปูนซีเมนต์ แล้วนำไปโรย และอัดเป็นแผ่นโดยทิ้งไว้ให้ปูนซีเมนต์ก่อตัวจึงถอดแบบออก หากใส่สารผสมเพิ่มเติมไม่ทำให้ความแข็งแรง หรือความคงทนของแผ่นชันไม้อัดซีเมนต์เสียไป

6. คุณลักษณะที่ต้องการ

6.1 ลักษณะทั่วไป

แผ่นชันไม้อัดซีเมนต์ต้องมีความหนา ความแน่น และความเรียบสม่ำเสมอทั้งแผ่น 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 คุณลักษณะที่ต้องการอื่นๆ

ให้เป็นไปตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณลักษณะที่ต้องการอื่นๆ
(ข้อ 6.5)

รายการ ที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด	วิธีทดสอบ ตาม
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 ที่แผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ทุกแผ่น อย่างน้อยต้องมีเลข อักษรหรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน
- (1) คำว่า “แผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์”
 - (2) สัญลักษณ์ของแบบ
 - (3) ขนาด (กว้าง × ยาว × หนา) เป็นมิลลิเมตร
 - (4) เดือน ปีที่ทำ หรือรหัสรุ่นที่ทำ
 - (5) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน
- ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น
- 7.2 ผู้ทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้ จะแสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นได้ ต่อเมื่อได้รับใบอนุญาตจากคณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว

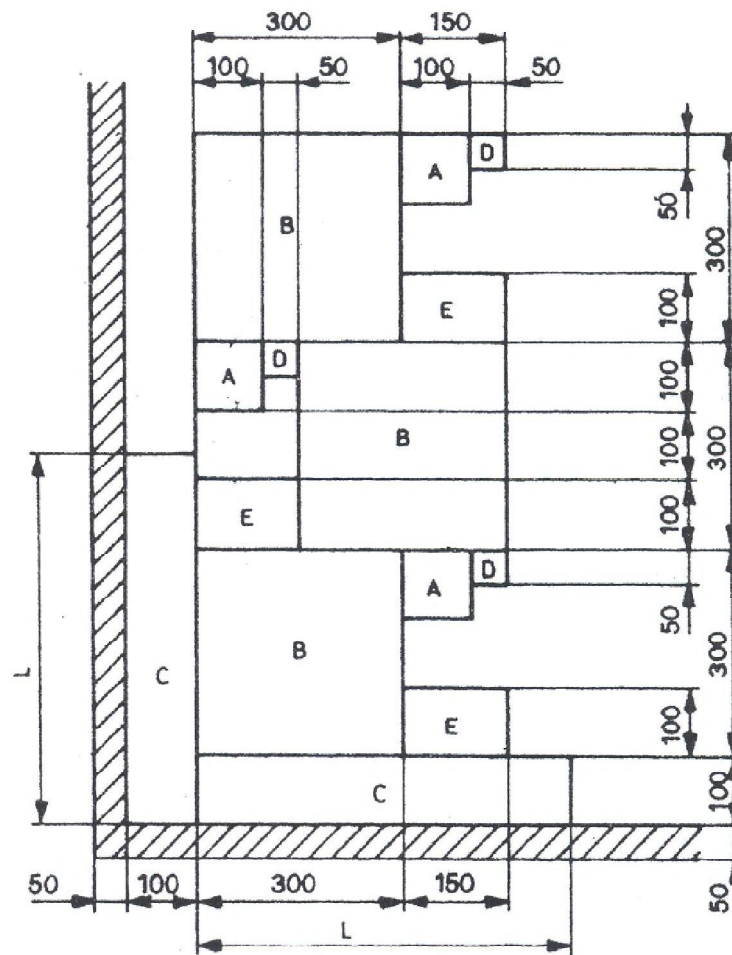
8. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

- 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 และคุณสมบัติที่ต้องการอื่น 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 เท่าของความหนากระบ (ตัวเลขที่ได้ให้ปัดเป็นเลขจำนวนเต็ม
ของ 10 มิลลิเมตรที่ใกล้เคียง) บวกด้วย 25 มิลลิเมตร

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 1 ตำแหน่งและการตัดขึ้นทดสอบ (ข้อ 8.2.2.1)

8.2.2.2 ตัวอย่างทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 6.2 ข้อ 6.3 ข้อ 6.4 และข้อ 6.5 ทุกรายการ จึงจะถือว่า
แผ่นชั้นไม้อัดซีเมนต์รูนนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

8.3 เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างแผ่นชั้นไม้อัดซีเมนต์ต้องเป็นไปตามข้อ 8.2.1.2 และ ข้อ 8.2.2.2 ทุกข้อ จึงจะถือว่าแผ่นชั้นไม้อัด
ซีเมนต์รูนนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

9. การทดสอบ

9.1 การปรับภาวะขึ้นทดสอบ

ให้นำขึ้นทดสอบที่เตรียมไว้ทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ ความต้านแรงดัด โมดูลัสยืดหยุ่น ความต้านแรงดึง ตั้งฉากกับผิวหน้า และสภาพนำความร้อน ไปปรับภาวะที่อุณหภูมิ 23 ± 5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 60 ± 10 จนน้ำหนักคงที่ คือ น้ำหนักของขึ้นทดสอบที่ชั่ง 2 ครั้งห่างกัน 24 ชั่วโมง ต่างกันไม่เกิน ร้อยละ 0.5 แล้วทำการทดสอบทันทีที่พ้นจากการปรับภาวะ ส่วนขึ้นทดสอบที่ใช้ทดสอบความหนาแน่นและความชื้นไม่ต้องปรับภาวะ

9.2 ขนาด

9.2.1 ความกว้างและความยาว

ใช้สายวัดโลหะที่วัดได้ละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร วัดที่จุดลึกเข้าไปจากขอบของแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ ประมาณ 100 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 2

9.2.2 ความหนา

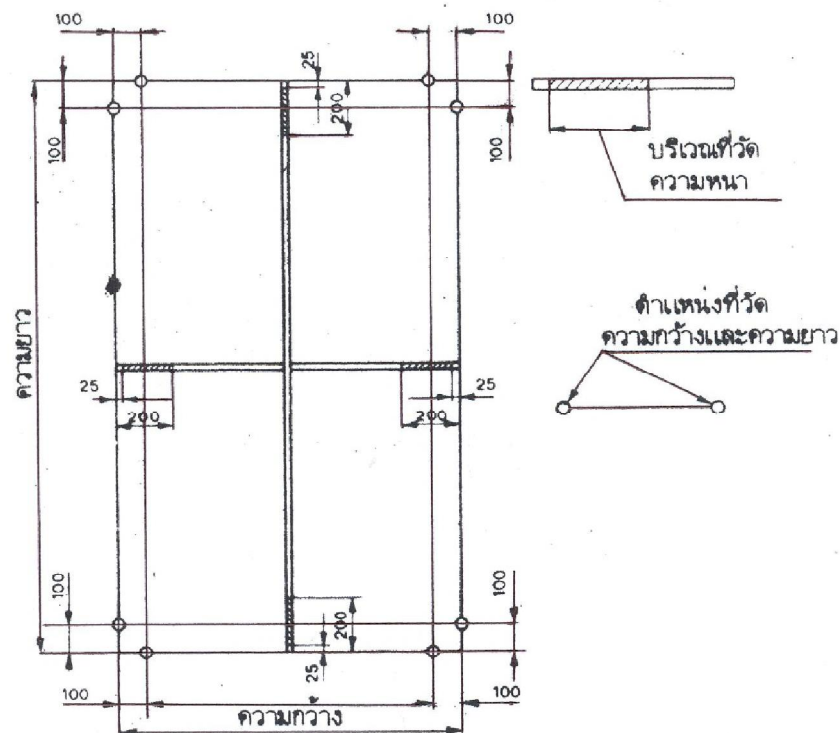
ใช้ไมโครมิเตอร์ ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 มิลลิเมตร ซึ่งมีส่วนของแป้นวัดเรียบและขนานกัน และมีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร วัดที่บริเวณกึ่งกลางของขอบของแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ทั้ง 4 ด้าน และให้ลึกเข้าไปจากขอบประมาณ 25 ถึง 200 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 2

9.2.3 ความแตกต่างของเส้นทแยงมุม

ใช้สายวัดตามข้อ 9.2.1 วัดหาความแตกต่างของเส้นทแยงมุม

9.2.4 ความตรงของขอบ

ชิงเส้นด้ายให้ตึงระหว่างมุมที่ขอบเดียวกัน ของแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ แล้ววัดระยะที่คลาดเคลื่อนจากแนวเส้นด้ายมากที่สุดของขอบทั้ง 4 ด้าน



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 2 ตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาว และความหนาของแผ่นชั้นไม้อัดซีเมนต์
(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 ชั่งชั้นทดสอบให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนถึง 0.1 กรัม

9.3.2.2 วัดความกว้างและความยาวของชั้นทดสอบขนาดกับความหนาของชั้นทดสอบให้ละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร ตามรูปที่ 3 แล้วหาค่าเฉลี่ย

9.3.2.3 วัดความหนา 4 ตำแหน่ง ตามรูปที่ 3 แล้วหาค่าเฉลี่ย

9.3.3 วิธีคำนวณ

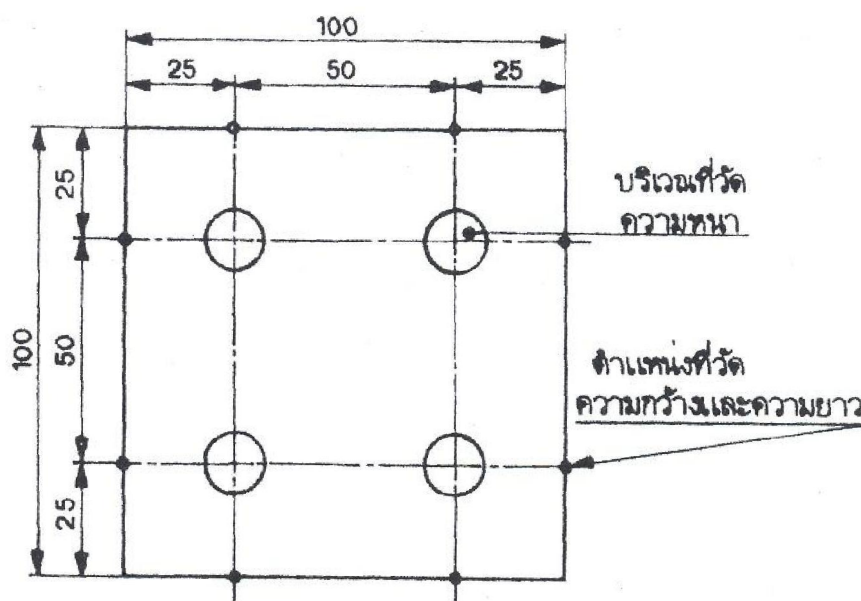
หาค่าความหนาแน่นจากสูตร

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

กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

9.3.4 การรายงานผล

รายงานค่าความหนาแน่นของชั้นทดสอบแต่ละชั้นและค่าเฉลี่ย



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 เดชิกเคเตอร์

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 นำมาใส่ในเดชิกเคเตอร์ ปลอ่ยไว้ให้เย็น
- 9.4.2.4 ชั่งชิ้นทดสอบ เป็นน้ำหนักอบแห้ง

9.4.3 วิธีคำนวณ

หาค่าความชื้นจากสูตร

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

ร้อยละ

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 และห่างจากผนังและก้นภาชนะที่ใส่น้ำไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร
- 9.5.2.3 เมื่อแช่ชิ้นทดสอบครบ 24 ชั่วโมง นำชิ้นทดสอบขึ้นมาซับน้ำที่ผิวออกให้หมดด้วยผ้าหมาดแล้วปล่อยให้ชิ้นทดสอบแห้ง โดยวางให้ขอบด้านใดด้านหนึ่งอยู่บนแผ่นวัสดุที่ไม่ดูดซึมน้ำ เช่น พลาสติก กระดาษ
- 9.5.2.4 เมื่อปล่อยให้ชิ้นทดสอบไว้ครบ 2 ชั่วโมงแล้ว นำชิ้นทดสอบมาวัดความหนาตามตำแหน่งเดิม แล้วหาค่าเฉลี่ยเป็นความหนาหลังแช่น้ำ

9.5.3 วิธีคำนวณ

หาค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำจากสูตร

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

9.5.4 การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยการพองตัวเมื่อแช่น้ำเป็นร้อยละ

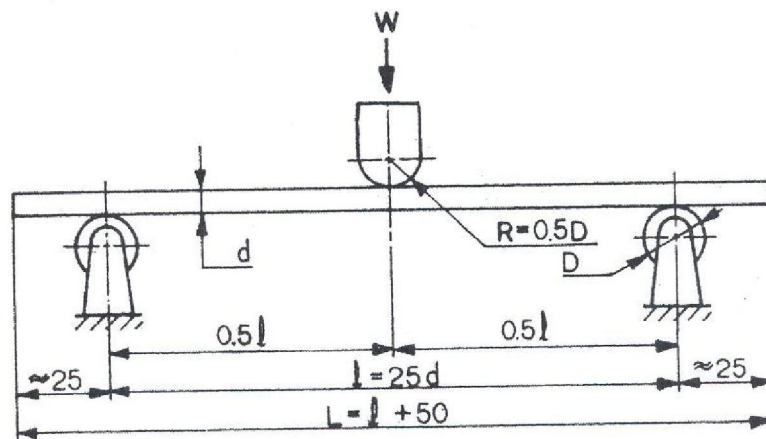
9.6 ความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

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 มาตรการอ่านตัว ซึ่งอ่านค่าได้ละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร

9.6.2 วิธีทดสอบ

- 9.6.2.1 วางชิ้นทดสอบลงบนแท่นรองรับซึ่งมีระยะห่าง 16 เท่าของความหนาของชิ้นทดสอบ (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 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดกับค่าการอ่านตัว



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 4 การทดสอบความต้านแรงคัตและมอดูลัสยืดหยุ่น
(ข้อ 9.6.2.1)

9.6.3 วิธีคำนวณ

9.6.3.1 หาค่าความต้านแรงคัตจากสูตร

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

เมื่อ f คือ ความต้านแรงคัต เป็นเมกะพาสคัล

W คือ แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ เป็นนิวตัน

ℓ คือ ระยะห่าง ระหว่างจุดศูนย์กลางของแท่นรองรับ เป็นมิลลิเมตร

b คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

d คือ ความหนาเฉลี่ยของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

9.6.3.2 หาค่ามอดูลัสยืดหยุ่นจากสูตร

$$E = \frac{\ell^3 \Delta W}{4 b d^3 \Delta S}$$

เมื่อ f คือ มอดูลัสยืดหยุ่น เป็นเมกะพาสคัล

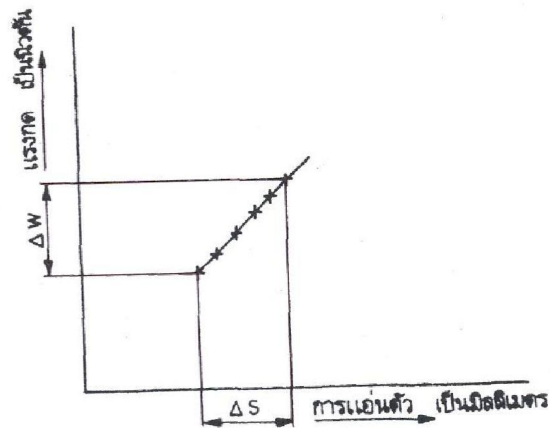
ℓ คือ ระยะห่าง ระหว่างจุดศูนย์กลางของแท่นรองรับ เป็นมิลลิเมตร

ΔW คือ แรงกดที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง ตามรูปที่ 5 เป็นนิวตัน

b คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

d คือ ความหนาเฉลี่ยของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

ΔS คือ ระยะแอนตัวที่เพิ่มขึ้น ในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง ตามรูปที่ 5 เป็นมิลลิเมตร



รูปที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดกับการเอนตัว
(ข้อ 9.6.3.2)

9.6.4 การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

9.7 ความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้า

9.7.1 เครื่องมือ

9.7.1.1 เครื่องดิง ซึ่งสามารถให้แรงดิงเพื่อแยกชิ้นทดสอบออกในเวลาไม่น้อยกว่า 30 วินาทีและไม่เกิน 120 วินาที

9.7.1.2 แผ่นดิงซึ่งทำด้วยไม้หรือโลหะที่เหมาะสม ขนาดไม่น้อยกว่า 50 มิลลิเมตร × 50 มิลลิเมตร ความหนาตามความเหมาะสม

9.7.2 วิธีทดสอบ

9.7.2.1 ติดผิวหน้าทั้งสองของชิ้นทดสอบกับแผ่นดิง โดยใช้กาวสังเคราะห์ที่มีแรงยึดมากกว่าแรงยึดในตัวชิ้นทดสอบ

9.7.2.2 นำชิ้นทดสอบที่เตรียมได้แล้วนี้ไปเข้าเครื่องดิง ดิงให้ชิ้นทดสอบแยกออกจากกันซึ่งปกติจะแยกในชั้นไส้ อัตราการเพิ่มแรงดิงต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มดิงจนกระทั่งชิ้นทดสอบแยกออกจากกันต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที และไม่เกิน 120 วินาที

9.7.3 วิธีคำนวณ

หาค่าความต้านแรงดิงตั้งฉากกับผิวหน้าจากสูตร

$$\text{ความต้านแรงดิงตั้งฉากกับผิวหน้า} = \frac{\text{แรงดิงสูงสุด (นิวตัน)}}{\text{ความกว้าง (มิลลิเมตร) × ความยาว (มิลลิเมตร)}}$$

9.7.4 การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของความต้านแรงดิงตั้งฉากกับผิวหน้า



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
แผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมปูนซีเมนต์และกรรมวิธีการผลิต

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	0 2282 9009, 08 8274 0869
	3.3 โทรสาร	0 2282 9009
	3.4 อีเมลล์	choositpakamas765@gmail.com

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

5. ตัวแทน(ถ้ามี)/ที่อยู่ (เลขที่ ถนน จังหวัด รหัสไปรษณีย์) ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวิโร ที่อยู่ เลขที่ 8/3 หมู่ที่ 8 ถนนพุทธรักษา ตำบลท้ายบ้านใหม่ อำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ รหัสไปรษณีย์ 10280 ประเทศไทย	5.1 ตัวแทนเลขที่	2262
	5.2 โทรศัพท์	08 1199 4705
	5.3 โทรสาร	0 2549 4032
	5.4 อีเมลล์	siam_macho@hotmail.com

6. ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ และที่อยู่ (เลขที่ ถนน ประเทศ)
ดร.ผกามาศ ชูสิทธิ์ ที่อยู่ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เลขที่ 399 ถ.สามเสน แขวงวชิรพยาบาล
เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300 ประเทศไทย, ดร.ภาณุเดช ขัดเงางาม ที่อยู่ ภาควิชาวิชาการจัดการก่อสร้าง วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี เลขที่ 67
ถ.สีหบุรานุกิจ แขวงมีนบุรี เขตมีนบุรี กรุงเทพฯ 10510 ประเทศไทย และ ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวิโร ที่อยู่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
ราชมงคลธัญบุรี เลขที่ 39 ม.1 ถ.รังสิต-นครนายก คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 12110 ประเทศไทย

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

หมายเหตุ ในกรณีที่ไม่าจะระบุรายละเอียดได้ครบถ้วน ให้จัดทำเป็นเอกสารแนบท้ายแบบพิมพ์นี้โดยระบุหมายเลขกำกับข้อและหัวข้อที่แสดงรายละเอียด
เพิ่มเติมดังกล่าวด้วย

หมายเหตุ บุคคลใดยื่นขอรับสิทธิบัตรการประดิษฐ์หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ หรืออนุสิทธิบัตร โดยการแสดงข้อความอันเป็นเท็จแก่พนักงานเจ้าหน้าที่ เพื่อให้ได้ไปซึ่งสิทธิบัตรหรืออนุสิทธิบัตร ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินหกเดือน หรือปรับไม่เกินห้าพันบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ

รายละเอียดการประดิษฐ์

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์

แผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมปูนซีเมนต์และกรรมวิธีการผลิต

สาขาวิทยาการที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์

- 5 สาขาวิศวกรรมวัสดุที่เกี่ยวข้องกับแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมปูนซีเมนต์และกรรมวิธีการผลิต

ภูมิหลังของศิลปะหรือวิทยาการที่เกี่ยวข้อง

- มันสำปะหลัง เป็นพืชที่สามารถเพาะปลูกได้ทั่วไป ตามภูมิภาคต่างๆ กว่า 40 จังหวัด มาเป็นเวลานานกว่า 20 ปี จากพืชที่ไม่มีความหมายทางเศรษฐกิจเท่าใดนัก เมื่อเทียบกับข้าว ปอ และพืชอื่นๆ
- 10 ต่อมามันสำปะหลังได้กลายเป็นตัวหลักดันเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย ด้วยเหตุผลสำคัญ 2 ประการคือ โดยธรรมชาติมันสำปะหลังเป็นพืชที่ปลูกง่าย ทนแล้ง ขึ้นในดินต่างคุณภาพ ทำให้มีการปลูกกันแพร่หลายในภูมิภาคต่างๆ ประกอบกับในทางการค้ามันสำปะหลังได้รับอานิสงส์จากการบิดเบือนการผลิตสินค้าพืชของสหภาพยุโรป โดยการอุดหนุนการผลิต ทำให้ธัญพืชที่ใช้การผลิตอาหารสัตว์มีราคาสูง จึงทำให้มีผู้ใช้ในสหภาพยุโรปต้องแสวงหาวัตถุดิบทดแทนที่มีราคาต่ำกว่า และมันสำปะหลังเป็นทางเลือกที่โดดเด่น สำหรับ
- 15 ใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ จึงทำให้ในระยะที่ผ่านมาประเทศไทยมีการส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังไปสหภาพยุโรปได้เป็นจำนวนมาก และในแต่ละปีสามารถนำเงินตราเข้าประเทศได้สูงถึงประมาณ 20,000 ล้านบาท มันสำปะหลังนอกจากจะใช้ประโยชน์เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์แล้ว ยังเป็นวัตถุดิบสำคัญที่มีการนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร/เครื่องดื่ม ผงชูรส สารความหวาน ยารักษาโรค เครื่องสำอาง กาว กรดมะนาว สิ่งทอ กระดาษ ไม้อัด วัสดุภัณฑ์ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ แอลกอฮอล์
- 20 และเอทานอล เป็นต้น ส่วนต้นมันสำปะหลังเป็นส่วนที่เหลือทิ้งหลังจากการเก็บเกี่ยว ซึ่งเป็นส่วนที่มีสมบัติทางกลที่ดี แต่แทบจะไม่มีมูลค่า

- จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า ต้นมันสำปะหลัง สามารถนำมาขึ้นรูปเป็นแผ่นฉนวนป้องกันความร้อนที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับแผ่นฉนวนใยแก้ว ซึ่งจะช่วยให้อาคารประหยัดพลังงานได้มากขึ้น ทั้งนี้ หากนำต้นมันสำปะหลังที่เหลือทิ้งมาผสมกับซีเมนต์ แล้วผลิตเป็นแผ่นผนังไม้เทียมสำหรับ
- 25 ป้องกันความร้อนภายในอาคาร ซึ่งกำลังเป็นที่ต้องการในตลาดวัสดุก่อสร้างปัจจุบัน เป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรที่เป็นพืชเศรษฐกิจมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ช่วยแก้ไขปัญหาลดลงของปริมาณป่าไม้จากการนำไม้ดังกล่าวมาใช้ประโยชน์เป็นที่ยู้อาศัยได้ และยังเข้ากับความต้องการของผู้บริโภคที่เริ่มให้ความสนใจกับสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น โดยแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมปูนซีเมนต์ มีลักษณะที่โดดเด่นกว่าแผ่นไม้อัดหรือแผ่นป้องกันความร้อนทั่วไป เนื่องจากสามารถใช้งานได้ทั้งภายในและภายนอก มี
- 30 ความแข็งแรงทนทาน คงทนต่อทุกสภาวะอากาศ ปลอดภัยจากแมลงศัตรูไม้ และไม่เกิดเชื้อรา ป้องกันไฟป้องกัน

ความร้อน ทำงานง่าย ติดตั้งรวดเร็ว ช่วยรักษาสภาพแวดล้อม ปลอดภัย ประหยัด และเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีแนวโน้มความต้องการสูง

ลักษณะและความมุ่งหมายของการประดิษฐ์

- 5 ลักษณะของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมปูนซีเมนต์ เป็นแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มี ส่วนประกอบหลัก คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ทรายละเอียด ต้นมันสำปะหลัง และน้ำประปา ขึ้นรูป ด้วยการผสมให้เข้ากัน และอัดเป็นแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยเครื่องอัดแบบสั่นเขย่า ได้แผ่นผนังไม้เทียมจากต้น มันสำปะหลังผสมปูนซีเมนต์ที่มีความแข็งแรง น้ำหนักเบา ทึบน้ำ ทนทาน เป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี

ความมุ่งหมายของการประดิษฐ์นี้ เพื่อใช้เป็นผนังอาคารทั้งภายนอกและภายใน สำหรับ อุตสาหกรรมการก่อสร้างทั่วไป

10 การเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

ส่วนผสมของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมปูนซีเมนต์ ประกอบด้วย

- | | | | |
|-----------------------------------|--------|-------------|------------------------------|
| - ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 | ปริมาณ | 1 | ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด |
| - ทรายละเอียด | ปริมาณ | 0.45 – 0.60 | ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด |
| - ต้นมันสำปะหลัง | ปริมาณ | 0.05 – 0.10 | ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด |
| 15 - น้ำประปา | ปริมาณ | 0.38 – 0.44 | ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด |

- กรรมวิธีการผลิตแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมปูนซีเมนต์ เริ่มจากทำให้ต้นมัน สำปะหลังสะอาดและไม่มีน้ำอยู่บนผิวด้านนอก แล้วใส่ต้นมันสำปะหลังลงในเครื่องบด เพื่อย่อยขนาดต้นมัน สำปะหลังให้เป็นเศษที่สามารถผ่านตะแกรงเบอร์ 4 หรือมีขนาดเล็กกว่า 4.76 มิลลิเมตร จากนั้น ทำให้เศษ ต้นมันสำปะหลังที่บดแล้วมีความชื้น ไม่เกินร้อยละ 19 ได้เศษต้นมันสำปะหลังสำหรับใช้เป็นส่วนผสมใน
- 20 แผ่นผนังไม้เทียม ทำการผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เข้ากับทรายละเอียดทั้งหมด แล้วเติมน้ำประปาลงในส่วนผสมเป็นปริมาณ 2 ส่วน จาก 3 ส่วนของปริมาณน้ำประปาที่ใช้ทั้งหมด แล้วทำการผสม ให้เข้ากัน จากนั้น ทอยใส่เศษต้นมันสำปะหลังลงในส่วนผสม พร้อมกับทำการผสมไปด้วย จนกระทั่ง ส่วนผสมเริ่มเข้ากัน แล้วจึงเทน้ำประปาส่วนที่เหลือลงไปทีละน้อย จนส่วนผสมสามารถใช้แรงเล็กน้อยบีบ เพื่อให้จับตัวกันได้ เทส่วนผสมทั้งหมดที่เข้ากันดีแล้วลงในแบบหล่อของเครื่องอัดแบบสั่นเขย่า ทำการอัดโดย
- 25 ควบคุมความหนาแน่นของแผ่นผนังไม้เทียมไม่ให้ต่ำกว่า 1.3 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร นำแผ่นผนังไม้เทียม จากต้นมันสำปะหลังผสมปูนซีเมนต์ออกมาจากเครื่องอัด แล้วบ่มในอากาศจนแผ่นผนังไม้เทียมดังกล่าว แข็งตัว และมีความแข็งแรงตามต้องการ ได้แผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมปูนซีเมนต์

วิธีการในการประดิษฐ์ที่ดีที่สุด

ดังได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อการเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

ข้อถือปฏิบัติ

1. ส่วนผสมของแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมปูนซีเมนต์ ประกอบด้วย
 - ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ปริมาณ 1 ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด
 - ทรายละเอียด ปริมาณ 0.45 – 0.60 ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด
 - 5 - ต้นมันสำปะหลัง ปริมาณ 0.05 – 0.10 ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด
 - น้ำประปา ปริมาณ 0.38 – 0.44 ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด
2. กรรมวิธีการผลิตแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมปูนซีเมนต์ ตามข้อถือปฏิบัติ 1 มีดังนี้
 - ก. ทำให้ต้นมันสำปะหลังสะอาดและไม่มีน้ำอยู่บนผิวด้านนอก
 - ข. ใส่ต้นมันสำปะหลังลงในเครื่องบด เพื่อย่อยขนาดต้นมันสำปะหลังให้เป็นเศษที่สามารถ
10 ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 หรือมีขนาดเล็กกว่า 4.76 มิลลิเมตร
 - ค. ทำให้เศษต้นมันสำปะหลังที่บดแล้วมีความชื้น ไม่เกินร้อยละ 19 ได้เศษต้นมัน
สำปะหลังสำหรับใช้เป็นส่วนผสมในแผ่นผนังไม้เทียม
 - ง. ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เข้ากับทรายละเอียดทั้งหมด
 - จ. เติมน้ำประปาลงในส่วนผสมเป็นปริมาณ 2 ส่วน จาก 3 ส่วนของปริมาณน้ำประปาที่ใช้
15 ทั้งหมด แล้วทำการผสมให้เข้ากัน
 - ฉ. ทอยยใส่เศษต้นมันสำปะหลังลงในส่วนผสม พร้อมกับทำการผสมไปด้วย จนกระทั่ง
ส่วนผสมเริ่มเข้ากัน
 - ช. เติมน้ำประปาส่วนที่เหลือลงไปทีละน้อย จนส่วนผสมสามารถใช้แรงเล็กน้อยบีบเพื่อให้จับ
ตัวกันได้
 - 20 ซ. เทส่วนผสมทั้งหมดที่เข้ากันดีแล้วลงในแบบหล่อของเครื่องอัดแบบสั้นเขย่า
 - ณ. ทำการอัดแผ่นผนังไม้เทียม โดยควบคุมความหนาแน่นไม่ให้ต่ำกว่า 1.3 กรัมต่อ
ลูกบาศก์เซนติเมตร
 - อ. นำแผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมปูนซีเมนต์ออกมาจากเครื่องอัด แล้วบ่มใน
อากาศจนแผ่นผนังไม้เทียมดังกล่าวแข็งตัว และมีความแข็งแรงตามต้องการ ได้แผ่นผนังไม้เทียมจากต้น
25 มันสำปะหลังผสมปูนซีเมนต์

บทสรุปการประดิษฐ์

แผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมปูนซีเมนต์และกรรมวิธีการผลิต เป็นอัตราส่วนและกระบวนการผลิตแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีส่วนประกอบของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ทรายละเอียด ต้นมันสำปะหลัง และน้ำประปา ขึ้นรูปโดยการผสมให้เข้ากัน และอัดเป็นแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยเครื่องอัดแบบ 5 สั่นเขย่า ได้แผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมปูนซีเมนต์ที่มีความแข็งแรง น้ำหนักเบา ทึบน้ำ ทนทาน เป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี สำหรับใช้ในการก่อสร้างอาคาร

หนังสือสัญญาโอนสิทธิขอรับสิทธิบัตร / อนุสิทธิบัตร

เขียนที่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล

เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300

วันที่ 10 กันยายน 2558

สัญญาระหว่างผู้โอน คือ **ดร.ผกามาศ ชูสิทธิ์** ที่อยู่ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เลขที่ 399 ถ.สามเสน แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10300 ประเทศไทย, **ดร.ภาณุเดช ขัดเงางาม** ที่อยู่ ภาควิชาวิชาการจัดการก่อสร้าง วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี เลขที่ 67 ถ.สีหบุราณุกิจ แขวงมีนบุรี เขตมีนบุรี กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10510 ประเทศไทย และ **ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวิโร** ที่อยู่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 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 แผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมปูนซีเมนต์และกรรมวิธีการผลิต ขอโอนสิทธิในการประดิษฐ์ดังกล่าว ซึ่งรวมถึงสิทธิขอรับ อนุสิทธิบัตรและสิทธิอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องให้แก่ผู้รับโอน โดยผู้รับโอนได้จ่ายค่าตอบแทนที่เหมาะสมให้แก่ผู้โอน

เพื่อเป็นพยานหลักฐานแห่งการนี้ ผู้โอนและผู้รับโอนได้ลงลายมือชื่อไว้ข้างล่างนี้

(ลงชื่อ)	ผู้โอน	(ลงชื่อ)	ผู้โอน
	(ดร.ผกามาศ ชูสิทธิ์)		(ดร.ภาณุเดช ขัดเงางาม)
		(ลงชื่อ)	ผู้โอน
			(ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวิโร)
		(ลงชื่อ)	ผู้รับโอน
			(รองศาสตราจารย์สุภัทรา โกไศยกานนท์)
(ลงชื่อ)	พยาน	(ลงชื่อ)	พยาน
	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ วีรานุกุล)		(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 และขอด้วยกฎหมายเพื่อข้าพเจ้าและในนามข้าพเจ้าให้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตรและให้ได้มาซึ่งสิทธิบัตร ภายใต้ชื่อ “ **แผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังผสมปูนซีเมนต์และกรรมวิธีการผลิต** ” ให้รับโอนการประดิษฐ์การออกแบบผลิตภัณฑ์สิทธิบัตรและคำขอรับสิทธิบัตรต่างๆ และเพื่อความประสงค์ที่ได้กล่าวมาแล้วในนามของข้าพเจ้า ให้ลงนามและยื่นบรรดาหนังสือและเอกสารทั้งหมดซึ่งตัวแทนผู้รับมอบอำนาจในฐานะดังที่ได้กล่าวมาแล้วอาจคิดเห็นว่าเป็นการจำเป็นหรือพึงต้องการ ให้เปลี่ยนแปลงแก้ไขและเพิกถอนคำขอรับสิทธิบัตรและเอกสารต่างๆ เช่นว่ามานั้น ให้ไปปฏิบัติกร ณ สถานที่ราชการหรือ ณ ที่อื่นใด ให้ต่อสู้หรือป้องกันคำขอและสิทธิบัตรให้พ้นจากการปฏิเสธการคัดค้านหรือการขัดขวางใดๆ ให้ยื่นคำร้องคัดค้านและคำอุทธรณ์ ให้ชำระค่าธรรมเนียมทั้งหลายทั้งปวง และให้แต่งตั้งตัวแทนช่วงภายใต้อำนาจของตัวแทนผู้รับมอบอำนาจเพื่อกระทำการกิจการอย่างหนึ่งอย่างใดหรือกระทำการทั้งหมดดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น และให้มีอำนาจยกเลิกการแต่งตั้งตัวแทนช่วงได้ตามอำเภอใจเช่นเดียวกัน และโดยหนังสือนี้ข้าพเจ้าขอยืนยันและให้สัตยาบันรับรองทุกสิ่งทุกอย่างที่ตัวแทนของข้าพเจ้าหรือตัวแทนช่วงอาจได้กระทำไปโดยชอบด้วยกฎหมายอาศัยอำนาจแห่งหนังสือนี้

ลงวันที่ ณ วันที่ 10 กันยายน 2558

(ลงชื่อ)

ผู้มอบอำนาจ

(รองศาสตราจารย์สุภัทรา โกไศยกานนท์)

(ลงชื่อ)

ผู้รับมอบอำนาจ

(ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร)

(ลงชื่อ)

พยาน

(ดร.ผกามาศ ชูสิทธิ์)

(ลงชื่อ)

พยาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล)

การใช้ประโยชน์จากต้นมันสำปะหลังเหลือทิ้งผสมซีเมนต์สำหรับ เป็นแผ่นผนังไม้เทียมเพื่อป้องกันความร้อนภายในอาคาร

Application of Cassava Pit Waste Mixed with Cement to Particle Board Wall for Thermal Resistance in Building

ดร.พกา มาศ ชูสิทธิ์^{1*}, ดร.ภาณุเดช ชัดเจนงาม², ว่าที่ ร.อ.กิตติพงษ์ สุวีโร³

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้เศษต้นมันสำปะหลังผสมปูนซีเมนต์สำหรับเป็นแผ่นผนังไม้เทียม โดยใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1: ทรายละเอียด: น้ำประปา เท่ากับ 1: 0.5: 0.416 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนต้นมันสำปะหลังต่อปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เท่ากับ 0.05, 0.06, 0.07, 0.08, 0.09 และ 0.10 โดยน้ำหนัก ทำการย่อยต้นมันสำปะหลังให้มีขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ด้วยเครื่องบดพลาสติก ขึ้นรูปด้วยการอัดส่วนผสมลงในแบบหล่อที่อุณหภูมิห้อง (30 – 35 องศาเซลเซียส) ใช้ความหนาแน่น 0.75 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ทดสอบสมบัติตามมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง พบว่า ต้นมันสำปะหลังที่ย่อยผสมกับปูนซีเมนต์ สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นผนังไม้เทียมและมีสมบัติต่างๆ ที่ดี โดยเฉพาะความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน

คำสำคัญ : แผ่นผนังไม้เทียม; ต้นมันสำปะหลัง; ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1; ฉนวนป้องกันความร้อน

¹ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพมหานคร
E-mail : pakamas.c@rmutp.ac.th

² ภาควิชาวิชาการจัดการก่อสร้าง วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี กรุงเทพมหานคร
E-mail : panudej.9838@gmail.com

³ หน่วยจัดการทรัพยากรสิ่งแวดล้อมและถ่ายทอดเทคโนโลยี แห่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล จังหวัดปทุมธานี
E-mail : siam_macho@hotmail.com

Abstract

This research aims to study the using cassava pit wastes mixed with cement to particle board walls. The Portland cement type1: fine sand: tap water ratio is equal to 1: 0.5: 0.416 by weight. The ratios of cassava pit wastes to cement are used following: 0.05, 0.06, 0.07, 0.08, 0.09, and 0.10 by weight. The cassava pit wastes are crushed by plastic plastics granulators (pass sieve no.4). The casting of particle board walls use the compression machine in room temperature (30 – 35 degree of Celsius) and control 0.75 g/cm³ of density. The TIS 878-2537 standard (cement bonded particle board: high density) is followed to test the properties of particle board wall. Resulting, the cassava pit wastes mixed with cement can cast to particle board walls and have good properties, especially the thermal insulation property.

Keywords : particle board wall; cassava pit; Portland cement type1; thermal insulation

บทนำ

มันสำปะหลัง เป็นพืชเศรษฐกิจที่สามารถเพาะปลูกได้ทั่วไปตามภูมิภาคต่างๆ กว่า 40 จังหวัด ทั่วประเทศ เป็นพืชที่ปลูกง่าย ทนแล้ง ขึ้นในดินต่างคุณภาพ และเป็นที่ต้องการของตลาด โดยเฉพาะอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ที่ผ่านมามาประเทศไทยมีการส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังไปสหภาพยุโรปได้เป็นจำนวนมาก และสามารถนำเงินเข้าประเทศได้สูงถึง 20,000 ล้านบาทต่อปี รวมทั้งยังเป็นวัตถุดิบสำคัญที่มีการนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร/เครื่องดื่ม ผงชูรส สารความหวาน ยารักษาโรค เครื่องสำอาง กาว กรดมะนาว สิ่งทอ กระดาษ ไม้อัด วัสดุภัณฑ์ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ แอลกอฮอล์ และเอทานอล เป็นต้น (กรมการค้าต่างประเทศ, 2555) สำหรับต้นมันสำปะหลังเป็นส่วนที่เหลือทิ้งหลังจากการเก็บเกี่ยว โดยมีเพียงต้นมันสำปะหลังที่สมบูรณ์ที่ถูกนำไปใช้ในการเพาะพันธุ์ใหม่ ส่วนต้นอื่นๆ จะถูกทิ้งและเผาทำลาย ไม่มีมูลค่า และสร้างมลพิษให้กับสิ่งแวดล้อม ทั้งๆ ที่ต้นมันสำปะหลังมีส่วนประกอบเป็นเส้นใยจำนวนมาก ซึ่งน่าจะมีสมบัติทางกลที่ดี เหมาะกับการนำมาใช้ผลิตเป็นวัสดุก่อสร้างชนิดต่างๆ ได้

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า ต้นมันสำปะหลัง สามารถนำมาขึ้นรูปเป็นแผ่นฉนวน ป้องกันความร้อนที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับแผ่นฉนวนใยแก้ว ซึ่งช่วยให้อาคารประหยัดพลังงานได้มาก ทั้งนี้หากนำต้นมันสำปะหลังที่เหลือทิ้งมาผสมกับซีเมนต์ แล้วผลิตเป็นแผ่นผนังไม้เทียมสำหรับป้องกันความร้อนภายในอาคาร ซึ่งกำลังเป็นที่ต้องการในตลาดวัสดุก่อสร้างปัจจุบัน (สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2551) เป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรที่เป็นพืชเศรษฐกิจมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ช่วยแก้ไขปัญหาลดลงของปริมาณป่าไม้จากการนำไม้ดังกล่าวมาใช้ประโยชน์เป็นที่ยู่อาศัยได้ (วรธรรม, 2554) และยังเข้ากับความต้องการของผู้บริโภคที่เริ่มให้ความสนใจกับสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น โดยแผ่นผนังไม้เทียมจากต้น

มันสำปะหลังผสมซีเมนต์ มีลักษณะที่โดดเด่นกว่าแผ่นไม้อัดหรือแผ่นป้องกันความร้อนทั่วไป เนื่องจากสามารถใช้งานได้ทั้งภายในและภายนอก มีความแข็งแรงทนทาน คงทนต่อทุกสภาวะอากาศ ปลอดภัยจากแมลงศัตรูไม้ ป้องกันความร้อน ช่วยรักษาสภาพแวดล้อม ปลอดภัย ประหยัด และเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีแนวโน้มความต้องการสูง (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2539; สุวัฒน์, 2550)

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ประโยชน์จากต้นมันสำปะหลังเหลือทิ้งผสมซีเมนต์สำหรับผลิตเป็นแผ่นผนังไม้เทียมหรือแผ่นซีเมนต์บอร์ด ซึ่งเป็นการบูรณาการการใช้วัสดุที่มีเหลือใช้จากการเกษตรในท้องถิ่น เพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ป่าไม้ พลังงาน พร้อมทั้งเป็นแนวทางการเพิ่มมูลค่าให้กับต้นมันสำปะหลังเหลือทิ้ง และสร้างรายได้เพิ่มให้กับเกษตรกรภายในท้องถิ่นได้

วัสดุและอุปกรณ์

แผ่นผนังไม้เทียมจากต้นมันสำปะหลังเหลือทิ้งผสมซีเมนต์ หรือแผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมต้นมันสำปะหลัง มีส่วนผสม และอุปกรณ์ที่นำมาดำเนินการวิจัยหลักๆ ดังนี้

1. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1
2. ทรายละเอียด
3. ต้นมันสำปะหลังเหลือทิ้งจากเกษตรกรในจังหวัดสระบุรี ดังรูปที่ 1
4. น้ำประปา
5. เครื่องผสมคอนกรีต
6. เครื่องอัดแผ่นผนังไม้เทียมแบบสั่นเขย่า
7. แบบหล่อแผ่นผนังไม้เทียม ขนาด 30x30x1.5 เซนติเมตร
8. เครื่องบดต้นมันสำปะหลัง พร้อมตะแกรงเบอร์ 4 หรือ 4.76 มิลลิเมตร
9. ชุดอุปกรณ์ทดสอบความหนาแน่น ความชื้น และการพองตัวเมื่อแช่น้ำ
10. ชุดอุปกรณ์การเชื่อมโลหะ เหล็กข้ออ้อยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร แผ่นเหล็กหนา 3 มิลลิเมตร และกาวติดเหล็ก (Epoxy)
11. เครื่องทดสอบแรงกด (UTM)
12. เครื่องทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน



รูปที่ 1 การไถดินมันสำปะหลังทิ้งภายในไร่ของเกษตรกรจังหวัดสระบุรี

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยแผ่นผนังไม้เทียมผสมต้นมันสำปะหลังใช้มาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องเรื่องแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง โดยมีขั้นตอนการออกแบบ ขึ้นรูป และทดสอบ ดังต่อไปนี้

1. ออกแบบส่วนผสมของแผ่นผนังไม้เทียมผสมต้นมันสำปะหลัง จำนวน 6 อัตราส่วน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนส่วนผสมของแผ่นผนังไม้เทียมผสมต้นมันสำปะหลังโดยน้ำหนัก

อัตราส่วน	ปูนซีเมนต์	ทรายละเอียด	ต้นมันสำปะหลัง	น้ำประปา
1:0.05	1	0.5	0.05	0.416
1:0.06	1	0.5	0.06	0.416
1:0.07	1	0.5	0.07	0.416
1:0.08	1	0.5	0.08	0.416
1:0.09	1	0.5	0.09	0.416
1:0.10	1	0.5	0.10	0.416

2. ย่อยต้นมันสำปะหลังด้วยเครื่องบด เพื่อให้ได้ชิ้นไม้ต้นมันสำปะหลังที่มีขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 หรือ 4.76 มิลลิเมตร แล้วทำการตากให้แห้งสนิทก่อนนำไปใช้งาน ดังรูปที่ 2 และ 3



รูปที่ 2 การบดย่อยต้นมันสำปะหลังทิ้งให้มีขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4



รูปที่ 3 เศษต้นมันสำปะหลังที่ผ่านการย่อยให้มีขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4

3. ชั่งน้ำหนักส่วนผสมตามอัตราส่วนในตารางที่ 1 แล้วผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมคอนกรีต
4. นำส่วนผสมที่ได้ไปขึ้นรูปเป็นแผ่นผนังไม้เทียมด้วยเครื่องอัดแบบสั่นเขย่า ดังรูปที่ 4
5. ปั่นแผ่นผนังไม้เทียมผสมต้นมันสำปะหลังในอากาศ เป็นระยะเวลา 7, 14, 21 และ 28 วัน
6. ทดสอบสมบัติของแผ่นผนังไม้เทียมผสมต้นมันสำปะหลัง ตามมาตรฐาน มอก.878-257 (สมอ., 2537) และ ASTM C177 (ASTM, 2010) โดยใช้จำนวนตัวอย่างทดสอบ 5 ตัวอย่างต่อการทดลองต่ออัตราส่วน ประกอบด้วย ลักษณะโดยทั่วไป ความหนาแน่น ความชื้น สภาพการนำความร้อน การพองตัว เมื่อแช่น้ำ ความต้านทานแรงดัด โมดูลัสยืดหยุ่น และความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า
7. นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ และสรุปผลการทดสอบ



รูปที่ 4 เครื่องอัดแผ่นผนังไม้เทียมแบบสันเขย่า



รูปที่ 5 การชั่งน้ำหนักแผ่นผนังไม้เทียมผสมต้นมันสำปะหลัง



รูปที่ 6 การทดสอบความต้านทานแรงดัดของแผ่นผนังไม้เทียมผสมต้นมันสำปะหลัง



รูปที่ 7 เนื้อของแผ่นผนังไม้เทียมผสมต้นมันสำปะหลังก่อนทดสอบความต้านทานแรงดึงที่ผิวหน้า

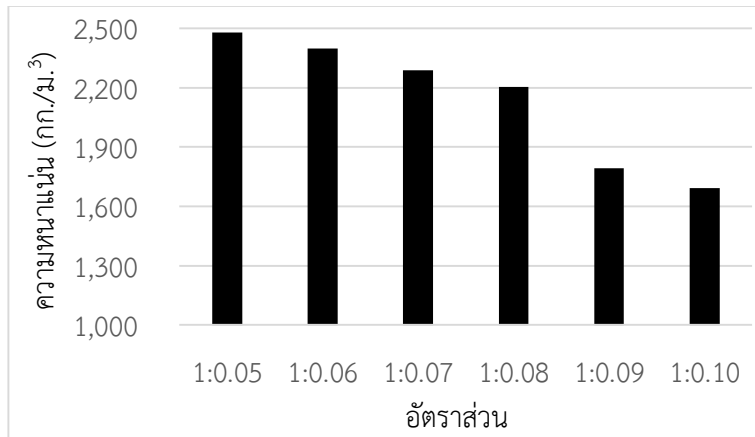


รูปที่ 8 ความเสียหายที่ผิวหน้าจากการทดสอบการรับแรงดึงของแผ่นผนังไม้เทียมผสมต้นมันสำปะหลัง

ผลการวิจัย และการอภิปรายผล

1. ผลการตรวจพินิจลักษณะโดยทั่วไป และการทดสอบความหนาแน่น

จากการตรวจพินิจลักษณะโดยทั่วไปของแผ่นผนังไม้เทียมผสมต้นมันสำปะหลัง ทั้ง 6 อัตราส่วนพบว่า ลักษณะของแผ่นผนังไม้เทียมผสมต้นมันสำปะหลัง สามารถยึดเกาะกันได้ดี ทั้งหมดมีความหนาแน่น และความเรียบที่สม่ำเสมอตลอดทั้งแผ่น และขอบมีความตั้งตรงได้ฉากกับระนาบผิว เป็นไปตามมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537) แต่การผสมต้นมันสำปะหลังเกินกว่าอัตราส่วน 1:0.10 เริ่มมีการหลุดร่อนของแผ่นผนังไม้เทียม ส่วนความหนาแน่นสามารถสรุปได้ดังรูปที่ 9

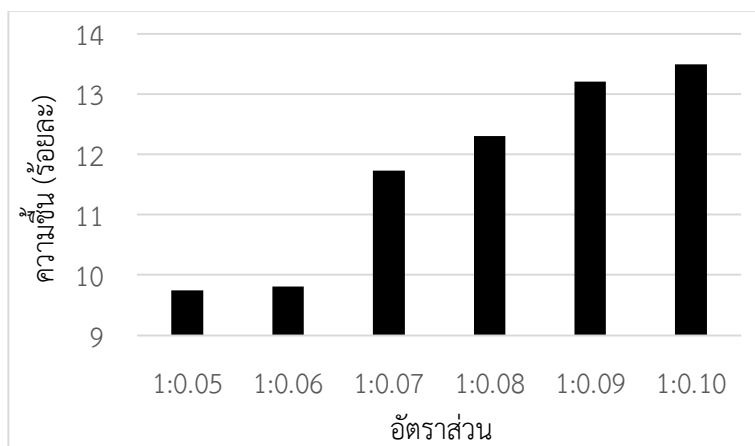


รูปที่ 9 ความหนาแน่นของแผ่นผนังไม้เทียมผสมต้นมันสำปะหลัง ที่อายุการบ่ม 28 วัน

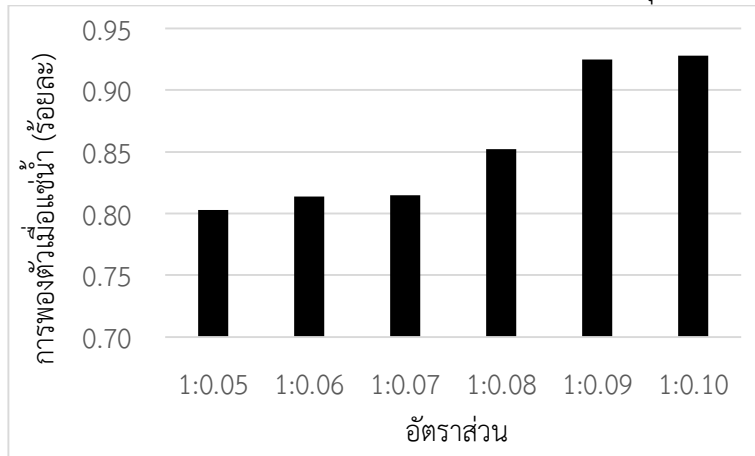
จากผลการทดสอบความหนาแน่นของแผ่นผนังไม้เทียมผสมต้นมันสำปะหลังในรูปที่ 9 พบว่า ต้นมันสำปะหลังที่ผสมมีส่วนทำให้ความหนาแน่นลดลง โดยเฉพาะเมื่อผสมในปริมาณมากตั้งแต่อัตราส่วน 1:0.09 ขึ้นไป และอัตราส่วน 1:0.10 เป็นอัตราส่วนที่มีความหนาแน่นต่ำที่สุด เท่ากับ 1,693.33 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ทั้งนี้เป็นเพราะต้นมันสำปะหลังมีลักษณะใกล้เคียงกับไม้ ซึ่งมีความกว้างจำเพาะประมาณ 0.6 (Faherty et al., 1995) แต่เมื่อเทียบกับมาตรฐาน มอก.878-2537 (สมอ., 2537) พบว่า แผ่นผนังไม้เทียมทุกอัตราส่วน มีความหนาแน่นสูงกว่าที่กำหนด คือ ให้มีค่า 1,100 ถึง 1,300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

2. ผลการทดสอบความชื้น และการพองตัวเมื่อแช่น้ำ

ผลการทดสอบความชื้น และการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นผนังไม้เทียม ที่อายุการบ่ม 28 วัน สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 10 และ 11



รูปที่ 10 ความชื้นของแผ่นผนังไม้เทียมผสมต้นมันสำปะหลัง ที่อายุการบ่ม 28 วัน

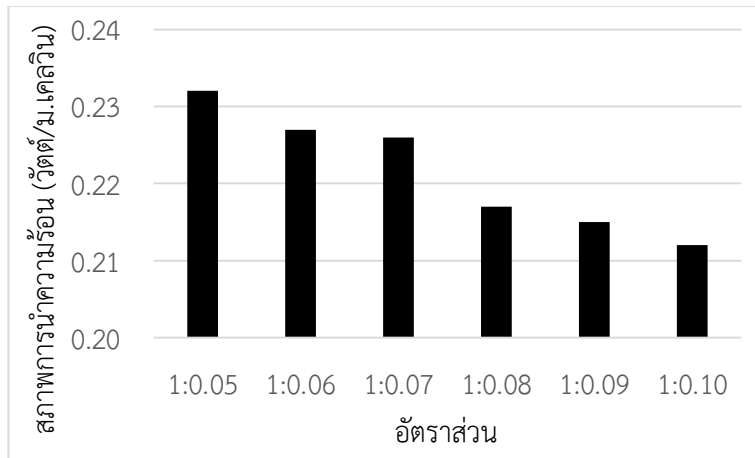


รูปที่ 11 การพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นผนังไม้เทียมผสมต้นมันสำปะหลัง ที่อายุการบ่ม 28 วัน

จากรูปที่ 10 พบว่า แผ่นผนังไม้เทียมอัตราส่วนที่ผสมต้นมันสำปะหลังในปริมาณมาก มีความชื้นสูงกว่าแผ่นผนังไม้เทียมอัตราส่วนที่ผสมต้นมันสำปะหลังในปริมาณน้อย เนื่องจากต้นมันสำปะหลังเป็นเส้นใยธรรมชาติที่มีรูพรุนทำให้มีปริมาณความชื้นสูง (Pablo, 1989) ส่วนการพองตัวเมื่อแช่น้ำในรูปที่ 11 พบว่า การพองตัวของแผ่นผนังไม้เทียมผสมต้นมันสำปะหลังมีค่าค่อนข้างต่ำ เพราะการยึดเกาะของปูนซีเมนต์ที่ยังคงมีปริมาณมาก (ปริญญ และชัย, 2551) ช่วยให้เศษต้นมันสำปะหลังไม่พองตัวมากนัก โดยผลการทดสอบความชื้นและการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นผนังไม้เทียมผสมต้นมันสำปะหลังนั้น มีค่าเป็นไปตามมาตรฐาน มอก.878-2537 กำหนด คือ ต้องมีความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 9 ถึง 15 และมีการพองตัวเมื่อแช่น้ำ ไม่เกินร้อยละ 2 (สมอ., 2537)

3. ผลการทดสอบสภาพการนำความร้อน

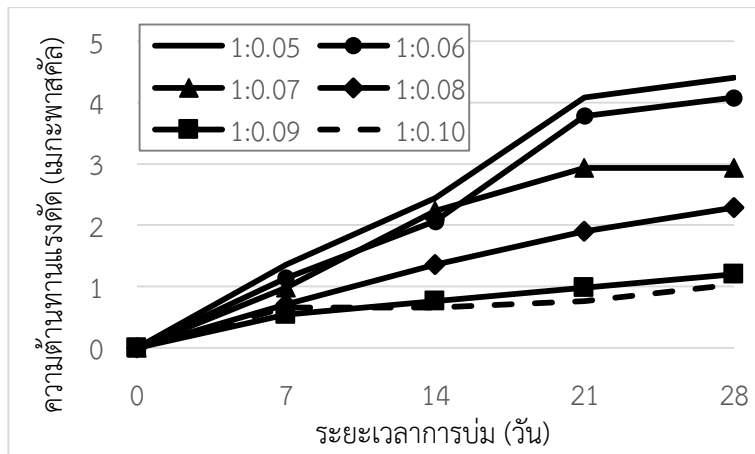
สภาพการนำความร้อนหรือสัมประสิทธิ์การนำความร้อน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนของแผ่นผนังไม้เทียมผสมต้นมันสำปะหลัง โดยค่าสภาพการนำความร้อนที่น้อย แสดงว่าแผ่นผนังไม้เทียมผสมต้นมันสำปะหลังมีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี แต่ถ้าค่าสภาพการนำความร้อนสูง แสดงว่าแผ่นผนังไม้เทียมผสมต้นมันสำปะหลังมีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ไม่ดี ซึ่งผลการทดสอบดังกล่าว สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 12 โดยพบว่าปริมาณต้นมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้น สามารถช่วยให้ค่าสภาพการนำความร้อนของแผ่นผนังไม้เทียมลดลงได้ และเมื่อเทียบกับมาตรฐาน มอก.878-2537 พบว่าทุกอัตราส่วนมีสภาพการนำความร้อนเป็นไปตามมาตรฐาน คือ มีค่าไม่เกิน 0.25 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน (สมอ., 2537) เนื่องจากต้นมันสำปะหลังเป็นเส้นใยธรรมชาติที่มีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี (ธัญชัย และคณะ, 2549; อมเรศ และประชุม, 2552)



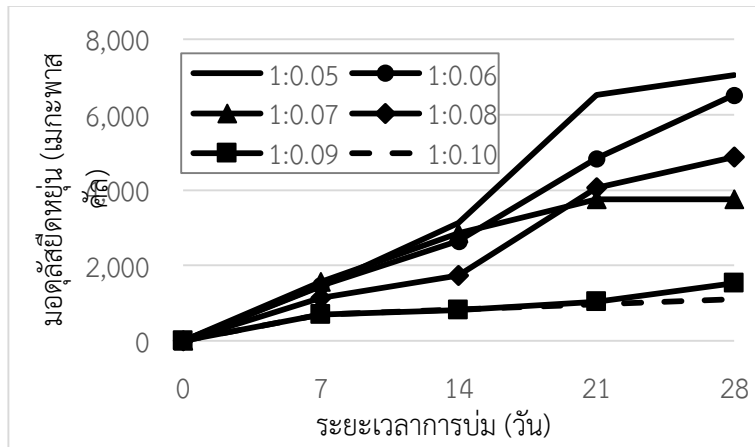
รูปที่ 12 สภาพการนำความร้อนของแผ่นผนังไม้เทียมผสมต้นมันสำปะหลัง ที่อายุการบ่ม 28 วัน

4. ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัด และมอดุลัสยืดหยุ่น

สำหรับผลการทดสอบสมบัติทางกลในด้านความต้านทานแรงดัด และมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นผนังไม้เทียมผสมต้นมันสำปะหลัง สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 13 และ 14



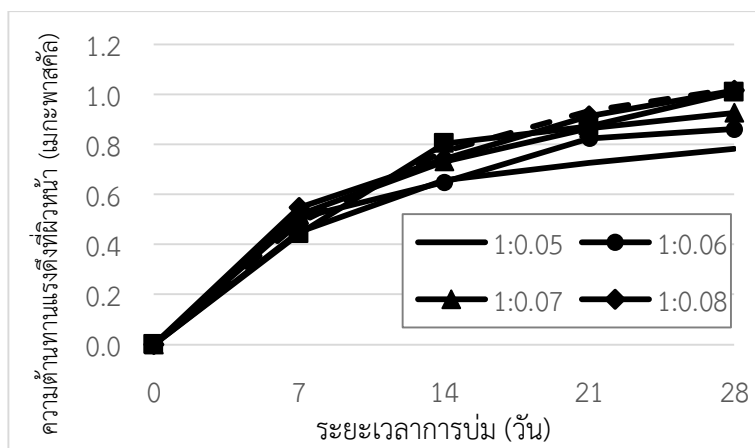
รูปที่ 13 ความต้านทานแรงดัดของแผ่นผนังไม้เทียมผสมต้นมันสำปะหลัง ที่อายุการบ่มต่างๆ



รูปที่ 14 มอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นผนังไม้เทียมผสมต้นมันสำปะหลัง ที่อายุการบ่มต่างๆ

จากรูปที่ 13 และ 14 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณต้นมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้น ทำให้ความต้านทานแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นผนังไม้เทียมลดลง โดยแผ่นผนังไม้เทียมผสมต้นมันสำปะหลังอัตราส่วน 1:0.05 มีค่าสูงที่สุด ทั้งความต้านทานแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่น ในขณะที่อัตราส่วน 1:0.10 มีค่าต่ำที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะความแข็งแรงของแผ่นผนังไม้เทียมที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการอัดและสั่นเขย่า ขึ้นอยู่กับปริมาณของปูนซีเมนต์ (ปริณูญา และชัย, 2551) โดยอัตราส่วนที่มีปริมาณปูนซีเมนต์มากเมื่อเทียบกับมวลรวม (ทรายละเอียดและต้นมันสำปะหลัง) มีค่าความต้านทานแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่นสูงกว่าอัตราส่วนที่มีปริมาณปูนซีเมนต์น้อย อย่างไรก็ตาม แผ่นผนังไม้เทียมผสมต้นมันสำปะหลังบางอัตราส่วน มีค่าความต้านทานแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่นต่ำกว่ามาตรฐาน มอก.878-2537 โดยกำหนดให้ความต้านทานแรงดัดมีค่าไม่ต่ำกว่า 9 เมกะพาสคัล และมอดูลัสยืดหยุ่น มีค่าไม่ต่ำกว่า 3,000 เมกะพาสคัล (สมอ., 2537)

5. ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้า



รูปที่ 15 ความต้านทานแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นผนังไม้เทียมผสมต้นมันสำปะหลัง ที่อายุการบ่มต่างๆ

ความต้านทานแรงดึงที่ผิวหน้าของแผ่นผนังไม้เทียมผสมต้นมันสำปะหลังในรูปที่ 15 พบว่า ต้นมันสำปะหลังที่เป็นเส้นใยธรรมชาติ มีแนวโน้มช่วยเพิ่มความต้านทานแรงดึงที่ผิวหน้าให้สูงขึ้นได้ (Bledzki and Gassan, 1999) โดยแผ่นผนังไม้เทียมผสมต้นมันสำปะหลังมากที่สุด อย่างอัตราส่วน 1:0.10 เป็นแผ่นผนังไม้เทียมที่มีความต้านทานแรงดึงสูงที่สุด และอัตราส่วน 1:0.05 เป็นแผ่นผนังไม้เทียมที่ผสมต้นมันสำปะหลังน้อยที่สุดและมีความต้านทานแรงดึงต่ำที่สุดเช่นเดียวกัน เมื่อเทียบกับมาตรฐาน มอก.878-2537 (สมอ., 2537) พบว่า มาตรฐานดังกล่าว ยังไม่มีการระบุเกณฑ์เกี่ยวกับค่าความต้านทานแรงดึงนี้

บทสรุป

จากผลการดำเนินงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากต้นมันสำปะหลังเหลือทิ้งผสมซีเมนต์สำหรับเป็นแผ่นผนังไม้เทียม แสดงให้เห็นว่า ต้นมันสำปะหลังมีความเป็นไปได้ในการผสมกับปูนซีเมนต์ เพื่อผลิตเป็นแผ่นผนังไม้เทียมหรือแผ่นซีเมนต์บอร์ดได้ แต่สมบัติทางกายภาพและทางกลที่ได้ เมื่อเทียบกับมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง ยังมีค่าต่ำกว่าหรือยังไม่เป็นไปตามมาตรฐานเท่าที่ควร แต่สมบัติในภาพรวมมีแนวโน้มที่จะพัฒนาได้ คือ แผ่นผนังไม้เทียมผสมต้นมันสำปะหลัง มีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี น้ำหนักเบา มีความต้านทานแรงดึงที่ผิวหน้าค่อนข้างดี ค่าความชื้นและการพองตัวเมื่อแช่น้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน โดยในการวิจัยในครั้งต่อไป ควรปรับเปลี่ยนวิธีการขึ้นรูปจากการอัดพร้อมเส้นใย มาเป็นการขึ้นรูปโดยการอัดและให้น้ำหนักค้ำไว้เป็นเวลานานแทน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ประจำปี 2558 ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

บรรณานุกรม

กรมการค้าต่างประเทศ, 2555. **มันสำปะหลังกับวิถีชีวิตคนไทย**. สำนักบริหารการนำเข้าส่งออกสินค้าทั่วไป กรมการค้าต่างประเทศ.

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

ฉันทชัย ปกรณ์วรกิจ, 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.
- วรรณ อุ่นจิตติชัย, 2554. โลกเกษตร : เส้นทางของเศษฟางข้าว...วัสดุทดแทนไม้ที่มีอนาคต. สำนักวิจัยและการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้.
- สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2551. ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเส้นทางบรรเทาภาวะโลกร้อน. จดหมายข่าวสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย ฉบับที่ 1 ปี 2551.
- สุวัฒน์ เทพอารักษ์, 2550. การแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศและสิ่งแวดล้อมตามแนวพระราชดำริ. สยามรัฐสัปดาห์วิจารณ์ ฉบับวันที่ 30 พฤศจิกายน – 6 ธันวาคม 2550.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.), 2537. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรือยนต์ขึ้นไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูง มอก. 878-2537. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.
- อมเรศ บกสุวรรณ และประชุม คำพุฒ, 2552. การศึกษาการผลิตแผ่นไม้อัดเทียมจากเปลือกทุเรียน. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. ชุดโครงการ กลุ่ม “อุตสาหกรรม การเกษตร อาหาร สิ่งทอ พลังงาน ทดแทน การขนส่ง และโลจิสติก”. สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.)
- 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.



ห้างหุ้นส่วนจำกัด เคแอนด์พี อินโนเวชัน (ไทยแลนด์)
เลขที่ 199/259 ม.4 ถ.รังสิต-นครนายก ต.รังสิต อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

วันที่ 14 กันยายน 2558

เรื่อง ขอบขอบคุณ ดร.ผกามาศ ชูสิทธิ์
ในงานวิจัยเรื่อง การใช้ประโยชน์จากต้นมันสำปะหลังเหลือทิ้งผสมซีเมนต์สำหรับ
เป็นแผ่นผนังไม้เทียมเพื่อป้องกันความร้อนภายในอาคาร
เรียน อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ด้วยทาง ห้างหุ้นส่วนจำกัด เคแอนด์พี อินโนเวชัน (ไทยแลนด์) ได้นำเอาส่วนหนึ่งของผลงานวิจัย
ของ ดร.ผกามาศ ชูสิทธิ์ ในงานวิจัยเรื่อง การใช้ประโยชน์จากต้นมันสำปะหลังเหลือทิ้งผสมซีเมนต์สำหรับ
เป็นแผ่นผนังไม้เทียมเพื่อป้องกันความร้อนภายในอาคาร ไปใช้ในการแก้ไขปัญหาการกำจัดต้นมัน
สำปะหลังเหลือทิ้ง เป็นผลให้ห้างหุ้นส่วนฯ สามารถลดค่าใช้จ่าย และมีรายได้เพิ่มขึ้น

ในการนี้ ทางห้างหุ้นส่วนฯ จึงขอขอบคุณมายัง ดร.ผกามาศ ชูสิทธิ์ ในงานวิจัยเรื่อง การใช้
ประโยชน์จากต้นมันสำปะหลังเหลือทิ้งผสมซีเมนต์สำหรับ เป็นแผ่นผนังไม้เทียมเพื่อป้องกันความร้อน
ภายในอาคาร และขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ
มา ณ ที่นี้



(นายรัชชัย อริยะสุทธิ)

หุ้นส่วนผู้จัดการ