การใช้ประโยชน์จากเส้นใยผักตบชวาในผลิตภัณฑ์แผ่นใยอัดซีเมนต์ภายนอกอาคารสำหรับวิสาหกิจชุมชน

Utilization of Water Hyacinth Fiber in Outdoor Cement-bonded Fiberboard for Community Enterprises

ตฤณ ดิษฐลำภู

กิตติพงษ์ สุวีโร

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้ เส้นใยต้นผักตบชวา เป็นแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูง โดยใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ : ทรายละเอียด : เส้นใยต้นผักตบชวา : น้ำ: สารเร่งการก่อตัวของปูนซีเมนต์ (อลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3$), แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$), โซเดียมซิลิเกต (Na_2SiO_3)) เท่ากับ 1: 0.2: 0.075: 0.3: 0.03 โดยน้ำหนักเส้นใยผักตบชวา ทั้งหมด 5 อัตราส่วน คือ 0.0(A1, D1), 0.025(A2, B2, C2, D2), 0.050(A3, B3, C3, D3), 0.075 (A4, B4, C4, D4), และ 0.1 (A5, B5, C5, D5) โดยน้ำหนัก ทำการปรับปรุงเส้นใยทั้งหมดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น ร้อยละ 12 โดยอัตราส่วนเส้นใยต่อสารละลาย เท่ากับ 1: 10 ต้มในระบบเปิดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 – 3 ชั่วโมง ขึ้นรูปโดยการอัดส่วนผสม ลงในแบบหล่อที่อุณหภูมิปกติ (30 – 35 องศาเซลเซียส) ใช้ความหนาแน่น 0.75 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร จากผลการทดสอบ พบว่า อัตราส่วน B4 เป็นอัตราส่วนเหมาะสม สามารถผ่านมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง และมีสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล และความฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี โดยสารเร่งการก่อตัวของปูนซีเมนต์ที่เหมาะสมที่สุด คือ แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$)

คำสำคัญ: แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ เส้นใยต้นผักตบชวา, ฉนวนป้องกันความร้อน

Abstract

This research aims to study the water hyacinth fiber inside high density cement fiber board. By using ratio components among cement : fine sand : water hyacinth fiber : water : catalyst accelerated the formations of cement (aluminum sulfate ($Al_2(SO_4)_3$), calcium chloride ($CaCl_2$), sodium silicate (Na_2SiO_3)) on the ratio 1: 0.2: 0.075: 0.3: 0.03 by weight of total water hyacinth fiber. The 5 ratios consist of 0.0 (A1, D1 formulae), 0.025 (A2, B2, C2, D2 formulae), 0.050 0.03 (A4, B4, C4, D4 formulae), and 0.1 (A5, B5, C5, D5 formulae) by weighted, all fibers were treated with sodium hydroxide solution (NaOH) at a concentration of 12%. The fiber to solution ratio was 1: 10 boiled in open system at 100 °C for 1 - 3 hours. By compressing the mixture cast machine at normal temperature (30 - 35 °C). Use a density of 0.75 g / cm^3. From the test results, the ratio B4 is the appropriate ratio. Can pass TIS 878-2537 Cement Board: high density and physical properties, mechanical properties and thermal insulation are good. Accelerate the formation of the most suitable cement is calcium chloride ($CaCl_2$)

Keywords: Cement-bonded fiberboard, Water Hyacinth fiber, Thermal insulation

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
สารบัญ	ข
สารบัญรูป	ง
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 แผ่นซีเมนต์บอร์ด	5
2.2 ประเภทของแผ่นซีเมนต์บอร์ด	5
2.3 มาตรฐานแผ่นชิ้นอัดซีเมนต์	7
2.4 เส้นใยธรรมชาติ	9
2.5 ผักตบชวา	10
2.6 ปัญหาของผักตบชวา	12
2.7 เฟอร์โรซีเมนต์	12
2.8 กรอบแนวคิด	14
2.9 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง	15
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	
3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ดำเนินงานวิจัย	20
3.2 การออกแบบอัตราส่วนผสม	23
3.3 การเตรียมเส้นใย	25
3.4 การขึ้นรูป	26
3.5 การทดสอบสมบัติ	28
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
4.1 ผลการทดสอบลักษณะทั่วไป	31
4.2 ผลการทดสอบความหนาแน่น	33
4.3 ผลการทดสอบความชื้น	33
4.4 ผลการทดสอบสภาพการนำความร้อน	34
4.5 ผลการทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ	35
4.6 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัด	36
4.7 ผลการทดสอบมอดูลัสยืดหยุ่น	37
4.8 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	38

4.9 การสร้างแบบจำลองการใช้งานจริง 39
4.10 การถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่กลุ่มเป้าหมายสำหรับนำไปใช้ประโยชน์ 40
บทที่ 5 สรุป และ ข้อเสนอแนะ
5.1 สรุปผล 41
5.2 ข้อเสนอแนะ 42
เอกสารอ้างอิง 43
ภาคผนวก 45

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ลักษณะโครงสร้างของเฟอร์โรซีเมนต์	9
2.2	กรอบแนวความคิดของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความแข็งแรงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนสูง	12
3.1	ลักษณะต้นผักตบชวาที่ตากแห้ง	18
3.2	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1	18
3.3	โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	21
3.4	อลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3$)	21
3.5	แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$)	21
3.6	โซเดียมซิลิเกต (Na_2SiO_3)	22
3.7	เครื่องผสม	22
3.8	เครื่องอัดแผ่นซีเมนต์	22
3.9	แบบหล่อขนาด 30x30x1.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร	23
3.10	ไมโครมิเตอร์	23
3.11	การชั่งน้ำหนักโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) สำหรับเตรียมสารละลาย	25
3.12	การต้มน้ำประปาสำหรับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์	25
3.13	การเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้นร้อยละ 12	26
3.14	ชั่งน้ำหนักส่วนผสมสำหรับขึ้นรูปแผ่นใยอัดซีเมนต์ในอ่างผสม	26
3.15	การผสมส่วนผสมสำหรับขึ้นรูปแผ่นใยอัดซีเมนต์ลงในอ่างผสม	27
3.16	ส่วนผสมพร้อมสำหรับขึ้นรูปแผ่นใยอัดซีเมนต์	27
3.17	การเทส่วนผสมลงในเครื่องอัดแผ่นอัดซีเมนต์	27
3.18	แผ่นใยอัดซีเมนต์จากเส้นใยผักตบชวา	28
3.19	แผ่นใยอัดซีเมนต์จากเส้นใยต้นผักตบชวาที่พร้อมนำไปทดสอบ	28
3.20	การชั่งน้ำหนกแผ่นใยซีเมนต์ผสมเส้นใยต้นผักตบชวา	29
3.21	การแช่น้ำแผ่นใยอัดซีเมนต์จากเส้นใยต้นผักตบชวา	29
3.22	การทดสอบความต้านทานแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นใยอัดซีเมนต์จากต้นผักตกชวาด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (UTM)	29
3.23	การทดสอบความต้านทานแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นใยอัดซีเมนต์จากต้นผักตกชวาด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (UTM)	30
4.1	การวัดความหนาของแผ่นใยอัดซีเมนต์ผสมเส้นใยต้นผักตบชวา	31
4.2	การวัดขนาดของแผ่นใยอัดซีเมนต์ผสมเส้นใยต้นผักตบชวา	31
4.3	ผลการทดสอบความหนาแน่นของแผ่นใยอัดซีเมนต์ผสมเส้นใยต้นผักตบชวา	33
4.4	ผลการทดสอบปริมาณความชื้นของแผ่นใยอัดซีเมนต์ผสมเส้นใยต้นผักตบชวา	34
4.5	ผลการทดสอบสภาพนำความร้อนของแผ่นใยอัดซีเมนต์ผสมเส้นใยต้นผักตบชวา	35

4.6 ผลการทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นใยอัดซีเมนต์ผสมเส้นใยต้นผักตบชวา 36
4.7 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดของแผ่นใยซีเมนต์ผสมเส้นใยต้นผักตบชวา 37
4.8 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดของแผ่นใยอัดซีเมนต์ผสมเส้นใยต้นผักตบชวา 38
4.9 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดของแผ่นใยอัดซีเมนต์ผสมเส้นใยต้นผักตบชวา 39
4.10 ผลการทดสอบมอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นใยอัดซีเมนต์ผสมเส้นใยต้นผักตบชวา 40
4.11 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นใยอัดซีเมนต์ผสมเส้นใยต้นผักตบชวา 41
4.12 ผลการทดสอบโมดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นใยอัดซีเมนต์ผสมเส้นใยอัดซีเมนต์ผสมเส้นใยต้นผักตบชวา 42
4.13 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นใยอัดซีเมนต์ผสมเส้นใยต้นผักตบชวา 43
4.14 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นใยอัดซีเมนต์ผสมเส้นใยต้นผักตบวา 44
4.15 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นใยอัดซีเมนต์ผสมเส้นใยต้นผักตบชวา 45

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณลักษณะที่ต้องการอื่นๆ ของแผ่นชิ้นอัดซีเมนต์	9
2	พื้นที่ปลูกพืชเส้นใยทางเกษตร ปี 2530/31 (ไร่)(สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2530)	9
3	แสดงองค์ประกอบทางเคมีของต้นผักตบชวาแห้ง	11
4	อัตราส่วนของน้ำหนักของแผ่นใยอัดซีเมนต์จากผักตบชวา	24
5	ผลการทดสอบลักษณะทั่วไปของแผ่นใยอัดซีเมนต์ผสมเส้นใยต้นผักตบชวา	32

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วช. สถาบันวิจัยและพัฒนา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัยและสถานที่ในการดำเนินงานไว้ ณ ที่นี้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

การใช้ประโยชน์จากเส้นใยผักตบชวาในผลิตภัณฑ์แผ่นใยอัดซีเมนต์ภายนอกอาคารสำหรับวิสาหกิจชุมชน เป็นโครงการวิจัยที่ให้ความสำคัญในการใช้ ผักตบชวา เป็นพืชน้ำที่สามารถขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว จนก่อให้เกิดความเสียหายต่อระบบนิเวศน์ ใน 1 เดือน ผักตบชวาเพียง 1 ต้น อาจขยายพันธุ์ได้มากถึง 1,000 ต้น แม้น้ำจะแห้งจนต้นตายแต่เมล็ดของมันก็ยังมีชีวิตต่อไปได้นานถึง 15 ปี และทันทีที่เมล็ดได้รับน้ำที่เพียงพอมันก็จะแตกหน่อเป็นต้นใหม่ต่อไป (วิกิพีเดีย,2557) กลายเป็นปัญหาทางน้ำและทวีความรุนแรงจนเป็นปัญหาระดับประเทศ ทำให้รัฐบาลต้องเสียงบประมาณในการกำจัดผักตบชวาจำนวนมาก เนื่องจากมีผลกระทบต่อการระบายน้ำ กลายเป็นปัญหาน้ำท่วม (รัฐบาลของ พล.อ.ประยุทธ์ จันทร์โอชา ได้กล่าวในรายการเดินหน้าประเทศไทย ประจำวันที่ 23 กันยายน 2557 ให้ทหารช่าง ทุกทัพภาค ขุดลอกคลอง กำจัดผักตบชวา พัฒนาแหล่งน้ำ ใน 20 จังหวัด ตลอดจนจัดโครงการจ้างงานเกษตรกรในท้องที่ ให้มาช่วยกันขุดลอกคูคลอง โดยทุ่มงบกว่า 20,000 ล้านบาท เพื่อป้องกันปัญหาน้ำท่วม)

รูปที่ 1.1 ผักตบชวาหนาแน่นเต็มลำคลอง

แม้หน่วยงานและองค์กรต่างๆ ได้เข้ามาช่วยเหลือในการกำจัด เช่น นำไปผลิตเป็นของใช้ อาหารสัตว์ และทำปุ๋ย แต่ก็ยังมีการขยายพันธุ์อยู่อย่างมาก และไม่มีแนวโน้มว่าจะลดลง การนำผักตบชวาไปใช้ประโยชน์ จึงเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดในการกำจัดและสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับพืชน้ำช นิดนี้ เส้นใยผักตบชวา เป็นเส้นใยที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเส้นใยธรรมชาติ โดยมีส่วนประกอบของเส้นใยเซลลูโลส (Cellulose fibers) เป็นวัสดุหลัก เป็นโมเลกุลสายยาวซ้ำ ยึดเกาะด้วยพันธะ C-O-C ในหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) จับกับหมู่ธาตุอื่นๆ เรียงตัวเป็นระเบียบ (Crystalline) และระหว่างสายโมเลกุลมีการยึดด้วยพันธะไฮโดรเจน เป็นระยะๆ มีความเหนียว แข็งแรง และน้ำหนักเบา (บวร และคณะ,2555)

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

การใช้ประโยชน์จากเส้นใยผักตบชวาในผลิตภัณฑ์แผ่นใยอัดซีเมนต์ภายนอกอาคาร สำหรับวิสาหกิจชุมชน เป็น การนำเส้นใยผักตบชวาที่เป็นปัญหาในแม่น้ำลำคลองอย่างมาก มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างที่ได้รับความนิยมมากที่สุดชนิดหนึ่ง จากปริมาณของผักตบชวา ความต้องการแผ่นใยอัดซีเมนต์ และลักษณะที่เหมาะสมของเส้นใยผักตบชวา ทำให้มั่นใจได้ว่า แผ่นใยอัดซีเมนต์ จากเส้นใยผักตบชวา สามารถผลิต จำหน่าย และใช้งานเป็นผลิตภัณฑ์ของวิสาหกิจชุมชนได้อย่างดี แผ่นใยอัดซีเมนต์จากเส้นใยผักตบชวา มีความทนทานแตกต่างจากแผ่นไม้อัดทั่วไป ทนแดด ทนน้ำ ต้นทุนต่ำ ใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย กระบวนการผลิตแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากเส้นใยผักตบชวา สามารถใช้เครื่องจักรขนาดเล็กเพียง 1 เครื่อง และไม่ต้องค้างน้ำหนักไว้ แตกต่างกับกระบวนการ ผลิตแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์หรือแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ทั่วไป ที่ยุ่งยากและลงทุนสูงมาก หากมีถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแผ่นใยอัดซีเมนต์นี้ จะมีผลทำให้ชุมชนลดการเผาทำลายเส้นใยผักตบชวา มาเป็นการสร้างงาน สร้างรายได้ และเพิ่มมูลค่าให้กับวัชพืชน้ำชนิดนี้ ได้อย่างเป็นรูปธรรม

ผักตบชวาเป็นวัสดุทางธรรมชาติที่หาง่ายและมีอยู่ทั่วไปตามแม่น้ำลำคลองและสามารถขยายพันธ์ได้ง่ายจนมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและกลายเป็นวัชพืชเกิดเป็นอุปสรรคกีดขวางการระบายน้ำตามแม่น้ำลำคลองจนปัจจุบันมีผู้เล็งเห็นประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่นการทำเครื่องจักรสา น เฟอร์นิเจอร์ ตลอดจนการนำมาเป็นส่วนผสมใยผักตบชวากับซีเมนต์จากสถานการณ์ปัจจุบันในด้านภาวะโลกร้อน (ขวัญชัย, 2549; โชติชัย, 2550; ประชาชาติธุรกิจ, 2550; สยามรัฐสัปดาห์วิจารณ์, 2550) การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและป่าไม้ คุณสมบัติและความต้องการของผลิตภัณฑ์แผ่นไม้อัดซีเมนต์ ปัญหาวัตถุดิบอุตสาหกรรมไม้อัดไม้ประกอบ คุณสมบัติเส้นใยธรรมชาติของ กากมะพร้าว เส้นใยจากต้นข้าวโพด เส้นใยผักตบ มีอยู่มากมายในท้องถิ่น มาประยุกต์ใช้เป็นส่วนผสมของวัสดุก่อส ร้างคือ วัสดุประกอบทดแทนไม้ในแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่เป็นการพัฒนาฉนวนความร้อนที่อาศัยเส้นใยจากพืชที่หาได้จากธรรมชาติ จึงนับเป็นแนวความคิดที่มีประโยชน์ และบูรณาการการใช้วัสดุที่มีเหลือใช้จากการเกษตรจำนวนมากในท้องถิ่นเพื่ออนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ป่าไม้ พลังงาน เพื่อเพิ่มการมูลค่า ช่วยลดปัญหาการขาดดุลการค้า เพื่อการส่งเสริมให้ชุมชน และบริษัทฯ ขนาดเล็กได้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์วัสดุประกอบทดแทนไม้ในแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ให้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้จริง ในการก่อสร้างบ้านพักอาศัยที่อนุรักษ์พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและราคาถูก ทั้งยังเป็นการสร้างงานและเพิ่มรายได้ให้กับท้องถิ่นได้เป็นอย่างดีอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1) เพื่อศึกษาผลิตภัณฑ์แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์โดยใช้ เส้นใยจาก ผักตบชวา เป็นวัสดุผสมเพิ่มประสิทธิ์ภาพการป้องกันความร้อน

2) เพื่อศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้วัสดุผสม สำหรับทำแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ ที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทรายละเอียด เส้นใยผักตบชวา

1.3ขอบเขตของโครงการวิจัย

1) ใช้เส้นใยผักตบชวา (แบ่งเป็นส่วนใบ และส่วนก้าน) เป็นเส้นใยในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แผ่นใยอัดซีเมนต์ จากคลองชลประทานในเขตพื้นที่ภาคกลาง และกรุงเทพมหานคร

2) ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1 เป็นสารเชื่อมประสานในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แผ่นใยอัดซีเมนต์

3) ใช้ทรายละเอียด เป็นมวลรวมในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แผ่นใยอัดซีเมนต์

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

5) ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เป็นสารปรับปรุงเส้นใยผักตบชวา

6) ใช้เครื่องอัดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ขนาด 30 x 30 x 1.5 เซนติเมตร และ 60 x 60 x 1.5เซนติเมตร ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แผ่นใยอัดซีเมนต์ สำหรับทำการทดสอบสมบัติต่างๆ โดยไม่ต้องให้น้ำหนักค้างไว้ (แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ทั่วไปต้องให้น้ำหนักค้างไว้ ไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง ซึ่งไม่สะดวกต่อการผลิตในรูปแบบวิสาหกิจชุมชน)

7) ศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อสมบัติของแผ่นไม้อัดซีเมนต์ได้แก่

7.1) ผลของการปรับปรุงพื้นผิวเส้นใยทดแทนไม้ด้วยสารเคมี เพื่อช่วยเพิ่มการยึดติดระหว่างเส้นใยทดแทนไม้กับซีเมนต์

7.2) ศึกษาผลของการเร่งการก่อตัวของแผ่นไม้อัดซีเมนต์ด้วยสารเคมี เพื่อช่วยเร่งปฏิกิริยาการคงรูปของแผ่นไม้อัดซีเมนต์และช่วยเพิ่มสมบัติเชิงกล

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเส้นใยผักตบชวาตามแม่น้ำลำคลอง

2) สามารถกำจัดผักตบชวาตามแม่น้ำลำคลอง

3) ทราบความเหมาะสมในการที่จะนำ เส้นใยจากผักตบชวามาใช้ในการป้องกันความร้อนในแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์และสามารถนำเป็นองค์ความรู้ที่ได้ไปใช้เป็นวัสดุประกอบในงานวัสดุก่อสร้างได้

4) สามารถให้ความรู้ในการใช้ เส้นใยผักตบชวาเพิ่มประสิทธิ์ภาพการป้องกันความร้อนในแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์กับภาคธุรกิจ และชุมชน ภายในพื้นที่เป้าหมาย

5) ได้วัสดุก่อสร้างชนิดใหม่ที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนความร้อนที่ดีและมีราคาถูก

6) เขียนบทความเผยแพร่ในวารสารวิชาการที่เป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางในสาขาวิชา ทั้งในประเทศและต่างประเทศ

7) เข้าร่วมบรรยายในงานประชุมสัมมนาของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

8) สามารถสร้างความร่วมมือระหว่างมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และองค์กรการปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) ในการบูรณาการงานวิจัยร่วมกันตามยุทธศาสตร์ของประเทศ

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โครงการวิจัย การใช้ประโยชน์จากเส้นใยผักตบชวาในผลิตภัณฑ์แผ่นใยอัดซีเมนต์ เพิ่มประสิทธิ์ภาพการป้องกันความร้อนในแผ่นใย อัดซีเมนต์ สามารถใช้งานจ ริงในการผลิตแผ่นใย อัดซีเมนต์ได้อย่างปลอดภัยและเหมาะสม โดยมีรายละเอียดทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดในด้านการอนุรักษ์พลังงาน คุณสมบัติทางกายภ ายและเชิงกล ความแข็งแรง มาตรฐาน ของวัสดุและผลิตภัณฑ์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 แผ่นซีเมนต์บอร์ด

แผ่นผนัง เทียมที่มีส่วนผสมจากเศษ และปูนซีเมนต์ หรือที่เรียกว่า แผ่นชิ้น อัดซีเมนต์ หรือ แผ่นซีเมนต์บอร์ด และแผ่น อัดซีเมนต์ (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม , 2544)ถือกำเนิดมาจากแนวความคิดที่จะใช้ประโยชน์จากเศษ ที่เหลือจากอุตสาหกรรม อัดและการตัด ซุงจากป่าออกมาใช้ประโยชน์จะมีเศษ ปลายเหลือไว้ในป่าอย่างน้อยครึ่งหนึ่งของปริมาณที่ตัดออกมา และเมื่อนำ ซุงมาแปรรูปในโรงเลื่อยก็จะเหลือปริมาณแปรรูปประมาณ ร้อยละ 50 ของซุงที่เข้าแปรรูป จึงได้คิดวิธีที่นำเศษ จำนวนมากเหล่านี้มาเป็นวัตถุดิบ โดยงานวิจัย แผ่นอัดสารแร่ กลุ่มวิจัยพัฒนาอุตสาหกรรม ได้ค้นคว้าวิจัยเพื่อหาแนวทางในการนำเศษและโตเร็ว โดยเฉพาะยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส มาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า “แผ่นวัสดุที่ทำจาก Wood Base Panel” ซึ่งได้แก่ อัด(Plywood) แผ่นอัด (Particle Bord) แผ่นชิ้นอัด(Fiber Board) บล็อดบอร์ด(Block Board) และผลิตภัณฑ์อัดสารแร่(Mineral Bonded Panel Products) ซึ่งสามารถแบ่งประเภทของผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ออกได้วัตถุดิบและสารเชื่อม ประเภทที่ได้จากสารแร่)Inorganic Binder) หลายชนิดด้วยกัน เช่น แผ่น อัดยิปซั่ม เป็นต้น สำหรับผลิตภัณฑ์ อัดซีเมนต์นั้น มีคุณสมบัติพิเศษรวมกันทั้งของและซีเมนต์กล่าวคือ ทนน้ำทนไฟ ทนปลวกและแมลง สามารถตกแต่งได้เช่น การตัด การเจาะ ได้เช่นเดียวกับ โดยต้องใช้เครื่องมือพิเศษ การฉาบผิวของผลิตภัณฑ์ อัดซีเมนต์กระทำได้โดยวิธีธรรมดา เช่น การลงแลกเกอร์ การฉาบผิวด้วยสี หรือน้ำมันต่างๆ การปะหน้าด้วยพีวีซี หรือแผ่น บางวีเนียร เป็นต้น อีกทั้งยังสามารถใช้เครื่องมือธรรมดาตกแต่งได้ จึงสามารถนำไปใช้ทำบังใบมนขอบทำลิ้นได้ นอกจากนี้ บริษัท Bison Werkeจำกัด ในสหพันธ์สาธารณารัฐเยอรมันได้พั ฒนาวิธีที่เรียกว่า “การพับ” (Flolding) โดยใช้ใบมีดของเครื่องจักรเซาะผลิตภัณฑ์ อัดซีเมนต์เป็นร่อง ให้ตัวร่องเป็นมุมฉากแล้วหักพับเป็นมุมเหลี่ยมต่างๆ ได้ เช่นในลักษณะตัว L,ตัว C,ตัว U,และตัว T เป็นต้น โดยการใช้กาวยึดรอยพับให้แน่น ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการก่อสร้างได้กว้างมากขึ้น(กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2539)

2.2 ประเภทของแผ่นซีเมนต์บอร์ด

ประเทศต่างๆ ได้ให้ความสนใจกับผลิตภัณฑ์ อัดซีเมนต์กันอย่างมากโดยผลิตภัณฑ์นี้เข้ามามีบทบาทอย่างสำคัญในการก่อสร้างบ้านสำเร็จรูปและใช้เป็นส่วนประกอบ ของบ้านเรือน ซึ่งทำให้ต้นทุนทางด้านวัสดุก่อสร้างถูกลงอย่างมาก อุตสาหกรรมสำหรับผลิตภัณฑ์ อัดซีเมนต์ แบ่งได้เป็น 3 ชนิด (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2544) คือ

1) อุตสาหกรรมแผ่นเส้นอัดซีเมนต์ หรือมีชื่อเรียกกันในวงการป่า ว่า Wood-Wood Board หรือว่า Wood-Wood Cement Slabs ซึ่งเขียนเป็นตัวย่อว่า W.W.S. และมีชื่อเรียกตามมาตรฐาน มอก . 442-2525 ว่า “แผ่นฝอย อัดซีเมนต์ชนิดใช้งานทั่วไป ”(สมอ .,2525)อุตสาหกรรมประเภทนี้เกิดขึ้นในประเทศไทยมาร่วม 26 ปีเศษแล้ว โดยมีวิธีการผลิตจากการนำท่อน ซึ่งส่วนใหญ่เป็น ท่อนซุงที่มีลักษณะดี

งาม และกลมมาทอนเป็นท่อนสั้นๆ ประมาณ 40-50 ซม ผ่าท่อนนั้นเป็น .2 ซีก แล้วขูดซีกของท่อนซุงด้วยเครื่องทำฝอย (Wood-Wood Machine) ฝอยที่ขูดออกมาจะเป็นลักษณะขี้กบบางๆ ความกว้างประมาณ 4-5 มิลลิเมตร ความหนาประมาณ 0.2-1 มิลลิเมตร ความยาวประมาณ 50 มิลลิเมตร ต่อจากนั้นนำไปผสมกับซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ วัตถุเคมีบางอย่างละน้ำ แล้วนำไปเข้าแบบอัดเป็นแผ่น มีความหนาตั้งแต่ 0.5 นิ้วถึง 4 นิ้ว ส่วนความกว้าง ความยาวของแผ่นเส้นฝอยอัดซีเมนต์นั้น โดยมาก ใช้ขนาดมาตรฐาน 1x2 เมตร นำไปผึ่งให้ซีเมนต์แห้งจะมีความยืดหดตัวน้อย สามารถกันเสียง และเป็นฉนวนกันความร้อนความหนาวได้ดี เหมาะสำหรับทำฝ้าเพดาน และฝากั้นห้อง คุณสมบัติพิเศษคือสามารถฉาบปูนได้เนื่องมีผิวที่มีความหยาบสามารถยึดเกาะปูนฉาบได้ดี จึงสามารถนำไปทำฝาห้อ งได้ทั้งภายนอกและภายในอาคาร แต่สิ่งที่คว รระวังคือ ที่นำมาขูดทำเส้น (Wood-Wood) จะต้องมีคุณสมบัติเหมาะสมทีจะยึดเกาะซีเมนต์ได้ โดยที่ เหล่านั้นจะต้องไม่มีปริมาณสารแทรกเช่น น้ำตาล ไขมัน น้ำมัน (Resin) เป็นต้น เพราะสารเหล่านี้จะเป็นตัวการขัดขวางปฏิกิริย าแข็งตัวระหว่าง กับซีเมนต์ ที่เหมาะจะนำมาเป็นวัตถุดิบได้แก่ ก่อ มะอ้าแดง อินทนิน สน และยูคาลิปตัส ฯลฯ สำหรับในต่างประเทศในแถบทวีปยุโรปสามารถนำ เนื้ออ่อนชนิดต่างๆ มาผลิตแผ่นฝอยอัดซีเมนต์ โดยใช้น้ำยาเคมีช่วย อย่างไรก็ตามแผ่นเส้นอัดซีเมนต์ในประเทศไทยยังไม่ก้าวหน้าเท่าที่ควร เนื่องจากต้นทุนการดำเนินงานยังสูง วัตถุดิบหลักคือซีเมนต์และ ต้องเลือกชนิดยึดเกาะกับซีเมนต์ และเลือกท่อนโตตรง เพื่อจะขุดได้ฝอย เส้นยาว ทำให้วัตถุดิบมีราคาสูง ซึ่งผู้ปะกอบการสามารถแก้ไขปัญหาได้โดยปลูกสร้างสวนป่าเอง เพื่ อจะมีชนิดที่ต้องการมาป้อนเป็นวัตถุดิบอย่างสม่ำเสมอและร่วมทุนกับบริษัทที่ผลิตปูนซีเมนต์ปัจจุบันนี้เป็นที่นิยมใช้กันมากในประเทศออสเตรียและสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน (บริษัท วิบูลย์วัฒนอุตสาหกรรม จำกัด , 2553)องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติได้ทำการสำรวจพบว่า ในปี 21 ทั่วโลกมีปริมาณการผลิตแผ่นเส้นอัดซีเมนต์ราว 7.6 ล้านลูกบาศก์เมตร และคาดคะเนต่อไปว่าอัตราการใช้แผ่นเส้นอัดซีเมนต์ของโลกจะถีบตัวสูงขึ้นถึง 15.0 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยที่แผ่นเส้น อัดซีเมนต์ จะเป็นที่นิยมนำมาใช้ทำองค์ประกอบอาคารทั่วไปและอาคารสำเร็จรูปมากขึ้นในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา การคาดคะเนนี้อาศัยพื้นฐานจากการคาดการณ์ว่าบรรดาบ้านราคาถูกสำหรับผู้มีรายได้น้อยทั่วโลกจะเพิ่มขึ้นราวปีละ 1 ล้านหลังทุกปี และบ้านเหล่านี้จะหันมาใช้แผ่นเส้นอัดซีเมนต์กันมากขึ้น เพราะมีราคาถูกและยังมีคุณสมบัติที่ดีหลายประการคือ ทนไฟ ทนปลวก เชื้อรา สามารถฉาบตัดแต่งได้ และมีความทนทานสูงอีกด้วย โดยส่วนประกอบของแผ่นเส้น อัดซีเมนต์ใน 1 ลูกบาศก์เมตรประกอบด้วยเส้น 120-140 กิโลกรัม ซีเมนต์ 240-250 กิโลกรัม น้ำ 120-140 ลิตร และเกลือ 3-35 กิโลกรัม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความหนาของแผ่นเส้น อัดซีเมนต์ที่ใช้จะต้องเป็นซีเมนต์ชนิดปอร์ตแลนด์ 350 หรือ 450 ทั้งนี้ควรใช้น้ำสะอาดและเกลือจะเป็นตัวเร่งให้แผ่นเส้นอัดซีเมนต์แห้งเร็วขึ้นปกติแผ่นฝอย อัดซีเมนต์แผ่นหนึ่งจะมีขนาดมาตรฐา นตามที่ระบุไว้ใน มอก .422-2530 เรื่องสักแปรรูป(สมอ.,2530)

รูปที่ 2.1 แผ่นซีเมนต์บอร์ด

2) อุตสาหกรรมแผ่นชิ้น อัดซีเมนต์ (Cement-Bonded Particle-Boards) ชิ้นสับ (Wood Chip) ที่ใช้เป็นวัตถุดิบ สำหรับอุตสาหกรรมนี้เป็นวัตถุดิบเช่นเดียวกับวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเคิ้ลบอร์ด โดยทั่วๆ ไป คุณสมบัติของ ที่ใช้คือจะต้องเป็น สับที่บางและยาว ซึ่งจะทำให้แผ่นผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีขึ้น ขนาดของแผ่นชิ้นอัดซีเมนต์ โดยทั่วไปมี 2 ขนาดคือ 1,250x2,240มม. และขนาด 1,250x2,800มม.ส่วน ความหนานั้นมีตั้งแต่8-40มม.(Density) สูงสุด 1,250 กิโลกรัมสับ ลูกบาศก์เมตร ถ้าส่วนผสมระหว่างชิ้น/ วนส่ารต กับซีเมนต์เป็นอั1:2:75 โดยน้ำหนัก การจะลดความหนาแน่นให้ต่ำลงสามารถทำได้ด้วยการลด อัตราส่วนผสมของซีเมนต์ ลง แต่จะทำให้อัตราการทนไฟต่ำลงและทำให้การพองตัวเมื่อถูกน้ำเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามแผ่นชิ้นสับอัดซีเมนต์ที่ลดความหนาแน่นโดยวิธีลดอัตราส่วนผสมของซีเมนต์นั้นอาจนำไปใช้ ทำผนังกั้นห้องทำเพดานและทำส่วนประกอบของสิ่งก่อสร้างที่ต้องการความทนไฟสูง และมีมาตรฐาน มอก .878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นอัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูง (สมอ.,2537)

3) อุตสาหกรรมแผ่นใย อัดซีเมนต์ (Cement-Bonded Fiber Board) อุตสาหกรรมประเภทนี้ เป็นเรื่องที่น่าสนใจจะศึกษาค้นคว้าผลิตออกมาเป็นรูปแบบอุตสาหกรรม เพราะมีกรรมวิธีการผลิต เช่นเดียวกับแผ่นชิ้น อัดซีเมนต์ มีข้อแตกต่างเพียงใช้เส้นใยจาก แทนที่จะเป็นชิ้น การผลิตควรจะสร้างเป็น โรงงานผนวกกับโรงงานอัดแผ่นเรียบ(Fiber-Board) เนื่องจากอุตสาหกรรมวัตถุดิบสำคัญของอุตสาหกรรม นี้ คือเส้นใย ซึ่งโรงงานไฟเบอร์บอร์ดต้องผลิตอยู่แล้ว ในอนาคตเส้นใยที่ได้จาก ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิล และพืชการเกษตรจะมีความสำคัญมากดังเช่น ปาล์มน้ำมันอาจเป็นสิ่งทดแทนเส้นใยที่ได้จากแร่ใยหิน (Asbestos) เพราะได้มีกฎหมายห้ามใช้ในผลิตภัณฑ์ก่อสร้างเนื่องจากมลพิษในสภาพแวดล้อม และ อุตสาหกรรมนี้ยังไม่มีผลิตออกมาเป็ นสินค้าจึงเป็นเรื่องที่น่าศึกษาทดลอง ตลอดจนถึงการศึกษาการผลิต อิฐบล็อกด้วยไฟเบอร์ผสมซีเมนต์และชิ้นสับผสมซีเมนต์ด้วย

2.3 มาตรฐานแผ่นชิ้นอัดซีเมนต์

แผ่นชิ้นอัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง มีการควบคุมด้วยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก . 878-2537 (สมอ., 2537) โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1) ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐาน

1.1) แผ่นชิ้นอัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง หรือแผ่นชิ้นอัดซีเมนต์ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นแผ่น ทำจากชิ้นและปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 1,100 ถึง 1,300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

1.2) ชิ้น หมายถึง ชิ้นหรือส่วนของเนื้อ หรือวัสดุลิกโนเซลลูโลส (lingo-cellulosic material) อื่นๆ ที่ถูกย่อยด้วยเครื่องจักร ชิ้นอาจมีลักษณะต่างๆ อย่างใดอย่างหนึ่ง ดังนี้

- เกล็ด (flake) องเสี้ยนขนานกับผิว ได้จากการใช้ใบมีดตัดบางๆ มีทิศทางขหมายถึง ชิ้นขนานกับแนวของเสี้ยน แต่ทำมุมกับแนวแกนของเส้นใย
- เกล็ดใหญ่ (wafer) ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเกล็ด แต่มีความกว้างและ หมายถึง ชิ้นความหนามากกว่า
- แถบ (strand) วมากเมื่อเทียบ ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเกล็ด แต่มีความยาหมายถึง ชิ้นกับความกว้าง และมีความหนาสม่ำเสมอตลอดความยาวของแถบ
- ขี้กบ (planer shaving) ที่มีรูปร่างเป็นแผ่นขนาดเล็ก มีความหนาไม่เท่ากันหมายถึง ชิ้น คือ หนาที่ปลายด้านหนึ่ง ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งจะบาง มีลักษณะเป็นแฉกขนนก และมักโค้งงอด้วย ซึ่งได้ชนิดหัวตัดหมุนด้วยเครื่องไสจากการไส (rotary cutterhead)
- แท่ง (splinter or sliver) ที่มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมเมื่อมองทางหน้าตัดหมายถึง ชิ้น และมีความยาวตามแนวเสี้ยนไม่น้อยกว่า4 เท่าของความหนา
- เม็ด (granule) ที่มีลักษณะคล้ายขี้เลื่อย ซึ่งมีความกว้าง ความยาว และ หมายถึง ชิ้นความหนาเกือบเท่ากัน
- ลักษณะอื่นๆ ซึ่งเหมาะสำหรับทำแผ่นชิ้นอัดซีเมนต์

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

2) ส่วนประกอบและการทำ

2.1) ส่วนประกอบ

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

2.2) การทำ ใช้เครื่องจักรย่อย ออกเป็นชิ้น แยกชิ้นให้ได้ขนาดตามต้องการ นำไปผสมกับปูนซีเมนต์ แล้วนำไปโรยและอัดเป็นแผ่นโดยทิ้งไว้ให้ปูนซีเมนต์ก่อตัวแล้วจึงถอดแบบออก หารใส่สารผสมเพิ่มต้องไม่ทำให้ความแข็งแรงหรือความคงทนของแผ่นชิ้นอัดซีเมนต์เสียไป

3) คุณลักษณะที่ต้องการ

3.1) ลักษณะทั่วไป

แผ่นชิ้นอัดซีเมนต์ต้องมีความหนา ความแน่น และความเรียบสม่ำเสมอกันตลอดทั้งแผ่น ขอบจะต้องตั้งได้ฉากกับระนาบผิว

3.2) ความหนาแน่น

ความหนาแน่นเฉลี่ยต้องอยู่ในช่วง1,100 ถึง 1,300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

3.3) ความชื้น

ความชื้นเฉลี่ยต้องอยู่ในช่วงร้อยละ 9 ถึงร้อยละ 15

3.4) สภาพนำความร้อน

ต้องมีค่าเฉลี่ยไม่เกิน 0.155 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน (ทดสอบตามBS 874)

3.5) คุณลักษณะที่ต้องการอื่นๆ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณลักษณะที่ต้องการอื่นๆ ของแผ่นชิ้นอัดซีเมนต์ (สมอ., 2537)

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

2.4 เส้นใยธรรมชาติ

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

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

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

ชนิด	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ภาคเหนือ	ภาคกลาง	ภาคใต้	รวม
ปาล์มน้ำมัน	*	*	*	*	615,000
มะพร้าว	*	*	*	*	2,545,000
ละหุ่ง	*	*	*	*	263,400
สับปะรด	*	*	*	*	395,000

หมายเหตุ ไม่มีข้อมูล=* ** = พื้นที่เก็บเกี่ยว

2.5 ผักตบชวา

ผักตบชวามีชื่อสามัญว่า Water Hyacinth เป็นพืชที่เจริญอยู่บนน้ำ จัดเป็นประเภทลอยน้ำ (floating) โดยปกติรากจะไม่ยึดกับพื้นดินจึงถูกกระแสลมหรือน้ำพัดพาได้ไกล ๆแต่ถ้าน้ำตื้นแล้วรากจะหยั่งยึดติดกับพื้นดินได้ ลักษณะทรงตัน ประกอบด้วยกลุ่มใบเรียงกันเป็นกระจุกในต้นหนึ่งๆ จะมีใบตั้งแต่สองใบขึ้นไป ที่โคนก้านใบจะมีกาบใบ (sheath)ลักษณะเป็นเยื่อบาง ๆ สีขาวเกมเขียวอ่อนๆ แต่เมื่อมีอายุมากขึ้นก็จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลบริเวณของกาบใบเป็นสีน้ำตาลแกมเขียวอ่อนๆ แต่เมื่อมรอายุมากขึ้นก็จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลบริเวณของกาบใบเป็นสีน้ำตาลแกมม่วงจะเชื่อมติดต่อกันโดยมีน้ำไหล (stolon)ซึ่งเป็นลำต้นที่ทอดไปตามผิวน้ำช่วยในการขยายตัวของผักตบชวาให้เพิ่มขึ้นต้นหนึ่งๆ ของผักตบชวาจะมีไหลแตกออกไปได้หลายอัน เมื่อไหลแตกออกไปแล้ว ก็จะเจริญขึ้นเป็นต้นใหม่แต่ยังติดกับต้นเดิมอยู่และเกิดกอขึ้น พร้อมทั้งมีรากเกิดขึ้น รากและผักตบชวาเป็นแบบรากฝอย (fibrous root) คือมีรากย่อย ๆ เป้นกระจุกรากที่แทงออก จะมีลักษณะอวบ สีขาว เมื่อมีอายุมากขึ้นจึงจะมีรากขนอ่อน (root hair)ที่มีน้ำตาลอ่อนและเมื่อแก่ รากขนอ่อนนี้จะเป็นสีน้ำตาลแก่จนถึงสีดำ ความยาวของรากจะแตกต่างกันไป บางเส้นก็ยาวเกือบถึงหนึ่งเมตร (60-90 ซม.)[2]

ผักตบช วา เป็นพืชน้ำล้มลุกอายุหลายฤดู สามารถอยู่ได้ทุกสภาพน้ำ มีถิ่นกำเนิดในแถบลุ่มน้ำอะเมซอน ประเทศบราซิล ในทวีปอเมริกาใต้ มีดอกสีม่วงอ่อน คล้ายช่อดอกกล้วย และแพร่พันธุ์ได้อย่างรวดเร็วจนกลายเป็นวัชพืชที่ร้ายแรงในแหล่งน้ำทั่วไป มีชื่อเรียกในแต่ละท้องถิ่น เช่น ผักปอด, สวะ, ผักโรค, ผักตบชวา, ผักยะวา, ผักอิโยก และผักป่อง เป็นต้น

ใบ เป็นแบบใบเดียว (simple leaf) ประกอบด้วย แผ่นใบ (blade)และก้านใบ (petiole) แผ่นใบลักษณะคล้ายรูปไต (reniform) หรือคล้ายรูปหัวใจ (cordate) มักมีความก้างมากกว่ายาว หรือเกือบจะเรียบ อวบน้ำ ถ้าต้นผักตบชวาเจริญอยู่ห่าง ๆ กัน ลำต้นจะเล็กและก้านใบมักจะพองออกเป็นทุ่นลอยน้ำ (ลักษณะเช่นนี้เรียกว่า buoyancy leaf) แต่ถ้าผักตบชวาเจริญอยู่ในที่เบียดชิดกันมากโดยเฉพาะในน้ำนิ่งก้านใบจะไม่พอง นอกจากนั้น ก้านใบยังยาวมาก บางแห่งจะพบว่ายาวถึงหนึ่งเมตรก็จะเกิ ดใบอ่อนจะเกิดตรงกลางกอ โดยแผ่นใบอ่อนจะม้วนหุ้มรอบโคนก้าน ใบใกล้เคียง และมีกาบใบบาง ปลายก้านใบนี้ จะมีลักษณะคอดแล้งบาน ขอบหยักเล็กน้อยเป็นเยื่อบาง ๆ เมื่อเยื่อบางๆ เมื่อใบอ่อนโตขึ้นก้านใบก็ขยายขึ้นดันใบที่ห่อหุ้มนั้นออก แผ่นใบก็จะค่อยๆคลี่เป็นอิสระจากโคนก้ านใบเดิมในระยะแรกใบจะมีสีเขียวอ่อนต่อไปจะมีสีเข้มขึ้น กาบใบนั้นก็จะคงติดอยู่ตรงโคนก้านใบ

รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะทั่วไปของผักตบชวา

องค์ประกอบทางเคมีของผักตบชวา

ต้นผักตบชวา 100 กิโลกรัม หลังจากตากให้แห้งจะมีน้ำหนักเหลือประมาณ 5 กิโลกรัม คิดเป็นน้ำหนักของกากแห้งเฉลี่ย ร้อยละ 5 ของน้ำหนักทั้งหมดจากการวิเคราะห์องค์ ประกอบผักตบชวา พบว่าผักตบชวาประกอบด้วย เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสและลิกนิน และธาตุอื่นๆ (อมรรัตน์ สีสุกองและคณะ , “การสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากวัชพืชท้องถิ่นในจังหวัดนนทบุรี หน้า 10”)

ตารางที่3 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของผักตบชวาแห้ง

องค์ประกอบทางเคมี	ร้อยละโดยน้ำหนัก
ลิกนิน	12-13
เซลลูโลส	43-44
เพนแซน	14-15
เถ้า	20-21
คาร์บอน	32-35
ไฮโดรเจน	5.4-5.8
ไนโตเจน	2.8-3.5
โซเดียม	1.5-2.5
โปแตสเซียม	2.0-3.5
แคลเซียม	0.6-1.3

ที่มา : อมรรัตน์ สีสุกองและคณะ, “การสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากวัชพืชท้องถิ่นในจังหวัดนนทบุรี” (เอกสารประกอบการวิจัยโปรแกรมวิชาชีพวิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต,2551),10

ผักตบชวาสามารถอยู่ได้ทุกสภาพน้ำทั้งในน้ำสกปรกและน้ำสะอาด เจริญเติบโตได้ดีที่ pH4-10 และอุณภูมิของน้ำไม่สูงกว่า 34 ˚C และในต้นพืชจะมีน้ำเฉลี่ ยร้อยละ95ในใบร้อยละ89 และในก้านใบ 96.7ผักตบชวาช่วยในการบำบัดน้ำเสียโดยอาศัยคุณสมบัติทำหน้าที่เป็นตัวกรอง ผักตบชวาที่ ขึ้นอยู่อย่างหนาแน่นเปรียบได้กับวัสดุซึ่งกรอง น้ำไหลผ่านกอผักตบอย่างช้าๆ จึงทำให้ของแข็งแขวงลอยต่าง ๆ ที่ปนอยู่ในน้ำถูกสกัดกั้นนอกจากนั้นระบบรากที่มีจำนวนมากช่วยกรองสารอินทรีย์ที่ละเอียดและจุลินทรีย์ที่

อาศัยเกาะอยู่ที่รากช่วยดูดสารอินทรีย์ไว้ด้วยอีกทางหนึ่ง รากผักตบชวาจะดูดสารอาหารที่อยู่ในน้ำลำเลียงใบยังใบเพื่อสังเคราะห์แสงไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสียจึงถูกกำจัดไปอย่างไรก็ตามไนโตรเจนในน้ำเสียนั้น ส่วนมากจะอยู่ในสารประกอบทางเคมี เช่น สารอินทรีย์ไนโตรเจน แอมโมเนีย ไนโตรเจน และไนเตรทไนโตรเจน พบว่าผักตบชวาสามารถ ดูด ไนโตรเจนได้ทั้ง 3ชนิด แต่ในปริมาณที่แตกต่างกัน คือ ผักตบชวาสามารถดูดอินทรีย์ไนโตรเจนได้สูงกว่าไนโตรเจนในรูปอื่น ๆ คือประมาณร้อยละ 95 ขณะที่ไนโตรเจนและแอมโมเนียไนโตรเจนจะลดลงประมาณร้อยละ 80และร้อยละ 77ตามลำดับ แต่การใช้ผักตบชวาบำบัดน้ำเสียที่มีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูงจะส่ง จะส่งผลให้ผักตบชวาเจริญเร็วขึ้นและปกคลุมพื้นที่ผิวน้ำมากขึ้น จึงควรมีการดูแลระบบเก็บต้นผักตบชวาที่เจริญเต็มที่ขึ้นจากน้ำอย่างสม่ำเสมอ ดังนั้นเมื่อผักตบชวาตายจะเน่าอยู่ในน้ำ ทำให้น้ำเสียนั้น มีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น ส่วนของรากผักตบชวามีแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนแกรมลบ คือ Azospirillum spp.และคุณสมบัติพิเศษสามารถตรึงไนโตรเจนได้ประมาณ 2.5 กิโลกรัม/เอเคอร์/วัน การที่ผักตบชวา เป็นพืชที่เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ วและเกิดขึ้นอย่างเดียวล้วน ๆ ทำให้ลู่ทางในการนำไปใช้ประโยชน์มากขึ้น

ประวัติของผักตบชวาในประเทศไทย

ผักตบชวาถูกนำเข้ามาในประเทศไทยในปีพ.ศ.2444 ในสมัยรัชกาลที่ 5 โดยนำเข้ามาจากประเทศอินโดนีเซียในฐานะเป็นประดับสวยงาม โดยเจ้านายฝ่ายในที่ตามเสด็จประพาสประเทศอินโดนีเซีย ได้เห็นพืชชนิดนี้มีดอกสวยงาม จึงนำกลับมาปลูกในประเทศไทย และใส่อ่างดินเลี้ยงไว้หน้าสนามวังสระปทุม จนกระทั่งเกิดน้ำท่วมวังสระปทุมขึ้น ทำให้ผักตบชวาหลุดลอยกระจายไปตามแม่น้ำลำคลองทั่วไป และแพร่พันธุ์อย่างกว้างขวางในปัจจุบัน

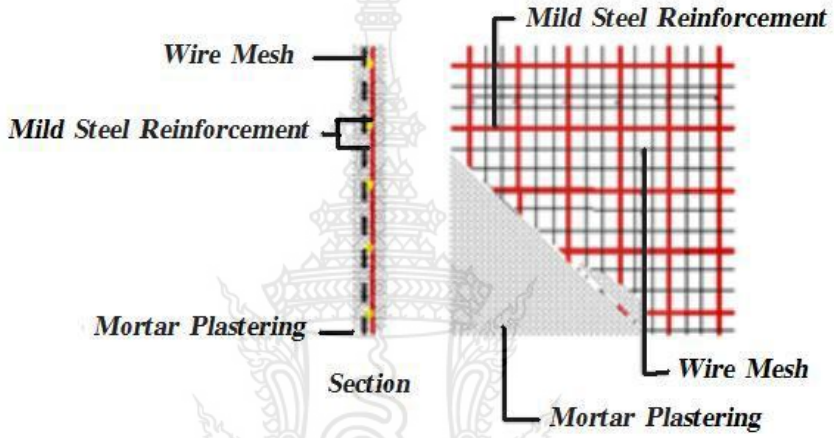
2.6 ปัญหาของผักตบชวา

ผักตบชวาจัดเป็ น ที่เข้ามาแพร่ระบาดรุกรานจน " ชนิดพันธุ์ต่างถิ่น" หรือ " เอเลี่ยน สปีชี่ส์" ก่อให้เกิดความเสียหายต่อระบบนิเวศน์ในประเทศไทย มีการแพร่ขยายพันธุ์อย่างรวดเร็ว ใน1 เดือน ผักตบชวาเพียง 1 ต้นอาจขยายพันธุ์ได้มากถึง 1,000 ต้น ถึงแม้น้ำจะแห้งจนต้นตายแต่เมล็ดของมันก็ยั งมีชีวิตต่อไปได้นานถึง 15 ปีและทันทีที่เมล็ดได้รับน้ำที่เพียงพอมันก็จะแตกหน่อเป็นต้นใหม่ต่อไปจนกลายเป็นปัญหาทางน้ำและทวีความรุนแรงจนเป็นปัญหาระดับประเทศ ทำให้รัฐบาลต้องเสียงบประมาณในการกำจัดผักตบชวาจำนวนมาก ซึ่งไม่เพียงแต่ประเทศไทยเท่านั้นอีกกว่า 50 ประเทศ ทั่วโลกก็เจอปัญหาเช่นเดียวกัน จะมีก็แต่ประเทศในแถบยุโรปเท่านั้นที่ปลอดการรบกวน และบริเวณที่ถูกผักตบชวาคุกคามมากที่สุดคือ ทะเลสาบวิกตอเรีย ประเทศไทยเองเริ่มมีการกำจัดผักตบชวามาตั้งแต่สมัยรัชกาลที่ 6 ถึงขนาดมีการออกพระราชบัญญัติสำหรับกำจัดผักตบชวา พ .ศ.2456ปัจจุบันมีหน่วยงานและองค์กรต่างๆ ได้เข้ามาช่วยเหลือในการกำจัด เช่น นำไปผลิตเป็นของใช้ อาหารสัตว์ ทำปุ๋ย ฯลฯ และมีการนำแมลงมวนผักตบจากแหล่งกำเนิดที่ทวีปอเมริกาใต้ เข้ามาทดลองปล่อยในประเทศไทย เพื่อควบคุมจำนวนประชากรของผักตบชวา

2.7 เฟอร์โรซีเมนต์

โครงสร้างเฟอร์โรซีเมนต์ (Ferrocement) มีใช้มาตั้งแต่ปี ค.ศ.1840 ได้รับการพัฒนา โดย Nervi ซึ่งเป็นผู้ริเริ่มศึกษาค้นคว้าคุณสมบัติของเฟอร์โรซีเมนต์ ประกอบด้วย ตะแกรงหลายๆ ชั้น หุ้มด้วยมอร์ตาร์ ในเวลาต่อมาก็มีการออกแบบและสร้างหลังคาโค้ง (shell roof) และเรือเฟอร์โรซีเมนต์ โดยอาศัยการทดลองของ Nervi ดังกล่าว American concrete Institute (ACI) ได้นิยามว่า “ เฟอร์โรซีเมนต์ คือ

โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กผิวบาง ประกอบด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับวัสดุเสริมที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดเล็ก และต่อเนื่องกันเป็นตะแกรง ซึ่งตะแกรงนี้อาจเป็นโลหะหรือแร่อื่นที่ใช้ทำเป็นตะแกรงได้ '' นั้น คือ เฟอร์โรซีเมนต์เป็นวัสดุก่อสร้างอย่างหนึ่งที่ประกอบด้วยซีเมนต์ วัสดุผสม (Aggregrate) และวัสดุเสริม (Reinforcement) โดยที่เฟอร์โรซีเมนต์ (Ferrocement) ถือว่าเป็นโครงสร้างเปลือกบางชนิดหนึ่งที่ ทำขึ้นด้วยมอร์ต้าร์ (Mortar) และลวดตะแกรง (Wire Mesh) โดยที่มอร์ต้าร์จะใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ทรายละเอียด และน้ำเป็นส่วนผสม ส่วนลวดตะแกรงอาจใช้ลวดตะแกรงหกเหลี่ยม (หรือที่เรียกกันว่าลวดกรงไก่) หรือลวดตะแกรงสี่เหลี่ยมก็ได้ ซึ่งลวดตะแกรงนี้จะทำหน้าที่ยึดเกาะมอร์ต้าร์ให้เข้าด้วยกัน แต่ก็อาจจะมีการใช้ เหล็กเสริม (Mild Steel Reinforcement) ที่ใช้ในงานก่อสร้างทั่วไป ช่วยขึ้นรูปโครงสร้างหรือช่วยยึดรั้งโครงสร้างไว้ และบางครั้งจะใช้รับกำลังได้อีกด้วย (ครองศักดิ์ และคณะ,2553)



รูปที่ 2.3 ลักษณะโครงสร้างของเฟอร์โรซีเมนต์ (ครองศักดิ์ และคณะ,2553)

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

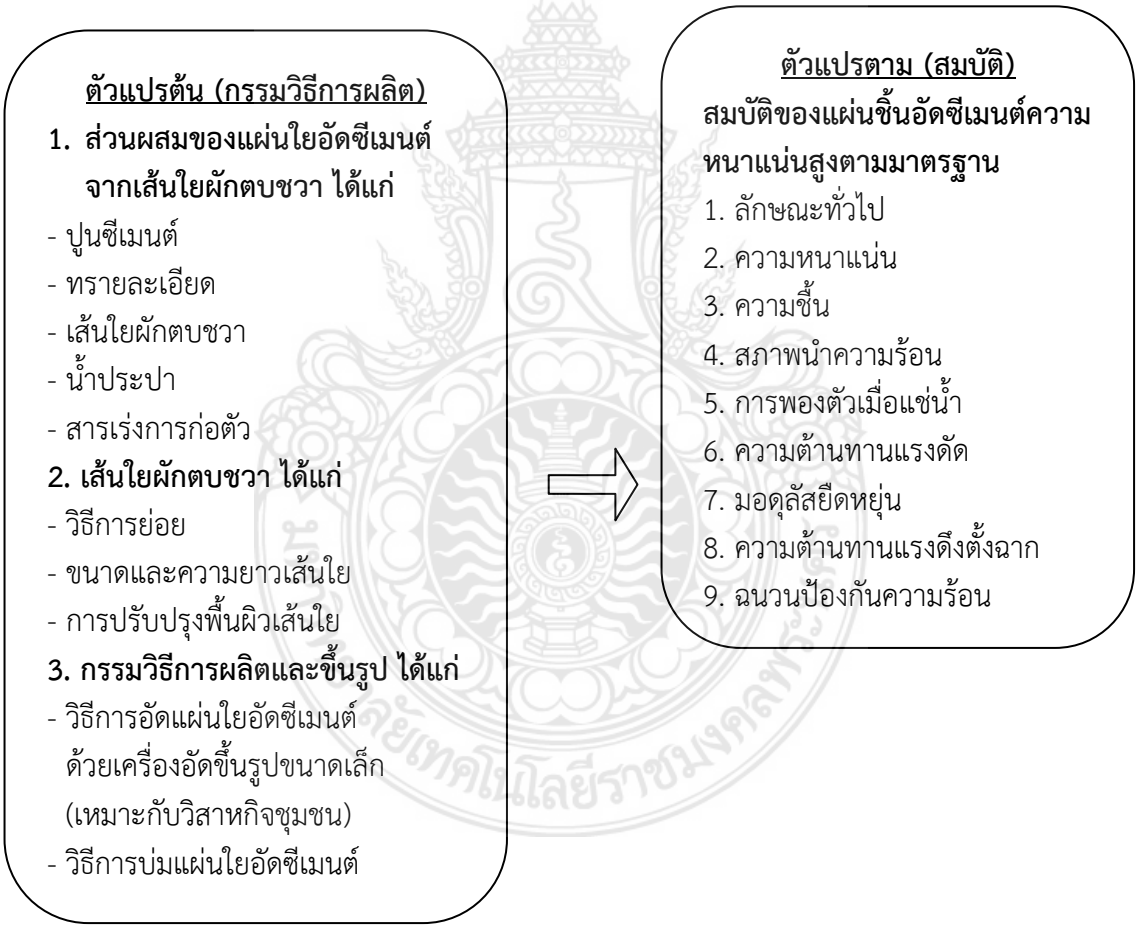
ดังนั้น เฟอร์โรซีเมนต์ จึงสามารถทำโครงสร้างได้หลากหลายประเภท เช่น อาคารขนาดเล็ก เรือสะพาน สระว่ายน้ำ ถังเก็บน้ำ ฯลฯ รวมทั้งยังสามารถนำเฟอร์โรซีเมนต์ไปใช้ในงานซ่อมแซมหรือเสริมกำลังโครง สร้างคอนกรีตเสริมเหล็กได้อีกด้วย โดยหลักการสร้างหรือทำโครงสร้างเหล่านี้ จะทำการ ขึ้นโครงก่อนด้วยเหล็กเสริม (หรือใช้ไผ่แทนเหล็กเสริม) แล้วทา การหุ้มโครงด้วยลวดตะแกรง เสร็จแล้วจะทำการฉาบด้วยมอร์ต้าร์ จากการที่มีการศึกษาเฟอร์โรซีเมนต์ พบว่า เฟอร์โรซีเมนต์ มีคุณสมบัติที่ดีหลายประการ ดังนี้

1) เป็นโครงสร้างที่ไม่ต้องใช้แบบจึงง่ายต่อการก่อสร้าง ช่างปูนทั่วไปสามารถสร้างได้
2) เป็นโครงสร้างผิวบางจึงทา ให้ประหยัดค่าวัสดุก่อสร้าง และลดน้ำหนักของโครงสร้าง
3) ความสามารถรับแรงดึง (Tension) ก่อนร้าวสูงกว่าคอนกรีตเสริมเหล็ก
4) มีพฤติกรรมเป็นวัสดุเนื้อเดียว (Homogeneous elastic material)
5) ความทนทาน (Durability) สูง
6) ความกว้างของรอยแตกร้าวเล็กมาก
7) สามารถทนทานต่อแรงกระแทกได้ดี

โครงสร้างเฟอร์โรซีเมนต์นี้ ได้เคยมีการนำมาใช้อย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในภาคพื้นเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยใช้ทำ เรือ , ถังเก็บเมล็ดพืช, ถังน้ำ และส่วนประกอบของบ้าน ซึ่งเฟอร์โรซีเมนต์นี้นอกจากจะมีคุณสมบัติในการรับแรงดีแล้ว ยังใช้เวลาในการก่อสร้างไม่มากทำให้ประหยัดค่าแรงในการก่อสร้าง

2.8 กรอบแนวคิด

กรอบแนวความคิดของการพัฒนา แผ่นใยอัดซีเมนต์จากเส้นใยผักตบชวา เป็นการศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นใย อัดซีเมนต์หรือแผ่นชิ้น อัดซีเมนต์ที่มี เส้นใยผักตบชวา ผสมรวมกับปูนซีเมนต์ ทรายละเอียด สารเร่งการก่อตัว และตะแกรงเหล็ก (เฉพาะชนิดความแข็งแรงสูง) เน้นให้มีการศึกษา ทดลองและปรับปรุงเพื่อหาอัตราส่วนและกระบวนการที่ทำให้แ ผ่นใยอัดซีเมนต์ มีคุณสมบัติตามต้องการ และสามารถผ่านการทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกล ตามมาตรฐาน มอก . 878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นอัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูงได้ (สมอ., 2537) สามารถขึ้นรูปได้ด้วยเครื่องจักรขนาดเล็ก และไม่ต้องค้างน้ำหนักไว้ภายหลังการอัด ซึ่งสะดวกต่อการผลิตใช้งานจริงโดยวิสาหกิจชุมชน



รูปที่ 2.4 กรอบแนวความคิดของแผ่นใยอัดซีเมนต์จากเส้นใยผักตบชวา

2.9 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยและสิทธิบัตรที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้เส้นใยธรรมชาติสำหรับผลิตเป็นแผ่นเทียม ทั้งชนิดอัดกาว และชนิดซีเมนต์ ซึ่งทำการรวบรวมมาพอสังเขป สามารถสรุปได้ ดังนี้

ธวัช จิรายุส (2535) ศึกษาการจับยึดปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ของ ยูคาลิปตัสและทดลองทำแผ่น อัดซีเมนต์จากยูคาลิปตัส คามาลเลน เริ่มจากการนำ ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสที่ได้มาจากสถานีทดลองปลูกพรรณห้วยทา จังหวัดศรีสะเกษ ที่ใช้ทดลองอายุประมาณ 20 ปี นำมาตัดเป็นแท่งเล็กๆ ขนาด 200 x 15 x 5 ลูกบาศก์มิลลิเมตร เลือกเอาแท่ง ที่มีเสี้ยนตรงไม่บิด และส่วนปลายปราศจากตำหนิเช่น ตา , รอยแตกร้าว ฯลฯ แช่แท่งทดสอบที่คัดดีแล้วในน้ำกลั่น และน้ำกลั่นที่มีสารเคมีผสมอยู่ ร้อยละ 10 โดยน้ำหนักสารละเลยเคมีที่ใช้เปรียบเทียบมี 3 ชนิด คือ อลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3$) แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) และโซเดียมซิลิเกต (Na_2SiO_3) ปักแท่งทดสอบให้จมลงในส่วนผสมของซีเมนต์กับน้ำกลั่นที่เตรียมไว้ โดยมีอัตราส่วนผสมของปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ 400 กรัม และน้ำกลั่น 160 มิลลิลิตร ภายในถ้วยกระดาษขนาด 200 มิลลิลิตร ระยะเวลา ที่แช่แท่งในน้ำกลั่นหรือสารละลายประมาณ 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดจึงนำออกมาซับน้ำผิวหน้าออกให้แห้งพอหมาดๆ แล้วจึงปักลงในถ้วยที่บรรจุส่วนผสมในระดับลึก 50 มิลลิเมตร ให้ตั้งฉากกับผิวหน้าของซีเมนต์แต่ละถ้วย โดยใช้แบบที่ทำขึ้นจากเหล็กแต่ละถ้วย โดยใช้แบบที่ ทำขึ้นจากเหล็กฉากมีรูเป็นตัวบังคับ หลังปล่อยให้ส่วยผสมซีเมนต์แข็งตัวภายในสภาวะอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จึงนำแบบถ้วยทดลองทั้งหมดไปทำการทดสอบการเกาะยึดระหว่างยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส โดยวิธี stick test method โดยการทดลองใช้สารเคมี 3 ชนิด คือ อลูมิเนียมซัลเฟต, แคลเซียมคลอไรด์, และโซเดียมซิลิเกต เป็นสารปรับปรุงคุณภาพฉาบผิวและซึมเข้าในเนื้อ เพื่อเร่งการแข็งตัวของซีเมนต์ และปรับปรุงการเกาะยึดโดยใช้สภาวะที่ไม่ได้ใช้สารเคมี (ใช้น้ำอย่างเดียว) เป็นการทดลองเปรียบเทียบ สามารถสรุปผลเป็นข้อๆ ได้ว่า การใช้สารเคมีชนิดโซเดียมซิลิเกต และอลู มิเนียมซัลเฟต สามารถให้ค่าความแข็งแรงด้านแรงดึงยึดเหนี่ยวระหว่าง และซีเมนต์เฉลี่ยสูงกว่าสภาวะทดลองที่ไม่ใช้สารเคมีเป็นตัวเปรียบเทียม ตามลำดับ แต่การทดลองใช้สารเคมีชนิดแคลเซียมคลอไรด์ กลับให้ค่าความแข็งแรงเฉลี่ยต่ำกว่าการทดลองเปรียบเทียบที่ไม่ใช้สารเคมี (ใช้น้ำอย่างเดียว) ซึ่งผลที่ได้ยังสามารถสรุปได้ว่า การใช้สารเคมีเพื่อช่วยปรับปรุงการเกาะยึดระหว่าง และซีเมนต์ครั้งนี้ ช่วยเพิ่มความแข็งแรงการเกาะยึดได้มาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่า สารเคมีดังกล่าวช่วยลดอิทธิพลยับยั้งต่างๆ ในการจับยึดระหว่า และซีเมนต์ได้ ถึงแม้ว่าในกรณีของสารแคลเซียมคลอไรด์ จะให้ค่าความแข็งแรงที่ต่ำกว่าสภาพธรรมดา ซึ่งไม่ใช้สารเคมีก็ตาม แต่ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณสารแคลเซียมคลอไรด์ที่ใช้อาจมากเกินไปแทนที่จะช่วยให้ และซีเมนต์จับยึดกันดีขึ้น แต่ทำให้กลับลดลงสาเหตุนี้อาจอธิบายได้ว่า สารเคมีชนิดนี้ นั้นโดยปกติเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวของซีเมนต์ให้เร็วขึ้น แต่การใช้ปริมาณมากไปซีเมนต์ก็จะเกิดการแข็งตัวเร็วเกินไป (flash set) จนและซีเมนต์มีอัตราการเกาะยึดที่น้อยไป อีกสาเหตุหนึ่งก็คือ ความแปรผันภายใน ที่ใช้ทำการทดลองที่ค่อนข้างสูง โดยพิ จารณาจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติที่แสดงให้เห็นว่า มีความคลาดเคลื่อนของการทดลอง (experimental error) และค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (C.V.) ที่เกิดขึ้นในการทดลองค่อนข้างสูงซึ่งไม่สามารถทราบเหตุที่แน่นอน อย่างไรก็ดีผลที่ได้นับเป็นข้อยืนยันที่เพียงพอพิสูจน์ได้ ว่า ในการใช้ ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จับยึดกับซีเมนต์นั้น หากมีการใช้สารเคมีอินทรีย์ (mineral chemicals) ผสมกับน้ำด้วยจะช่วยเพิ่มความแข็งแรงของการยึดจับระหว่าง และซีเมนต์ให้สูงขึ้นได้

โดยเฉพาะการใช้สารเคมีชนิดโซเดียมซิลิเกต ที่ให้ค่าความแข็งแรงมากกว่า ถึง 2 เท่า เทียมกับสภาพธรรมดาเมื่อไม่ใช้สารเคมี

นิคม แหลมสัก (2546) ได้รับอนุสิทธิบัตรเลขที่ 1470 ยื่นคำขอวันที่ 3 ตุลาคม 2546 (หมดอายุการคุ้มครอง) เรื่องกรรมวิธีการทำแผ่นชิ้น อัดจากทางใบปาล์มน้ำมันและแผ่นชิ้น อัดที่ได้จากกรรมวิธีนี้ โดยมีรายละเอียดของการคุ้มครอง ประกอบด้วย 1.กรรมวิธีการผลิตแผ่นชิ้นอัดจากทางใบปาล์มน้ำมัน ประกอบด้วย (1) การเตรียมชิ้นทางใบปาล์มน้ำมันโดยการสับ แยกน้ำออก แยกขุย นำไปย่อยให้ เป็นชิ้นขนาดเล็กตั้งแต่ 20-200 mesh หรือย่อยให้เป็นเส้นใย (fiber) โดยใช้วิธีกล ทำการอบ โดยควบคุมความชื้นร้อยละ 0-12 โดยน้ำหนักแห้ง (2) นำชิ้นส่วนทางใบปาล์มน้ำมันขนาดเล็กตั้งแต่ 20-200 mesh หรือ เส้นใย หรือ การผสมชิ้นส่วนทางใบปาล์มน้ำมันขนาดเล็กตั้งแต่ 20-200 mesh และเส้นใยจากข้อ (1) ผสมกับกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (UF) ร้อยละ 4-20 ของน้ำหนักแห้งทางใบปาล์ม หรือกาวไอโซ ไซยาเนต (IC) ร้อยละ 2-10 ของน้ำหนักแห้งทางใบปาล์ม หรือกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ (PF) ร้อยละ 3-16 ของน้ำหนักแห้งทางใบปาล์ม ผสมสารปรับปรุงคุณภาพ (additives) (3) การขึ้นรูปแผ่นชิ้นอัดจากทางใบปาล์มน้ำมัน โดยการนำของผสมจากข้อ (2) มาฟอร์มเป็นแผ่นหรือขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ โดยให้มีความหนาแน่นของแผ่น 0.25-1.00 กรัม/ ลูกบาศก์เซนติเมตร ความหนาตั้งแต่ 6-100 มิลลิเมตร (4) นำแผ่นชิ้นอัดจากทางใบปาล์มน้ำมัน (3) ไปรับสภาวะความชื้น (Conditioning) โดยทิ้งไว้ที่สภาวะปกติ 2.กรรมวิธีตามข้อถือสิทธิ 1 ที่ซึ่งสารปรับปรุงคุณภาพที่ใช้ คือ สารกันน้ำและความชื้น (Sizings) สารหน่วงไฟ (Fire retardants) และสารกันเชื้อราและแมลง (Preservatives) ผสมในอัตราส่วนตั้งแต่ร้อยละ 0.01-3 ของน้ำหนักทางใบปาล์มแห้ง และ 3.แผ่นชิ้นอัดจากทางใบปาล์มน้ำมันที่ผลิตขึ้นตามกรรมวิธีของข้อถือสิทธิ 1 หรือ 2

ธนัญชัย ปคุณวรกิจ และคณะ (2549) ได้ศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติความเป็นฉนวนของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรระหว่างฉนวนที่ผลิตจากซังข้าวโพดกับฉนวนที่ผลิตจากต้นมันสำปะหลัง ในระดับความหนาแน่นที่ต่างกัน เพื่อหาความหนาแน่นที่สามารถลดการถ่าย เทความร้อนได้ดีที่สุด ซึ่งพบว่าฉนวนที่มีความหนาแน่นน้อยจะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำกว่าฉนวนชนิดเดียวกันที่มีความหนาแน่นมาก โดยฉนวนต้นมันสำปะหลัง ความหนาแน่น 200 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หนา 10 มิลลิเมตร จะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน เท่ากับ 0.059 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน ซึ่งสามารถลดอุณหภูมิภายในให้ต่ำลงประมาณ 2.3 องศาเซลเซียส จึงมีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้เป็นฉนวนอาคาร โดยเฉพาะบ้านเรือนในชนบท เนื่องจากมีต้นทุนต่ำและใช้วัสดุในท้องถิ่น นอกจากนี้เมื่อนำแผ่นที่ทำจากต้นมันสำปะหลัง ความหนาแน่น 800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หนา 10 มิลลิเมตร มาทำแผ่นผนังภายในแทนการใช้อัด พบว่า สามารถลดความร้อนเข้าสู่อาคารได้ดีกว่า อัด 3.03 องศาเซลเซียส และมีต้นทุนวัสดุที่ถูกกว่ามาก อย่างไรก็ตาม ฉนวนและแผ่นผนังที่ทำจากต้นมันสำปะหลังยังต้องได้รับการพัฒนาในเรื่องคุณสมบัติทางกาย ภาพการป้องกันแมลง การควบคุมการผลิต รวมไปถึงการพัฒนาจากการศึกษาวิจัยไปสู่การใช้งานจริง ซึ่งปัจจุบันมีฉนวนจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอีกมากที่มีการศึกษาวิจัย เช่น ฟางข้าว หญ้าแฝก เป็นต้น ซึ่งเป็นการเพิ่มคุณค่าแก่วัสดุเหลือใช้ เพราะสามารถลดปริมาณขยะ ลดมลพิษอันเกิดจากการเผาทำลาย สร้างรายได้ให้กับชุมชนและยังสะท้อนอัตลักษณ์ทางสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นได้อีกด้วย

ประชุม คำพุฒ และคณะ (2552) ได้ศึกษาสมบัติของมอร์ต้าร์น้ำหนักเบา โดยการใช้เส้นใยจากขยะเปลือกทุเรียนเป็นวัสดุผสมเพิ่ม ออกแบบส่วนผสมของมอร์ต้าร์ให้มีอัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 : ทรายละเอียดร่อนค้างตะแกรงเบอร์ 200 เท่ากับ 1 : 2.75 โดยน้ำหนัก และ

กำหนดอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ในสัดส่วนประมาณ 0.83 ซึ่งจะใช้เส้นใยเปลือกทุเรียนแทนที่ปูนซีเมนต์เท่ากับร้อยละ 0, 0.04, 0.06, 0.08, 0.10 และ 0.12 โดยน้ำหนัก นำไปหล่อก้อนตัวอย่างมอร์ต้าร์ทดสอบโดยขนาด 5 x 5 x 5 ลบ.ซม. สำหรับทดสอบกำลังอัด ขนาด 4 x 4 x 16 ลบ.ซม. สำหรับทดสอบกำลังดัด นำตัวอย่างทั้ง 2 ขนาด มาหาค่าการดูดซึมน้ำและความหนาแน่นของมอร์ต้าร์ ที่อายุมอร์ต้าร์ 7, 14 และ 28 วัน ผลการทดสอบพบว่า เมื่อผสมเส้นใยเปลือกทุเรียนแทนที่ปูนซีเมนต์ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้มอร์ต้าร์มีกำลังดัดและการดูดซึมน้ำสูงขึ้น ส่วนกำลังอัดและความหนา แน่นจะต่ำลง ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วสามารถนำเส้นใยจากขยะเปลือกทุเรียนไปพัฒนาใช้ในงานคอนกรีตน้ำหนักเบาได้ต่อไป

ณัฐนนท์ รัตนไชย และประชุม คำพุฒ (2552) ได้ศึกษาแนวทางแยกเส้นใยไผ่จาก ไผ่ เพื่อส่งเสริมให้มีการผลิตเป็นสินค้าส่งออกของกลุ่มจังหวัดภาคกลางตอนบน โดยก รรมวิธีในการแยกเส้นใยไผ่สามารถแบ่งตามกระบวนการได้ 2 วิธีหลักๆ คือ การแยกโดยวิธีทางกล และการแยกโดยวิธีทางเคมี ซึ่งผลจากการแยกเส้นใยดังกล่าวพบว่า การแยกเส้นใยด้วยวิธีทางกล จะได้เส้นใยไผ่ที่มีความยาวประมาณ 10 - 15 เซนติเมตร ลักษณะภาคตัดขวางเป็นทรงรีค่อนข้างก ลม 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

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

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

ครองศักดิ์ ลุนหล้า และคณะ (2553) ได้ทำการศึกษา พฤติกรรมการรับแรงอัดตามแนวแกนสำหรับตัวอย่างคอนกรีตที่เสริมกำลังด้วยเฟอร์ โรซีเมนต์ การศึกษานี้พิจารณาผลการเพิ่มของกำลังรับแรงอัดตามแนวแกนเปรียบเทียบกับชิ้นส่วนตัวอย่างที่เป็นคอนกรีตล้วน จากการทดสอบชิ้นส่วนคอนกรีตที่หุ้มด้วยเฟอร์โรซีเมนต์ขนาด 15 × 15 × 30 ลูกบาศก์เซนติเมตร ทำการเปรียบเทียบกับชิ้นส่วนตัวอย่างที่เป็นคอนกรีตล้วนซึ่ งมีหน้าตัดเดียวกัน สามารถรับกำลังอัดตามแนวแกนได้น้อยกว่าชิ้นส่วนตัวอย่างที่เป็นคอนกรีตล้วน แต่เมื่อทำการปรับเทียบตัวอย่างคอนกรีตล้วนที่มีหน้าตัด 15 × 15 ตารางเซนติเมตร เป็นตัวอย่างคอนกรีตล้วน ซึ่งมีหน้าตัด 12 × 12 ตารางเซนติเมตร พบว่า ตัวอย่างที่หุ้มด้วยวัสดุเฟอร์โรซีเมนต์นั้น สามารถรับแรงอัดตามแนวแกนได้มากกว่าตัวอย่างคอนกรีตล้วนที่ถูกปรับเทียบมาเป็นหน้าตัด 12 × 12 ตารางเซนติเมตร แต่อย่างไรก็ตาม พบว่า ยังมีปัญหาเรื่องการหล่อในภายหลัง ซึ่งไม่สามารถรับกำลังอัดตามแนวแกนได้มากพอ ซึ่งองค์ประกอบของวัสดุเฟอร์โรซี เมนต์ก็มีผลต่อกำลังรับน้ำหนักตามแนวแกนของตัวอย่างที่นำมาเสริมกำลัง โดยหากนำมอร์ตาร์กำลังสูงมาใช้เป็นวัสดุเฟอร์โรซีเมนต์จะทำให้ตัวอย่างคอนกรีตสามารถรับกำลังอัดได้สูงขึ้น ส่วนลวดตะแกรงที่นำมาใช้เป็นวัสดุเฟอร์โรซีเมนต์นั้น จะเป็นตัวช่วยให้มอร์ตาร์ด้านนอกและตั วแกนคอนกรีตล้วนตรงกลางสามารถยึดเกาะกันได้ดีขึ้น แต่ลวดตะแกรง จะมีผลช่วยรับกำลังให้เพิ่มขึ้นของตัวคอนกรีตล้วนตรงกลาง ได้น้อยมาก เพราะลวดตะแกรงที่นำมาใช้นั้น สามารถยืดตัวได้มาก ตัวอย่างคอนกรีตที่เป็นแกนกลางจึงวิบัติก่อนที่ลวดตะแกรงจะช่วยในการโอบรัด

จากการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมา สามารถแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ใน การพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นใยอัดซีเมนต์จากผักตบชวาสำหรับชุมชนท้องถิ่น โดยเส้นใยผักตบชวาเป็นเส้นใยธรรมชาติชนิดหนึ่งที่เข้ากับปูนซีเมนต์ได้ดี ส่วนงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากเส้นใยผักตบชวา สามาร ถสรุปได้ ดังนี้

วรรณี เอกศิลป์ และชัยรัตน์ บุญถนอมวงศ์ (2557) ได้ทำการศึกษาการนำวัสดุชีวมวลที่มีความเป็นฉนวนกันความร้อน ราคาถูก สามารถหาได้ง่ายมีอยู่ทั่วไปมาผสมทำอิฐบล็อก โดยการนำผักตบชวาหรือขี้เลื่อยมาผลิตเป็นฉนวนกันความร้อนในรูปแบบของอิฐบล็อก ทำการผลิต อิฐบล็อกที่มีส่วนผสมระหว่าง ผักตบชวา : หินฝุ่นและขี้เลื่อย : หินฝุ่น ในอัตราส่วนต่างๆ นำอิฐบล็อกที่ได้มาศึกษาถึงความเหมาะสมในด้านการใช้งานโดยใช้ปัจจัย ความแข็งแรง และคุณสมบัติความเป็นฉนวนกันความร้อนเป็นตัวชี้วัด จากการศึกษาพบว่า การใช้ผักตบชวามาผสมกับวัสดุ ที่ผลิตอิฐบล็อกในอัตราส่วน ผักตบชวา : หินฝุ่น 1: 9 มีความแข็งแรงครึ่งหนึ่งของอิฐบล็อกมาตรฐาน และค่าสัมประสิทธิ์การนาความร้อน ของอิฐบล็อกมาตรฐานและอิฐบล็อกในอัตราส่วน ผักตบชวา : หินฝุ่น 1: 9 ส่วน มีค่า 0.188 และ 0.105 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน ตามลำดับ ส่วนอิฐบล็อกที่มีส่วนผสม หินฝุ่น และ ขี้เลื่อย ไม่มีความแข็งแรงพอที่จะนำมาทำเป็นวัสดุก่อสร้างที่รับแรง

พิชามญชุ์ เช้าวงศ์พาณิชย์ , ประมุข โอศิริ , รัชภาคย์ จิตต์อารี และธนาศรี สีหะบุตร (2553) ได้ทำการศึกษาความสามารถในการดูดซับเสียงของวัสดุดูดซับเสียงที่สร้างขึ้นจากผั กตบชวา โดยนำชิ้นส่วนผักตบชวาที่ตากแห้งและสับเรียบร้อยแล้ว ผสมกาวไดฟีนิลมีเทน ไดไอโซไซยาเนต ร้อยละ 10 ในเครื่องผสมกาว เมื่อผสมให้เข้ากันแล้ว นำไปใส่ในบล็อกแล้วอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิก ด้วยแรงอัด 35 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่อุณหภูมิ 140-150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที โดยใช้เครื่องมือตรวจคลื่นนิ่ง (Standing wave apparatus) ที่สร้างขึ้นตามมาตรฐาน ASTM C 384 - 04 โดยขั้นตอนแรกจะทำการตรวจวัดความสามารถในการดูดซับเสียงของวัสดุดูดซับเสียงผักตบชวา ขนาด 1 นิ้ว ที่มีความหนาแน่น 0.25, 0.30, 0.35 และ 0.40 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เพื่อหาความหนาแน่นที่

เหมาะสม ที่ทำให้เกิดการดูดซับเสียงสูงสุดที่ความถี่ 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz,1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz หลังจากนั้นจะทำการศึกษาลักษณะการดูดซับเสียงของผักตบชวาที่ความหนาแน่นดังกล่าว โดยการตัดแผ่นวัสดุให้มีรูปทรงแตกต่ างกัน 3 แบบ คือ ทรงกรวย ทรงกลม และทรงกระบอก และแต่ละรูปทรงมีความหนา ¾ นิ้ว 1 นิ้ว และ 1½ นิ้ว ผลการทดลองพบว่า ความหนาแน่นของวัสดุดูดซับเสียงของผักตบชวาที่ดูดซับเสียงได้ดีที่สุด คือ 0.30 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ที่ทุกความถี่ และเมื่อศึกษาความสามารถในการดูดซับเสียงของวัสดุที่มีความหนา และรูปทรงแตกต่างกันแล้วพบว่า วัสดุดูดซับเสียงที่ความหนา ¾ นิ้ว 1 นิ้ว และ 1½ นิ้ว รูปทรงกลมดูดซับเสียงได้ดีที่สุด และวัสดุดูดซับเสียงรูปทรงกรวย ทรงกลม และทรงกระบอกที่มีความหนา 1½ นิ้ว ดูดซับเสียงได้ดีที่สุด โดยที่วัสดุดูดซับเสียงที่ทำขึ้นดูดซับเสียงได้ดีที่สุดที่ความถี่ต่ำ

บวร อิศรางกูร ณ อยุธยา, ปรีดา จันทวงษ์ และโยธิน อึ่งกูล (2555) ศึกษาคุณสมบัติทางกลของคอนกรีตมวลเบาอบไอน้ำแบบผสมเส้นใยของผักตบชวา (AAC-WHF) ได้แก่ ความต้านแรงดัด ความต้านแรงอัด ความหนาแน่น และอัตราการดูดซึมน้ำของคอนกรีตมวลเบาโดย มีการใช้เส้นใยของผักตบชวา เพื่อเป็นส่วนผสมแทนที่ทราย ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต คอนกรีตมวลเบาอบไอน้ำแบบผสมเส้นใยของผักตบชวา มีองค์ประกอบทางเคมีประกอบด้วย เฮมิเซล ลูโลส (Hemicellulose) เซลลูโลส (cellulose) และ ลิกนิน (lignin) รวมทั้งมีน้ำหนักเบา จึงได้ทดลองนำมาแทนที่ปูนทราย ในอัตราส่วนร้อยละ 0, 2.5, 5, 7.5 และ10 ผลการศึกษาพบว่า ส่วนผสมการแทนที่ทรายในอัตราส่วนที่เหมาะสม มีส่วนช่วยให้ความต้านแรงดัด และความต้านแรงอัดเพิ่ มมากขึ้น ผลการเปรียบเทียบกับทรายที่มีปริมาณอัตราส่วนผสมเท่ากันและหากเปรียบเทียบ ผลการทดสอบกับ ค่าตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก . 1505 – 2541 พบว่าสัดส่วนผสมแทนที่ทรายร้อยละ 7.5 ผ่านเกณฑ์โดยจัดอยู่ในชั้น คุณภาพ 4 ชนิด 0.70 และ AAC-WHF มีคุณสมบัติเป็นวัสดุของอาคารสีเขียว

สรุป จากการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมา สามารถแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ใน การพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นใยอัดซีเมนต์จากผักตบชวาสำหรับชุมชนท้องถิ่น โดยใช้เส้นใยผักตบชวาเป็นเส้นใยธรรมชาติชนิดหนึ่งที่เข้ากับปูนซีเมนต์ได้ดี ส่วนงานวิจัยนี้ เราได้ศึกษา กรรมวิธีการปรับปรุงเส้นใยผักตบชวาเพื่อขึ้นรูปเป็น แผ่นซีเมนต์บอร์ด ขนาดและความยาวของเส้นใยผักตบชวาที่เหมาะสมสำหรับผลิต แผ่นซีเมนต์บอร์ด ชนิดสารเร่งการก่อตัวของ แผ่นซีเมนต์บอร์ด ที่เหมาะกับการผสมเส้นใยผักตบชวา กรรมวิธีการผลิตแผ่นซีเมนต์บอร์ด ผสมเส้นใยผักตบชวา ที่เหมาะสม อัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับผลิต แผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมเส้นใยผักตบชวา

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

โครงการ “การใช้ประโยชน์จากเส้นใยผักตบชวาในผลิตภัณฑ์แผ่นใยอัดซีเมนต์ภายนอกอาคารสำหรับวิสาหกิจชุมชน” เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติโดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ดำเนินงานวิจัย

1) ต้นผักตบชวาจากคลองชลประทานในเขตพื้นที่ภาคกลางและกรุงเทพมหานคร

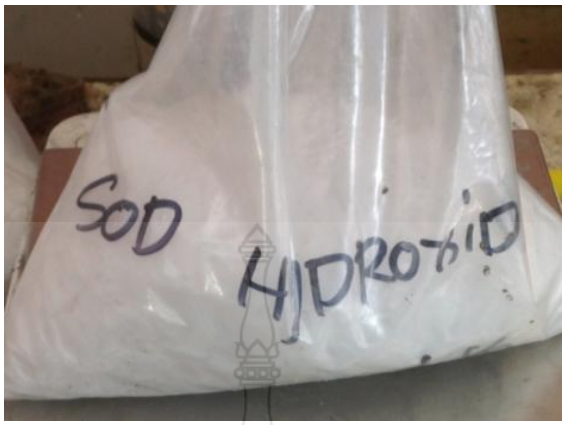
รูปที่ 3.1 ลักษณะต้นผักตบชวาที่ตากแห้ง

2) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1ตาม มอก. 15 เล่ม 1(สมอ., 2547)

รูปที่ 3.2 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1

3) ทรายละเอียด

4) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) หรือโซดาไฟ



รูปที่ 3.3 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

5) อลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3$)

รูปที่ 3.4 อลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3$)

6) แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$)

รูปที่ 3.5 แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$)

7) โซเดียมซิลิเกต (Na_2SiO_3)

รูปที่ 3.6 โซเดียมซิลิเกต (Na_2SiO_3)

8) น้ำประปา

9) อ่างผสม

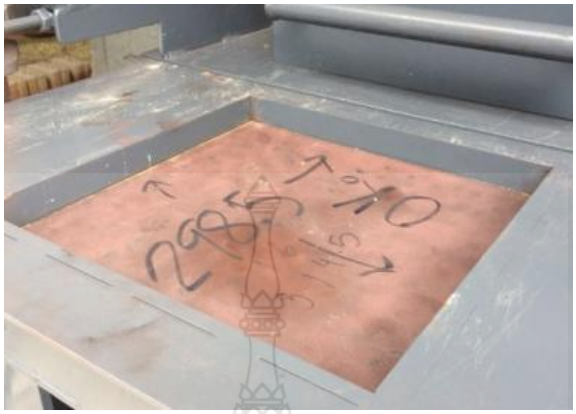
10) เครื่องผสม

รูปที่ 3.7 เครื่องผสม

11) เครื่องอัดแผ่นอัดซีเมนต์

รูปที่ 3.8 เครื่องอัดแผ่นอัดซีเมนต์

12) ตะแกรง (Sieve) สำหรับร่อนวัสดุผสม
13) เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล
14) แบบหล่อ ขนาด 30 x 30 x 1.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร



รูปที่ 3.9 แบบหล่อ ขนาด 30 x 30 x 1.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร

15) อุปกรณ์กดอัดแผ่นคอนกรีต
16) ชุดทดสอบหาค่าความหนาแน่น ความชื้น และการดูดซึมน้ำ
17) เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal Testing Machine)
18) เครื่องทดสอบสภาพนำความร้อน ตาม BS 874 Part 2 หรือ ASTM C 177(ASTM, 2010)
19) กรรไกรตัดเส้นใย
20) น้ำมันเครื่อง
21) อุปกรณ์วัดขนาด เช่นไมโครมิเตอร์ และเวอรเนียร์คาลิปเปอร์

รูปที่ 3.10 ไมโครมิเตอร์

3.2 การออกแบบอัตราส่วนผสม

การออกแบบ ส่วนผสมโดยใช้การ ปรับปรุงเส้นใย ผักตบชวา ทดแทนด้วยสารเคมี เพิ่มการยึดติดระหว่างเส้นใยผักตบชวาทดแทนกับซีเมนต์รวมทั้งการผสมสารเคมีเพิ่มเติม เพื่อช่วยเร่งปฏิกิริยาการคงรูปของแผ่นอัดซีเมนต์และช่วยเพิ่มสมบัติเชิงกล ซึ่งสามารถสรุปรายละเอียดได้ ดังนี้

1) การปรับปรุงพื้นผิวเส้นใย สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การปรับสภาพด้วยโคโรนา (Corona Treatment), การปรับสภาพด้วยพลาสมา (Plasma Treatment), การปรับสภาพด้วยไซเลน (Silane Treatment), และการปรับสภาพด้วยอัลคาไลน์ (Alkaline Treatment) เป็นต้น แต่วิธีที่ง่ายและใช้ต้นทุนต่ำ คือ วิธีการปรับสภาพเส้นใยด้วยวิธีโซดา (Soda Process) โดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอก

ไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น ร้อยละ 12 ใช้อัตราส่วนเส้นใยต่อสารละลาย เท่ากับ 1: 10 ต้มในระบบเปิดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 – 2 ชั่วโมง เพื่อย่อยสารจำพวกลิกนิน เฮมิเซลลูโลส และสารแทรกอื่นๆ เช่น สารระเหย, กรดไขมัน, ไขสารพวก Mono และ Poly Sacharidesและสารประกอบที่เป็นวง (Aromatic Compounds) เป็นต้น เนื่องจากมีผลต่อสมบัติและส่วนประกอบของเส้นใย ดังนั้น การปรับปรุงพื้นผิวของเส้นใย จึงใช้วิธีการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ซึ่งกล่าวอีกครั้งโดยละเอียดในหัวข้อ3.3การเตรียมเส้นใย

2) การใช้สาร เร่งปฏิกิริยาการคงรูป เพิ่มการยึดเกาะระหว่างปูนซีเมนต์และเส้นใยเซลลูโลสในขั้นตอนการผสมซึ่งเป็นการปรับปรุงคุณภาพด้วยการฉาบผิวและซึมเข้าในเนื้อ เพื่อเร่งการแข็งตัวของซีเมนต์ และปรับปรุงการเกาะยึดให้ดีขึ้นกว่าสภาวะที่ไม่ใช้สารเคมี (ใช้น้ำอย่างเดียว) สารละลายที่นิยมนำมาใช้ เช่น สารละลายอลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3$), สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$), และสารละลายโซเดียมซิลิเกต (Na_2SiO_3) เป็นต้น

การดำเนินการออกแบบ อัตราส่วนแผ่นใยอัดซีเมนต์จากเส้นใย ต้นผักตบชวา(ใบและก้าน)ที่มีการผสมสารเคมีเร่งปฏิกิริยาการคงรูปหรือการก่อตัว จำนวน 5 อัตราส่วน ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแผ่นใยอัดซีเมนต์จากผักตบชวา

สูตร	รายละเอียด	เส้นใยผักตบชวา	ปูนซิเมนต์	ทราย	สาร $Al_2(SO_4)_3$	สาร $CaCl_2$	สาร Na_2SiO_3
CS	ส่วนผสมต้นแบบไม่มีเส้นใยผักตบชวา	0	1	2	0.03	0.03	0.03
เพิ่มส่วนผสมผักตบชวา							
A1	เพิ่มเส้นใยผักตบชวา 0.025	0.025	1	2	0.03	0.03	0.03
A2	เพิ่มเส้นใยผักตบชวา 0.05	0.05	1	2	0.03	0.03	0.03
A3	เพิ่มเส้นใยผักตบชวา 0.075	0.075	1	2	0.03	0.03	0.03
A4	เพิ่มเส้นใยผักตบชวา 0.1	0.1	1	2	0.03	0.03	0.03
แทนที่ปูนซิเมนต์ด้วยผักตบชวา							
B1	เพิ่มเส้นใยผักตบชวา 0.025	0.025	0.975	2	0.03	0.03	0.03
B2	เพิ่มเส้นใยผักตบชวา 0.05	0.05	0.95	2	0.03	0.03	0.03
B3	เพิ่มเส้นใยผักตบชวา 0.075	0.075	0.925	2	0.03	0.03	0.03
B4	เพิ่มเส้นใยผักตบชวา 0.1	0.1	0.9	2	0.03	0.03	0.03
แทนที่ทรายด้วยผักตบชวา							
C1	เพิ่มเส้นใยผักตบชวา 0.025	0.025	1	1.975	0.03	0.03	0.03
C2	เพิ่มเส้นใยผักตบชวา 0.05	0.05	1	1.95	0.03	0.03	0.03
C3	เพิ่มเส้นใยผักตบชวา 0.075	0.075	1	1.925	0.03	0.03	0.03
C4	เพิ่มเส้นใยผักตบชวา 0.1	0.1	1	1.9	0.03	0.03	0.03

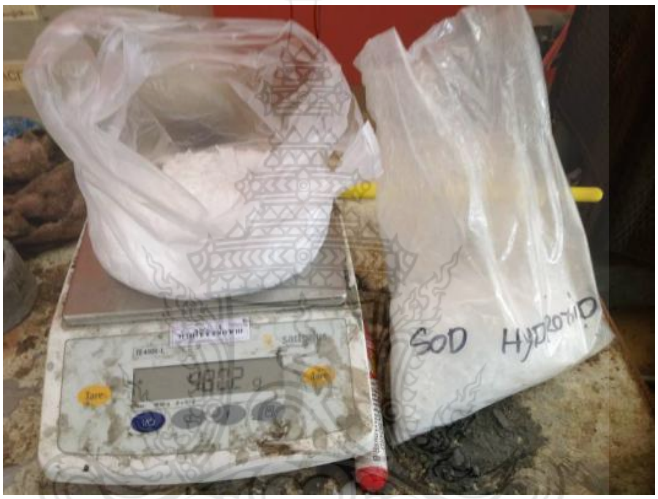
3.3 การเตรียมเส้นใย

1) แยกใบและรากออกจากต้นผักตบชวา และนำไปตากแดดให้แห้ง

2) ตัดลำต้นผักตบชวาให้มีความยาว ไม่เกิน 5 เซนติเมตร ก่อนนำไปปรับปรุงให้เหลือแต่เส้นใยเซลลูโลสด้วยวิธีทางเคมี

3) ปรับปรุงเส้นใยต้น ผักตบชวาโดย การต้มในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น ร้อยละ 12 โดยใช้อัตราส่วนเส้นใยต่อสารละลาย เท่ากับ 1: 10 ทำการต้มในระบบเปิดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 – 2 ชั่วโมง

4) อบเส้นใย ต้นผักตบชวา ที่ปรับปรุงเส้นใยแล้ว ในเตาอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ได้เส้นใยต้น ผักตบชวาสำหรับนำไปใช้ขึ้นรูปแผ่นใยอัดซีเมนต์



รูปที่ 3.11 การชั่งน้ำหนักโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) สำหรับเตรียมสารละลาย

รูปที่ 3.12 การต้มน้ำประปาสำหรับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

รูปที่ 3.13 การเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น ร้อยละ 12

3.4 การขึ้นรูป

1) เตรียมส่วนผสม ชั่งน้ำหนักและละลายสารเคมีต่างๆ ในน้ำประปา ตามอัตราส่วนที่กำหนด

2) แยกเส้นใยให้ออกจากกัน เพื่อป้องกันการจับตัว กันขณะขึ้นรูปเป็นแผ่นใยอัดซีเมนต์ พร้อมเติมน้ำประปาบางส่วน ที่ผสมสารเคมีลงในเส้นใย

3) ผสมส่วนผสมทั้งหมดด้วยมือในอ่างผสม จนเข้ากันดี โดยสามารถใช้มือกำส่วนผสมเป็นก้อนได้ หากผสมส่วนผสมในปริมาณมากๆ ให้ใช้เครื่องผสมคอนกรีต

4) ขึ้นรูปส่วนผสม ในแบบหล่อและอัดด้วย เครื่องอัดแผ่นอัดซีเมนต์ โดยควบคุม ให้มีความหนาแน่น 75 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

5) เมื่อแผ่นใยอัดซีเมนต์คงตัวแล้ว นำไปบ่มในที่ร่มตามอายุการบ่มที่ต้องการ

รูปที่ 3.14 ชั่งน้ำหนักส่วนผสมสำหรับขึ้นรูปแผ่นใยอัดซีเมนต์ลงในอ่างผสม

รูปที่ 3.15 การผสมส่วนผสมสำหรับขึ้นรูปแผ่นใยอัดซีเมนต์ลงในอ่างผสม

รูปที่ 3.16 ส่วนผสมที่พร้อมสำหรับขึ้นรูปแผ่นใยอัดซีเมนต์

รูปที่ 3.17 การเทส่วนผสมลงในเครื่องอัดแผ่นอัดซีเมนต์

รูปที่ 3.18 แผ่นใยอัดซีเมนต์จากเส้นใยต้นผักตบชวา

รูปที่ 3.19 แผ่นใยอัดซีเมนต์จาก เส้นใยต้นผักตบชวาที่พร้อมนำไปทดสอบ

3.5 การทดสอบสมบัติ

การทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นใยอัดซีเมนต์จาก ผักตบชวา ในปีที่2 ยังคงทดสอบ ตามมาตรฐาน มอก .878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นอัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537)การวิเคราะห์ผลจากการเติมสารเร่งการก่อตัวเพิ่มเติม ทั้งนี้ใช้ตัวอย่างทดสอบจำนวน 20 ตัวอย่างต่ออัตราส่วนต่อการทดสอบ ซึ่งประเภทของการทดสอบประกอบด้วย

1) ลักษณะทั่วไป ที่อายุการบ่ม 28 วัน
2) ความหนาแน่นที่อายุการบ่ม 28 วัน
3) ความชื้นที่อายุการบ่ม 28 วัน
4) สภาพนำความร้อนที่อายุการบ่ม 28 วัน
5) การพองตัวเมื่อแช่น้ำที่อายุการบ่ม 28 วัน
6) ความต้านทานแรงดัดที่อายุการบ่ม 28 วัน
7) มอดุลัสยืดหยุ่นที่อายุการบ่ม 28 วัน
8) ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ที่อายุการบ่ม 28 วัน

รูปที่ 3.20 การชั่งน้ำหนักแผ่นใยอัดซีเมนต์ผสมเส้นใยต้นผักตบชวา

รูปที่ 3.21 การแช่น้ำแผ่นใยอัดซีเมนต์จากเส้นใยต้นผักตบชวา

รูปที่ 3.22 การทดสอบความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นใยอัดซีเมนต์จากผักตบชวา ด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (UTM)

รูปที่ 3.23 การทดสอบความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นใยอัดซีเมนต์จากต้นผักตบชวาด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (UTM)

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ผสมการทดสอบสมบัติทางกายภาพสมบัติทางกล และสภาพนำความร้อน ของแผ่นใยอัดซีเมนต์ตามมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นอัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537) สามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังต่อไปนี้

4.1 ผลการทดสอบลักษณะทั่วไป

เมื่อพิจารณาลักษณะทั่วไปของแผ่นใยอัดซีเมนต์ ผสมเส้นใยต้น ผักตบชวา ด้วยวิธีการสังเกตและการวัดขนาดโดยรวม สามารถนำมาประกอบเป็นผลการทดสอบลักษณะทั่วไป

รูปที่ 4.1 การวัดความหนาของแผ่นใยอัดซีเมนต์ผสมเส้นใยต้นผักตบชวา

รูปที่ 4.2 การวัดขนาดของแผ่นใยอัดซีเมนต์ผสมเส้นใยต้นผักตบชวา

สำหรับลักษณะทั่วไปของแผ่นใยอัดซีเมนต์ ผสมเส้นใยต้น ผักตบชวา อัตราส่วนต่างๆ พบว่า มีลักษณะใกล้เคียงกันทุกสูตรโดยทั้งหมดสามารถนำไปใช้งานจริงได้ ดังตารางที่ 5

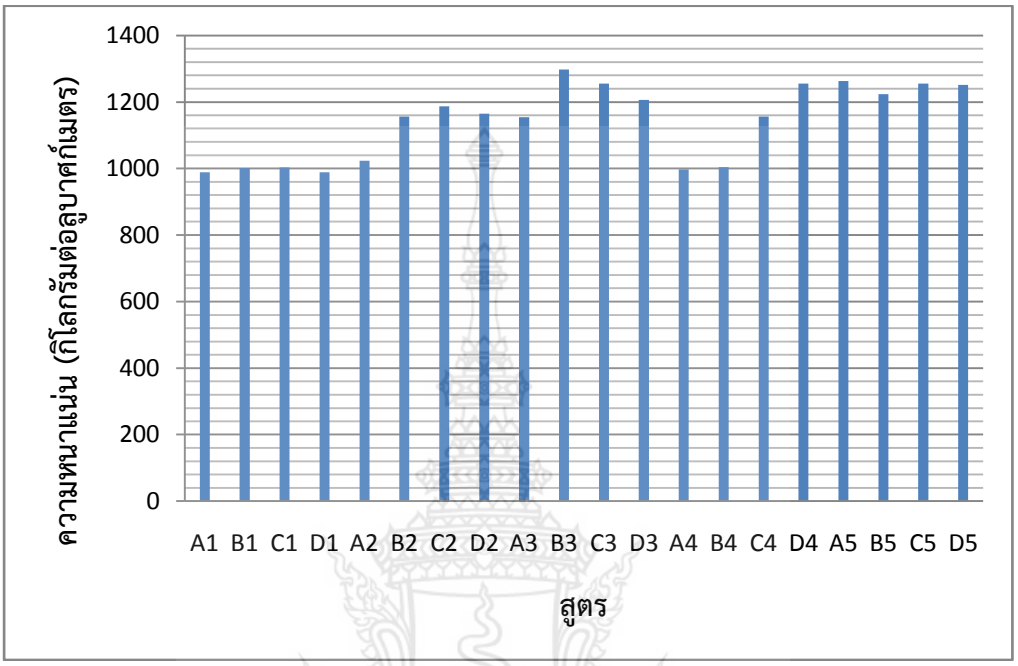
ตารางที่ 5 ผลการทดสอบลักษณะทั่วไปของแผ่นใยอัดซีเมนต์ผสมเส้นใยต้นผักตบชวา

สูตร	ลักษณะทั่วไป
(มอก. 878-2537)	ความหนา ความแน่น และความเรียบสม่ำเสมอ ขอบต้องตั้งฉากกับระนาบผิว
A1	ผ่าน
A2	ผ่าน
A3	ผ่าน
A4	ผ่าน
A5	ผ่าน
B1	ผ่าน
B2	ผ่าน
B3	ผ่าน
B4	ผ่าน
B5	ผ่าน
C1	ผ่าน
C2	ผ่าน
C3	ผ่าน
C4	ผ่าน
C5	ผ่าน
D1	ผ่าน
D2	ผ่าน
D3	ผ่าน
D4	ผ่าน
D5	ผ่าน

ผสม ตารางที่ 5 พบว่า ทุกสูตร ของ แผ่นใยอัดซีเมนต์ ผสม เส้นใยต้น ผักตบชวา ขนาดเส้นใยผักตบชวามีขนาดเล็ก มีลักษณะอ่อนนิ่มจะประสานตัวกับวัสดุอื่นได้ดี โดยทุกสูตร ผ่านตามที่มาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นอัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537) กำหนดคือ ขอบและผิวหน้าของแผ่นใยอัดซีเมนต์ทั้งหมดมีความเรียบและได้ฉาก ทั้งนี้เป็นผลมา ผสม ปริมาณของเส้นใย ที่ผสม ไม่มากจนเกินไป ทำให้ปูนซีเมนต์สามารถยึดเกาะและเชื่อมประสานผิวของแผ่นใยอัดได้ดี ส่วนสารเร่งการก่อตัวที่นำมาใช้ ทั้ง 3 ชนิด ไม่มีผลต่อลักษณะของแผ่นใยอัดซีเมนต์ แต่มีผลโดยตรงต่อการแข็งตัวที่เร็วขึ้นของแผ่นใยอัดซีเมนต์ที่นำมาขึ้นรูป อย่างไรก็ตามในระยะเวลา 24 ชั่วโมง หลังผสมการอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดแผ่นใยอัดซีเมนต์ผสมเส้นใยต้นผักตบชวาก็เป็นระยะเวลาที่เพียงพอต่อการแข็งตัวของชิ้นงาน แม้ว่ามีการผสมสารเคมีเร่งการก่อตัวหรือไม่ก็ตาม การผสมสารเร่งการก่อตัวจึงมีผลต่อสม บัติทางกายภาพหรือทางกลมากกว่าระยะเวลาการแข็งตัวของแผ่นใยอัดซีเมนต์

4.2 ผลการทดสอบความหนาแน่น

ความหนาแน่นของแผ่นใยอัดซีเมนต์ ผสมเส้นใยต้นผักตบชวา ทั้ง 20 สูตร ซึ่งมีการใช้สารเคมี 3 ชนิด เป็นสารเร่งการก่อตัว โดยมีผลการทดสอบได้ ดังรูปที่ 4.3

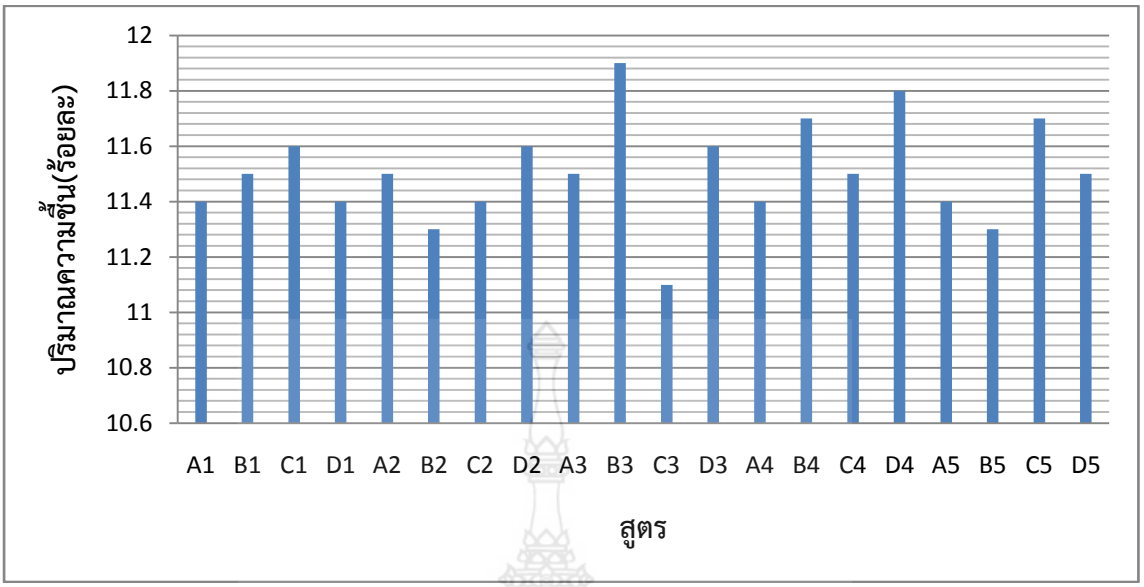


รูปที่ 4.3 ผลการทดสอบความหนาแน่นของแผ่นใยอัดซีเมนต์ผสมเส้นใยต้นผักตบชวา

จากการผสมที่ทดสอบในรูปที่ 4.3 พบว่า ผสมสูตรความหนา A1 A2 A3 A4 A5 โดยการเพิ่มอัตราส่วนผักตบชวาตามสูตรเพื่อทดสอบ พบว่าความหนาแน่น ของแผ่นใยอัดซีเมนต์ ผสมเส้นใยผักตบชวาในสูตร A1 มีค่าความหนาแน่นมากที่สุด 1130 กก./ลบ.ม. และสูตร A5 มีค่าความหนาแน่นน้อยสุด 974 กก./ลบ.ม. สูตร B1 B2 B3 B4 B5 โดยการนำผักตบชวาไปแทนปูนซีเมนต์พบว่า B4 มีค่าความหนาแน่นมากที่สุด 1263 กก./ลบ.ม.และสูตร B2 มีค่าความหนาแน่นน้อยสุด 1156 กก./ลบ.ม. และสูตร C1 C2 C3 C4 C5 ความหนาแน่นของแผ่นใยอัดซีเมนต์ ผสมเส้นใยผักตบชวาในสูตร C3 มีค่าความหนาแน่นมากที่สุด 1298 กก./ลบ. และสูตร C1 มีค่าความหนาแน่นน้อยสุด 1256.5กก./ลบ.ม. ส่วนสูตร D1 D2 D3 D4 D5 พบว่า D2 มีความหนาแน่นมากสุด 1245 กก./ลบ.ม.D5 มี 1204 กก./ลบ.ม. พบว่าเมื่อผสมความแตกต่างของปริมาณเส้นใย มีผลต่อขนาดคละ และการเรียงตัวของส่วนผสม (วิจิตรา, 2543) จากกราฟเห็นได้ว่าช่วงอง D1-D5 ซึ่งไม่มีส่วนผสมของสาร ละลายอลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3$) สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) และสารละลายโซเดียมซิลิเกต (Na_2SiO_3) ตามลำดับ ส่วนผลของสารเคมีที่ใช้เร่งการก่อตัว ทั้ง 3 ชนิดดังกล่าว พบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน โดยเฉลี่ยของกราฟเห็นได้ว่า มีความหนาแน่นอยู่ในช่วงมาตรฐาน คือ ระหว่าง 1,100 – 1,300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (สมอ., 2537)

4.3 ผลการทดสอบความชื้น

สำหรับปริมาณความชื้นของแผ่นใยอัดซีเมนต์ ผสมเส้นใยผักตบชวาที่ขึ้นรูปและเร่งการก่อตัวด้วยสารเคมี ทั้ง 3 ชนิด สามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังนี้

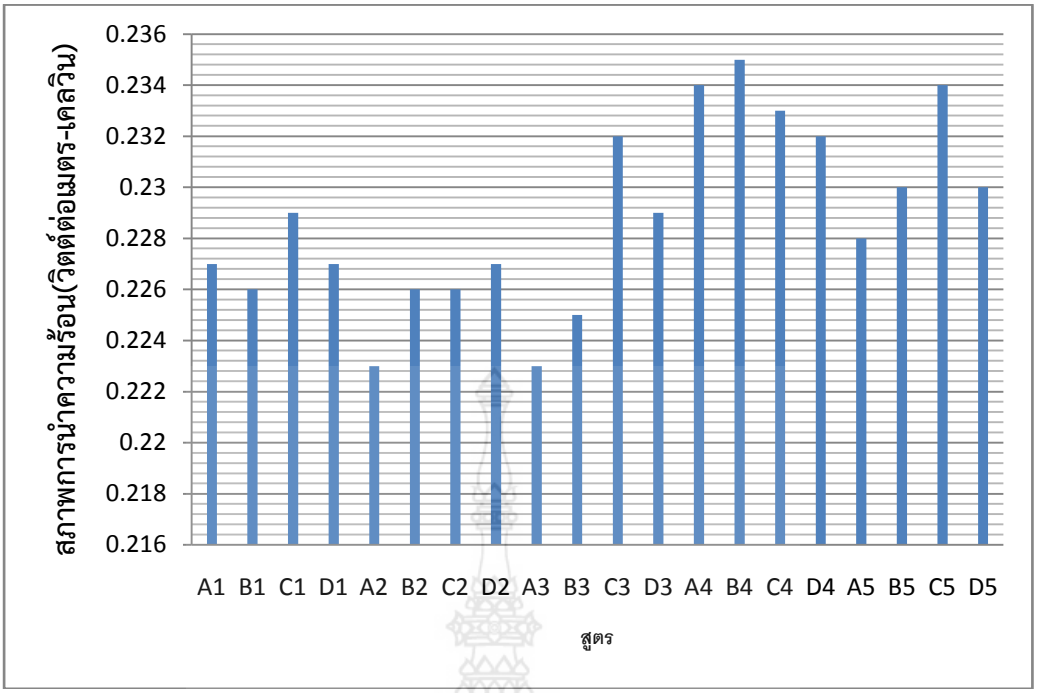


รูปที่ 4.4 ผลการทดสอบปริมาณความชื้นของแผ่นใยอัดซีเมนต์ผสมเส้นใยต้นผักตบชวา

พบว่า ผสมสูตรปริมาณความชื้นของแผ่นใยอัดซีเมนต์ผสมเส้นใยต้นผักตบชวาที่แสดงในรูปที่ 4.4 สูตร A1 A2 A3 A4 A5 B1 B2 B3 B4 B5 C1 C2 C3 C4 C5 ไปถึง D1 D2 D3 D4 D5 พบว่าแผ่นใยอัดซีเมนต์ที่ผสมเส้นใย ต้นผักตบชวา มีความชื้น ของแผ่นใยอัดซีเมนต์ ผสมเส้นใยต้นผักตบชวา โดยปริมาณความชื้นของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงกัน และอยู่ในช่วงที่มาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่อง แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537) กำหนด คือ อยู่ระหว่างร้อยละ 9 ถึง 15 โดยแผ่นใยไม้อัดที่ขึ้นรูปทั้งหมด มีค่าปริมาณความชื้นอยู่ระหว่าง ร้อยละ 11.1 ถึง 11.9 เนื่องจาก เส้นใย ต้นผักตบชวามีพื้นผิวที่ดูดซับความชื้นขณะทำการขึ้นรูปแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ได้ สำหรับสารเคมีเร่งการก่อตัวที่นำมาผสม ยังคงไม่มีผลต่อปริมาณความชื้นภายในแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่ทำการขึ้นรูป

4.4 ผลการทดสอบสภาพการนำความร้อน

สภาพนำความร้อน หรือเรียกอีกอย่างว่า สัมประสิทธิ์การนำความร้อน เป็นสมบัติที่แสดงถึงความสามารถในการถ่ายเทอุณหภูมิของแผ่นใยอัดซีเมนต์ ผสมเส้นใยต้นผักตบชวาหากแผ่นใยอัดซีเมนต์มีสภาพนำความร้อนต่ำ แสดงว่ามีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี แต่ถ้ามีสภาพนำความร้อนสูง ก็แสดงว่าแผ่นใยอัดซีเมนต์มีการนำความร้อนที่ดี หรือไม่มีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน ซึ่งผลการทดสอบสภาพนำความร้อนของแผ่นใยอัดซีเมนต์ผสมเส้นใยต้นผักตบชวาที่มีการผสมสารเคมีเร่งการก่อตัวทั้ง 3 ชนิด รวม 20 สูตรสามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.5

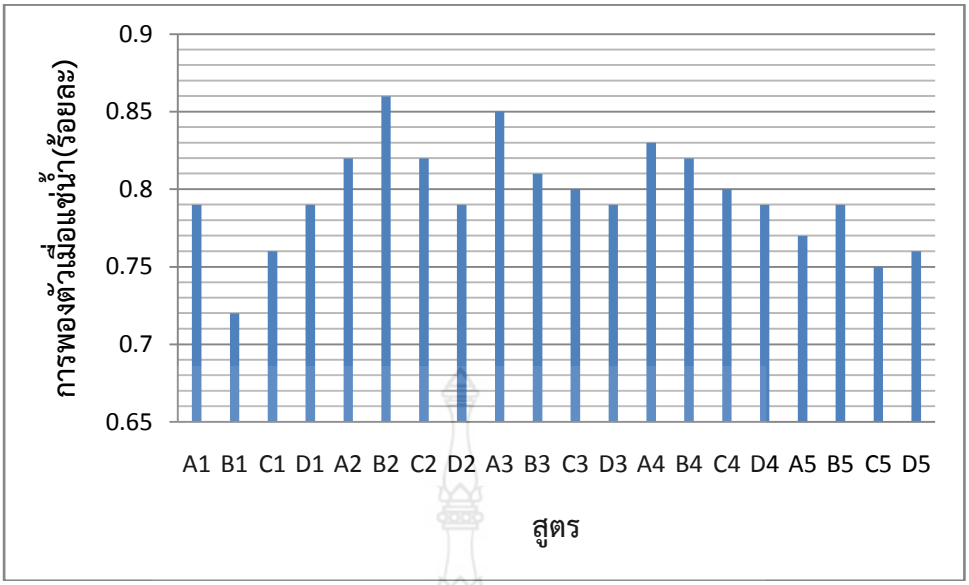


รูปที่ 4.5 ผลการทดสอบสภาพนำความร้อนของแผ่นใยอัดซีเมนต์ผสมเส้นใยต้นผักตบชวา

สภาพการนำความร้อนของแผ่นใยอัดซีเมนต์ผสมเส้นใยต้นผักตบชวาผสมสูตร A1 A2 A3 A4 A5 B1 B2 B3 B4 B5 C1 C2 C3 C4 C5 และ D1 D2 D3 D4 D5 รวมทั้ง 20 สูตร ตามรูปที่ 4.5 พบว่า ค่าสภาพค่าสภาพการนำความร้อนหรือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อน ทั้งหมด มีความใกล้เคียงกันและมีค่า ต่ำกว่าที่มาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2533) กำหนด คือ ไม่เกิน 0.25 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน ทั้งนี้ค่าสภาพการนำความร้อนที่ได้ แปรผันตรงตาม ความหนาแน่น โดยแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ ผสมเส้นใยผักตบชวา ที่มีความหนาแน่นต่ำ มี ค่าสภาพการนำความร้อนต่ำ ส่วนที่มีความหนาแน่นสูง ก็มีค่าสภาพการนำความร้อน เช่นเดียวกัน (กิตติศักดิ์, 2544) เป็นผลมาจากเส้นใยต้นผักตบชวาเป็นวัสดุที่มีค่าสภาพการนำความร้อนที่ต่ำมาก ตลอดจนการเรียงตัวของกากและเส้นใยในการขึ้นรูปแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ ยังก่อให้เกิดช่องว่างภายในเนื้อวัสดุ ซึ่งช่วยเพิ่มความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนได้อีกด้วย ทั้งนี้การผสมสารเร่งการก่อตัว ทั้ง 3 ชนิด ยังคงไม่มีแนวโน้มว่ามีผลต่อสภาพนำความร้อนของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จาก

4.5 ผลการทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ

การพองตัวของ ของแผ่นใยอัดซีเมนต์ ผสมเส้นใยต้น ผักตบชวา เมื่อแช่น้ำนั้น เป็นสมบัติที่มีความสำคัญต่อการใช้งาน เนื่องผสมแผ่นใยอัดซีเมนต์นิยมนำมาติดตั้งบริเวณภายนอกอาคาร ซึ่งต้องสัมผัสฝนและความชื้นค่อนข้างมาก ซึ่งผลการทดสอบการพองตัว ของแผ่นใยอัดซีเมนต์ผสมเส้นใยต้นผักตบชวาเมื่อแช่น้ำ ทั้ง 20 สูตร สามารถสรุปได้ ดังนี้

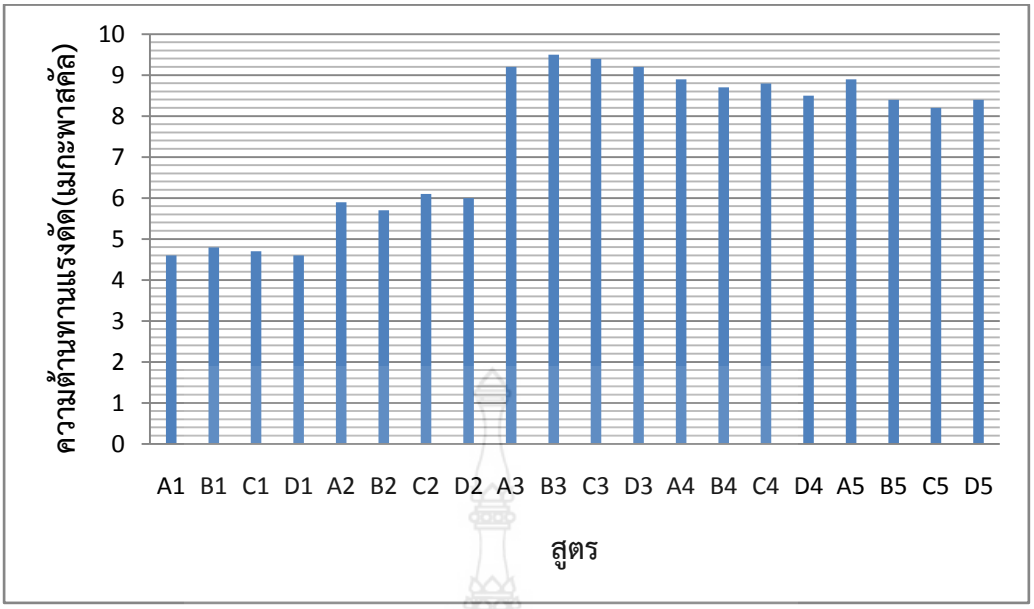


รูปที่ 4.6 ผลการทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นใยอัดซีเมนต์ผสมเส้นใยต้นผักตบชวา

การพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นใยอัดซีเมนต์ ผสมเส้นใยต้นผักตบชวาผสมสูตร A1 A2 A3 A4 A5 B1 B2 B3 B4 B5 C1 C2 C3 C4 C5 และ D1 D2 D3 D4 D5 ทั้ง 20 สูตร ผสมรูปที่ 4.6 พบว่า แผ่นใยอัดซีเมนต์ทั้งหมดมีการพองตัวเมื่อแช่น้ำ ตามมาตรฐาน มอก .878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นอัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537) ทั้งนี้การพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นใยอัดซีเมนต์ ทั้งหมด มีค่าใกล้เคียงกัน และอยู่ในช่วงที่มาตรฐานกำหนด คือ การพองตัวต้องมีค่าไม่เกิน ร้อยละ 2 เนื่องผสมแผ่นใยอัดซีเมนต์ผสมเส้นใยต้นผักตบชวามีปริมาณของปูนซีเมนต์ที่มากเพียงพอในการยึดเหนี่ยวเนื้อของแผ่นใยอัดซีเมนต์ไม่ให้พองตัวมากเมื่อมีการแช่น้ำ ได้ส่วนสารเคมีเร่งการก่อตัวไม่มีผลต่อการพองตัวเมื่อแช่น้ำเช่นเดียวกับสมบัติทางกายภาพอื่นๆ

4.6 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัด

ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดของแผ่นใยอัดซีเมนต์ ผสมเส้นใยต้นผักตบชวาซึ่งเป็นสมบัติทางกลที่สำคัญในการแสดงถึงความสามารถในการรับแรงดัดขณะใช้งานโดยสามารถสรุปผลการทดสอบได้ดังรูปที่ 4.7

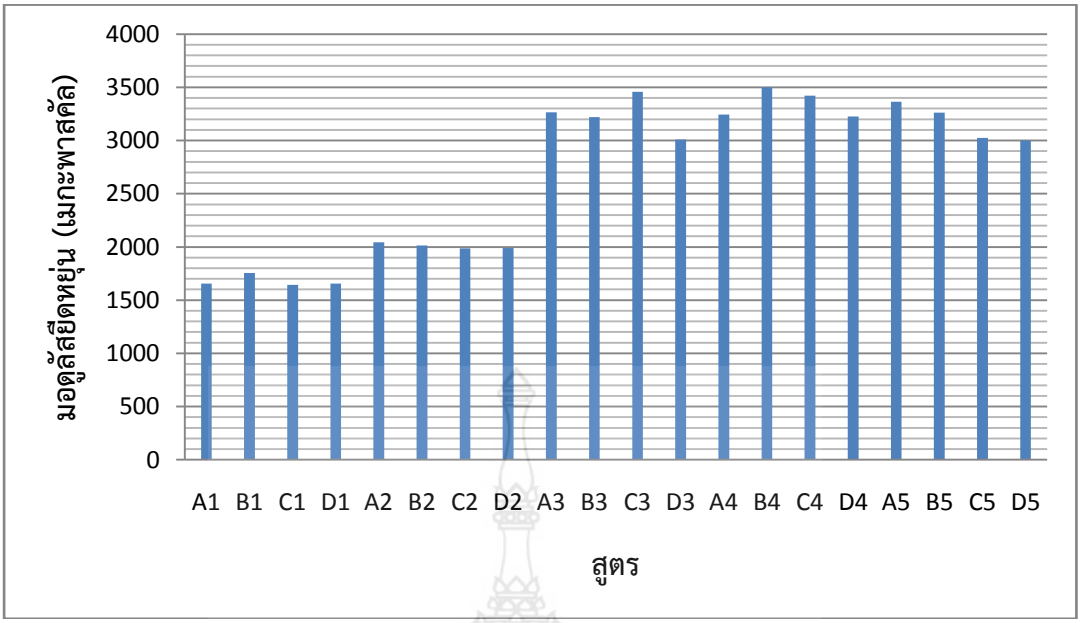


รูปที่ 4.7 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดของแผ่นใยอัดซีเมนต์ผสมเส้นใยต้นผักตบชวา

จากรูปที่ 4.7 พบว่า ความต้านทานแรงดัดของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ จากการผสมเส้นใยต้นผักตบชวา ทุกอัตราส่วนมีความแตกต่างกัน เป็นผลจากความแข็งแรงเฉพาะตัว รูปร่างลักษณะ ความสามารถในการยึดเหนี่ยว ตลอดจนการเรียงตัวของเส้นใยต้นผักตบชวา โดยอัตราส่วน B3 มีความต้านทานแรงดัดสูงที่สุด รองลงมาคือ สูตร C3 ส่วน A1 เป็นอัตราส่วนที่มีความต้านทานแรงดัดต่ำที่สุด ตามลำดับ เมื่อเทียบกับมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537) ที่กำหนดความต้านทานแรงดัด ต้องไม่น้อยกว่า 9 เมกะพาสคัล เห็นได้ว่า สูตร A3 B3 C3 D3 เท่านั้น ที่สามารถผ่านตามมาตรฐานกำหนดได้ ทั้งนี้ความต้านทานแรงดัดเป็นค่าที่มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่น กล่าวคือ แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความหนาแน่นสูงมีพื้นที่รับแรงมาก ทำให้สามารถรับแรงได้มาก ส่วนแผ่นใยอัดซีเมนต์ที่มีความหนาแน่นต่ำก็มีพื้นที่รับแรงน้อยและสามารถรับแรงได้น้อยตามไปด้วย (Odozi et al., 1986) สำหรับผลกระทบของชนิดสารเร่งการก่อตัวที่ใช้ ทั้ง 3 ชนิด ประกอบด้วย อลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3$), แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) และโซเดียมซิลิเกต (Na_2SiO_3) พบว่า แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) เป็นสารเร่งการก่อตัวที่ช่วยให้แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์มีแนวโน้มของความต้านทานแรงดัดสูง ที่สุด รองลงมาคือ อลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3$), โซเดียมซิลิเกต (Na_2SiO_3), และที่ไม่ใช้สารเร่งการก่อตัว มีแนวโน้มของความต้านทานแรงดัดต่ำที่สุด ตามลำดับ สอดคล้องกับการใช้สารเดียวกันนี้ในการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์จากต้นยูคาลิปตัส สายพันธุ์ I. Eucalypts (Dwight et al., 2000) และสายพันธุ์ E. pellita (Cabangon et al., 1998) ซึ่งแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) มีความต้านทานแรงดัดสูงกว่าการใช้ อลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3$) และที่ไม่มีการใช้สารเร่งการก่อตัว

4.7 ผลการทดสอบมอดูลัสยืดหยุ่น

สำหรับผลการทดสอบมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นใยอัดซีเมนต์ผสมเส้นใยต้นชวา สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.8

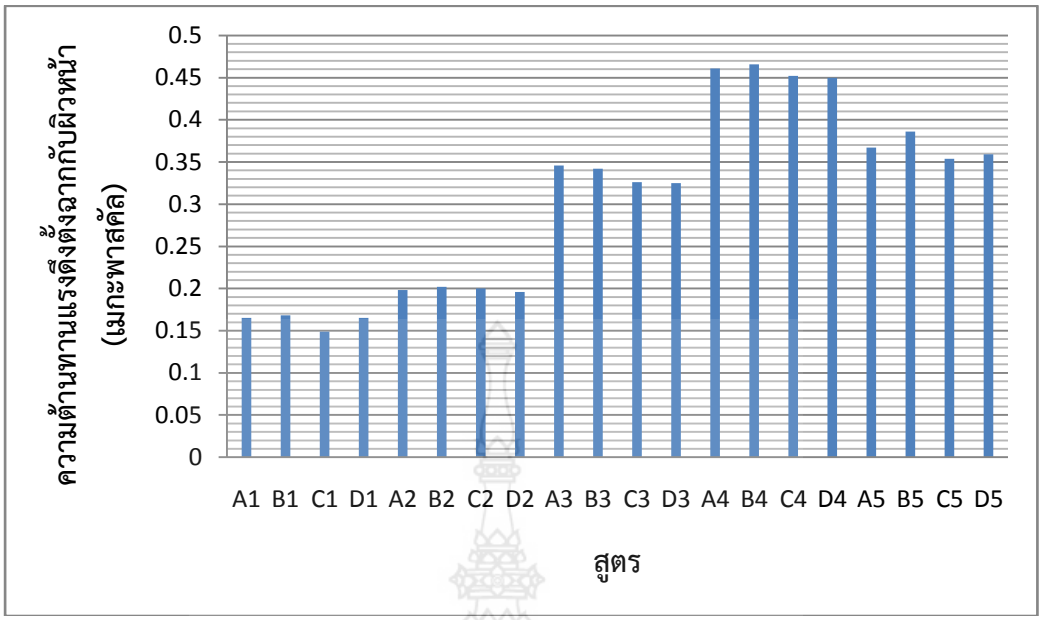


รูปที่ 4.8 ผลการทดสอบมอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นใยอัดซีเมนต์ผสมเส้นใยต้นผักตบชวา

ส่วนรูปที่ 4.8 พบว่า ผลการทดสอบมอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นใยอัดซีเมนต์ผสมเส้นใยต้นผักตบชวา สูตร A1-A5 B1-B5 C1-C5 D1-D5 มีความแตกต่างกัน B4 มีมอดุลัสยืดหยุ่นมากที่สุด รองลงมาคือ C1, และ D1 เป็นสูตรที่มีมอดูลัสความยืดหยุ่นน้อยที่สุด ตามลำดับ ที่มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นไม่น้อยกว่า 3,000 เมกะพาสคัล ซึ่งผ่านตามที่มาตรฐาน มอก .878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นอัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง กำหนด (สมอ., 2537) นอกจากนี้ มอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นใยอัดซีเมนต์ ผสมเส้นใยต้นผักตบชวามีความสอดคล้องในทิศทางเดียวกับสมบัติอื่นๆ ที่แสดงถึงความแข็งแรง ได้แก่ ความต้านทานแรงดัด และความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Bledzki and Gassan, 1999) สำหรับสารเร่งการก่อตัวก็ให้ผลการทดสอบเช่นเดียวกับความต้านทานแรงดัดกล่าวคือ แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) เป็นสารเร่งการก่อตัวที่ทำให้แผ่นใยอัดซีเมนต์มีแนวโน้มมอดุลัสยืดหยุ่นสูงที่สุด รองลงมาคือ อลูมิเนียมซัลเฟต $(Al_2(SO_4)_3)$, โซเดียมซิลิเกต (Na_2SiO_3), และแผ่นใยอัดที่ไม่ใช้สารเร่งการก่อตัวมีแนวโน้มมอดุลัสยืดหยุ่นต่ำที่สุด ตามลำดับ ซึ่งก็คงสอดคล้องกับการผลิตแผ่นชิ้นอัดซีเมนต์ผสมต้นยูคาลิปตัส สายพันธุ์ I. Eucalypts(Dwight et al., 2000) และสายพันธุ์ E. pellita(Cabangon et al., 1998)

4.8 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า เป็นสมบัติทางกลของแผ่นใยอัดซีเมนต์ ผสมผสมเส้นใยต้นผักตบชวาที่มีความสำคัญเช่นเดียวกับความต้านทานแรงดัด เพราะเป็นสมบัติที่บ่งบอกความทนทานและความแข็งแรงของผิวหน้า ซึ่งสามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังนี้



รูปที่ 4.9 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นใยอัดซีเมนต์ผสมเส้นใยต้นผักตบชวา

ตามมาตรฐาน มอก.878-2537 กำหนดให้แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จาก ต้องมีความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าสูงกว่า 0.4 เมกะพาสคัล (สมอ., 2537) โดยมีผลการทดสอบดัง รูปที่ 4.9 พบว่า การขึ้นรูปเป็นแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ในปริมาณต่างๆ เป็น ผลให้แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ ที่ได้มีความต้านทานแรงดึงที่แตกต่างกัน เป็นผลมาจากความแข็งแรงของ รวมทั้งการกระจายตัวและช่องว่างภายในแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์เช่นเดียวกับความต้านทานแรงดัด และมอดุลัสยืดหยุ่น (วิจิตรา, 2543) จากผลการทดสอบที่ได้ จากสูตร A4, B4, C4, D4 ได้ B4 มีความต้านทานแรงดึงสูงที่สุด รองลงมาคือ สูตร A4, C4, D4 และ A1, B1, C1, D1 เป็นอัตราส่วนที่มีความต้านทานแรงดึงต่ำที่สุด ตามลำดับ นอกจากนี้ แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) เป็นสารเร่งการก่อตัวที่ทำให้แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์มีแนวโน้ม ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า สูงที่สุด รองลงมาคือ อลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3$), โซเดียมซิลิเกต (Na_2SiO_3), และแผ่นใยไม้อัดที่ไม่ใช้สารเร่งการก่อตัวมีแนวโน้มความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ต่ำที่สุด ตามลำดับ เช่นเดียวกับ ความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

4.9 การสร้างแบบจำลองการใช้งานจริง

แผ่นใยอัดซีเมนต์ ผสมเส้นใยต้น ผักตบชวา สูตร A4, B3, C3, เป็นสูตรที่ดีที่สุดในการนำมาใช้ก่อสร้างผนัง เนื่องผสมมีสมบัติทางกายภาพและทางกลตามมาตรฐาน มอก .878-2537 (สมอ., 2537) เป็นอัตราส่วนที่มีปริมาณเส้นใยต้น ผักตบชวา คือ ร้อยละ 75 ของน้ำหนักเส้นใยทั้งหมด ทำการเร่งการก่อตัวด้วยแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$)ซึ่งผลการสร้างแบบจำลองการใช้งานจริง พบว่า แผ่นใยอัดซีเมนต์ ผสมเส้นใยต้นผักตบชวาสูตร สามารถยึดติดกับโครงคร่าวได้ดี น้ำหนักเบา และใช้งานเป็นผนังได้เช่นเดียวกับแผ่นอัดซีเมนต์ทั่วไป

4.10 การถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่กลุ่มเป้าหมายสำหรับนำไปใช้ประโยชน์

ผลผสมการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่ได้ ผสมโครงการ “การใช้ประโยชน์ ผสมเส้นใยผักตบชวาในผลิตภัณฑ์แผ่นใยอัดซีเมนต์ภายนอกอาคารสำหรับวิสาหกิจชุมชน ” ให้แก่กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ หน่วยงานภาครัฐ หน่วยงานภาคเอกชน ชุมชน บริษัท และห้างร้านต่างๆ นั้น พบว่า มีกลุ่มเป้าหมายในส่วนผู้ประกอบการสนใจรับการถ่ายทอดเทคโนโลยี และได้นำไปประยุกต์ใช้เบื้องต้นแล้ว จำนวน 1 ราย คือ บริษัทยูนิต เซอร์วิส จำกัด

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

โครงการ “การใช้ประโยชน์ผสมเส้นใยผักตบชวาในผลิตภัณฑ์แผ่นใยอัดซีเมนต์ภายนอกอาคารสำหรับวิสาหกิจชุมชน” ในปีที่ 1 เกี่ยวกับการปรับปรุงพื้นผิวเส้นใยทดแทนด้วยสารเคมี การเร่งการก่อตัวของแผ่นอัดซีเมนต์ด้วยสารเคมี และการสร้างแบบจำลองการใช้งานจริง สามารถสรุปผลและข้อเสนอแนะได้ ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผล

สรุปผลการดำเนินงานทั้งหมดของโครงการ สามารถสรุปผลแบ่งตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้ ดังนี้

1) ผลิตภัณฑ์แผ่นใยอัดซีเมนต์ ผสมเส้นใยต้นผักตบชวาสามารถผลิตเป็น วัสดุผนังที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนที่ดี โดยสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ต่ำที่สุดมีค่าเพียง 0.235 วัตต์ต่อเมตร -เคลวิน นอกจากส่วน ผสม นี้ทุกสูตร ยังมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำกว่า 0.25 วัตต์ต่อเมตร- เคลวิน ตามที่มาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นอัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูงกำหนดไว้

2) ผลการทดสอบสมบัติต่างๆ ของ แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ และเส้นใยต้น ผักตบชวา พบว่า สูตร B4 มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานมากที่สุด โดยมีปริมาณของเส้นใยต้นผักตบชวา ร้อยละ 75 ของน้ำหนักเส้นใยที่ผสม ลงในแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ ทั้งหมด รวมทั้งมี การใช้ แคลเซียมครอไรด์ ($CaCl_2$) เป็นสารเร่งการก่อตัว อัตราส่วนดังกล่าวมีสมบัติทางกายภาพและทางกลที่ดี ที่สุด และผ่านตามมาตรฐาน มอก .878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง กำหนด

3) เส้นใยต้น ผักตบชวา และสารเร่งการก่อตัว ที่ผสมมีผลต่อสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล และความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนของแผ่นใยอัดซีเมนต์ โดยปริมาณ ผสมเส้นใยต้นผักตบชวาที่ทำให้สมบัติทางกายภาพและทางกลดี แต่มีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนต่ำ ส่วนสารเร่งการก่อตัวชนิดแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) เป็นสารที่ทำให้แผ่นใยอัดซีเมนต์มีแนวโน้มสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลดีที่สุด รองลงมาคือ อลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3$), โซเดียมซิลิเกต (Na_2SiO_3)และแผ่นใยอัดที่ไม่ใช้สารเร่งการก่อตัวมีแนวโน้มสมบัติทางกายภาพและทางกลต่ำ ตามลำดับ ทั้งนี้เมื่อเทียบกับมาตรฐาน มอก .878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นอัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง พบว่า มีเพียงสูตร B4 ที่ผ่านมาตรฐานดังกล่าว

4) ผลิตภัณฑ์แผ่นใยอัดซีเมนต์ผสมเส้นใยต้นผักตบชวาเป็นวัสดุผนังป้องกันความร้อนที่มีราคาถูก และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากผสมวัตถุดิบส่วนใหญ่เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีปริมาณมาก ร วมทั้งกระบวนการผลิตยังไม่แตกต่างผสมการผลิตแผ่นชิ้นอัดซีเมนต์ทั่วไป

5) ผสมการทดลองใช้งานจริง พบว่า การนำส่วนผสมเส้นใยต้นผักตบชวามาทดแทนชิ้นวัสดุสำหรับขึ้นรูปเป็นแผ่นใยอัดซีเมนต์นั้น มีความเป็นไปได้สูงทั้งในด้านการใช้งานและการผลิตในเชิงพาณิชย์เนื่อง จากส่วน ผสม แผ่นใยอัดที่ได้มีสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล และความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนตามที่มาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นอัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง กำหนด

6) หากมีการนำผลงานวิจัยนี้ไปใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย จะสามารถช่วยสร้างมูลค่า ผสมเส้นใยต้นผักตบชวาที่มีจำนวนมากในท้องถิ่นได้ดีเพราะผลิตภัณฑ์แผ่นใยอัดซีเมนต์กำลังเป็นที่ต้องการของอุตสาหกรรมการก่อสร้างในปัจจุบัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาต่อไป ควรพัฒนาให้แผ่นใยอัดซีเมนต์ ผสมเส้นใยต้นผักตบชวาสามารถรับแรงดัดได้สูงขึ้น โดยการเสริมเส้นใยหรือเส้นลวดที่มีความแข็งแรง เพื่อให้แผ่นใยอัดดังกล่าวสามารถใช้งานได้หลากหลาย และมีความทนทานสูง

เอกสารอ้างอิง

กิตติศักดิ์ บัวศรี, 2544. *การผลิตแผ่นฉนวนป้องกันความร้อนผสมฟางข้าว*, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุ คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

กรมการค้าภายใน, 2550. *ผลิตทางการเกษตร ปี 2551*, กรมการค้าภายใน.

กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์, 2539ก. *การส่งออกข้าวโพดฝักอ่อนสดและกระป๋อง*, ฝ่ายข้อมูลส่งเสริมการเกษตร กองแผนงาน กรมส่งเสริมการเกษตร.

กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์, 2539ข. *การส่งออกข้าวโพดหวานแช่แข็งและกระป๋อง*, ฝ่ายข้อมูลส่งเสริมการเกษตร กองแผนงาน กรมส่งเสริมการเกษตร.

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2539. *อัดซีเมนต์*, กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

ขวัญชัย กุลสันติธำรง, 2549. สภาวะโลกร้อน: สัญญาณเตือนภัยผสมธรรมชาติก่อนที่โลกจะถึงกาลอวสาน, *Update*, ฉบับเดือนพฤศจิกายน 2549, 37 – 43 หน้า.

จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา, 2539. *ข้าวโพดและเศษเหลือผสมข้าวโพดเป็นอาหารสัตว์*, กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 35 หน้า.

จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา และอุเทน รุ่งเรือง, 2534. การใช้ต้นและเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนเป็นอาหารหลักในโคกำลังรีดนม, *วารสารเกษตร*, ปีที่ 7 ฉบับที่ 2, 95 – 105 หน้า.

โชติชัย สุวรรณาภรณ์, 2550. ผลกระทบของ Climate Change ต่อระบบเศรษฐกิจไทย, *หนังสือพิมพ์โพสต์ทูเดย์ : การเงิน (มองรอบด้าน),* ฉบับวันศุกร์ที่ 18 พฤษภาคม พ.ศ. 2550, หน้า A18.

ชีวารัตน์ ม่วงพัฒน์, 2550. *เส้นใยธรรมชาติสำหรับวัสดุผนังอาคาร*, คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ธวัช จิรายุส, 2528. รายงานการทดลองทำแผ่นอัดซีเมนต์ผสมยูคาลิปตัสคามาลเลนซิส, *เอกสารวิชาการ เล่มที่ 2 การประชุมป่าประจำปี 2528*, หน้า 388 – 345.

ธวัช จิรายุส, 2535. การจับยึดปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ของยูคาลิปตัส,*วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, ฉบับที่ 7, ประจำเดือนมกราคม – เมษายน 2535, หน้า 85.

ธวัช จิรายุส, 2551. *ปัญหาวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอัดประกอบ*, สำนักวิชาการป่า กรมป่า.

บริษัท วิบูลย์วัฒนอุตสาหกรรม จำกัด, 2552. แผ่นอัดซีเมนต์, *รายงานผลการวิจัยทุนรัชดาภิเษกสมโภช*, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประชาชาติธุรกิจ, 2550. ไทยระอุ “โลกร้อน” วิกฤตแล้งถล่มอีสาน 22 ล้านไร่, *ประชาชาติธุรกิจ*, ฉบับวันที่ 16 – 18 เมษายน 2550, หน้า 1, 17.

เพ็งปรีชา ณรงค์, 2551. *มันสำปะหลัง:วัสดุเส้นใยแหล่งใหม่*, กองวิจัยผลิตผลป่า กรมป่า.

ภาวดี เมธะคานนท์, 2548. *สมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดผลิตผสมกาวที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม*, ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ.

วิจิตรา เจริญชัย, 2543. *การศึกษาการใช้เส้นใยธรรมชาติเป็นวัสดุเสริมแรงในโพลีโพรพิลีน*, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วรธรรม อุ่นจิตติชัย, 2547. เมื่อสารพัดเศษวัสดุเหลือทิ้งกลายร่างเป็น (เสมือน) , *นวัตกรรม*, ปีที่ 5 ฉบับวันที่ 17 มีนาคม 2547.

วรธรรม อุ่นจิตติชัย, 2552. *โลกเกษตร : เส้นทางของเศษฟางข้าว...วัสดุทดแทนที่มีอนาคต*, สำนักวิจัยและการจัดการป่าและผลิตผลป่า กรมป่า.

ศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง, อุปวิทย์ สุวคันธกุล, และสุดใจ เหง้าสีไพร, 2550. การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุผสมสำหรับคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว, *วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา*, ปีที่ 1 ฉบับที่ 1, ประจำเดือนมกราคม – มิถุนายน 2550, หน้า 77-87.

สถาบันคลังสมองของชาติ, 2548. *Policy Brief*, ฉบับประจำเดือนพฤศจิกายน 2548, ปีที่ 2 ฉบับที่ 3.

สำนักส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (สสอ.), 2550. ฉนวนความร้อน, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน, เข้าถึงได้ผสม http://www2.dede.go.th/dede/ homesafe/book /acc.htm.

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม (สมอ.), 2528. *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมวลผสมคอนกรีต (มอก. 566-2528)*, กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพมหานคร.

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม (สมอ.), 2532. *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 1 ข้อกำหนดคุณภาพ (มอก. 15 เล่ม 1-2532)*, กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพมหานคร.

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม (สมอ.), 2537. *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นอัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง (มอก. 878-2537)*, กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพมหานคร.

สยามรัฐสัปดาหวิจารณ์, 2550. ประชุมภาวะโลกร้อนที่บาหลี “ไปไม่ถึงดวงดาว” อีกตามเคย, *สยามรัฐสัปดาหวิจารณ์*, ฉบับวันที่ 14 – 20 ธันวาคม 2550.หน้า 27.

สุวัฒน์ เทพอารักษ์, 2550. การแก้ไขปัญหาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมตามแนวพระราชดำริ, ฉบับวันที่ 30 พฤศจิกายน - 6 ธันวาคม 2550, *สยามรัฐสัปดาหวิจารณ์*, หน้า 12-13.

American Society for Testing and Materials (ASTM), 2010. *Annual Book of ASTM Standard*, Philadelphia.

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

Cabangon, R.J., Eusebio, D.A., Cunningham, R., Donelly, C. and Evans, P.D., 1998. Eucalypts and acacia differ in their response to the accelerators used in the manufacture of wood wool cement board, *Proceedings of the Fourth Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium*, Bogor, Indonesia, pp. 437 – 445.

Dwight A. Eusebio, Florence P. Soriano, Rico J. Cabangon and Philip D. Evans, 2000. Manufacture of low-cost wood-cement composites in the Philippines using plantation-grown Australian species: I. Eucalypts. *Wood-cement composites in the Asia-Pacific Region*, Proceedings of a workshop held at Rydges Hotel, Canberra, Australia, 10 December 2000, pp. 105 – 114.

Odozi, T.O., Akaranta, O., and Ejike, P.N., 1986. Particle boards from Agricultural Wastes, *In Agricultural Wastes*, Vol.16 No.3, pp. 237 – 240.

ภาคผนวก

ก มาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 1999 (พ.ศ. 2537)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง แก้ไขมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง (แก้ไขครั้งที่ 1)

โดยที่เป็นการสมควรแก้ไขเพิ่มเติมมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง มาตรฐานเลขที่ มอก.878-2532

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

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

   "5.2 การทำ

   ใช้เครื่องจักรย่อยไม้ออกเป็นชิ้นไม้แยกชิ้นไม้ให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ นำไปผสมกับปูนซีเมนต์ แล้วนำไปโรยและอัดเป็นแผ่นในแบบ โดยทิ้งไว้ให้ปูนซีเมนต์ก่อตัวจึงถอดแบบออก หากใส่สารผสมเพิ่มต้องไม่ทำให้ความแข็งแรงหรือความคงทนของแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์เสียไป"
3. ให้ยกเลิกความในข้อ 6.4 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

   "6.4 สภาพนำความร้อน

   ต้องมีค่าเฉลี่ยไม่เกิน 0.25 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน

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

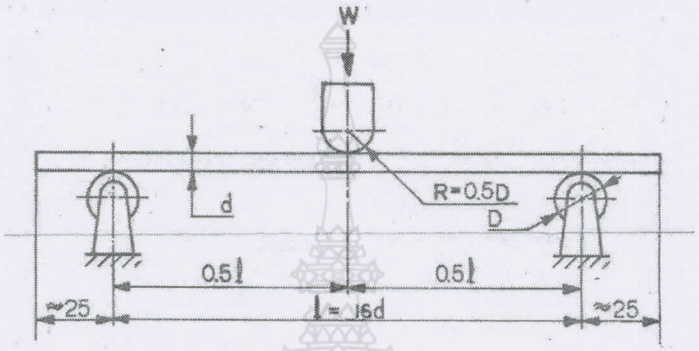
4. ให้ยกเลิกความในข้อ 9.3.1.2 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"9.3.1.2 ไมโครมิเตอร์ ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 มิลลิเมตร สำหรับวัดความหนา"

5. ให้เพิ่มความต่อไปนี้เป็นข้อ 9.3.1.3

"9.3.1.3 เวอร์เนียร์แคลลิเปอร์สที่วัดได้ละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร สำหรับวัดความกว้างและความยาว"

6. ให้ยกเลิกรูปที่ 4 และให้ใช้รูปต่อไปนี้แทน



รูปที่ 4 การทดสอบความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

(ข้อ 9.6.1.2)

ทั้งนี้ ตั้งแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 4 ตุลาคม พ.ศ. 2537

พลตรี สนั่น ขจรประศาสน์

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 111 ตอนที่ 87 ง

วันที่ 1 พฤศจิกายน พุทธศักราช 2537

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก. 878 – 2532

แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง

CEMENT BONDED PARTICLEBOARDS : HIGH DENSITY

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม

UDC 691.328.41:674.821

ISBN 974-8126-75-7

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง

มอก. 878 – 2532

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0 2202 3300

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 106 ตอนที่ 137
วันที่ 24 สิงหาคม พุทธศักราช 2532

คณะกรรมการวิชาการคณะที่ 120
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นอัดสำหรับการก่อสร้าง

ประธานกรรมการ

นายวรรณะ มณี	ผู้แทนสมาคมสถาปนิกสยาม ในพระบรมราชูปถัมภ์

กรรมการ

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

กรรมการและเลขานุการ

นายสมคิด แสงนิล	ผู้แทนสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 1516 (พ.ศ. 2532)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง

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

ประกาศ ณ วันที่ 3 สิงหาคม พ.ศ. 2532

บรรหาร ศิลปอาชา

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง

1. ขอบข่าย

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

1.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ครอบคลุมเฉพาะ แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง ที่เป็นแผ่นเรียบรูปสี่เหลี่ยม แต่ไม่ครอบคลุมถึงแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง ที่มีรูปร่างพิเศษ

2. บทพิเศษ

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

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

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

2.2.1 เกล็ด (flake) หมายถึง ชิ้นไม้บาง ๆ มีทิศทางของเสี้ยนไม้ขนานกับผิว ได้จากการใช้ใบมีดตัดขนานกับแนวของเสี้ยนไม้ แต่ทำมุมกับแนวแกนของเส้นใย

2.2.2 เกล็ดใหญ่ (wafer) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเกล็ด แต่มีความกว้างและความหนามากกว่า

2.2.3 แถบ (strand) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเกล็ดแต่มีความยาวมากเมื่อเทียบกับความกว้าง และมีความหนาสม่ำเสมอตลอดความยาวของแถบ

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

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

2.2.6 เม็ด (granule) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะคล้ายขี้เลื่อยซึ่งมีความกว้าง ความยาว และความหนาเกือบเท่ากัน

2.2.7 ลักษณะอื่น ๆ ซึ่งเหมาะสำหรับใช้ทำแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์

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

3. แบบและสัญลักษณ์

3.1 แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ แบ่งออกเป็น 2 แบบ ตามลักษณะพื้นผิว คือ

3.1.1 แบบผิวขัดเรียบ มีสัญลักษณ์ SAN

3.1.2 แบบผิวไม่ขัด มีสัญลักษณ์ UNS

4. ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

4.1 ความกว้างและความยาว ให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ที่ฉลาก โดยจะมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกินค่าที่กำหนดในตารางที่ 1

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

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

การวัดให้ปฏิบัติตามข้อ 9.2

4.2 ความหนา ให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ที่ฉลากแต่ต้องไม่น้อยกว่า 6 มิลลิเมตร โดยจะมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกินค่าที่กำหนดในตารางที่ 1

การวัดให้ปฏิบัติตามข้อ 9.2

4.3 ความแตกต่างของเส้นทแยงมุมทั้ง 2 เส้น จะมีได้ไม่เกินร้อยละ 0.25 ของเส้นสั้น

การวัดให้ปกิบัติตามข้อ 9.2

4.4 ความตรงของขอบแต่ละด้านจะคลาดเคลื่อนไปจากแนวตรง ได้ไม่เกิน 3.0 มิลลิเมตร

การวัดให้ปฏิบัติตามข้อ 9.2

ตารางที่ 1 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

(ข้อ 4.1และข้อ 4.2)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

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

5. ส่วนประกอบและการทำ

5.1 ส่วนประกอบ

5.1.1 ชิ้นไม้

5.1.2 ปูนซีเมนต์

ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 1 ข้อกำหนดคุณภาพ มาตรฐานเลขที่ มอก. 15 เล่ม 1

5.2 การทำ

ใช้เครื่องจักรย่อยไม้ออกเป็นชิ้นไม้ แยกชิ้นไม้ให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ นำไปผสมกับปูนซีเมนต์ แล้วนำไปโรยและอัดเป็นแผ่นโดยทิ้งไว้ให้ปูนซีเมนต์ก่อตัวจึงถอดแบบออก หากใส่สารผสมเพิ่มต้องไม่ทำให้ความแข็งแรงหรือความคงทนของแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์เสียไป

6. คุณลักษณะที่ต้องการ

6.1 ลักษณะทั่วไป

แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ต้องมีความหนา ความแน่น และความเรียบสม่ำเสมอกันตลอดทั้งแผ่น ขอบจะต้องตั้งได้ฉากกับระนาบผิว

การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

6.2 ความหนาแน่นความหนาแน่น

ความหนาแน่นเฉลี่ยต้องอยู่ในช่วง 1 100 ถึง 1 300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 9.3

6.3 ความชื้น

ความชื้นเฉลี่ยต้องอยู่ในช่วงร้อยละ 9 ถึงร้อยละ 15

การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 9.4

6.4 สภาพนำความร้อน

ต้องมีค่าเฉลี่ยไม่เกิน 0.155 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน

การทดสอบให้ปฏิบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีทดสอบสมบัติการเป็นฉนวนกันความร้อน (ในกรณีที่ยังไม่มีการประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าว ให้เป็นไปตาม BS 874)

6.5 คุณลักษณะที่ต้องการอื่น ๆ

ให้เป็นไปตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณลักษณะที่ต้องการอื่นๆ

(ข้อ 6.5)

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

7. เครื่องหมายและฉลาก

7.1 ที่แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ทุกแผ่น อย่างน้อยต้องมีเลข อักษรหรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(1) คำว่า “แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์”

(2) สัญลักษณ์ของแบบ

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

(4) เดือน ปีที่ทำ หรือรหัสรุ่นที่ทำ

(5) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

7.2 ผู้ทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้ จะแสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นได้ ต่อเมื่อได้รับใบอนุญาตจากคณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว

8. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

8.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ที่มีแบบและความหนาระบุเดียวกัน ทำโดยกรรมวิธีเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

8.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

8.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบขนาด และลักษณะทั่วไป

8.2.1.1 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน ตามจำนวนที่กำหนดในตารางที่ 3

8.2.1.2 จำนวนตัวอย่างที่ไม่เป็นไปตามข้อ 4. และข้อ 6.1 ต้องไม่เกินเลขจำนวนที่ยอมรับ ที่กำหนดในตารางที่ 3 จึงจะถือว่าแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์รุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตารางที่ 3 แผนการชักตัวอย่างสำหรับการทดสอบขนาดและลักษณะทั่วไป

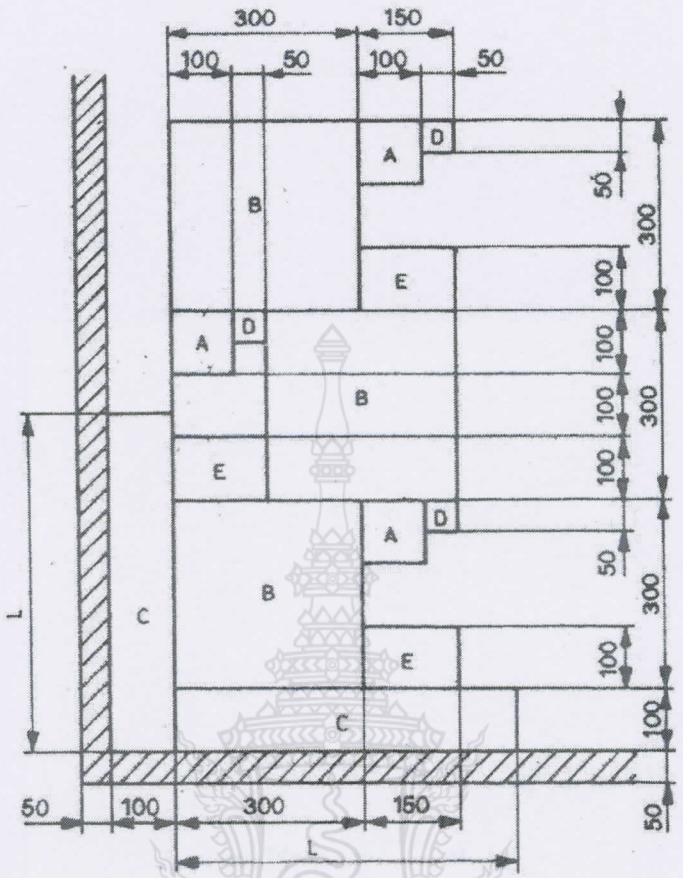
(ข้อ 8.2.1)

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

8.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบความหนาแน่น ความชื้น สภาพนำความร้อน และคุณลักษณะที่ต้องการอื่น ๆ

8.2.2.1 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่ม จากแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ที่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในเรื่องขนาด และลักษณะทั่วไปแล้ว มาจำนวน 5 แผ่น แต่ละแผ่นให้ตัดเป็นชิ้นทดสอบตามรูปที่ 1

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



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

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 1 ตำแหน่งและการตัดชิ้นทดสอบ
(ข้อ 8.2.2.1)

8.2.2.2 ตัวอย่างทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 6.2 ข้อ 6.3 ข้อ 6.4 และข้อ 6.5 ทุกรายการ จึงจะถือว่าแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์รุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

8.3 เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ต้องเป็นไปตามข้อ 8.2.1.2 และ ข้อ 8.2.2.2 ทุกข้อ จึงจะถือว่าแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์รุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

9. การทดสอบ

9.1 การปรับภาวะชิ้นทดสอบ

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

9.2 ขนาด

9.2.1 ความกว้างและความยาว

ใช้สายวัดโลหะที่วัดได้ละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร วัดที่จุดลึกเข้าไปจากขอบของแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ ประมาณ 100 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 2

9.2.2 ความหนา

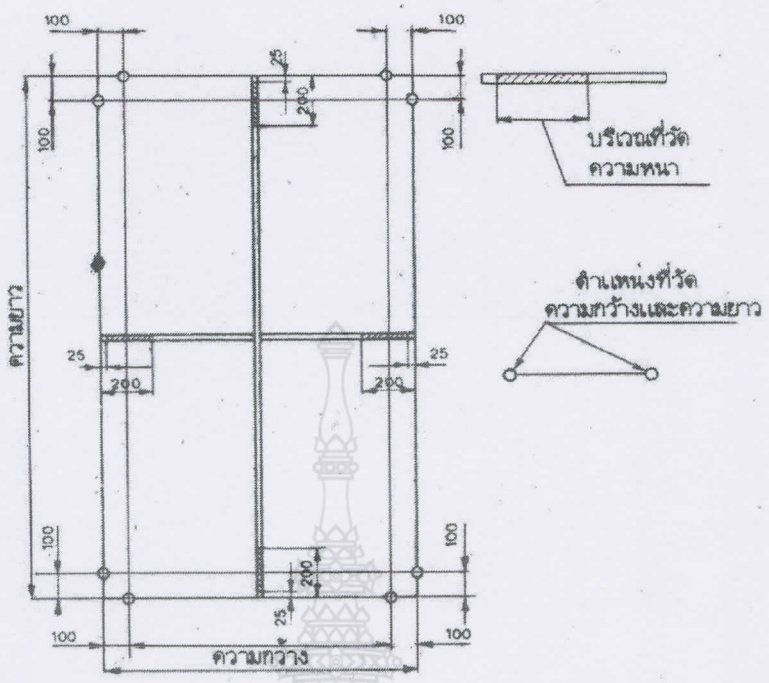
ใช้ไมโครมิเตอร์ ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 มิลลิเมตร ซึ่งมีส่วนของแป้นวัดเรียบและขนานกัน และมีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร วัดที่บริเวณกึ่งกลางของขอบของแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ทั้ง 4 ด้าน และให้ลึกเข้าไปจากขอบประมาณ 25 ถึง 200 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 2

9.2.3 ความแตกต่างของเส้นทแยงมุม

ใช้สายวัดตามข้อ 9.2.1 วัดหาความแตกต่างของเส้นทแยงมุม

9.2.4 ความตรงของขอบ

ขึงเส้นด้ายให้ตึงระหว่างมุมที่ขอบเดียวกัน ของแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ แล้ววัดระยะที่คลาดเคลื่อนจากแนวเส้นด้ายมากที่สุดของขอบทั้ง 4 ด้าน



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 2 ตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาว และความหนาของแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์
(ข้อ 9.2.1 และข้อ 9.2.2)

9.3 ความหนาแน่น

9.3.1 เครื่องมือ

9.3.1.1 เครื่องชั่ง ที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม

9.3.1.2 ไมโครมิเตอร์ ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร

9.3.2 วิธีทดสอบ

9.3.2.1 ชั่งชิ้นทดสอบให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนถึง 0.1 กรัม

9.3.2.2 วัดความกว้างและความยาวของชิ้นทดสอบขนานกับขอบให้ละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร ตามรูปที่ 3 แล้วหาค่าเฉลี่ย

9.3.2.3 วัดความหนา 4 ตำแหน่ง ตามรูปที่ 3 แล้วหาค่าเฉลี่ย

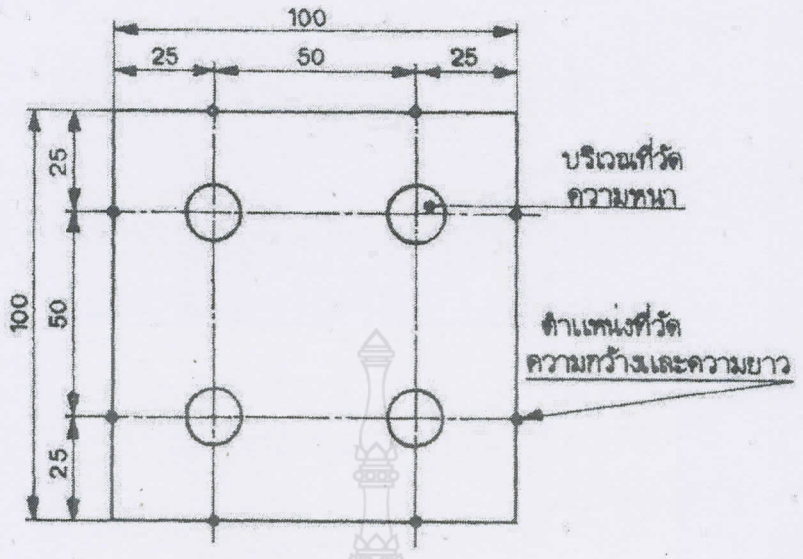
9.3.3 วิธีคำนวณ

หาค่าความหนาแน่นจากสูตร

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

9.3.4 การรายงานผล

รายงานค่าความหนาแน่นของชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นและค่าเฉลี่ย



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 3 ตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาว และความหนาของชิ้นทดสอบ
(ข้อ 9.3.2.2 ข้อ 9.3.2.3 และข้อ 9.5.2.1)

9.4 ความชื้น

9.4.1 เครื่องมือ

9.4.1.1 เครื่องชั่ง ที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.01 กรัม

9.4.1.2 เตาอบ ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 130 ± 2 องศาเซลเซียส

9.4.1.3 เดซิกเคเตอร์

9.4.2 วิธีทดสอบ

9.4.2.1 ชั่งชิ้นทดสอบซึ่งผ่านการทดสอบตามข้อ 9.3 แล้ว ให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนถึง 0.01 กรัม เป็นน้ำหนักก่อนอบ

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

9.4.2.3 นำมาใส่ในเดซิกเคเตอร์ ปล่อยไว้ให้เย็น

9.4.2.4 ชั่งชิ้นทดสอบ เป็นน้ำหนักอบแห้ง

9.4.3 วิธีคำนวณ

หาค่าความชื้นจากสูตร

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

9.4.4 การรายงานผล

รายงานค่าความชื้นของชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นและค่าเฉลี่ย

9.5 การพองตัวเมื่อแช่น้ำ

9.5.1 เครื่องมือ

ไมโครมิเตอร์ ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 มิลลิเมตร

9.5.2 วิธีทดสอบ

9.5.2.1 ทำเครื่องหมายตำแหน่งที่วัดความหนาตามรูปที่ 3 วัดความหนาของชิ้นทดสอบ 4 ตำแหน่ง แล้วหาค่าเฉลี่ยเป็นความหนาก่อนแช่น้ำ

9.5.2.2 แช่ชิ้นทดสอบในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิห้อง โดยตั้งให้แต่ละชิ้นห่างจากกัน ให้ขอบบนอยู่ใต้ระดับผิวน้ำประมาณ 25 มิลลิเมตร ชิ้นทดสอบต้องตั้งได้ฉากกับผิวน้ำ และห่างจากผนังและก้นภาชนะที่ใส่ไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร

9.5.2.3 เมื่อแช่ชิ้นทดสอบครบ 24 ชั่วโมง นำชิ้นทดสอบขึ้นมาซับน้ำที่ผิวออกให้หมดด้วยผ้าหมาดแล้วปล่อยไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยวางให้ซอบด้านใดด้านหนึ่งอยู่บนแผ่นวัสดุที่ไม่ดูดซึมน้ำ เช่น พลาสติก กระจก

9.5.2.4 เมื่อปล่อยชิ้นทดสอบไว้ครบ 2 ชั่วโมงแล้ว นำชิ้นทดสอบมาวัดความหนาตามตำแหน่งเดิม แล้วหาค่าเฉลี่ยเป็นความหนาหลังแช่น้ำ

9.5.3 วิธีคำนวณ

หาค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำจากสูตร

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

9.5.4 การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยการพองตัวเมื่อแช่น้ำเป็นร้อยละ

9.6 ความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

9.6.1 เครื่องมือ

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

9.6.1.2 แท่นรองรับ ต้องมีลักษณะหน้าตัดเป็นรูปวงกลม หรือรูปครึ่งวงกลม มีรัศมี 10 ถึง 30 มิลลิเมตร ความยาวไม่น้อยกว่าความกว้างของชิ้นทดสอบ

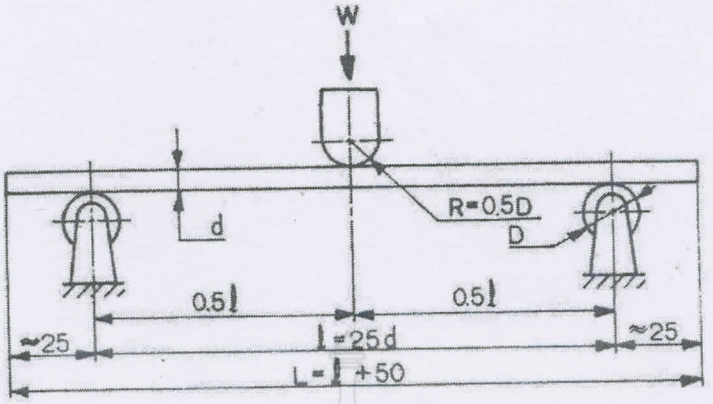
9.6.1.3 มาตรการแอ่นตัว ซึ่งอ่านค่าได้ละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร

9.6.2 วิธีทดสอบ

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

9.6.2.2 ให้แรงกดบนจุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ โดยมีอัตราการเพิ่มแรงกดอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มกดจนกระทั่งชิ้นทดสอบหัก ต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที และไม่เกิน 120 วินาที

9.6.2.3 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดกับค่าการแอ่นตัว



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 4 การทดสอบความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

(ข้อ 9.6.2.1)

9.6.3 วิธีคำนวณ

9.6.3.1 หาค่าความต้านแรงดัดจากสูตร

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

เมื่อ f คือ ความต้านแรงดัด เป็นเมกะพาสคัล

W คือ แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ เป็นนิวตัน

ℓ คือ ระยะห่าง ระหว่างจุดศูนย์กลางของแท่นรองรับ เป็นมิลลิเมตร

b คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

d คือ ความหนาเฉลี่ยของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

9.6.3.2 หาค่ามอดุลัสยืดหยุ่นจากสูตร

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

เมื่อ f คือ มอดุลัสยืดหยุ่น เป็นเมกะพาสคัล

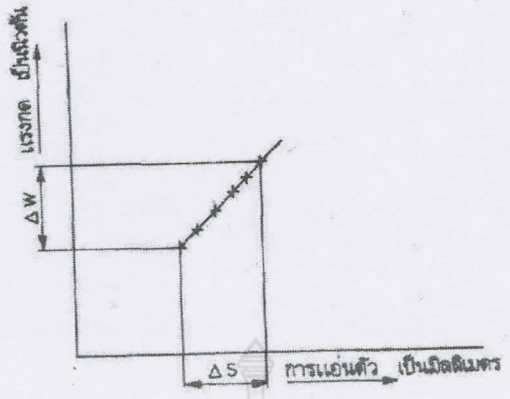
ℓ คือ ระยะห่าง ระหว่างจุดศูนย์กลางของแท่นรองรับ เป็นมิลลิเมตร

ΔW คือ แรงกดที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง ตามรูปที่ 5 เป็นนิวตัน

b คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

d คือ ความหนาเฉลี่ยของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

ΔS คือ ระยะแอ่นตัวที่เพิ่มขึ้น ในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง ตามรูปที่ 5 เป็นมิลลิเมตร



รูปที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดกับการแอ่นตัว
(ข้อ 9.6.3.2)

9.6.4 การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

9.7 ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

9.7.1 เครื่องมือ

9.7.1.1 เครื่องดึง ซึ่งสามารถให้แรงดึงเพื่อแยกชิ้นทดสอบออกในเวลาไม่น้อยกว่า 30 วินาทีและไม่เกิน 120 วินาที

9.7.1.2 แผ่นดึงซึ่งทำด้วยไม้หรือโลหะที่เหมาะสม ขนาดไม่น้อยกว่า 50 มิลลิเมตร × 50 มิลลิเมตร ความหนาตามความเหมาะสม

9.7.2 วิธีทดสอบ

9.7.2.1 ติดผิวหน้าทั้งสองของชิ้นทดสอบกับแผ่นดึง โดยใช้กาวสังเคราะห์ที่มีแรงยึดมากกว่าแรงยึดในตัวชิ้นทดสอบ

9.7.2.2 นำชิ้นทดสอบที่เตรียมได้แล้วนี้ไปเข้าเครื่องดึง ดึงให้ชิ้นทดสอบแยกออกจากกันซึ่งปกติจะแยกในชั้นไส้ อัตราการเพิ่มแรงดึงต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มดึงจนกระทั่งชิ้นทดสอบแยกออกจากกันต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที และไม่เกิน 120 วินาที

9.7.3 วิธีคำนวณ

หาค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าจากสูตร

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

9.7.4 การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า