การพัฒนาแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความแข็งแรงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนสูง จากเส้นใยกากมะพร้าวและต้นข้าวโพด

ดร. ผกามาศ ชูสิทธิ์

นายนิลมิต นิลาศ

งานวิจัยได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณประจำปี 2560
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

การพัฒนาแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความแข็งแรงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนสูง จากเส้นใยกากมะพร้าวและต้นข้าวโพด

การพัฒนาแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความแข็งแรงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนสูง
จากเส้นใยกากมะพร้าวและต้นข้าวโพด

ดร. ผกามาศ ชูสิทธิ์

นายนิลมิตร นิลาศ

ดร. ผกามาศ ชูสิทธิ์
นายนิลมิตร นิลาศ

งานวิจัยได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณประจำปี 2560
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

งานวิจัยได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณประจำปี 2560
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

Development of High Strength and Thermal Insulation Cement-Bonded Fiberboard from Coconut Meal and Corncob Fibers

Dr.Pakamas Choosit

Mr.Nilamit Nilas

This Report is Funded by Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Faculty of Industrial Education Fiscal 2017

ชื่อเรื่อง : การพัฒนาแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความแข็งแรงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนสูงจากเส้นใยกากมะพร้าวและต้นข้าวโพด
ผู้วิจัย : ดร. ผกามาศ ชูสิทธิ์
ผู้ร่วมวิจัย : นายนิลมิต นิลาศ
พ.ศ. : 2560

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการพัฒนาแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความแข็งแรงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนสูงจากเส้นใยกากมะพร้าวและต้นข้าวโพด เป็นโครงการต่อเนื่องปีที่ 2 โดยการใช้น้ำยางธรรมชาติ เพื่อเพิ่มประสิทธิ์ภาพความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน โดยใช้อัตราส่วน ปูนซีเมนต์ : ทรายละเอียด : กากมะพร้าว:เส้นใยต้นข้าวโพด : น้ำ : สารเร่งการก่อตัว : สารลดแรงตึงผิว เท่ากับ 1 : 0.2 : 0.0125 : 0.0375 : 0.3 : 0.03 : 0.04 โดยน้ำหนัก แล้วเติมน้ำยางธรรมชาติในอัตราส่วนปูซีเมนต์ : น้ำยางธรรมชาติทั้งหมด 5 อัตราส่วน คือ 1 : 0.05 1 : 0.10 1 : 0.15 1 : 0.20 และ 1 : 0.25 โดยน้ำหนัก ทำการทดสอบตามมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง จากผลการทดสอบ พบว่าอัตราส่วน 1 : 0.05 เป็นอัตราส่วนแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ ที่เหมาะสมที่สุด ปริมาณน้ำยางธรรมชาติดังกล่าวสามารถทำให้แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ รับรงอัดและแรงดัด ได้ดีที่สุด และมีคุณสมบัติผ่านมาตรฐาน มอก.878-2537 แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถช่วยลดปริมาณน้ำยางธรรมชาติที่มีมากได้ และมีคุณสมบัติความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ : แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์, กากมะพร้าว, เส้นใยต้นข้าวโพด, ปูนซีเมนต์, สภาพนำความร้อน, น้ำยางธรรมชาติ

Abstract

This research is aimed at studying the development of strong and high strength fiberboard from coconut fiber and corn plant. This is the second consecutive year by using natural latex. To enhance thermal insulation performance. By using the cement ratio: fine sand: coconut pulp: corn fiber: water: surfactant: surfactant is 1: 0.2: 0.0125: 0.0375: 0.3: 0.03: 0.04 by weight Then add natural rubber latex at cement ratio: 5: 1 ratio of natural rubber latex: 1: 0.05 1: 0.10 1: 0.15 1: 0.20 and 1: 0.25 by weight, tested in accordance with TIS 878-2537 on cement slabs. : High density The test results show that the ratio of 1: 0.05 is the fiber cement ratio. The most appropriate The amount of natural latex said. Can make fiber cement sheets. Best compression and bending strength. And has passed the standard TIS 878-2537 cement fiberboard developed this can help reduce the amount of natural latex is very high. And have a good thermal insulation properties.

Keywords: cement-board fiber, coconut meal, corncob fiber, cement, ThermalInsulation, nature latex

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
สารบัญ	ข
สารบัญรูป	ง
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 แผ่นซีเมนต์บอร์ด	4
2.2 ประเภทของแผ่นซีเมนต์บอร์ด	4
2.3 มาตรฐานแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์	6
2.4 เส้นใยธรรมชาติ	7
2.5 เส้นใยเหลือทิ้งจากภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม	8
2.6 เฟอร์โรซีเมนต์	9
2.7 น้ำยางธรรมชาติ	11
2.8 กรอบแนวความคิด	12
2.9 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง	13
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	
3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย	19
3.2 การออกแบบตัวอย่างแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์	23
3.3 การเตรียมตัวอย่างแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์	24
3.4 การทดสอบสมบัติของตัวอย่างแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์	37
3.5 การทดสอบการใช้งานจริงของตัวอย่างแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์	43
3.6 การเขียนบทความวิจัยส่งลงในวารสารและงานประชุมสัมมนาวิชาการ	44
บทที่ 4 ผลการดำเนินการวิจัย	
4.1 ผลการทดสอบลักษณะทั่วไป	45
4.2 ผลการทดสอบความหนาแน่น	46
4.3 ผลการทดสอบสภาพนความร้อน	46
4.4 ผลการทดสอบความหนาแน่น	47
4.5 ผลการทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ	48
4.6 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัด	49
4.7 ผลการทดสอบมอดูลัสยืดหยุ่น	50

4.8 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	51
4.9 ผลการทดสอบการใช้งานจริง	52
4.10 ผลการเขียนบทความวิจัยเพื่อเผยแพร่	54
บทที่ 5 สรุป และ ข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผล	55
5.2 ข้อเสนอแนะ	55
เอกสารอ้างอิง	56
ภาคผนวก	59

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ลักษณะโครงสร้างของเฟอร์โรซีเมนต์ 9

2.2 กรอบแนวความคิดของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความแข็งแรงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนสูง 12

3.1 กากมะพร้าว 18

3.2 ป้ายไร่เกษตรกรกลุ่มข้าวโพดตำบลลำนารายณ์ อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี 18

3.3 ต้นข้าวโพดที่แห้งภายหลังจากให้ผลผลิตแล้ว 19

3.4 ใบข้าวโพดแห้ง 19

3.5 แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) 20

3.6 สารลดแรงตึงผิว LUTENSOL FTXL, 80 20

3.7 น้ำยางธรรมชาติรพรีวัลคาไนซ์ 21

3.8 ตะแกรงเหล็กสี่เหลี่ยม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.81 มิลลิเมตร ระยะห่าง 1 นิ้ว 21

3.9 เครื่องบดย่อยเส้นใย 22

3.10 ต้นข้าวโพดที่ทำการตากแห้งก่อนการบดย่อยด้วยเครื่องบด 23

3.11 การแยกต้นข้าวโพดออกเป็นลำต้นข้าวโพดและใบต้นข้าวโพด 23

3.12 การชั่งน้ำหนักของต้นข้าวโพดแยกเป็นส่วนลำต้นข้าวโพดและใบต้นข้าวโพด 24

3.13 เส้นใยต้นข้าวโพดทั้งในส่วนลำต้นข้าวโพดและใบต้นข้าวโพดที่บดย่อยผ่านตะแกรงเบอร์ 4 24

3.14 กากมะพร้าว 25

3.15 น้ำยางธรรมมชาติพรีวัลคาไนซ์ 25

3.16 การเทปูนซีเมนต์ลงในเครื่องผสมคอนกรีต 26

3.17 การเติมทรายลงในปูนซีเมนต์ที่ผสมอยู่ในเครื่องผสมคอนกรีต 26

3.18 การชั่งน้ำหนักกากมะพร้าว 27

3.19 การเติมกากมะพร้าวลงในปูนซีเมนต์และทรายที่ผสมอยู่ในเครื่องผสมคอนกรีต 27

3.20 การผสมส่วนผสมทั้งหมดเข้ากันด้วยเครื่องผสมคอนกรีต 28

3.21 ส่วนผสมที่ผสมเข้ากันแล้วก่อนการเติมน้ำประปา 28

3.22 การเติมสารเร่งการก่อตัว แคลเซียมคลอไรด์ 29

3.23 การเติมน้ำยางธรรมมชาติพรีวัลคาไนซ์ และผสมส่วนผสมที่เข้ากันแล้วก่อนนำไปเทลงในแบบหล่อ 29

3.24 เหล็กตะแกรงก่อนการตัดให้ได้ขนาดตามต้องการ 30

3.25 เหล็กตะแกรงที่ตัดให้ได้ขนาดตามต้องการแล้ว 30

3.26 แบบหล่อขนาด 30 x 30 x 1.5 เซนติเมตร ที่ต้องตั้งอยู่ในเครื่องอัดแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ 31

3.27 การเทส่วนผสมลงในแบบหล่อเพื่ออัดขึ้นรูปแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ 32

3.28 การเรียงส่วนผสมส่วนล่างให้มีความหนาเท่ากับครึ่งหนึ่งของความหนาแบบหล่อ 33

3.29 การติดตั้งตะแกรงเหล็กลงบนส่วนผสมส่วนล่าง 33
3.30 การเทส่วนผสมส่วนบนก่อนการอัดขึ้นรูปแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ 34
3.31 การเรียงส่วนผสมส่วนบนให้เรียบและได้ระดับที่กำหนด 34
3.32 การรองแผ่นพลาสติกด้านบนเพื่อปรับแต่งผิวหน้าให้เรียบ 35
3.33 การอัดขึ้นรูปส่วนผสม 35
3.34 การนำแผ่นใยไม้อัดจากกากมะพร้าวและต้นข้าวโพดออกจากเครื่องอัดขึ้นรูป 36
3.35 การบ่มแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ด้วยกระสอบพรมน้ำตามระยะเวลาที่กำหนด 36
3.36 แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ขนาด 30x30x1.5 ซม. 37
3.37 การวัดความหนาของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจากกากมะพร้าว
เส้นใยต้นข้าวโพด และเหล็กตะแกรง 37
3.38 เตาอบสำหรับทดสอบความชื้นของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจากกากมะพร้าว
เส้นใยต้นข้าวโพด และเหล็กตะแกรง 38
3.39 การแช่น้ำแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ เพื่อทดสอบการพองตัว 38
3.40 เตรียมขนาดตัวอย่างการทดสอบความต้านทานแรงดัดตามมาตรฐาน 39
3.41 เตรียมตัวอย่างการทดสอบความต้านทานแรงดัดของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ 39
3.42 การโก่งตัวจากการทดสอบความต้านทานแรงดัดของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ 40
3.43 การแตกหักของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่ไม่หลุดออกจากกันภายหลัง
การวิบัติจากการทดสอบความต้านทานแรงดัด 40
3.44 แท่งเหล็กสำหรับยึดแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์เพื่อทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉาก 41
3.45 แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ขนาด 5 x 5 x 1.5 เซนติเมตร สำหรับยึดกับแท่งเหล็ก
เพื่อทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า 41
3.46 แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่ยึดเข้ากับแท่งเหล็กเพื่อทดสอบ
ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าแล้ว 42
3.47 การทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากที่ผิวหน้าของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์
ด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์ 42
3.48 การยึดแท่งเหล็กกับมือจับของเครื่องทดสอบอเนกประสงค์เพื่อทดสอบ
ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากที่ผิวหน้าของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ 43
3.49 การวิบัติของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากการทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากที่ผิวหน้า 43
4.1 ลักษณะทั่วไปของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจากเส้นใยกากมะพร้าว
ต้นข้าวโพด ตะแกรงเหล็ก และน้ำยางธรรมชาติ 45
4.2 ความหนาแน่นของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจากเส้นใยกากมะพร้าว
ต้นข้าวโพด ตะแกรงเหล็กและน้ำยางธรรมชาติที่อัตราส่วนต่างๆ 46
4.3 ปริมาณความชื้นของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจากเส้นใยกากมะพร้าว
ต้นข้าวโพด ตะแกรงเหล็กและน้ำยางธรรมชาติที่อายุบ่ม 28 วัน 47
4.4 สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจาก
เส้นใยกากมะพร้าวต้นข้าวโพด ตะแกรงเหล็กและน้ำยางธรรมชาติ 48

4.5	การพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจากเส้นใยกากมะพร้าว ต้นข้าวโพด ตะแกรงเหล็กและน้ำยางธรรมชาติ ที่อายุบ่ม 28 วัน	49
4.6	ความต้านทานแรงดัดของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจากเส้นใยกากมะพร้าว ต้นข้าวโพด ตะแกรงเหล็กและน้ำยางธรรมชาติ ที่อายุบ่ม 28 วัน	50
4.7	มอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจากเส้นใยกากมะพร้าว ต้นข้าวโพด ตะแกรงเหล็กและน้ำยางธรรมชาติ ที่อายุบ่ม 28 วัน	51
4.8	ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูง จากเส้นใยกากมะพร้าว ต้นข้าวโพด ตะแกรงเหล็กและน้ำยางธรรมชาติ	52
4.9	การติดตั้งแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากกากมะพร้าว ต้นข้าวโพด เหล็กตะแกรงและ น้ำยางธรรมชาติลงบนผนังคอนกรีต	53
4.10	การใช้สว่านไฟฟ้าในการขันยึดแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากกากมะพร้าว ต้นข้าวโพด เหล็กตะแกรงและน้ำยางธรรมชาติลงบนผนังคอนกรีต	53
4.11	ผนังจำลองที่ก่อสร้างจากแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากกากมะพร้าว ต้นข้าวโพด เหล็กตะแกรงและน้ำยางธรรมชาติ อัตราส่วนน้ำยางที่ 5 %	54

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณลักษณะที่ต้องการอื่นๆ ของแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์	7
2.2	พื้นที่ปลูกพืชเส้นใยทางเกษตร ปี 2530/31 (ไร่)(สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2530)	8
2.3	ความแข็งแรงของการเกาะยึดระหว่างไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส กับปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ตราเพชรจากการใช้น้ำและสารเคมีต่างๆ	14
2.4	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติจากค่าความแข็งแรงของการเกาะยึดระหว่างไม้และซีเมนต์ในการทดลองด้วยน้ำและสารเคมีต่างๆ กัน	15
3.1	อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากกากมะพร้าว เส้นใยต้นข้าวโพดและน้ำยาง	23
4.1	ผลการทดสอบลักษณะทั่วไปของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจากเส้นใยกากมะพร้าวต้นข้าวโพด ตะแกรงเหล็ก และน้ำยางธรรมชาติ	45

ตารางผนวกที่

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

โครงการ "การพัฒนาแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความแข็งแรงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนสูงจากเส้นใยกากมะพร้าวและต้นข้าวโพด" เป็นโครงการต่อเนื่องปีที่ 2 โดยดร.ผกามาศ ชูสิทธิ์ และ นายนิลมิต นิลาศ เป็นผู้ดำเนินการวิจัย โดยนำน้ำยางธรรมชาติ มาปรับปรุงความเป็นฉนวนกันความร้อนของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ (ต่อเนื่องจากปีที่ 1) ซึ่งผลของการดำเนินโครงการดังกล่าว ทำให้ได้แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่ใช้เศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร และผสมยางธรรมชาติ ที่มีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนดีมากขึ้น และสามารถขึ้นรูปได้โดยไม่ต้องให้น้ำหนักค้างไว้ดัง สามารถเป็นวัสดุทดแทนไม้เทียมที่มีศักยภาพในการทำตลาดได้เป็นอย่างดี

จากการสำรวจความต้องการแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์หรือแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ของผู้ประกอบการเพิ่มเติม (บริษัทที่ให้การสนับสนุนโครงการและบริษัทอื่นๆ) พบว่า แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ในท้องตลาด ยังมีปัญหาการเปราะหักได้ง่าย ไม่สามารถใช้งานได้นาน โดยเฉพาะเมื่อใช้เป็นพื้นอาคารและขั้นบันได ไม่มีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน ทั้งนี้เพื่อตอบสนองความต้องการของตลาด จึงควรมีการพัฒนาแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่สมบัติด้านความแข็งแรงสูง และความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนเพิ่มเติม เพื่อให้สามารถใช้งานได้ตามความต้องการของผู้ประกอบการได้มากขึ้น และสามารถผลิตออกจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ได้ต่อไป

เฟอร์โรซีเมนต์ (Ferro-cement) เป็นเทคโนโลยีการเพิ่มความแข็งแรงให้กับผนังคอนกรีตเปลือกบางทั่วไป เมื่อนำมาประยุกต์ร่วมกับแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากเส้นใยกากมะพร้าวและต้นข้าวโพดที่ได้จากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมา ทำให้มีโอกาสได้แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงที่มีต้นทุนต่ำ และสามารถใช้งานได้หลากหลายขึ้นตามความต้องการของผู้ประกอบการ

การพัฒนาแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความแข็งแรงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนสูงจากเส้นใยกากมะพร้าวและต้นข้าวโพดเป็นการนำเศษวัสดุเหลือทิ้งที่ได้จากการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรของพืชเศรษฐกิจมาพัฒนาเป็นแผ่นใยไม้แทนที่แผ่นไม้เทียมที่ใช้เศษไม้หรือขี้เลื่อยเป็นส่วนประกอบ โดยปริมาณของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรอย่าง กากมะพร้าว เป็นขยะจากการคั้นกะทิ มีปริมาณประมาณ 5 แสนตันต่อปี ส่วนต้นข้าวโพด เป็นขยะจากการเพาะปลูก มีปริมาณประมาณ 4 ล้านตันต่อปี วัสดุทั้ง 2 ชนิด ประกอบด้วย เส้นใยเซลลูโลส (cellulose fibers) เป็นวัสดุหลัก เป็นโมเลกุลสายยาวซ้ำ ยึดเกาะด้วยพันธะ C-O-C ในหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) จับกับหมู่ธาตุอื่นๆ เรียงตัวเป็นระเบียบ (Crystalline) และระหว่างสายโมเลกุลมีการยึดด้วยพันธะไฮโดรเจน เป็นระยะๆ มีความเหนียว แข็งแรง และน้ำหนักเบาเหมาะต่อการนำมาใช้อัดเป็นแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์เพื่อลดต้นทุนการผลิต และช่วยกำจัดวัสดุเหลือทิ้ง เมื่อนำมาพัฒนาร่วมกับเทคโนโลยีเฟอร์โรซีเมนต์ (ปีที่ 1) จะทำให้ได้แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความแข็งแรงสูง ทั้งความต้านทานแรงดึง ความต้านทานแรงดัด และความต้านทานแรงกระแทก เมื่อเทียบกับแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์จากเศษไม้และขี้เลื่อยทั่วไป นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาสมบัติด้านความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนให้ดีมากยิ่งขึ้นด้วยน้ำยางธรรมชาติ (ต่อเนื่องในปีที่ 2) ซึ่งจะทำให้แผ่นไม้ใยอัดซีเมนต์ดังกล่าวที่สามารถผลิตและใช้งานเป็นผนังสำหรับอาคารต่างๆ ได้ดี

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาผลิตภัณฑ์แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความแข็งแรงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนสูงจากเส้นใยกากมะพร้าว ต้นข้าวโพดและน้ำยางธรรมชาติ

1.2.2 เพื่อศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้วัสดุผสม สำหรับทำแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ ที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย กากมะพร้าว เส้นใยจากต้นข้าวโพด สารเร่งการก่อตัว ตะแกรงเหล็ก และน้ำยางธรรมชาติ

1.2.3 เพื่อทราบถึงคุณสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล สัมประสิทธิ์การนาความร้อน และการใช้งานจริงของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย กากมะพร้าว เส้นใยจากต้นข้าวโพด สารเร่งการก่อตัว ตะแกรงเหล็ก และน้ำยางธรรมชาติ เป็นวัสดุผสมตามมาตรฐาน

1.2.4 เพื่อพัฒนาปรับปรุงผลิตภัณฑ์แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความแข็งแรงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนสูงจากเส้นใยกากมะพร้าว ต้นข้าวโพดและน้ำยางธรรมชาติ ที่มีต้นทุนต่ำ

1.2.5 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย กากมะพร้าว เส้นใยจากต้นข้าวโพด สารเร่งการก่อตัว ตะแกรงเหล็ก และน้ำยางธรรมชาติ มาใช้งานจริงในการผลิตแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ได้อย่างปลอดภัยและเหมาะสม

1.2.6 เพื่อนำกากมะพร้าว ต้นข้าวโพดและน้ำยางธรรมชาติ ที่มีจำนวนมากในท้องถิ่น มาใช้เกิดประโยชน์และมีมูลค่ามากขึ้นได้มากขึ้น

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 ใช้กากมะพร้าว ในเขตภาคกลาง

1.3.2 ใช้เส้นใยจากต้นข้าวโพด ในเขตภาคกลาง

1.2.3 ใช้ตะแกรงเหล็ก ขนาดและความถี่ที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด (ปีที่ 1)

1.3.4 ใช้สารเร่งการก่อตัวของปูนซีเมนต์ ที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด

1.3.5 ใช้น้ำยางธรรมชาติชนิดพรีวัลคาไนซ์ จากสถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร

1.3.6 ออกแบบอัตราส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปเป็นแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีส่วนผสม ของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ กากมะพร้าว เส้นใยจากต้นข้าวโพด และน้ำยางธรรมชาติ ตลอดจนขนาดของตะแกรงเหล็ก

1.3.7 ใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ : ทราย : กากมะพร้าว : ต้นข้าวโพด : น้ำประปา : สารแคลเซียมคลอไรด์ เท่ากับ 1:0.2:0.0125: 0.0375: 0.3: 0.03 โดยน้ำหนัก เป็นพื้นฐานในการพัฒนา และเพิ่มอัตราส่วนผสมน้ำยางจำนวน 5 อัตราส่วน โดยน้ำยางธรรมชาติ ต่อปูนซีเมนต์ที่ 0.05 , 0.01 , 0.15 , 0.20 และ 0.25 โดยน้ำหนัก

1.3.8 ขึ้นรูปแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จำนวน 2 ขนาด คือ แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ ขนาด 0.30 x 0.30 เมตร หนา 15 มิลลิเมตร

1.3.9 ทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม และคุณสมบัติการเป็นฉนวนความร้อน

1.3.10 ศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อสมบัติของแผ่นไม้อัดซีเมนต์ได้แก่

1) ผลของปริมาณของน้ำยางที่ใช้

2) กระบวนการผลิตแผ่นใยไม้อัดเสริมเหล็กตะแกรงที่เหมาะสม

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบขั้นตอนการผลิตแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความแข็งแรงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนสูงจากเส้นใยกากมะพร้าว ต้นข้าวโพด ตะแกรงเหล็ก และน้ำยางธรรมชาติ

1.4.2 ทราบอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับทำแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความแข็งแรงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนสูงจากเส้นใยกากมะพร้าวต้นข้าวโพด ตะแกรงเหล็กและน้ำยางธรรมชาติ

1.4.3 ทราบคุณสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล สัมประสิทธิ์การนำความร้อน และการใช้งานจริงของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความแข็งแรงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนสูงจากเส้นใยกากมะพร้าวต้นข้าวโพด ตะแกรงเหล็กและน้ำยางธรรมชาติ ตามมาตรฐานมอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง

1.4.4 ได้ต้นแบบผลิตภัณฑ์แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความแข็งแรงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนสูงจากเส้นใยกากมะพร้าว ต้นข้าวโพด ตะแกรงเหล็กและน้ำยางธรรมชาติ

1.4.5 ทราบความเป็นไปได้ในการนำแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความแข็งแรงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนสูงจากเส้นใยกากมะพร้าวต้นข้าวโพด ตะแกรงเหล็กและน้ำยางธรรมชาติ มาใช้งานจริง

1.4.6 ได้แนวทางการนำกากมะพร้าว ต้นข้าวโพด และน้ำยางธรรมชาติ ที่มีจำนวนมากในท้องถิ่น มาใช้เกิดประโยชน์และมีมูลค่ามากขึ้นได้มากขึ้น

1.4.7 สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับกากมะพร้าว และเส้นใยจากต้นข้าวโพด และน้ำยางธรรมชาติภายในพื้นที่ของจังหวัดที่เป็นแหล่ง

1.4.8 สามารถกำจัดของเหลือใช้จากภาคการเกษตร ลดการทำลายสิ่งแวดล้อมและลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ

1.4.9 ทราบความเหมาะสมในการที่จะนำกากมะพร้าว เส้นใยจากต้นข้าวโพด ตะแกรงเหล็กและน้ำยางธรรมชาติ มาใช้ในการป้องกันความร้อนในแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ และสามารถนำเป็นองค์ความรู้ที่ได้ไปใช้เป็นวัสดุประกอบในงานวัสดุก่อสร้างได้

1.4.10 สามารถให้ความรู้ในการใช้กากมะพร้าวผสม เส้นใยจากต้นข้าวโพด ตะแกรงเหล็กและน้ำยางธรรมชาติ เพื่อเพิ่มประสิทธิ์ภาพการป้องกันความร้อนในแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์กับภาคธุรกิจ และชุมชน ภายในพื้นที่เป้าหมาย

1.4.11 ได้วัสดุก่อสร้างชนิดใหม่ที่มีความแข็งแรงสูง เป็นฉนวนความร้อนที่ดี และมีต้นทุนต่ำ

1.4.12 เขียนบทความเผยแพร่ในวารสารวิชาการหรือการประชุมวิชาการซึ่งเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางในสาขาวิชา ทั้งในประเทศหรือต่างประเทศ

1.4.13 เข้าร่วมบรรยายในงานประชุมสัมมนาของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

1.4.14 สามารถสร้างความร่วมมือระหว่างมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และองค์กรการปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) ในการบูรณาการงานวิจัยร่วมกันตามยุทธศาสตร์ของประเทศ

1.4.15 ทำการจดสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรในนามของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชพระนคร

บทที่ 2
ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โครงการวิจัยต่อเนื่อง ปีที่ 2 เป็นการพัฒนาแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความแข็งแรงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนสูงจากเส้นใยกากมะพร้าวต้นข้าวโพดตะแกรงเหล็กและน้ำยางธรรมชาติ ซึ่งมีรายละเอียดทฤษฎี สมมติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย ดังต่อไปนี้

2.1 แผ่นซีเมนต์บอร์ด

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

2.2 ประเภทของแผ่นซีเมนต์บอร์ด

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

1) อุตสาหกรรมแผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์ หรือมีชื่อเรียกกันในวงการป่าไม้ว่า Wood-Wood Board หรือ ว่า Wood-Wood Cement Slabs ซึ่งเขียนเป็นตัวย่อว่า W.W.S. และมีชื่อเรียกตามมาตรฐาน มอก. 442-2525 ว่า “แผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์ชนิดใช้งานทั่วไป” (สมอ., 2525)อุตสาหกรรมประเภทนี้เกิดขึ้นในประเทศไทยมาร่วม 26 ปีเศษแล้ว โดยมีวิธีการผลิตจากการนำไม้ท่อน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นไม้ท่อนซุงที่มีลักษณะดีงาม และกลมมาทอนเป็นท่อนสั้นๆ ประมาณ 40-50 ซม. ผ่าท่อนนั้นเป็น 2 ซีก แล้วขูดซีกของ

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

2) อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ (Cement-Bonded Particle-Boards) ชิ้นไม้สับ (Wood Chip) ที่ใช้เป็นวัตถุดิบ สำหรับอุตสาหกรรมนี้เป็นวัตถุดิบเช่นเดียวกับวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเคิ้ลบอร์ดโดยทั่วๆ ไป คุณสมบัติของไม้ที่ต้องเลือกคือจะต้องเป็นไม้สับที่บางและยาว ซึ่งจะทำให้แผ่นผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีขึ้น ขนาดของแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ โดยทั่วไปมี 2 ขนาดคือ 1,250x2,240 มม. และขนาด 1,250x2,800 มม. ส่วนความหนานั้นมีตั้งแต่ 8-40 มม. ความแน่น (Density) สูงสุด 1,250 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ถ้าส่วนผสมระหว่างชิ้นไม้สับกับซีเมนต์เป็นอัตราส่วน 1:2:75 โดยน้ำหนัก การจะลดความหนาแน่นให้ต่ำลงสามารถทำได้ด้วยการลดอัตราส่วนผสมของซีเมนต์ลง แต่จะทำให้อัตราการทนไฟต่ำลงและทำให้การพองตัวเมื่อถูกน้ำเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามแผ่นชิ้นไม้สับอัดซีเมนต์ที่ลดความหนาแน่นโดยวิธีลดอัตราส่วนผสมของซีเมนต์นั้นอาจนำไปใช้ทำฝากันห้องทำเพดานและทำส่วนประกอบของ

สิ่งก่อสร้างที่ต้องการความทนไฟสูง และมีมาตรฐาน มอก. 878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537)

3) อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ (Cement-Bonded Fiber Board) อุตสาหกรรมประเภทนี้เป็นเรื่องที่น่าสนใจจะศึกษาค้นคว้าผลิตออกมาเป็นรูปแบบอุตสาหกรรม เพราะมีกรรมวิธีการผลิตเช่นเดียวกับแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ มีข้อแตกต่างเพียงใช้เส้นใยจากไม้แทนที่จะเป็นชิ้นไม้ การผลิตควรจะสร้างเป็นโรงงานผนวกกับโรงงานไม้อัดแผ่นเรียบ (Fiber-Board) เนื่องจากอุตสาหกรรมวัตถุดิบสำคัญของอุตสาหกรรมนี้ คือเส้นใยไม้ ซึ่งโรงงานไฟเบอร์บอร์ดต้องผลิตอยู่แล้ว ในอนาคตเส้นใยที่ได้จากไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิล และพืชการเกษตรที่มีความสำคัญมากดังเช่น ปาล์มน้ำมันอาจเป็นสิ่งทดแทนเส้นใยที่ได้จากแร่ใยหิน (Asbestos) เพราะได้มีกฎหมายห้ามใช้ในผลิตภัณฑ์ก่อสร้างเนื่องจากมลพิษในสภาพแวดล้อม และอุตสาหกรรมนี้ยังไม่มีผลิตออกมาเป็นสินค้าจึงเป็นเรื่องที่ศึกษาทดลอง ตลอดจนถึงการศึกษาการผลิตอิฐบล็อกด้วยไฟเบอร์ผสมซีเมนต์และชิ้นไม้สับผสมซีเมนต์ด้วย

2.3 มาตรฐานแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์

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

1)ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐาน

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

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

- เกล็ด (flake) หมายถึง ชิ้นไม้บางๆ มีทิศทางของเสี้ยนขนานกับผิว ได้จากการใช้ใบมีดตัดขนานกับแนวของเสี้ยนไม้ แต่ทำมุมกับแนวแกนของเส้นใย
- เกล็ดใหญ่ (wafer) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเกล็ด แต่มีความกว้างและความหนามากกว่า
- แถบ (strand) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเกล็ด แต่มีความยาวมากเมื่อเทียบกับความกว้าง และมีความหนาสม่ำเสมอตลอดความยาวของแถบ
- ขี้กบ (planer shaving) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีรูปร่างเป็นแผ่นขนาดเล็ก มีความหนาไม่เท่ากัน คือ หนาที่ปลายด้านหนึ่ง ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งจะบาง มีลักษณะเป็นแฉกขนนก และมักโค้งงอด้วย ซึ่งได้จากการไสไม้ด้วยเครื่องไสไม้ชนิดหัวตัดหมุน (rotary cutterhead)
- แท่ง (splinter or sliver) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมเมื่อมองทางหน้าตัด และมีความยาวตามแนวเสี้ยนไม่น้อยกว่า 4 เท่าของความหนา
- เม็ด (granule) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะคล้ายขี้เลื่อย ซึ่งมีความกว้าง ความยาว และความหนาเกือบเท่ากัน
- ลักษณะอื่นๆ ซึ่งเหมาะสำหรับทำแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์

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

2)ส่วนประกอบและการทำ

2.1) ส่วนประกอบ ประกอบด้วย ชิ้นไม้ และปูนซีเมนต์ ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 1 ข้อกำหนดคุณภาพ มาตรฐานเลขที่ มอก.15 เล่ม1

2.2) การทำใช้เครื่องจักรย่อยไม้ออกเป็นชิ้นไม้ แยกชิ้นไม้ให้ได้ขนาดตามต้องการ นำไปผสมกับปูนซีเมนต์ แล้วนำไปโรยและอัดเป็นแผ่นโดยทิ้งไว้ให้ปูนซีเมนต์ก่อตัวแล้วจึงถอดแบบออก หารใส่สารผสมเพิ่มต้องไม่ทำให้ความแข็งแรงหรือความคงทนของแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์เสียไป

3)คุณลักษณะที่ต้องการ

3.1) ลักษณะทั่วไปของแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ต้องมีความหนา ความแน่น และความเรียบสม่ำเสมอกันตลอดทั้งแผ่น ขอบจะต้องตั้งได้ฉากกับระนาบผิว

3.2) ความหนาแน่นเฉลี่ยต้องอยู่ในช่วง 1,100 ถึง 1,300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

3.3) ความชื้นเฉลี่ยต้องอยู่ในช่วงร้อยละ 9 ถึงร้อยละ 15

3.4) สภาพนำความร้อนต้องมีค่าเฉลี่ยไม่เกิน 0.155 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน

3.5) คุณลักษณะที่ต้องการอื่นๆดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1คุณลักษณะที่ต้องการอื่นๆ ของแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์

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

2.4 เส้นใยธรรมชาติ

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

ตารางที่ 2.2 พื้นที่ปลูกพืชเส้นใยทางเกษตร ปี 2530/31 (ไร่)(สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2530)

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

หมายเหตุ * = ไม่มีข้อมูล, ** = พื้นที่เก็บเกี่ยว

2.5 เส้นใยเหลือทิ้งจากภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม

ประเทศไทยมีเส้นใยธรรมชาติมากมาย เป็นเศษเหลือทิ้งจากภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม (ศักดิ์สิทธิ์ และคณะ, 2550)โดยเฉพาะกากมะพร้าว (coconut meal) จากอุตสาหกรรมกะทิ เส้นใยจากต้นข้าวโพดจากการเกษตร ที่มีข้อดีหลายประการดังนี้หาง่าย เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ มีใช้ไม่หมดสิ้น เป็นของเหลือทิ้ง มีราคาถูก ทำให้สามารถใช้ลดต้นทุนการผลิต มีสมบัติเชิงกลดี มีความแข็งแรงและ มอดุลัสสูง ความหนาแน่นต่ำ ทำให้มีน้ำหนักเบา การกันความร้อน ช่วยกำจัดและลดกากของเสียจากเกษตรกรรม อุตสาหกรรม และการลดการทำลายทรัพยากรธรรมชาติ โดยมีความสำคัญและมีมาของการเลือกกากมะพร้าว และเส้นใยจากต้นข้าวโพด ดังรายละเอียดต่อไปนี้

มะพร้าว จัดเป็นพืชชนิดหนึ่งที่สัมพันธ์กับเศรษฐกิจและสังคมไทย ซึ่งนอกจากจะสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกแล้วยังก่อให้เกิดอุตสาหกรรมแปรรูปต่อเนื่องเป็นสินค้าส่งออกสร้างรายได้ให้แก่ประเทศได้ อีกทั้งยังเป็นส่วนหนึ่งในวิถีชีวิตคนไทยโดยเฉพาะวัฒนธรรมการบริโภค (สถาบันคลังสมองของชาติ, 2548)มีการปลูกในทุกพื้นที่ของประเทศประมาณ 2.04 ล้านไร่ มีผลผลิตมะพร้าว เท่ากับ 2.75 ล้านตัน มีสัดส่วนการใช้ประโยชน์แบ่งเป็นการบริโภคภายในประเทศ ร้อยละ 60 และร้อยละ 40 สำหรับ ใช้ในอุตสาหกรรมและส่งออก และมีแนวโน้มของปริมาณการใช้ เพิ่มสูงขึ้นในแต่ละปี ซึ่งส่งผลให้ของเหลือใช้ ที่ได้ จากมะพร้าวก็ ยอมมีประมาณมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งถ้าไม่สามารถกำจัดเหลือใช้ ที่ได้จากมะพร้าวเหล่านั้นก็จะส่งผลทำให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม จึงเกิดแนวคิดโดยการนำกากมะพร้าวมาประยุกต์ ซึ่งกากมะพร้าวเป็นเส้นใยจากพืชหรือเส้นใยเซลลูโลส (cellulose fibers) เป็นคาร์โบไฮเดรทชนิดหนึ่งเกิดจากเซลลูโลสยึดเกาะกันด้วยพันธะเคมีเป็นโมเลกุลใหญ่มีสูตรเป็น $(C_6H_{10}O_5)_x$ กล่าวคือในโมเลกุลเซลลูโลสจะเกิดจากหน่วยโมเลกุลซ้ำ (repeat units) ยึดจับกันเป็นสายยาวหน่วยโมเลกุลซ้ำ คือ เซลโล

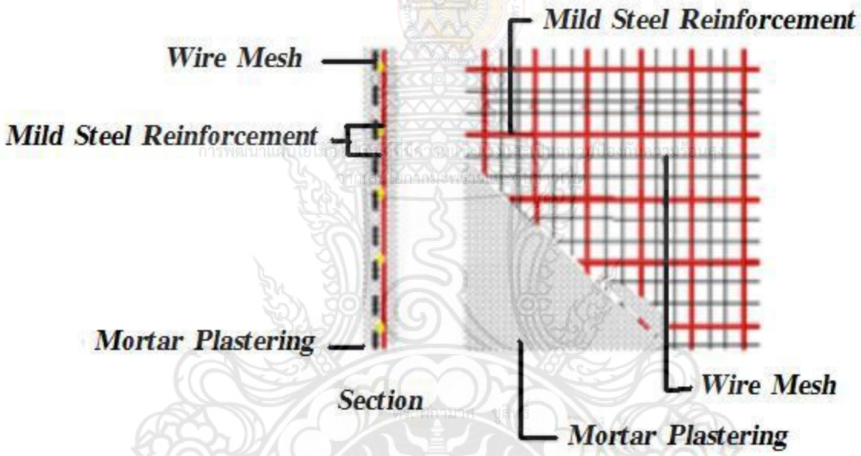
ไบโอส (cellobiose) เกิดจากบีต้า กลูโคส 2 โมเลกุลยึดเกาะกันด้วยพันธะ C-O-C ในโมเลกุลเซลลูโลสจะมีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) อยู่มากมายจะทำหน้าที่ดึงดูดน้ำ หรือเกิดปฏิกิริยาจับกับหมู่ธาตุอื่นๆ การจัดเรียงตัวของโมเลกุลเซลลูโลสมีความเป็นระเบียบ (Crystalline) ค่อนข้างมากคือ 85 – 95 % และระหว่างสายโมเลกุลจะมีการยึดจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bond) เป็นระยะๆ ซึ่งมีผลทำให้เส้นใยเซลลูโลสมีความเหนียวแข็งแรงค่อนข้างสูง น้ำหนักเบา เหมาะที่จะนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์เพื่อให้เป็นการลดต้นทุนการผลิตและช่วยกำจัดวัสดุเหลือใช้ที่ได้จากมะพร้าว

ข้าวโพดปลูกกันมากในเกือบทุกภาคของประเทศ ภาคเหนือ จะปลูกมากในจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย ลำปาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดหนองคาย นครราชสีมา และภาคกลาง ในพื้นที่จังหวัดนครปฐม สมุทรสาคร ราชบุรี ระยะเวลาปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 40-45 วัน ปลูกได้ดีในช่วงฤดูฝน แต่ถ้าเป็นพื้นที่ในเขตชลประทานสามารถปลูกได้ตลอดปี (4 ครั้ง/ปี) ดังนั้น เศษเหลือจากการผลิตข้าวโพดฝักอ่อน เช่น ต้นข้าวโพด เปลือกฝักข้าวโพด และไหม จึงมีมากในเกือบทุกภาคของประเทศ และเกือบตลอดทั้งปี โดยเฉพาะในเขตชลประทาน ต้นข้าวโพดเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร หลังการเก็บเกี่ยว (ประชาชาติธุรกิจ, 2550; อานุภาพ,2551; กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์,2539ก; กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์, 2539ข;จินดา,2539;จินดาและอุเทน,2534; กรมการค้าภายใน, 2550) จากข้อมูลของกรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ พบว่า ประเทศไทยมีการส่งออกผลิตภัณฑ์จากข้าวโพดฝักอ่อน และข้าวโพดหวาน ในรูปข้าวโพดอ่อนสด ข้าวโพดอ่อนกระป๋อง ข้าวโพดหวานแช่แข็ง และข้าวโพดหวานกระป๋อง โดยในปี พ.ศ.2536 มีการส่งออกประมาณ 36,000 ตัน คิดเป็นมูลค่า 840 ล้านบาท และเพิ่มขึ้นมาเป็น 82,000 ตัน มูลค่า 2,100 ล้านบาท ในปี พ.ศ.2540 และปัจจุบันสามารถผลิตได้ประมาณ 4 ล้านตันต่อปี จากพื้นที่ปลูกรวมทั้งประเทศประมาณ 6 ล้านไร่ ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาดในประเทศที่ต้องการประมาณ 5.5 ล้านตันต่อปี ในจำนวนนี้ใช้ในการผลิตอาหารสัตว์ 60% ที่เหลือ 40% ส่งออกนอกประเทศ ซึ่งจากความต้องการของตลาดโดยเฉพาะเพื่อการใช้ในการผลิตอาหารสัตว์นั้นส่งผลให้พื้นที่สำหรับการปลูกข้าวโพดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นประมาณ 7.8 ล้านไร่ต่อปี จากการค้นคว้าวิจัยเพื่อที่จะนำเอาส่วนเหลือใช้หลังการเก็บเกี่ยวพืชไร่ชนิดต่างๆ ซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมหาศาลในประเทศจีน โดยต้องกำจัดทิ้งไปโดยเปล่าประโยชน์ ต้องสูญเสียทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายจำนวนมาก ด้วยการขนไปทิ้ง หรือฝังกลบ หรือไม่ก็ทำการเผาทำลายอันเป็นการก่อมลภาวะให้แก่สภาพแวดล้อมอีกโสดหนึ่งต่างหาก ได้มีความพยายามหาวิธีการต่างๆเพื่อนำเอาเศษเหลือใช้ของพืชไร่หลังการเก็บเกี่ยวอาทิเช่น ฟางข้าว ต้น-ซังข้าวโพด ต้นถั่วเหลือง ต้นข้าวฟ่าง เปลือกถั่วลิสง มาใช้ให้เป็นประโยชน์ โดยส่วนใหญ่จะนำมาเป็นอาหารสัตว์ใช้เลี้ยงสัตว์สี่กระเพาะ ซึ่งประสิทธิผลก็ไม่สูงเป็นที่น่าพอใจนัก และก็ไม่สามารถนำมาใช้เลี้ยงสัตว์กระเพาะเดี่ยวเช่น หมู เป็ด ไก่ หรือปลาได้ และพบว่าต้นข้าวโพดมีส่วนประกอบของ วัตถุแห้ง (dry matter) 25.3 % เยื่อใยหยาบ (crude fiber) 26.8 % ไขมัน (ether extract) 0.9 % ลิกนิน 3.8 - 4.3 % และจากการปลูกข้าวโพดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นประมาณ 7.8 ล้านไร่ต่อปีต้องมีต้นเหลือทิ้งหลังการเก็บเกี่ยวจำนวนมากและเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา ถ้านำมาเป็นวัสดุประกอบทดแทนไม้ในแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ได้ และทำให้ราคาไม่สูงมากนักถ้าเทียบกับการผสมวัสดุอื่น เพื่อเป็นการใช้วัสดุที่มีมากให้มีประโยชน์ และลดต้นทุนการผลิต

2.6 เฟอร์โรซีเมนต์

โครงสร้างเฟอร์โรซีเมนต์(Ferro cement)ไม่ใช่วิวัฒนาการใหม่ของวัสดุก่อสร้างเพราะมีใช้มาตั้งแต่ปีค.ศ.1840 เป็นที่รู้จักกันในปัจจุบันนี้โดยได้รับการพัฒนาโดย Nervi ซึ่งเป็นผู้ริเริ่มศึกษาค้นคว้าคุณสมบัติของเฟอร์โรซีเมนต์ที่ประกอบด้วยตะแกรงหลายๆชั้นหุ้มด้วยมอร์ตาร์ในเวลาต่อมาก็มีการออกแบบและสร้างหลังคาโค้ง (shellroof) และเรือเฟอร์โรซีเมนต์โดยอาศัยการทดลองของ Nervi

ดังกล่าวAmerican concrete Institute (ACI) ได้นิยามว่า “ เฟอร์โรซีเมนต์คือโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กผิวบางประกอบด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับวัสดุเสริมที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดเล็กและต่อเนื่องกันเป็นตะแกรงซึ่งตะแกรงนี้อาจเป็นโลหะหรือแร่อื่นที่ใช้ทำเป็นตะแกรงได้ ’’ นั้นคือเฟอร์โรซีเมนต์เป็นวัสดุก่อสร้างอย่างหนึ่งที่ประกอบด้วยซีเมนต์วัสดุผสม(Aggregrate) และวัสดุเสริม (Reinforcement) โดยที่เฟอร์โรซีเมนต์ (Ferrocement) ถือว่าเป็นโครงสร้างเปลือกบางชนิดหนึ่งที่ทำขึ้นด้วยมอร์ต้าร์ (Mortar) และลวดตะแกรง (Wire Mesh) โดยที่มอร์ต้าร์จะใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ทรายละเอียดและน้ำเป็นส่วนผสมส่วนลวดตะแกรงอาจใช้ลวดตะแกรงหกเหลี่ยม (หรือเรียกว่าลวดกรงไก่) หรือลวดตะแกรงสี่เหลี่ยมก็ได้ซึ่งลวดตะแกรงนี้จะทำหน้าที่ยึดเกาะมอร์ต้าร์ให้เข้าด้วยกันแต่ก็อาจจะมีการใช้เหล็กเสริม (MildSteel Reinforcement) ที่ใช้ในงานก่อสร้างทั่วไปช่วยขึ้นรูปโครงสร้างหรือช่วยยึดรั้งโครงสร้างไว้และบางครั้งจะใช้รับกำลังได้อีกด้วย(ครองศักดิ์ และคณะ, 2553)ดังนี้



รูปที่2.1ลักษณะโครงสร้างของเฟอร์โรซีเมนต์(ครองศักดิ์ และคณะ, 2553)

โครงสร้างเฟอร์โรซีเมนต์นี้จึงคล้ายกับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไปแต่จะมีขนาดที่บางกว่ามากและสามารถดัดขึ้นรูปต่างๆได้ง่ายตามความต้องการซึ่งเหมาะกับประเทศที่กำลังพัฒนาเพราะสามารถใช้แรงงานทั่วๆไปในการผลิตและมีราคาถูกโดยมีคุณสมบัติที่สำคัญคือสามารถต้านทานการแตกร้าวได้ดีกว่าคอนกรีตทั่วไปส่วนความสามารถในการรับกำลังจะขึ้นอยู่กับกำลังและคุณสมบัติของมอร์ต้าร์ลวดตะแกรงเหล็กเสริมความหนาของโครงสร้างและการออกแบบ

ดังนั้นเฟอร์โรซีเมนต์ จึงสามารถทำโครงสร้างได้หลากหลายประเภทเช่นอาคารขนาดเล็กเรือสะพานสระว่ายน้ำถังเก็บน้ำฯลฯรวมทั้งยังสามารถนำเฟอร์โรซีเมนต์ไปใช้ในงานซ่อมแซมหรือเสริมกำลังโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กได้อีกด้วยโดยหลักการสร้างหรือทำโครงสร้างเหล่านี้จะทำการขึ้นโครงก่อนด้วยเหล็กเสริม (หรือใช้ไม้ไผ่แทนเหล็กเสริม) แล้วทาการหุ้มโครงด้วยลวดตะแกรงเสร็จแล้วจะทำการฉาบด้วยมอร์ต้าร์จากการที่มีการศึกษาเฟอร์โรซีเมนต์พบว่าเฟอร์โรซีเมนต์มีคุณสมบัติที่ดีหลายประการดังนี้

1) เป็นโครงสร้างที่ไม่ต้องใช้ไม้แบบจึงง่ายต่อการก่อสร้างช่างปูนทั่วไปสามารถสร้างได้

2) เป็นโครงสร้างผิวบางจึงทาให้ประหยัดค่าวัสดุก่อสร้างและลดน้ำหนักของโครงสร้าง

3) ความสามารถรับแรงดึง (Tension) ก่อนร้าวสูงกว่าคอนกรีตเสริมเหล็ก

4) มีพฤติกรรมเป็นวัสดุเนื้อเดียว (Homogeneous elastic material)

5) ความทนทาน (Durability) สูง

6) ความกว้างของรอยแตกร้าวเล็กมาก

7) สามารถทนทานต่อแรงกระแทกได้ดี

โครงสร้างเฟอร์โรซีเมนต์นี้ ได้เคยมีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายโดยเฉพาะในภาคพื้นเอเชียตะวันออกเฉียงใต้โดยใช้ทำเรือถังเก็บเมล็ดพืชถังน้ำและส่วนประกอบของบ้านซึ่งเฟอร์โรซีเมนต์นี้นอกจากจะมีคุณสมบัติในการรับแรงดีแล้ว ยังใช้เวลาในการก่อสร้างไม่มากทำให้ประหยัดค่าแรงในการก่อสร้าง

2.7 น้ำยางธรรมชาติ

2.7.1 ยางธรรมชาติเป็นโพลิเมอร์ชนิดหนึ่งที่มีสมบัติเด่นหลายประการ เช่น มีสมบัติเชิงกลดีมีความยืดหยุ่น (elastic) สูง มีความเหนียว (toughness) มีความต้านทานต่อการขัดถู (abrasion resistance) สูง และสามารถยึดติดกับวัสดุอื่น เช่น โลหะและสิ่งทอได้ดีจึงสามารถนำ ไปใช้งานทางวิศวกรรมได้หลากหลายมากขึ้น อุตสาหกรรมยางประกอบด้วยอุตสาหกรรม 2 ส่วน คือ อุตสาหกรรมต้นน้ำ ซึ่งผลิตวัตถุดิบ และอุตสาหกรรม ปลายน้ำ ซึ่งผลิตผลิตภัณฑ์

2.7.2 ยางแปรรูปขั้นต้น ยางแปรรูปขั้นต้นได้มาจากวัตถุดิบ คือ น้ำ ยางสดที่ได้จากการกรีดต้นยางพารา มีลักษณะเป็นของเหลวสีขาว คล้ายน้ำ นม ต้องเติมสารรักษาสภาพน้ำ ยางไม่ให้น้ำ ยางจับตัวเป็นก้อนก่อนเวลาที่ต้องการ ซึ่งการนำ น้ำ ยางสดมา แปรรูปเป็นยางแปรรูปขั้นต้นสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. ยางแห้ง แบ่งตามกรรมวิธีการผลิตเป็น 3 ประเภท คือ

1.1 ยางแบบธรรมดา ผลิตโดยวิธีดั้งเดิม ได้แก่ ยางแผ่นรมควัน ยางแผ่นผึ่งแห้ง ยางเครพ

1.2 ยางแบบระบุคุณภาพมาตรฐาน ผลิตโดยมีเงื่อนไขการระบุคุณภาพมาตรฐานตามสากล ได้แก่ ยางแท่งมาตรฐาน

1.3 ยางแบบอื่นๆ ที่มีวิธีการผลิตเฉพาะตัว เพื่อให้ได้ผลผลิตเหมาะสมกับงานขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ชนิดใด ชนิดหนึ่งโดยเฉพาะ หรือเพื่อวัตถุประสงค์จะปรับปรุงสมบัติบางประการของยางธรรมชาติได้แก่ ยางที่มีความหนืดคงที่ ยางเทอร์โมพลาสติก ยางอิพอกซิไดซ์ยางผง ยางเหลว เป็นต้น

2. ของเหลว ได้แก่ น้ำ ยางข้น ซึ่งมี 2 ประเภท คือ

2.1 น้ำ ยางข้นธรรมดาที่ไม่ผ่านการดัดแปรด้วยสารเคมีหรือวิธีการใดๆเพื่อให้โมเลกุลของยางเปลี่ยนไป

2.2 น้ำ ยางข้นที่ผ่านกระบวนการดัดแปรด้วยสารเคมีหรือการฉายรังสีให้โมเลกุลของยางเปลี่ยนแปลง เรียกว่า “น้ำ ยางคงรูป” หรือ “น้ำ ยางพรีวัลคาไนซ์”

1. น้ำยางพรีวัลคาไนซหมายถึง น้ำยางขนที่ผานกระบวนการที่ทำให โมเลกุลของยางเกิดพันธะเคมีเชื่อมโยง (การวัลคาไนซ) อันเนื่องมาจากการ ใหความรอนและสารเคมีที่เหมาะสม น้ำยางพรีวัลคาไนซยังคงสภาวะเปนของ ไหล ดังนั้น น้ำยางพรีวัลคาไนซถือวาเปนน้ำยางกึ่งสำเร็จรูปที่สามารถขึ้นรูป เปนยางวัลคาไนซไดโดยไมตองใหความรอนอีก จึงเหมาะสำหรับนำไปใชผลิต ผลิตภัณฑยางประเภทจุมแบบพิมพหรือหลอแบบพิมพ เชน ถุงมือยาง ลูกโปง เสนดายยางยืด ของเลนเด็ก เปนตน

2. ปฏิกิริยาพรีวัลคาไนเซชัน คือ ปฏิกิริยาที่ทำใหเกิดการเชื่อมโยงระหวางสายโซโมเลกุลยางบางสวนเกิดเปน โครงสรางแบบรางแหขึ้นภายในอนุภาคยาง ดังนั้นแผนยางแหงที่ไดจะมีโครงสรางของพอลิเมอรที่มีการเชื่อมโยง เชนเดียวกับที่พบในยางแหงที่ผานการวัลคาไนซ การเตรียมน้ำยางพรีวัลคาไนซจะใชน้ำยางขนแอมโมเนียสูงผสมกับสารวัลคาไนซ(กำมะถันหรือเพอรออกไซด) แตถาเปนการวัลคา

ไนซดวยรังสีจะตองมีสารเซนติไซเซอรรวมดวย โดยทั่วไปแลวการเตรียมน้ำยางพรีวัลคาไนซมีอยู หลายวิธี ในบทความนี้จะนำเสนอวิธีการเตรียมน้ำยางพรีวัลคาไนซดังนี้

1) การพรีวัลคาไนซดวยกำมะถัน

2) การพรีวัลคาไนซดวยเพอรออกไซด

3) การพรีวัลคาไนซดวยรังสีแกมมา

2.7.3. การเตรียมน้ำยางพรีวัลคาไนซดวยกำมะถัน การเตรียมน้ำยางพรีวัลคาไนซดวยกำมะถันเป นวิธีที่นิยมใชกันอยางกวางขวางในอุตสาหกรรมผลิตผลิตภัณฑ จากน้ำยาง กระบวนการเตรียมเริ่มจากการนำน้ำยางขนมาเติมสารรักษาสภาพน้ำยางแลวใหความรอนกับน้ำยางในถัง ที่อุณหภูมิ 32-38 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นเติมดิสเพอรชัน0 1 ของซิงกออกไซดดิสเพอรชันของกำมะถัน และดิสเพอรชัน ของสารตัวเรงปฏิกิริยา ลงในน้ำยาง (น้ำยางและสารเคมีที่ผสมกันแลวเรียกวา น้ำยางคอมพาวด) แลวใหความรอนแก น้ำยางคอมพาวดที่อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส และรักษาอุณหภูมิใหอยูในระดับนี้(เวลาและอุณหภูมิที่ใชจะขึ้นกับ ระบบการวัลคาไนซและระดับการเชื่อมโยงของพันธะที่ตองการ) หลังจากนั้นลดอุณหภูมิของน้ำยางคอมพาวดลงดวย วิธี หลอเย็นที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และนำน้ำยางคอมพาวดออกมาจากถัง เก็บไวเปนเวลา 2 ชั่วโมง แลวนำไป ปนดวยเครื่องหมุนเหวี่ยงเพื่อทำการแยกสารเคมีสวนที่ไมทำปฏิกิริยาออกแลวเติมสารตานออกซิเดชันลงไปก็จะได น้ำยางพรีวัลคาไนซ์

2.7.4 การเตรียมน้ำยางพรีวัลคาไนซดวยเพอรออกไซด การเตรียมน้ำยางพรีวัลคาไนซดวยเพอรออกไซด เริ่มจากการนำน้ำยางขนมาผสมกับเพอรออกไซด (organic peroxide) แลวใหความรอนเพื่อใหเพอรออกไซดเกิดการแตกตัว จากนั้นเติมสารตานออกซิเดชันลงไปก็จะได น้ำยางพรีวัลคาไนซ การวัลคาไนซดวยวิธีนี้โมเลกุลของเพอรออกไซดและอนุมูลอิสระ (free radical) ที่เกิดจาก การแตกตัวจะแพรกระจายจากวัฏภาคของเหลวไปยังวัฏภาคยาง ซึ่งอนุภาคยางที่พรีวัลคาไนซดวยเพอรออกไซดจะเกิดการวัลคาไนซอยางไมสม่ำเสมอ บริเวณผิวของอนุภาคยางจะเกิดการเชื่อมโยงพันธะสูง สวนบริเวณดานในหรือตรงกลาง อนุภาคจะมีการเชื่อมโยงพันธะต่ำ ดังนั้นสมบัติเชิงกลของน้ำยางพรีวัลคาไนซดวยเพอรออกไซดจะดอยกวาน้ำยาง พรีวัลคาไนซดวยระบบกำมะถัน

2.7.5 การเตรียมน้ำยางพรีวัลคาไนซดวยรังสีแกมมา กระบวนการเตรียมน้ำยางพรีวัลคาไนซโดยการฉายรังสีแกมมาเริ่มจากการนำน้ำยางขน (ชนิดแอมโมเนียสูง) เติม สารที่มีความไวตอปฏิกิริยา (sensitizers) เชน คารบอนเตตระคลอไรด (CCl_4), นอรมอล-บิวทิลอะคริเลต (n-butyl acrylate; n-BA) และรักษาสภาพน้ำยาง จากนั้นทำการฉายรังสีแกมมาซึ่งเปนคลื่นแมเหล็กไฟฟาที่ไดจากแหลงกำเนิด โคบอลต 60 (^{60}Co) แลวเติมสารตานออกซิเดชันลงไป เมื่อโมเลกุลยางไดรับรังสีจะเกิดการแตกตัวให อนุมูลอิสระ (free radicals) และจะเกิดพันธะเชื่อมโยงระหวางโมเลกุลยางแบบคารบอน-คารบอน (โครงสรางการ เชื่อมโยงโมเลกุล ดังรูปที่ 4) การควบคุมการวัลคาไนซ/พรีวัลคาไนซของยางขึ้นกับปริมาณรังสีที่ใช เมื่อหยุดฉายรังสี ปฏิกิริยาวัลคาไนเซชันจะหยุดทันที

2.8 กรอบแนวความคิด

สาหรับกรอบแนวความคิดของการพัฒนาแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความแข็งแรงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนสูงจากเส้นใยกากมะพร้าวและต้นข้าวโพด จึงเป็นการศึกษาและพัฒนาแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์หรือแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ที่มีกากมะพร้าวและเส้นใยจากต้นข้าวโพดผสมรวมกับปูนซีเมนต์ ทรายสารเร่งการก่อตัว ตะแกรงเหล็ก และน้ำยางธรรมชาติ เน้นให้มีการศึกษา ทดลอง และปรับปรุงเพื่อหาอัตราส่วนและกระบวนการที่ทำให้แผ่นผนังไม้อัดดังกล่าว มีความคุณสมบัติตามต้องการ และสามารถผ่าน

การทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกล ตามมาตรฐาน มอก. 878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูงได้ (สมอ., 2537)

รูปที่ 2.2 กรอบแนวความคิดของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความแข็งแรงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนสูง

2.9 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้เส้นใยธรรมชาติสำหรับผสมลงในซีเมนต์ และเฟอร์โรซีเมนต์ที่ทำการรวบรวมมาพอสังเขป สามารถสรุปได้ ดังนี้

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

เพราะสามารถลดปริมาณขยะ ลดมลพิษอันเกิดจากการเผาทำลาย สร้างรายได้ให้กับชุมชนและยังสะท้อนอัตลักษณ์ทางสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นได้อีกด้วย

2) ธวัช จิรายุส (2535) ศึกษาการจับยึดปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ของไม้ยูคาลิปตัสและทดลองทำแผ่นไม้อัดซีเมนต์จากไม้ยูคาลิปตัส คามาลเลน เริ่มจากการนำไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสที่ได้มาจากสถานีทดลองปลูกพรรณไม้ห้วยทา จังหวัดศรีสะเกษ ไม้ที่ใช้ทดลองอายุประมาณ 20 ปี นำไม้มาตัดเป็นแท่งเล็กๆ ขนาด 200 มม. x 15 มม. x 5 มม. เลือกเอาแท่งไม้ที่มีเสี้ยนตรงไม่บิด และส่วนปลายปราศจากตำหนิเช่น ตา, รอยแตกร้าว ฯลฯ แช่แท่งไม้ทดสอบที่คัดดีแล้วในน้ำกลั่น และน้ำกลั่นที่มีสารเคมีผสมอยู่ร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก สารละเลยเคมีที่ใช้เปรียบเทียบมี 3 ชนิด คือ อลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3$) แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) และโซเดียมซิลิเกต (Na_2SiO_3) ปักแท่งไม้ทดสอบให้จมลงในส่วนผสมของซีเมนต์กับน้ำกลั่นที่เตรียมไว้ โดยมีอัตราส่วนผสมของปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ 400 กรัม และน้ำกลั่น 160 มิลลิลิตร ภายในถ้วยกระดาษขนาด 200 มิลลิลิตร ระยะเวลาที่แช่แท่งไม้ในน้ำกลั่นหรือสารละลายประมาณ 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดจึงนำไม้ออกมาซับน้ำผิวหน้าออกให้แห้งพอหมาดๆ แล้วจึงปักไม้ลงในถ้วยที่บรรจุส่วนผสมในระดับลึก 50 มม. ให้ตั้งฉากกับผิวหน้าของซีเมนต์แต่ละถ้วย โดยใช้แบบที่ทำขึ้นจากเหล็กแต่ละถ้วย โดยใช้แบบที่ทำขึ้นจากเหล็กฉากมีรูเป็นตัวบังคับ หลังปล่อยให้ส่วยผสมซีเมนต์แข็งตัวภายในสภาวะอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จึงนำแบบถ้วยทดลองทั้งหมดไปทำการทดสอบการเกาะยึดระหว่างไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส โดยวิธี stick test method โดยการทดลองใช้สารเคมี 3 ชนิด คือ อลูมิเนียมซัลเฟต, แคลเซียมคลอไรด์, และโซเดียมซิลิเกต เป็นสารปรับปรุงคุณภาพฉาบผิวและซึมเข้าในเนื้อไม้เพื่อเร่งการแข็งตัวของซีเมนต์ และปรับปรุงการเกาะยึดโดยใช้สภาวะที่ไม่ได้ใช้สารเคมี (ใช้น้ำอย่างเดียว) เป็นการทดลองเปรียบเทียบ สามารถสรุปผลเป็นข้อๆได้ว่า การใช้สารเคมีชนิดโซเดียมซิลิเกตและอลูมิเนียมซัลเฟต สามารถให้ค่าความแข็งแรงด้านแรงดึงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้และซีเมนต์เฉลี่ยสูงกว่าสภาวะทดลองที่ไม่ใช้สารเคมีเป็นตัวเปรียบเทียม ตามลำดับ แต่การทดลองใช้สารเคมีชนิดแคลเซียมคลอไรด์ กลับให้ค่าความแข็งแรงเฉลี่ยต่ำกว่าการทดลองเปรียบเทียบที่ไม่ใช้สารเคมี (ใช้น้ำอย่างเดียว)

ตารางที่ 2.3 ความแข็งแรงของการเกาะยึดระหว่างไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส กับปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ตราเพชรจากการใช้น้ำและสารเคมีต่างๆ

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

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

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) ดังตารางที่ 2.4 พบว่า สภาวะการทดลองต่างๆ จากการใช้สารเคมี 3 ชนิด และน้ำในการศึกษาครั้งนี้ ให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (C.V.) เท่ากับ ร้อยละ 49.60

ตารางที่ 2.4การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติจากค่าความแข็งแรงของการเกาะยึดระหว่างไม้และซีเมนต์ในการทดลองด้วยน้ำและสารเคมีต่างๆ กัน

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

หมายเหตุCV = 49.60% NS คือ ความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

เมื่อทำการตรวจสองความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงการใช้สารเคมีโดยวิธี Duncan’s new multiple range test พบว่า

ก. การใช้สารเคมีชนิดอลูมิเนียมซัลเฟต และแคลเซียมคลอไรด์ไม่แตกต่างกันในทางสถิติกับการทดลองที่ไม่ใช้สารเคมี

ข. การใช้สารเคมีชนิดโซเดียมซิลิเกต ให้ค่าความแข็งแรงของการยึดเหนี่ยวระหว่างไม้และซีเมนต์สูงที่สุด คือ 540.53 นิวตัน

ผลที่ได้สามารถสรุปได้ว่า การใช้สารเคมีเพื่อช่วยปรับปรุงการเกาะยึดระหว่างไม้และซีเมนต์ครั้งนี้นั้น ช่วยเพิ่มความแข็งแรงการเกาะยึดได้มาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่า สารเคมีดังกล่าวช่วยลดอิทธิพลยับยั้งต่างๆ ในการจับยึดระหว่าไม้และซีเมนต์ได้ ถึงแม้ว่าในกรณีของสารแคลเซียมคลอไรด์ จะให้ค่าความแข็งแรงที่ต่ำกว่าสภาพธรรมดา ซึ่งไม่ใช้สารเคมีก็ตาม แต่ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณสารแคลเซียมคลอไรด์ที่ใช้อาจมากเกินไปแทนที่จะช่วยให้ไม้และซีเมนต์จับยึดกันดีขึ้น แต่ทำให้กลับลดลงสาเหตุนี้อาจอธิบายได้ว่า สารเคมีชนิดนี้นั้นโดยปกติเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวของซีเมนต์ให้เร็วขึ้น แต่การใช้ปริมาณมากไปซีเมนต์ก็จะเกิดการแข็งตัวเร็วเกินไป (flash set) จนไม้และซีเมนต์มีอัตราการเกาะยึดที่น้อยไป อีกสาเหตุหนึ่งก็คือ ความแปรผันภายในไม้ที่ใช้ทำการทดลองที่ค่อนข้างสูงโดยพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติที่แสดงให้เห็นว่า มีความคลาดเคลื่อนของการทดลอง (experimental error) และค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (C.V.) ที่เกิดขึ้นในการทดลองค่อนข้างสูงซึ่งไม่สามารถทราบเหตุที่แน่นอนอย่างไรก็ดีผลที่ได้นับเป็นข้อยืนยันที่เพียงพอพิสูจน์ได้ว่า ในการใช้ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จับยึดกับซีเมนต์นั้นหากมีการใช้สารเคมีอนินทรีย์ (mineral chemicals) ผสมกับน้ำด้วยจะช่วยเพิ่มความแข็งแรงของการยึดจับระหว่างไม้และซีเมนต์ให้สูงขึ้นได้โดยเฉพาะการใช้สารเคมีชนิดโซเดียมซิลิเกต ที่ให้ค่าความแข็งแรงมากกว่าถึง 2 เท่า เทียมกับสภาพธรรมดาเมื่อไม่ใช้สารเคมี

3) ก้องนภา ถิ่นวัฒนากูล และคณะ (2553) ได้ศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของการนำเส้นใยเปลือกทุเรียน เส้นใยต้นข้าวโพด และกากมะพร้าว มาผสมกับกากดินขาว ขึ้นรูปเป็นอิฐบล็อกกากดินขาวผสมเส้นใยต่างๆ โดยกำหนดอัตราส่วน ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ต่อกากดินขาว 1 : 60 โดยน้ำหนัก ผสมเส้นใยร้อยละ 1.67, 3.33 และ 5 ทำการขึ้นรูปตัวอย่างขนาด 6.9 x 39 x 19 เซนติเมตร ด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก นำมาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกล ตามมาตรฐาน มอก. 58-2530 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ผลการทดสอบพบว่า การใส่เส้นใยในปริมาณมากทำให้ความหนาแน่นของอิฐบล็อกมีค่าน้อยลง แต่การเปลี่ยนแปลงความยาวและร้อยละการดูดซึมน้ำจะเพิ่มมากขึ้น ส่วนค่าความต้านทานแรงอัดจะมีค่าน้อยลง โดยอิฐบล็อกกากดินขาวที่ไม่ผสมเส้นใยจะมีค่า 20 กก./ ตร.ซม. เท่ากับมาตรฐาน มอก. ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะใช้เส้นใยธรรมชาติมาเป็นวัสดุผสม

เพิ่มเพื่อลดน้ำหนักของอิฐบล็อกกากดินขาวให้น้อยลงแต่ ควรใส่ในปริมาณที่ไม่มาก เพื่อที่ค่าความต้านทานแรงอัดจะได้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

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

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

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

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

ผสมได้มากกว่า อัตราส่วน 1: 0.12 เนื่องจากไม่สามารถขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกได้ นอกจากนี้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนยังต่ำลงมากอีกด้วย

8) ครองศักดิ์ ลุนหล้า และคณะ(2553) ได้ทำการศึกษา พฤติกรรมการรับแรงอัดตามแนวแกนสำหรับตัวอย่างคอนกรีตที่เสริมกำลังด้วยเฟอร์โรซีเมนต์ การศึกษานี้พิจารณาผลการเพิ่มของกำลังรับแรงอัดตามแนวแกนเปรียบเทียบกับชิ้นส่วนตัวอย่างที่เป็นคอนกรีตล้วนจากการทดสอบชิ้นส่วนคอนกรีตที่หุ้มด้วยเฟอร์โรซีเมนต์ขนาด 15 cm. × 15 cm. × 30 cm. ทำการเปรียบเทียบกับชิ้นส่วนตัวอย่างที่เป็นคอนกรีตล้วนซึ่งมีหน้าตัดเดียวกัน สามารถรับกำลังอัดตามแนวแกนได้น้อยกว่าชิ้นส่วนตัวอย่างที่เป็นคอนกรีตล้วน แต่เมื่อทำการปรับเทียบตัวอย่างคอนกรีตล้วนที่มีหน้าตัด 15 cm.× 15 cm. เป็นตัวอย่างคอนกรีตล้วนซึ่งมีหน้าตัด 12 cm. × 12 cm. พบว่าตัวอย่างที่หุ้มด้วยวัสดุเฟอร์โรซีเมนต์นั้นสามารถรับแรงอัดตามแนวแกนได้มากกว่าตัวอย่างคอนกรีตล้วนที่ถูกปรับเทียบมาเป็นหน้าตัด 12cm. × 12 cm. แต่อย่างไรก็ตาม พบว่า ยังมีปัญหาเรื่องการหล่อในภายหลังซึ่งไม่สามารถรับกำลังอัดตามแนวแกนได้มากพอ ซึ่งองค์ประกอบของวัสดุเฟอร์โรซีเมนต์ก็มีผลต่อกำลังรับน้ำหนักตามแนวแกนของตัวอย่างที่นำมาเสริมกำลัง โดยหากนำมอร์ตาร์กำลังสูงมาใช้เป็นวัสดุเฟอร์โรซีเมนต์จะทำให้ตัวอย่างคอนกรีตสามารถรับกำลังอัดได้สูงขึ้น ส่วนลวดตะแกรงที่นำมาใช้เป็นวัสดุเฟอร์โรซีเมนต์นั้นจะเป็นตัวช่วยให้มอร์ตาร์ด้านนอกและตัวแกนคอนกรีตล้วนตรงกลางสามารถยึดเกาะกันได้ดีขึ้น แต่ลวดตะแกรง จะมีผลช่วยรับกำลังให้เพิ่มขึ้นของตัวคอนกรีตล้วนตรงกลาง ได้น้อยมาก เพราะลวดตะแกรงที่นำมาใช้นั้นสามารถยืดตัวได้มาก ตัวอย่างคอนกรีตที่เป็นแกนกลางจึงวิบัติก่อนที่ลวดตะแกรงจะช่วยในการโอบรัด

9) ผกามาศ ชูสิทธิ์ และภานุเดช ขัดเงางาม (2557)ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากกากมะพร้าวและเส้นใยต้นข้าวโพดโดยอัตราส่วนปูนซีเมนต์: ทราย: กากมะพร้าว: ต้นข้าวโพด:น้ำประปา: สารแคลเซียมคลอไรด์เท่ากับ 1: 0.2:0.0125: 0.0375: 0.3: 0.03 โดยน้ำหนัก เป็นอัตราส่วนที่ดีที่สุด มีสมบัติทางกายภาพและทางกลที่ผ่านตามมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูงกำหนดเป็นวัสดุผนังที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนที่ดี โดยสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ต่ำที่สุดมีค่าเพียง 0.225 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน มีราคาถูก และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากวัตถุดิบส่วนใหญ่เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีปริมาณมาก รวมทั้งกระบวนการผลิตยังไม่แตกต่างจากการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ทั่วไป

10) สิทธิชัย ศิริพันธุ์ และคณะ (2548) ทำการศึกษาการใช้ยางธรรมชาติเพื่อพัฒนางานคอนกรีตโดยการศึกษาหาเทคนิคที่เหมาะสมสำหรับการผสมน้ำยางในคอนกรีต ซึ่งได้ศึกษาความสามารถเทได้ (workability) ของน้ำยางที่ผสมกับคอนกรีต หลังจากนั้นนำมาหล่อแบบแล้วหาค่ากำลังอัด(compressive strength) และค่ากำ ลังดัด (flexural strength) สัดส่วนของน้ำ ยางพาราต่อคอนกรีต (P/C) ที่ศึกษาได้แก่ 0.05, 0.10, 0.15, 0.20 และ 0.25 ตามลำดับ และส่วนผสมของคอนกรีตที่ใช้ คือซีเมนต์:ทราย:หิน (1:2:4) โดยน้ำหนัก วิธีการผสมน้ำยางกับคอนกรีต โดยทั่วไปแล้วยางกับคอนกรีตจะเข้ากันได้ยากจึงต้องมีการผสมสารลดแรงตึงผิว สำหรับงานวิจัยนี้เลือกใช้สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ (nonionicsurfactants)คือ Lutensol XL 80 (C10–guerbet alcohol alkoxylate) ในสัดส่วนร้อยละ 4 ของน้ำหนักของซีเมนต์ เมื่อผสมคอนกรีตตามสูตร แล้วนำมาทดสอบค่าการยุบตัว (slump test) จากนั้นหล่อเข้าแบบมาตรฐาน (รูปลูกบาศก์ และรูปคาน) แล้วทำการบ่มชื้นเป็นเวลา 7 วัน หลังจากนั้นทำการบ่มแห้งในอากาศเป็นเวลา 3, 7, 14 และ 28 วันตามลำดับแล้วทดสอบค่ากำลังอัด (compressive strength) ค่ากำลังดัด (flexural strength) ผลการทดสอบพบว่าคอนกรีตผสมน้ำยางจะมีกำลังอัดลดลงประมาณร้อยละ 60 และเมื่อปริมาณน้ำยางเพิ่มขึ้น การรับกำลังอัดของคอนกรีตมีแนวโน้มลดลง สำหรับค่ากำลังดัด

พบว่า ลดลงประมาณร้อยละ 10 เมื่อสัดส่วนยางพาราต่อซีเมนต์ (P/C) ที่เพิ่มขึ้นและเมื่อศึกษาระยะเวลาการบ่มแห้งในอากาศเพิ่มเป็น 14 และ 28 วัน ที่สัดส่วนยางพาราต่อซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ0.15 และ 0.20 พบว่า คอนกรีตผสมน้ำยางพาราจะมีค่ากำลังดัดของสูงกว่าคอนกรีตปกติ เนื่องจากอนุภาคเนื้อยางเกาะตัวกันเป็นชั้นฟิล์ม (film) ที่แข็งแรงขึ้น ทางผู้วิจัยรายงานว่าการใช้งานคอนกรีตผสมน้ำยาง ยังไม่เหมาะกับงานโครงสร้างที่ต้องรับแรงอัดมาก แต่อาจเหมาะกับงานซ่อมแซม หรือเหมาะกับงานคอนกรีตบล็อกสำหรับก่อผนังที่ไม่รับแรงอัดมาก ซึ่งการยืดเหนี่ยวของน้ำยางจะมีประโยชน์ในการเป็นตัวประสานกับคอนกรีตเดิม อย่างไรก็ตามการขจัดฟองอากาศและการก่อตัวช้าในคอนกรีตยังเป็นปัญหาสำคัญที่ควรศึกษาเพิ่มเติม เพื่อพัฒนาให้คอนกรีตมีกำลังอัดและการก่อตัวใกล้เคียงคอนกรีตปกติเพื่อให้สามารถนำมาใช้ในงานโครงสร้างอื่นได้ต่อไป

11) ประชุม คำพุฒ (2550) ทำการศึกษาการใช้น้ำยางพาราปรับปรุงสมบัติด้านการรับแรงและการเป็นฉนวนกันความร้อนของคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ โดยใช้อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์:ทรายบดละเอียด (1:1) โดยน้ำหนัก ปริมาณผงอะลูมิเนียมร้อยละ 0.3 ของส่วนผสมทั้งหมด อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ 0.5 โดยน้ำหนัก ปริมาณปูนขาวร้อยละ 5 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ และปริมาณยิปซัมร้อยละ 5 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ แล้วใช้สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุในปริมาณร้อยละ 4 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ โดยทำการศึกษาอัตราส่วนน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์ 0.10, 0.15 และ 0.20โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ แล้วนำมาทดสอบค่าความหนาแน่น ค่ากำลังอัดและค่ากำลังดัด และการดูดซึมน้ำรวมถึงค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน พบว่า น้ำยางพาราที่เหมาะสมสำหรับงานวิจัยนี้ คือ การใช้อัตราส่วนน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์ 0.10 เมื่อนำน้ำยางพาราผสมในคอนกรีตมวลเบาจะให้ค่าการดูดกลืนน้ำเฉลี่ยต่ำมาก มีค่ากำลังอัดและกำลังดัดสูงมาก ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมีค่าใกล้เคียงกับคอนกรีตมวลเบาทั่วไป ราคาของคอนกรีตมวลเบาที่ผสมยางพาราจะเพิ่มขึ้นประมาณ 1-2 บาทต่อก้อน ต่อมาในปี พ.ศ. 2550 ทางคณะวิจัยจึงทำการศึกษาในเรื่องการนำน้ำยางพารามาผสมกับคอนกรีตต่อ โดยทำการศึกษาการใช้น้ำยางพาราพัฒนาสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีตบล็อก โดยใช้อัตราส่วนยางพาราต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.025, 0.050 และ 0.075 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อหินฝุ่น (1: 4)อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (0.40) และใส่สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุร้อยละ 4ของน้ำหนักยางพารา ผลการทดสอบที่ได้ พบว่า ปริมาณยางพาราต่อปูนซีเมนต์ที่เหมาะสมมากที่สุดในงานวิจัยครั้งนี้คือ 0.075 แล้วทางคณะวิจัยได้ทำการศึกษาสมบัติต่างๆ เปรียบเทียบกับคอนกรีตที่จำหน่ายในท้องตลาด

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาในปีที่ 2 ตามขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยและทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกล ตามมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง เช่นเดียวกับปีแรก แต่มีการเพิ่มน้ำยางธรรมชาติลงในส่วนผสม เพื่อปรับปรุงความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน และสมบัติทางกลอื่นๆ ของแผ่นไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงที่มีเหล็กตะแกรงเพิ่มเติม เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการทดลอง โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและทำการทดสอบ ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และหน่วยงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังขั้นตอนการดำเนินงานต่อไปนี้

3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1
2) ทรายละเอียด
3) กากมะพร้าว ดังรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 กากมะพร้าว

4) ต้นข้าวโพดจากเกษตรกร ตำบลลำนารายณ์ อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี ดังรูปที่ 3.2 ถึง 3.4

รูปที่ 3.2 ไร่เกษตรกรกลุ่มข้าวโพดตำบลลำนารายณ์ อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี

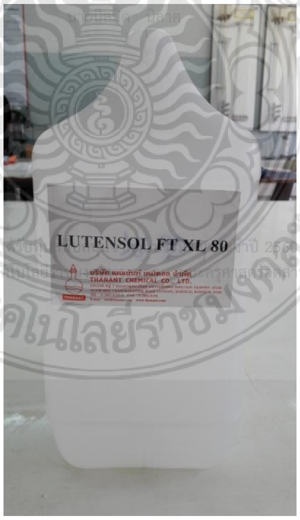
รูปที่ 3.3 ต้นข้าวโพดที่แห้งภายหลังจากให้ผลผลิตแล้ว

รูปที่ 3.4 ใบข้าวโพดแห้ง

5) สารเร่งการก่อตัวแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) ดังรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$)

6) สารลดแรงตึงผิว ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 สารลดแรงตึงผิว LUTENSOL FTXL, 80

7) น้ำยางธรรมชาติรพรีวัลคาไนซ์ ดังรูปที่ 3.7

รูปที่ 3.7 น้ำยางธรรมชาติรพรีวัลคาไนซ์

8) ตะแกรงเหล็กสี่เหลี่ยม ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.81 มิลลิเมตร ระยะห่าง 1นิ้ว

รูปที่ 3.8 ตะแกรงเหล็กสี่เหลี่ยม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.81 มิลลิเมตร ระยะห่าง 1 นิ้ว

9) เครื่องผสมคอนกรีต
10) เครื่องอัดแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์

11) เครื่องบดย่อยเส้นใย พร้อมตะแกรงเบอร์ 4 ดังรูปที่ 3.9

รูปที่ 3.9 เครื่องบดย่อยเส้นใย

12) ตะแกรงร่อนคัดแยกขนาด
13) เครื่องชั่งน้ำหนัก
14) แบบหล่อ ขนาด 300 x 300 x 15 มิลลิเมตร
15) ชุดทดสอบหาค่าความหนาแน่น ความชื้น และการดูดซึมน้ำ
16) เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal Testing Machine)
17) เครื่องทดสอบสภาพนำความร้อน

3.2 การออกแบบตัวอย่างแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์

จากผลการดำเนินงานโครงการ“การพัฒนาแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความแข็งแรงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนสูง จากเส้นใยกากมะพร้าวและต้นข้าวโพด” ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ประจำปีงบประมาณ 2560 (ปีที่ 1) ทำให้ได้อัตราส่วนของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากเส้นใยกากมะพร้าว ต้นข้าวโพดและเหล็กตะแกรงเสริม สำหรับนำน้ำยางมาผสม เพื่อพัฒนาความเป็นฉนวนกันความร้อน จำนวน 5 อัตราส่วน ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากกากมะพร้าว เส้นใยต้นข้าวโพดและน้ำยาง

อัตราส่วน	ปูนซีเมนต์	ทรายละเอียด	กากมะพร้าว	ต้นข้าวโพด	น้ำประปา	สาร $CaCl_2$	สารลดแรงตึงผิว	น้ำยาง
ที่ 1	1	0.2	0.0125	0.0375	0.3	0.03	0.04	0.05
ที่ 2	1	0.2	0.0125	0.0375	0.3	0.03	0.04	0.10

ที่ 3	1	0.2	0.0125	0.0375	0.3	0.03	0.04	0.15
ที่ 4	1	0.2	0.0125	0.0375	0.3	0.03	0.04	0.20
ที่ 5	1	0.2	0.0125	0.0375	0.3	0.03	0.04	0.25

3.3การเตรียมตัวอย่างแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์

1) เตรียมเส้นใยต้นข้าวโพด กากมะพร้าวและน้ำยางธรรมชาติรพรีวัลคาไนซ์ ให้พร้อมต่อการนำมาเป็นส่วนผสม โดยทำการตากต้นข้าวโพดและกากมะพร้าวจนแห้ง และเก็บกากมะพร้าวไว้สำหรับใช้เป็นส่วนผสมแต่ในส่วนของต้นข้าวโพดให้ทำการย่อยขนาดด้วยเครื่องบดย่อยเส้นใย ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 โดยทำการย่อยรวมกันทั้งในส่วนของลำต้นข้าวโพดและใบต้นข้าวโพดได้เป็นเส้นใยจากต้นข้าวโพดสำหรับใช้เป็นส่วนผสม โดยใช้สัดส่วนของลำต้นข้าวโพดต่อใบต้นข้าวโพด 40: 60 โดยน้ำหนัก ดังรูปที่ 3.10 ถึง 3.15

รูปที่ 3.10ต้นข้าวโพดที่ทำการตากแห้งก่อนการบดย่อยด้วยเครื่องบด

รูปที่ 3.11การแยกต้นข้าวโพดออกเป็นลำต้นข้าวโพดและใบต้นข้าวโพด

รูปที่ 3.12การชั่งน้ำหนักของต้นข้าวโพดแยกเป็นส่วนลำต้นข้าวโพดและใบต้นข้าวโพด

รูปที่ 3.13เส้นใยต้นข้าวโพดทั้งในส่วนลำต้นข้าวโพดและใบต้นข้าวโพดที่บดย่อยผ่านตะแกรงเบอร์ 4

รูปที่ 3.14กากมะพร้าว

รูปที่ 3.15น้ำยางธรรมมชาติพรีวัลคาไนซ์

2) ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทรายละเอียด กากมะพร้าว เส้นใยจากต้นข้าวโพด สารเร่งการก่อ สารลดแรงตึงผิว และน้ำยางธรรมชาติ ตัวเข้าด้วยกันอย่างสม่ำเสมอ ตามอัตราส่วนที่กำหนด ดังรูปที่ 3.16 ถึง 3.23

รูปที่ 3.16การเทปูนซีเมนต์ลงในเครื่องผสมคอนกรีต

รูปที่ 3.17การเติมทรายลงในปูนซีเมนต์ที่ผสมอยู่ในเครื่องผสมคอนกรีต

รูปที่ 3.18การชั่งน้ำหนักกากมะพร้าว

รูปที่ 3.19การเติมกากมะพร้าวลงในปูนซีเมนต์และทรายที่ผสมอยู่ในเครื่องผสมคอนกรีต

รูปที่ 3.20การผสมส่วนผสมทั้งหมดเข้ากันด้วยเครื่องผสมคอนกรีต

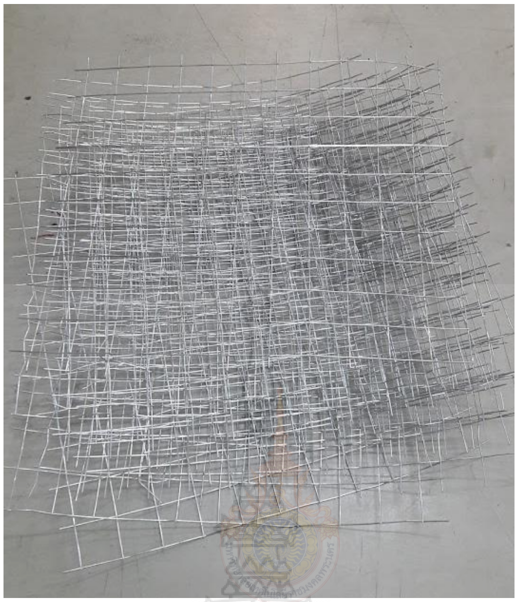
รูปที่ 3.21ส่วนผสมที่ผสมเข้ากันแล้วก่อนการเติมน้ำประปา

รูปที่ 3.22การเติมสารเร่งการก่อตัว แคลเซียมคลอไรด์

รูปที่ 3.23การเติมน้ำยางธรรมชาติพรีวัลคาไนซ์ และผสม
ส่วนผสมที่เข้ากันแล้วก่อนนำไปเทลงในแบบหล่อ

3) เตรียมแบบหล่อให้สะอาด และทาน้ำมันหล่อลื่นลงบนแบบเพื่อไม่ให้เกิดการติดแบบขณะทำการถอดแบบพร้อมทั้งตัดตะแกรงเหล็กเสริมแรง ดังรูปที่ 3.24 ถึง 3.25

รูปที่ 3.24เหล็กตะแกรงก่อนการตัดให้ได้ขนาดตามต้องการ



รูปที่ 3.25เหล็กตะแกรงที่ตัดให้ได้ขนาดตามต้องการแล้ว

4) เทส่วนผสมลงในแบบหล่อ โดยแบ่งการเทออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนล่าง และส่วนบน ซึ่งมีความหนาแต่ละส่วน เท่ากับ ครึ่งหนึ่งของความหนาแบบหล่อ โดยทำการวางเหล็กตะแกรงเมื่อเทส่วนผสมส่วนล่างแล้ว จากนั้นจึงทำการอัดแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปแบบสั่นเขย่า ขนาด 30 x 30 x 1.5 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.26 ถึง 3.34

รูปที่ 3.26แบบหล่อขนาด 30 x 30 x 1.5 เซนติเมตร ที่ต้องตั้งอยู่ในเครื่องอัดแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์

รูปที่ 3.27การเทส่วนผสมลงในแบบหล่อเพื่ออัดขึ้นรูปแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์

รูปที่ 3.28การเรียงส่วนผสมส่วนล่างให้มีความหนาเท่ากับครึ่งหนึ่งของความหนาแบบหล่อ

รูปที่ 3.29การติดตั้งตะแกรงเหล็กลงบนส่วนผสมส่วนล่าง

รูปที่ 3.30การเทส่วนผสมส่วนบนก่อนการอัดขึ้นรูปแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์

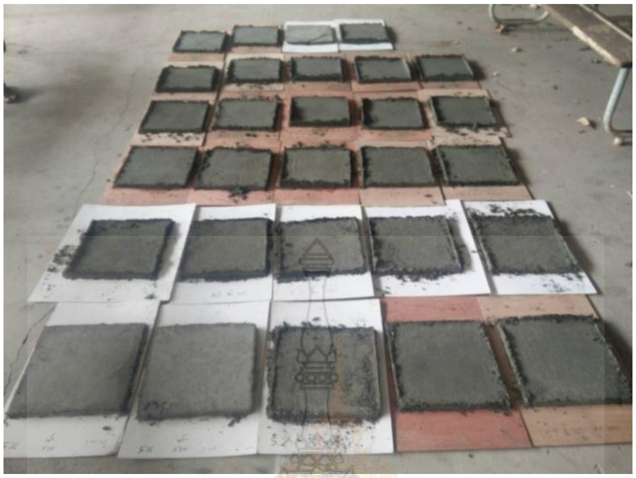
รูปที่ 3.31การเรียงส่วนผสมส่วนบนให้เรียบและได้ระดับที่กำหนด

รูปที่ 3.32การรองแผ่นพลาสติกด้านบนเพื่อปรับแต่งผิวหน้าให้เรียบ

รูปที่ 3.33การอัดขึ้นรูปส่วนผสม

รูปที่ 3.34การนำแผ่นใยไม้อัดจากกากมะพร้าวและต้นข้าวโพดออกจากเครื่องอัดขึ้นรูป

4) บ่มแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ด้วยกระสอบพรมน้ำตามระยะเวลาที่กำหนดดังรูปที่ 3.39



รูปที่ 3.35การบ่มแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ด้วยกระสอบพรมน้ำตามระยะเวลาที่กำหนด

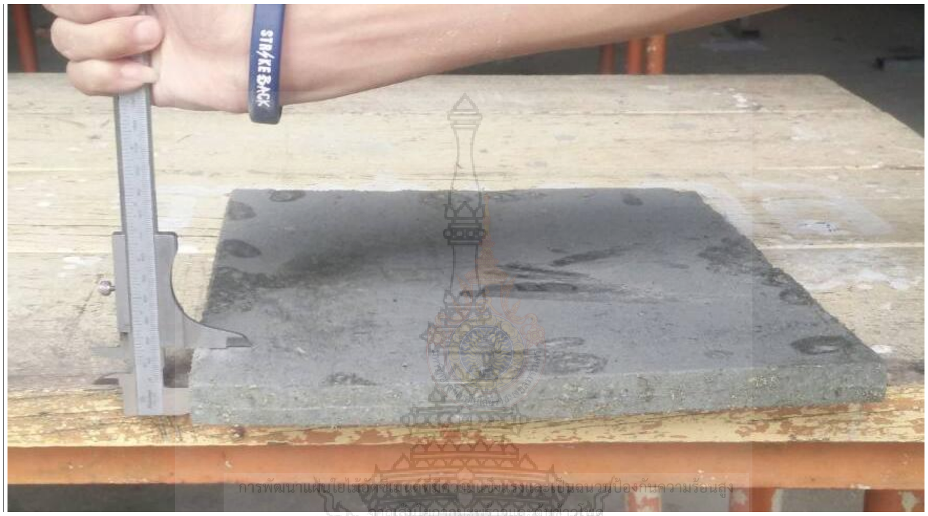
6) เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดในการบ่ม ได้ตัวอย่างแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูง สำหรับทำการทดสอบสมบัติต่างๆ ต่อไป

รูปที่ 3.36แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ขนาด 30x30x1.5 ซม.

3.4 การทดสอบสมบัติของตัวอย่างแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์

ทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกลตามมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง ประกอบด้วย

1) ลักษณะทั่วไป ดังรูปที่ 3.37



รูปที่ 3.37การวัดความหนาของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจากกากมะพร้าว เส้นใยต้นข้าวโพด และเหล็กตะแกรง

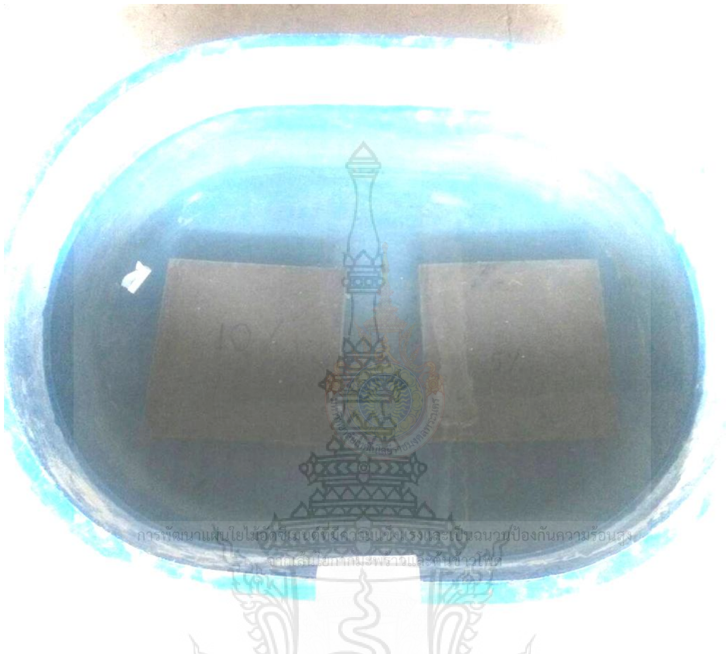
2) ทดสอบความหนาแน่น

3) ทดสอบความชื้น

รูปที่ 3.38เตาอบสำหรับทดสอบความชื้นของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจากกากมะพร้าว เส้นใยต้นข้าวโพด และเหล็กตะแกรง

4) สภาพนำความร้อน

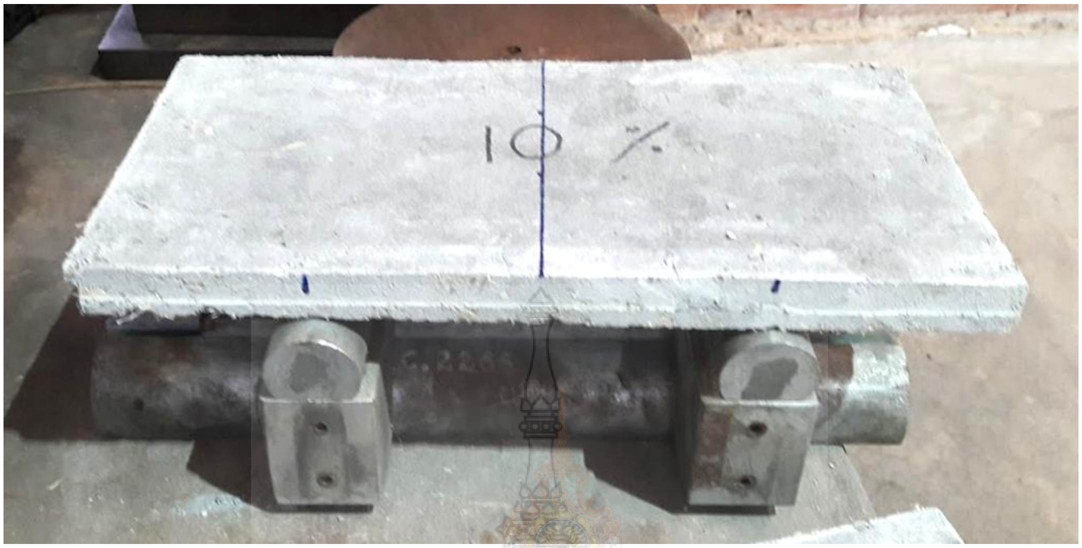
5) การพองตัวเมื่อแช่น้ำดังรูปที่ 3.39



รูปที่ 3.39การแช่น้ำแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ เพื่อทดสอบการพองตัว

6) ความต้านทานแรงดัดดังรูปที่ 3.40 ถึง 3.43

รูปที่ 3.40เตรียมขนาดตัวอย่างการทดสอบความต้านทานแรงดัดตามมาตรฐาน



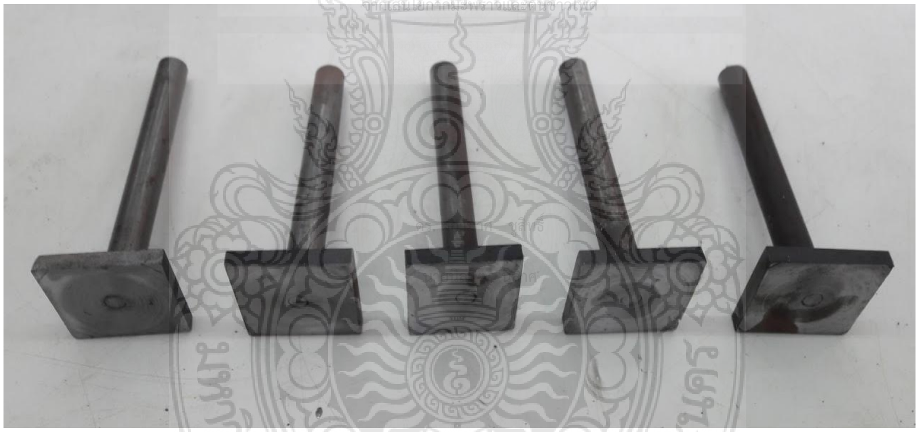
รูปที่ 3.41เตรียมตัวอย่างการทดสอบความต้านทานแรงดัดของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์

รูปที่ 3.42การโก่งตัวจากการทดสอบความต้านทานแรงดัดของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์

รูปที่ 3.43การแตกหักของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่ไม่หลุดออกจากกันภายหลัง
การวิบัติจากการทดสอบความต้านทานแรงดัด

7) มอดุลัสยืดหยุ่น

8) ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าดังรูปที่ 3.44 ถึง 3.49



รูปที่ 3.44แท่งเหล็กสำหรับยึดแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์เพื่อทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉาก

รูปที่ 3.45แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ขนาด 5 x 5 x 1.5 เซนติเมตร สำหรับยึดกับแท่งเหล็ก
เพื่อทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

รูปที่ 3.46แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่ยึดเข้ากับแท่งเหล็กเพื่อทดสอบ
ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าแล้ว

รูปที่ 3.47การทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากที่ผิวหน้าของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์

รูปที่ 3.48การยึดแท่งเหล็กกับมือจับของเครื่องทดสอบอเนกประสงค์เพื่อทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากที่ผิวหน้าของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์

รูปที่ 3.49การวิบัติของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากการทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากที่ผิวหน้า

3.5การทดสอบการใช้งานจริงของตัวอย่างแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์

คัดเลือกรูปแบบของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีการผสมน้ำยางธรรมชาติ เหมาะสมที่สุด มาทดสอบใช้งานเป็นผนังจำลองขนาด 0.30 x 0.30 เมตร แล้วจึงทำการเก็บข้อมูล และตรวจพินิจลักษณะของผนังจำลองที่ก่อสร้างเมื่อนำไปใช้งานจริงต่อไป

3.6การเขียนบทความวิจัยส่งลงในวารสารและงานประชุมสัมมนาวิชาการ

เขียนบทความวิจัยเพื่อเผยแพร่องค์ความรู้ที่ได้ในวารสารระดับชาติหรือนานาชาติ หรือการประชุมวิชาการระดับชาติหรือนานาชาติ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทที่ 4
ผลการดำเนินการวิจัย

จากการทดสอบสมบัติทางกายภาพสมบัติทางกลและสภาพนำความร้อนของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจากเส้นใยกากมะพร้าวต้นข้าวโพดและตะแกรงเหล็ก(ต่อเนื่องปีที่ 2) ตามมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง(สมอ., 2537) สามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังต่อไปนี้

4.1 ผลการทดสอบลักษณะทั่วไป

เมื่อพิจารณาลักษณะทั่วไปของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจากเส้นใยกากมะพร้าวต้นข้าวโพด ตะแกรงเหล็ก และน้ำยางธรรมชาติ โดยวิธีการสังเกตและการวัดขนาดโดยรวม ทั้ง 6 อัตราส่วนหรือรูปแบบ สามารถนำมาประกอบเป็นผลการทดสอบลักษณะทั่วไปได้ ดังรูปที่ 4.1 และตารางที่ 4.1

รูปที่ 4.1ลักษณะทั่วไปของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจากเส้นใยกากมะพร้าวต้นข้าวโพด ตะแกรงเหล็ก และน้ำยางธรรมชาติ

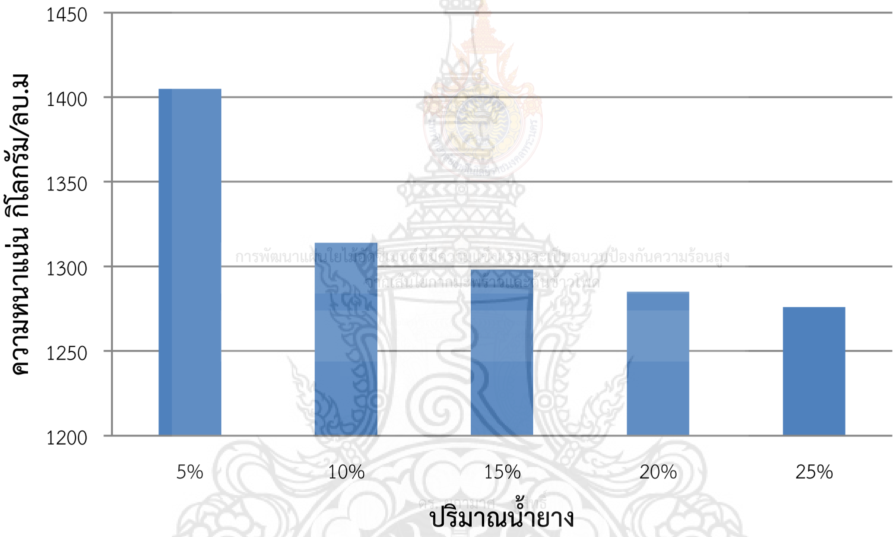
ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบลักษณะทั่วไปของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจากเส้นใยกากมะพร้าวต้นข้าวโพด ตะแกรงเหล็ก และน้ำยางธรรมชาติ

อัตราส่วน	ลักษณะทั่วไป
มอก. 878-2537	ความหนา ความแน่น และความเรียบสม่ำเสมอ ขอบต้องตั้งฉากกับระนาบผิว
ที่ 1	ผ่าน
ที่ 2	ผ่าน
ที่ 3	ผ่าน
ที่ 4	ผ่าน
ที่ 5	ผ่าน

จากตารางที่ 4.1 พบว่า ทุกอัตราส่วน มีลักษณะผ่านตามที่มาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง(สมอ., 2537) กำหนดคือ ขอบและผิวหน้าของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ทั้งหมดมีความเรียบและได้ฉาก แสดงให้เห็นว่า น้ำยางธรรมชาติที่ผสมลงในส่วนผสมของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ ไม่มีผลต่อลักษณะของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์

4.2 ผลการทดสอบความหนาแน่น

ความหนาแน่นของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจากเส้นใยกากมะพร้าวต้นข้าวโพดตะแกรงเหล็กและน้ำยางธรรมชาติ ทั้ง 5 อัตราส่วน สามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังรูปที่ 4.2

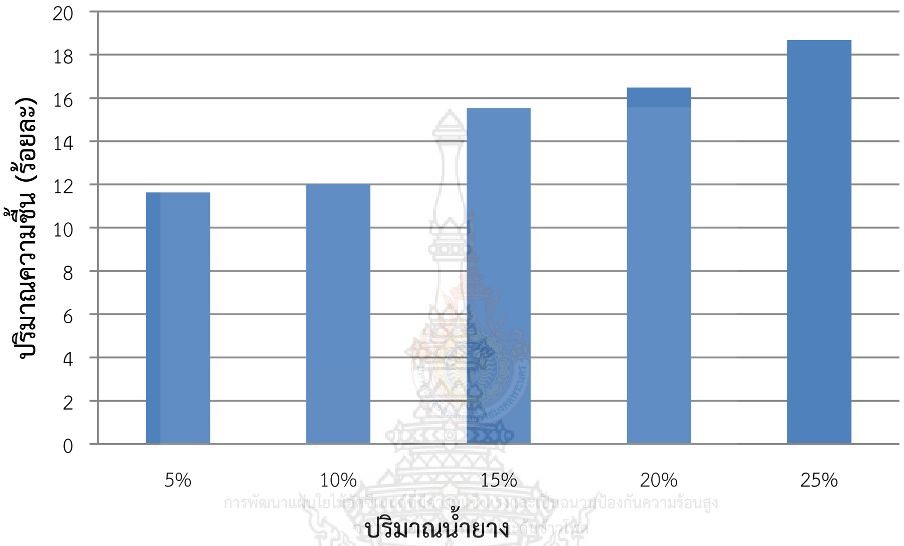


รูปที่ 4.2ความหนาแน่นของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจากเส้นใยกากมะพร้าวต้นข้าวโพด ตะแกรงเหล็กและน้ำยางธรรมชาติที่อัตราส่วนต่างๆ

จากรูปที่ 4.2จากผลการทดลองพบว่าความหนาแน่นของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจากเส้นใยกากมะพร้าวต้นข้าวโพด ตะแกรงเหล็กและน้ำยางธรรมชาติ ลดลงตามปริมาณของน้ำยางที่นำมาผสมลงในส่วนผสม โดยแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์อัตราส่วนที่มีความหนาแน่นสูงที่สุด คือ อัตราส่วนน้ำยาง 5 % รองลงมาคือ อัตราส่วน น้ำยาง 10 % น้ำยาง 15 % น้ำยาง 20 % และอัตราส่วน น้ำยาง 25 % มีความหนาแน่นต่ำที่สุดตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากยางพาราเป็นวัสดุที่มีความหนาแน่นเท่ากับ 980 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและเกิดฟองอากาศจำนวนมากในเนื้อแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ เมื่อเทียบกับมาตรฐาน มอก.878-2537 กำหนดความหนาแน่นเฉลี่ยต้องอยู่ในช่วง 1100ถึง1300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร(สมอ.,2537) ซึ่งมี 2 อัตราส่วนที่เกินตามมาตรฐาน มอก. และมี 3 อัตราส่วนที่อยู่ในช่วง มาตรฐาน มอก.

4.3 ผลการทดสอบความชื้น

ปริมาณความชื้นของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจากเส้นใยกากมะพร้าวต้นข้าวโพด ตะแกรงเหล็กและน้ำยางธรรมชาติทั้งหมด สามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังนี้



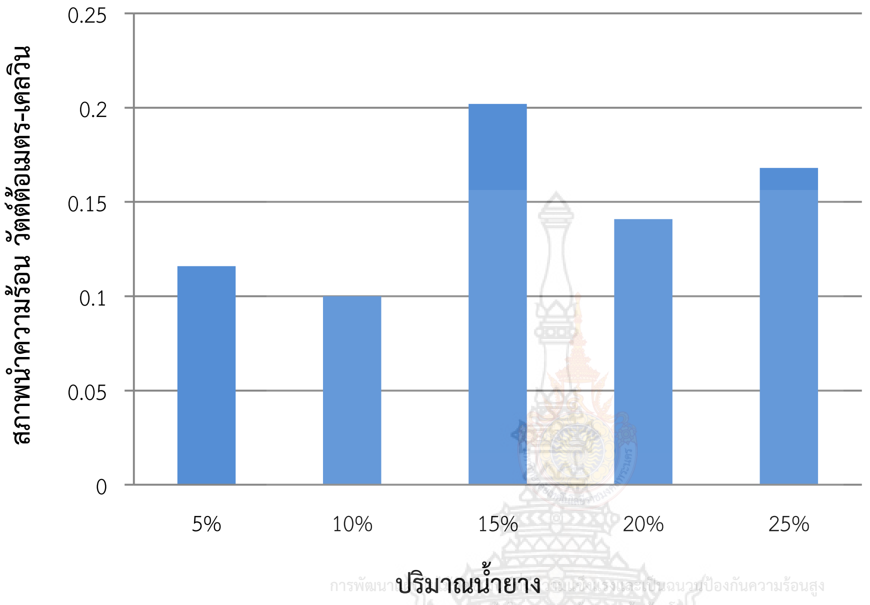
รูปที่ 4.3ปริมาณความชื้นของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจากเส้นใยกากมะพร้าวต้นข้าวโพด ตะแกรงเหล็กและน้ำยางธรรมชาติที่อายุบ่ม 28 วัน

ปริมาณความชื้นของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจากเส้นใยกากมะพร้าวต้นข้าวโพด ตะแกรงเหล็กและน้ำยางธรรมชาติที่แสดงในรูปที่ 4.8 ซึ่งตามมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง(สมอ., 2537)กำหนด อยู่ระหว่างร้อยละ 9 ถึง 15 พบว่า ปริมาณความชื้นมีความแตกต่างกัน ตามปริมาณน้ำยางที่ผสมลงในแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ โดยมีค่าอยู่ในช่วงที่มาตรฐาน จำนวน 2 อัตราส่วน คือ อัตราส่วน 5% และ 10% มีค่าปริมาณความชื้นอยู่ร้อยละ 11.64 และ12.02 ตามลำดับ และค่าเกินช่วง จำนวน 3 อัตราส่วน คือ อัตราส่วน 15% 20% และ 25% มีค่าปริมาณความชื้นอยู่ร้อยละ 15.54, 16.49 และ18.68 ตามลำดับ เนื่องจากเมื่อผสมน้ำยางและสารลดแรงตึงผิวแล้ว เกิดฟองอากาศจำนวนมาก และเมื่อกลไกการทำงานของน้ำยางในแผ่นซีเมนต์ก่อตัวเป็นแผ่นฟิล์มที่เกิด จากอนุภาคของโพลิเมอร์มารวมตัวกัน ประสานในเนื้อแผ่น แผ่นฟิล์มจึงเปรียบเสมือนเป็นชั้นกันความชื้น ทำให้ความชื้นซึมผ่านได้ยากจากโพรงอากาศที่เกิดขึ้น (สิทธิชัย ศิริพันธุ์และคณะ , 2548)

4.4 ผลการทดสอบสภาพนำความร้อน

สภาพนำความร้อน สามารถวัดค่าได้จากสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่แสดงถึงความสามารถในการถ่ายเทอุณหภูมิของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจากเส้นใยกากมะพร้าวต้นข้าวโพด ตะแกรงเหล็กและน้ำยางธรรมชาติ หากแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์มีสภาพนำความร้อนต่ำแสดงว่ามีความเป็นฉนวน

ป้องกันความร้อนที่ดี ส่วนสภาพนำความร้อนสูงแสดงว่าแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์มีการนำความร้อนที่ดี ซึ่งผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ทั้ง 5 อัตราส่วน สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.4

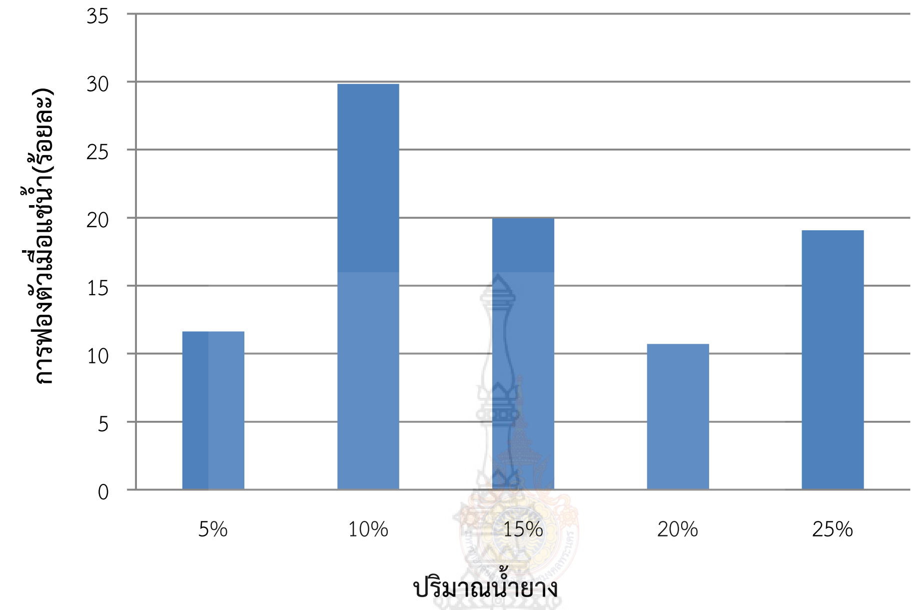


รูปที่ 4.4สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจากเส้นใยกากมะพร้าว ต้นข้าวโพด ตะแกรงเหล็กและน้ำยางธรรมชาติ

จากค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจากเส้นใยกากมะพร้าวต้นข้าวโพด ตะแกรงเหล็กและน้ำยางธรรมชาติ ตามรูปที่ 4.4พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนหรือสภาพการนำความร้อน มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.1 และสูงสุดเท่ากับ 0.202 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน ซึ่งค่านำความร้อนทุกปริมาณน้ำยาง จะมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537)กำหนดคือ ไม่เกิน 0.25 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน และยังมีค่าต่ำกว่าผลการโครงการวิจัยในปีที่ 1 ซึ่งมีค่าต่ำสุดที่ 0.231และสูงสุด 0.248 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน จากผลทดสอบแสดงให้เห็นว่าน้ำยางธรรมชาติมีผลต่อสัมประสิทธิ์การนำความร้อนอย่างชัดเจน

4.5 ผลการทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ

การพองตัวของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจากเส้นใยกากมะพร้าวต้นข้าวโพด ตะแกรงเหล็กและน้ำยางธรรมชาติ เมื่อแช่น้ำมีความสำคัญต่อการใช้งาน เนื่องจากแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์นิยมนำมาติดตั้งบริเวณภายนอกอาคาร ซึ่งต้องสัมผัสฝนและความชื้นค่อนข้างมาก ซึ่งผลการทดสอบการพองตัวของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ทั้ง 5 อัตราส่วน สามารถสรุปได้ ดังนี้

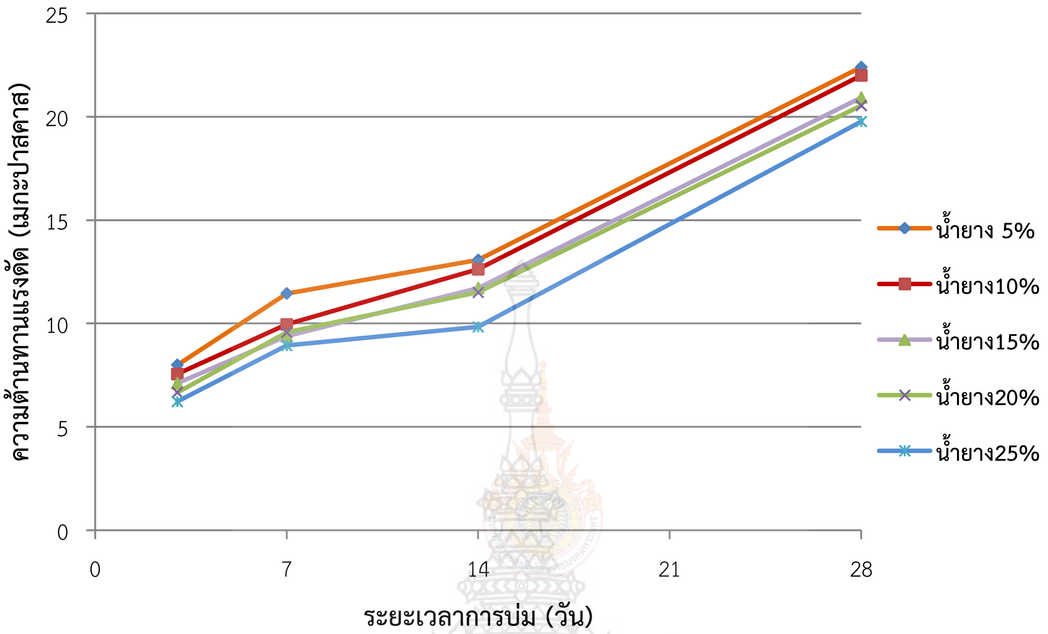


รูปที่ 4.5การพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจากเส้นใยกากมะพร้าว ต้นข้าวโพด ตะแกรงเหล็กและน้ำยางธรรมชาติ ที่อายุบ่ม 28 วัน

จากรูปที่ 4.5พบว่า แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ทั้งหมดมีการพองตัวเมื่อแช่น้ำตามมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง(สมอ., 2537) ทั้งนี้การพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ทั้งหมด สูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด คือ มีค่าเกิน ร้อยละ 2 เนื่องจากเมื่อผสมน้ำยางธรรมชาติและผสมสารลดแรงตึงผิวแล้ว ทำให้แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์เกิดฟองอากาศจำนวนมาก จึงเกิดรูพรุนขึ้นจำนวนมากในเนื้อแผ่น เมื่อนำไปทดสอบการพองตัว ทำให้น้ำสามารถแทรกเข้าไปในรูพรุนในเนื้อแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ ส่งผลให้เกิดการพองตัวสูง จากผลการทดสอบจะเห็นว่าเมื่อใส่อัตราส่วนปริมาณน้ำยางมากขึ้นใน แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์มีแนวโน้มการพองตัวมากขึ้นตามไปด้วย

4.6 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัด

การทดสอบความต้านทานแรงดัดของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจากเส้นใยกากมะพร้าว ต้นข้าวโพด ตะแกรงเหล็กและน้ำยางธรรมชาติ เป็นสมบัติทางกลที่สำคัญในการแสดงถึงความสามารถในการรับแรงดัดเมื่อใช้งาน โดยสามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังรูปที่ 4.6

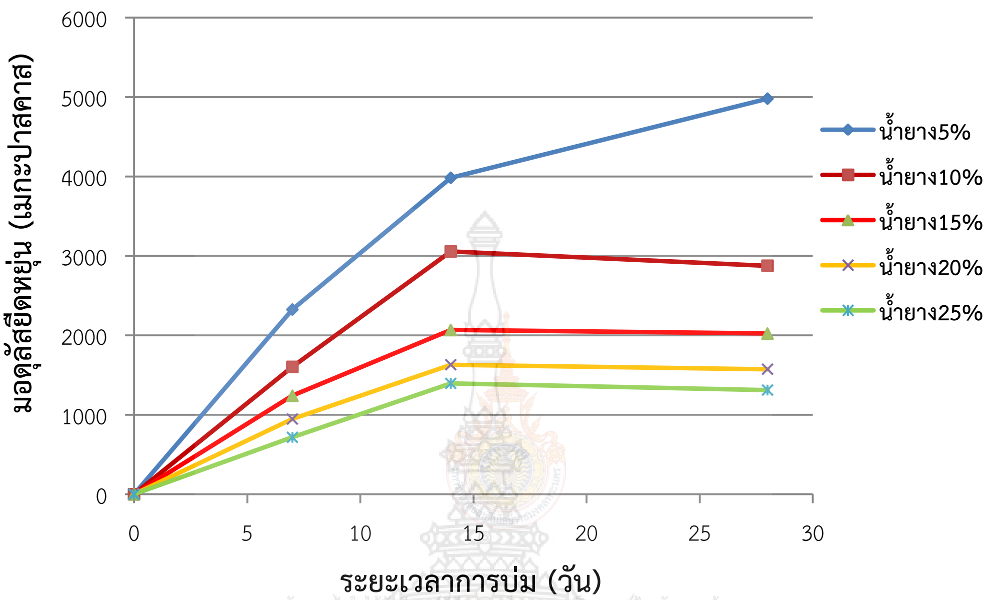


รูปที่ 4.6ความต้านทานแรงดัดของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจากเส้นใยกากมะพร้าว ต้นข้าวโพด ตะแกรงเหล็กและน้ำยางธรรมชาติ ที่อายุบ่ม 28 วัน

จากรูปที่ 4.6 พบว่า ความต้านทานแรงดัดของของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจากเส้นใยกากมะพร้าว ต้นข้าวโพด ตะแกรงเหล็กและน้ำยางธรรมชาติ จะมีแนวโน้มที่ลดลง เมื่อค่าปริมาณน้ำยางที่เพิ่มมากขึ้น และเมื่อระยะเวลาบ่มเพิ่มขึ้น พบว่ากำลังรับแรงดัดของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ จะสูงขึ้นมากเนื่องมาจากน้ำในส่วนผสมได้ระเหยออกไปมาก และกลไกการทำงานของน้ำยางในแผ่นซีเมนต์ก่อตัวเป็นแผ่นฟิล์ม ที่เกิดจากอนุภาคของโพลิเมอร์มารวมตัวกัน ประสานในเนื้อแผ่นกระจายทั่วเนื้อใยไม้อัดซีเมนต์ เริ่มทำหน้าที่ยึดเกาะได้ดี เมื่อนำค่าไปเทียบกับมาตรฐาน มอก.878-2537 (สมอ., 2537)ที่กำหนดให้ความต้านทานแรงดัดต้องไม่น้อยกว่า 9 เมกะปาสคาส ทุกอัตราส่วน มีค่าเกินมาตรฐาน

4.7 ผลการทดสอบมอดูลัสยืดหยุ่น

สำหรับผลการทดสอบมอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจากเส้นใยกากมะพร้าว ต้นข้าวโพด ตะแกรงเหล็ก และน้ำยางธรรมชาติ ทั้ง 5 อัตราส่วน สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.7

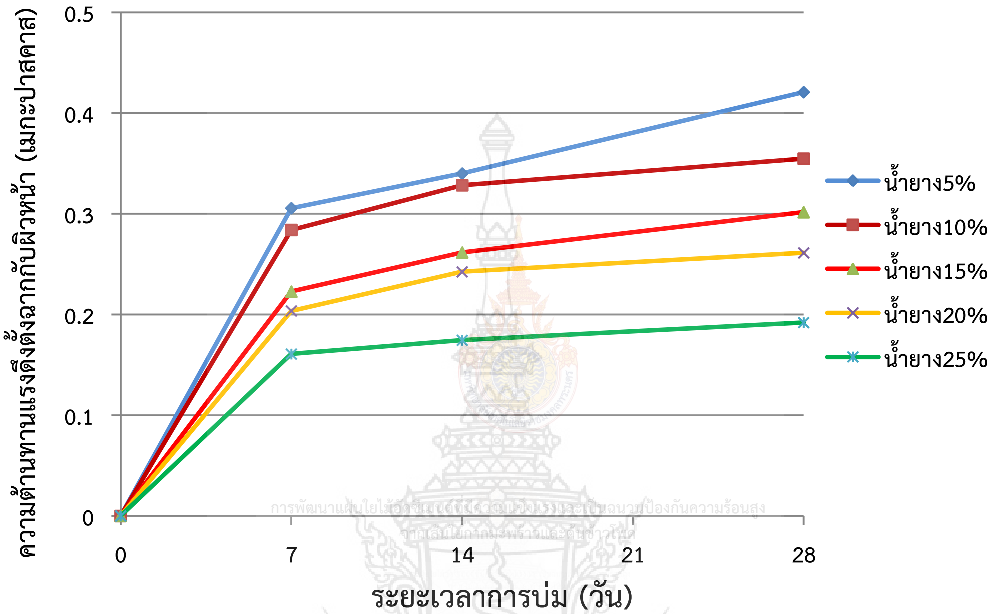


รูปที่ 4.7มอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจากเส้นใยกากมะพร้าว ต้นข้าวโพด ตะแกรงเหล็กและน้ำยางธรรมชาติ ที่อายุบ่ม 28 วัน

จากรูปที่ 4.7 พบว่า แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจากเส้นใยกากมะพร้าว ต้นข้าวโพด ตะแกรงเหล็กและน้ำยางธรรมชาติ มีค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นลดลงตามปริมาณน้ำยางที่ผสม และมีค่าแตกต่างกันไปตามอัตราส่วนของปริมาณน้ำยาง ซึ่งอัตราส่วนปริมาณน้ำยางที่ 5% มีค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นสูงสุด รองลงมาคืออัตราส่วนปริมาณน้ำยางที่ 10%, 15%, 20%และ25% มีค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นต่ำสุด ตามลำดับ เมื่อนำค่ามอดูลัสยืดหยุ่นเทียบกับมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537) ที่กำหนดให้ใยไม้อัดซีเมนต์ต้องมีค่ามอดูลัสยืดหยุ่น ไม่ต่ำกว่า 3,000 เมกะพาสคัล มีเพียง 1 อัตราส่วนคือ 5% ที่ผ่านอีก 4 อัตราส่วนยังต่ำกว่า แสดงให้เห็นว่า ปริมาณน้ำยางมีผลทำให้แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์มีความยืดหยุ่นหรือการโก่งตัวเกินกว่ามาตรฐาน

4.8 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า เป็นสมบัติทางกลของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจากเส้นใยกากมะพร้าว ต้นข้าวโพด ตะแกรงเหล็กและน้ำยางธรรมชาติ ซึ่งสามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังนี้



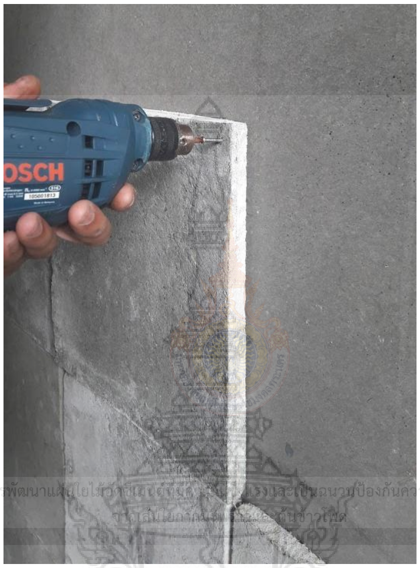
รูปที่ 4.8ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูง จากเส้นใยกากมะพร้าว ต้นข้าวโพด ตะแกรงเหล็กและน้ำยางธรรมชาติ

มาตรฐาน มอก.878-2537 กำหนดให้แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจากเส้นใยกากมะพร้าว ต้นข้าวโพด ตะแกรงเหล็กและน้ำยางธรรมชาติ ต้องมีความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าสูงกว่า 0.4 เมกะปาสคาส (สมอ., 2537) พบว่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ไม่ผ่านมาตรฐาน 4 อัตราส่วน มีเพียง 1 อัตราส่วนคือ ปริมาณน้ำยาง 5 % ที่ผ่านมาตรฐาน และค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า มีแนวโน้มลดลงตามปริมาณอัตราส่วนน้ำยางที่เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำยางพารามีผลต่อค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า เป็นผลเนื่องมาจากน้ำยางที่แทรกอยู่ในแผ่นซีเมนต์ที่ก่อตัวเป็นแผ่นฟิล์ม ที่เกิดจากอนุภาคของโพลิเมอร์มารวมตัวกัน มีแรงยึดเหนี่ยวน้อยกว่าปูนซีเมนต์ที่เป็นวัสดุประสานหลัก เป็นผลให้แผ่นซีเมนต์รับแรงดึงได้น้อยลง

4.9 ผลการทดสอบการใช้งานจริง

จากผลการทดสอบสมบัติต่างๆ ที่ผ่านมา พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำยางธรรมชาติ สำหรับเสริมในแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากกากเส้นใยกากมะพร้าว ต้นข้าวโพด ตะแกรงเหล็ก ให้มีความแข็งแรงสูงและมีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนสูง คือ ปริมาณน้ำยางธรรมชาติ ที่ 5 % เมื่อนำไปก่อสร้างผนังจำลอง ขนาด 0.30 x 0.30

เมตรแสดงให้เห็นว่าแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจากเส้นใยกากมะพร้าว ต้นข้าวโพด ตะแกรงเหล็กและน้ำยางธรรมชาตินี้ สามารถยึดติดกับผนังคอนกรีตได้ดี น้ำหนักเบา และใช้งานเป็นผนังได้เช่นเดียวกับแผ่นไม้อัดซีเมนต์ทั่วไป น้ำยางที่ผสมลงไปในส่วนผสม เข้าไปไม่มีผลต่อการใช้งานแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่เปลี่ยนไป ดังรูปที่ 4.9 ถึง 4.11



รูปที่ 4.9การติดตั้งแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากกากมะพร้าว ต้นข้าวโพด เหล็กตะแกรงและน้ำยางธรรมชาติลงบนผนังคอนกรีต

รูปที่ 4.10การใช้สว่านไฟฟ้าในการขันยึดแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากกากมะพร้าว ต้นข้าวโพด เหล็กตะแกรงและน้ำยางธรรมชาติลงบนผนังคอนกรีต

รูปที่ 4.11ผนังจำลองที่ก่อสร้างจากแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากกากมะพร้าว ต้นข้าวโพด เหล็กตะแกรงและน้ำยางธรรมชาติ อัตราส่วนน้ำยางที่ 5 %

4.10 ผลการเขียนบทความวิจัยเพื่อเผยแพร่

ได้ร่างบทความเรื่อง “การพัฒนาแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความแข็งแรงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนสูงจากเส้นใยกากมะพร้าวและต้นข้าวโพด” เพื่อตีพิมพ์ในการประชุมวิชาการหรือวารสารทางวิชาการ ระดับชาติหรือนานาชาติ

บทที่ 5
สรุป และข้อเสนอแนะ

โครงการ “การพัฒนาแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความแข็งแรงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนสูงจากเส้นใยกากมะพร้าวและต้นข้าวโพด”โครงการต่อเนื่องปีที่ 2 โดยการนำน้ำยางธรรมชาติมาผสมที่ปริมาณต่างๆ สามารถสรุปผลและข้อเสนอแนะได้ ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผล

จากผลการดำเนินงานทั้งหมดของโครงการ สามารถสรุปผลแบ่งตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้ ดังนี้

5.1 แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความแข็งแรงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนสูงจากเส้นใยกากมะพร้าว ต้นข้าวโพด เหล็กตะแกรงและน้ำยางธรรมชาติ สามารถผลิตได้โดยการบดย่อยเส้นใยข้าวโพดตากแห้ง กากมะพร้าว และผสมน้ำยางธรรมชาติ ทำการผสมส่วนผสมให้เข้ากัน นำไปอัดขึ้นรูปด้วยการกดอัด จากนั้นนำไปทำการบ่ม สามารถผลิตแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ให้แข็งแรงได้

5.2 อัตราส่วนหรือปริมาณที่เหมาะสมของน้ำยางธรรมชาติ สำหรับเสริมในแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากกากมะพร้าวและเส้นใยข้าวโพดที่มีความแข็งแรงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนสูง คือ อัตราส่วนผสมที่ใส่น้ำยางธรรมชาติ 1: 0.05 เมื่อวิเคราะห์จากผลการทดสอบ สามารถผ่านมาตรฐาน มอก. ดีที่สุด

5.3 ผลกระทบของน้ำยางธรรมชาติที่เสริมเข้าไปในแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากกากมะพร้าวและเส้นใยข้าวโพด มีผลทำให้แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์มีความหนาแน่น ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า มอดุลัสยืดหยุ่นจะลดลงตามปริมาณน้ำยางที่เพิ่มขึ้น และน้ำยางธรรมชาติที่เพิ่มขึ้นทำให้แนวโน้มการพองตัวที่สูงเกินกว่ามาตรฐาน มอก.878-2537

5.4 จากผลการทดลองสามารถได้ต้นแบบผลิตภัณฑ์แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความแข็งแรงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนสูงจากเส้นใยกากมะพร้าวต้นข้าวโพดและตะแกรงเหล็กที่ผ่านตามมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง สำหรับนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์

5.5 แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความแข็งแรงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนสูงจากเส้นใยกากมะพร้าวต้นข้าวโพดและตะแกรงเหล็ก อัตราส่วนผสมที่ใส่น้ำยางธรรมชาติ 5 % สามารถนำไปใช้เป็นผนังภายนอกอาคารที่ต้องการความแข็งแรงสูง และเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี

5.6 แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความแข็งแรงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนสูงจากเส้นใยกากมะพร้าวต้นข้าวโพดและตะแกรงเหล็ก มีแนวโน้มที่จะนำกากมะพร้าว ต้นข้าวโพดที่มีจำนวนมากในท้องถิ่น มาใช้เกิดประโยชน์และมีมูลค่ามากขึ้นได้มากขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาต่อไป ควรพัฒนาแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจากกากมะพร้าวเส้นใยต้นข้าวโพดและตะแกรงเหล็ก ให้เป็นฉนวนป้องกันความร้อนได้ดีขึ้น โดยการผสมสารที่สามารถช่วยลดค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนได้

เอกสารอ้างอิง

กิตติศักดิ์ บัวศรี, 2544. การผลิตแผ่นฉนวนป้องกันความร้อนจากฟางข้าว. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุ คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

กรมการค้าภายใน, 2550. ผลิตทางการเกษตร ปี 2551. กรมการค้าภายใน.

กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์,2539ก. การส่งออกข้าวโพดฝักอ่อนสดและกระป๋อง. ฝ่ายข้อมูลส่งเสริมการเกษตร กองแผนงาน กรมส่งเสริมการเกษตร.

กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์,2539ข. การส่งออกข้าวโพดหวานแช่แข็งและกระป๋อง. ฝ่ายข้อมูลส่งเสริมการเกษตร กองแผนงาน กรมส่งเสริมการเกษตร.

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

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2544. ไม้อัดซีเมนต์. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

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

ข่าวกรมส่งเสริมการเกษตร, 2557. สถานการณ์ข้าวโพดหวาน. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.doae.go.th/plant/sweetcorn /index.htm. (17 กรกฎาคม 2558)

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

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

จินดา สนิทวงศ์ฯ และอุเทน รุ่งเรือง,2534. การใช้ต้นและเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนเป็นอาหารหลักในโคกำลังรีดนม. วารสารเกษตร 7(2) : 95-105.

ชีวารัตน์ ม่วงพัฒน์, 2550. เส้นใยธรรมชาติสำหรับวัสดุผนังอาคาร. คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

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

ทักษิณ เทพชาตรี และอัครวัชร เล่นวารี, 2553. พฤติกรรมและการออกแบบโครงสร้างเหล็ก.พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธนัญชัย ปคุณวรกิจ พันธุดา พุฒิไพโรจน์ วรธรรม อุ่นจิตติชัย และพรรณจิรา ทิศาวิภาต, 2549. ประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของฉนวนอาคารจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร,วารสารวิจัยและสาระสถาปัตยกรรม/การผังเมือง 3(4): 119 - 126.

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

ผกามาศ ชูสิทธิ์และภาณุเดช ขัดเงางาม, 2557. การพัฒนาแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากการประยุกต์ใช้เส้นใยธรรมชาติจากกากมะพร้าวและต้นข้าวโพด. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

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

ประชาชาติธุรกิจ, 2549. 2550 ปีทองการส่งออก"ข้าวโพดไทย”, ฉบับวันที่ 16 พฤศจิกายน 2549.

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

ภาวดี เมธะคานนท์, 2548. สมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดผลิตจากกาวที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ.

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

ศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง , อุปวิทย์ สุวคันธกุลและสุดใจ เหง้าสีไพร, 2548. การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุผสมสำหรับคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว. วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา. ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2550 (77-87).

สถาบันคลังสมองของชาติ, 2548. Policy Brief. พฤศจิกายน 2548, ปีที่ 2 ฉบับที่ 3.

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

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

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

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

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

อานุภาพ นุ่นสง, 2551. ข้าวโพดซีพีรุกป่า จับตาวิกฤตความมั่นคงทางอาหาร, สำนักข่าวประชาธรรม, ฉบับวันที่ 28 เมษายน 2551.

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

American Society for Testing and Materials (ASTM), 2010. <u>Annual Book of ASTM Standard</u>, Philadelphia.

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

การพัฒนาแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความแข็งแรงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนสูง
จากเส้นใยกากมะพร้าวและต้นข้าวโพด

ดร. ผกามาศ ชูสิทธิ์

นายนิลมิต นิลาศ

งานวิจัยได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณประจำปี 2560
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ภาคผนวก

ก มาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 1516 (พ.ศ. 2532)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง

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

ประกาศ ณ วันที่ 3 สิงหาคม พ.ศ. 2532

บรรหาร ศิลปอาชา

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด แบบและสัญลักษณ์ ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ส่วนประกอบและการทำ คุณลักษณะที่ต้องการ เครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน และการทดสอบแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : 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 ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเกล็ดแต่มีความยาวมากเมื่อเทียบกับความกว้างและมีความหนาสม่ำเสมอตลอดความยาวของแถบ

2.2.4 ขี้กบ (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			± 1.0
เกิน 12 ถึง 20	± 5	± 0.3	± 1.5
เกิน 20			± 2.0

5. ส่วนประกอบและการทำ

5.1 ส่วนประกอบ

5.1.1 ชิ้นไม้

5.1.2 ปูนซีเมนต์

ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 1 ข้อกำหนดคุณภาพ มาตรฐานเลขที่ มอก. 15 เล่ม 1

5.2 การทำ

ใช้เครื่องจักรย่อยไม้ออกเป็นชิ้นไม้ แยกชิ้นไม้ให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ นำไปผสมกับปูนซีเมนต์ แล้วนำไปโรยและอัดเป็นแผ่นโดยทิ้งไว้ให้ปูนซีเมนต์ก่อตัวจึงถอดแบบออก หากใส่สารผสมเพิ่มต้องไม่ทำให้ความแข็งแรงหรือความคงทนของแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์เสียไป

6. คุณลักษณะที่ต้องการ

6.1 ลักษณะทั่วไป

แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ต้องมีความหนา ความแน่น และความเรียบสม่ำเสมอกันตลอดทั้งแผ่น ขอบจะต้องตั้งได้ฉากกับระนาบผิว

การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

6.2 ความหนาแน่นความหนาแน่น

ความหนาแน่นเฉลี่ยต้องอยู่ในช่วง 1 100 ถึง 1 300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 9.3

6.3 ความชื้น

ความชื้นเฉลี่ยต้องอยู่ในช่วงร้อยละ 9 ถึงร้อยละ 15

การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 9.4

6.4 สภาพนำความร้อน

ต้องมีค่าเฉลี่ยไม่เกิน 0.155 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน

การทดสอบให้ปฏิบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีทดสอบสมบัติการเป็นฉนวนกันความร้อน (ในกรณีที่ยังไม่มีการประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าว ให้เป็นไปตาม BS 874)

6.5 คุณลักษณะที่ต้องการอื่น ๆ

ให้เป็นไปตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณลักษณะที่ต้องการอื่นๆ

(ข้อ 6.5)

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

7. เครื่องหมายและฉลาก

7.1 ที่แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ทุกแผ่น อย่างน้อยต้องมีเลข อักษรหรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่ายชัดเจน

(1) คำว่า "แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์"

(2) สัญลักษณ์ของแบบ

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

(4) เดือน ปีที่ทำ หรือรหัสรุ่นที่ทำ

(5) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

7.2 ผู้ทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้ จะแสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นได้ ต่อเมื่อได้รับใบอนุญาตจากคณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว

8. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

8.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ที่มีแบบและความหนาระบุเดียวกัน ทำโดยกรรมวิธีเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

8.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

8.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบขนาด และลักษณะทั่วไป

8.2.1.1 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน ตามจำนวนที่กำหนดในตารางที่ 3

8.2.1.2 จำนวนตัวอย่างที่ไม่เป็นไปตามข้อ 4. และข้อ 6.1 ต้องไม่เกินเลขจำนวนที่ยอมรับ ที่กำหนดในตารางที่ 3 จึงจะถือว่าแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์รุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

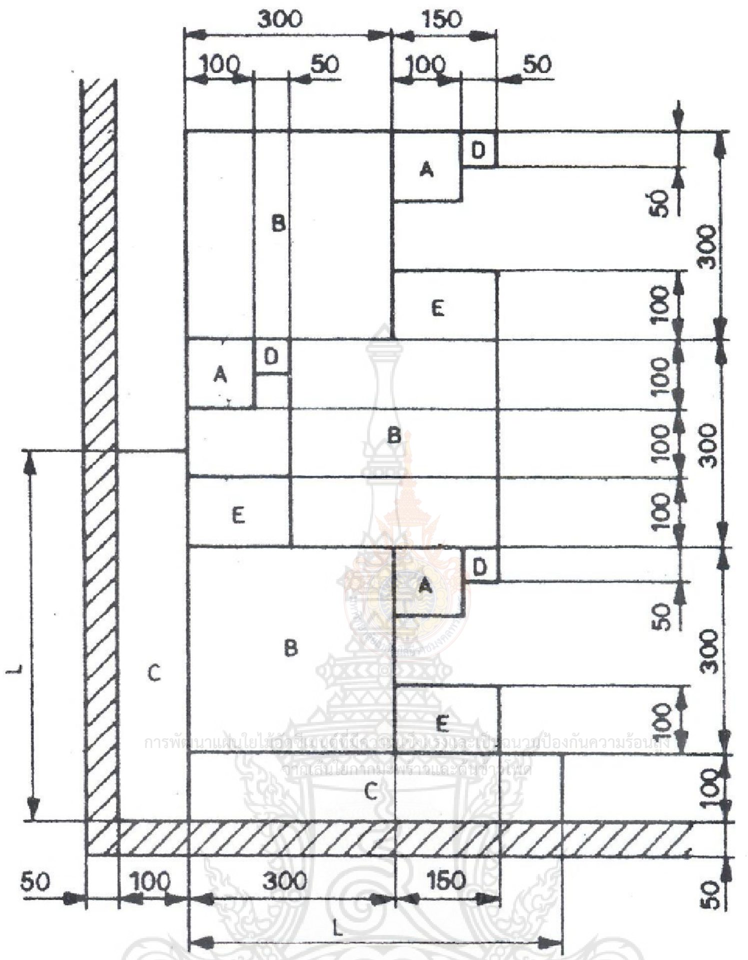
ตารางที่ 3 แผนการชักตัวอย่างสำหรับการทดสอบขนาดและลักษณะทั่วไป
(ข้อ 8.2.1)

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

8.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบความหนาแน่น ความชื้น สภาพนำความร้อน และคุณลักษณะที่ต้องการอื่น ๆ

8.2.2.1 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่ม จากแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ที่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในเรื่องขนาด และลักษณะทั่วไปแล้ว มาจำนวน 5 แผ่น แต่ละแผ่นให้ตัดเป็นชิ้นทดสอบตามรูปที่ 1

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



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

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 1 ตำแหน่งและการตัดชิ้นทดสอบ
(ข้อ 8.2.2.1)

8.2.2.2 ตัวอย่างทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 6.2 ข้อ 6.3 ข้อ 6.4 และข้อ 6.5 ทุกรายการ จึงจะถือว่าแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์รุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

8.3 เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ต้องเป็นไปตามข้อ 8.2.1.2 และ ข้อ 8.2.2.2 ทุกข้อ จึงจะถือว่าแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์รุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

9. การทดสอบ

9.1 การปรับภาวะชิ้นทดสอบ

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

9.2 ขนาด

9.2.1 ความกว้างและความยาว

ใช้สายวัดโลหะที่วัดได้ละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร วัดที่จุดลึกเข้าไปจากขอบของแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ ประมาณ 100 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 2

9.2.2 ความหนา

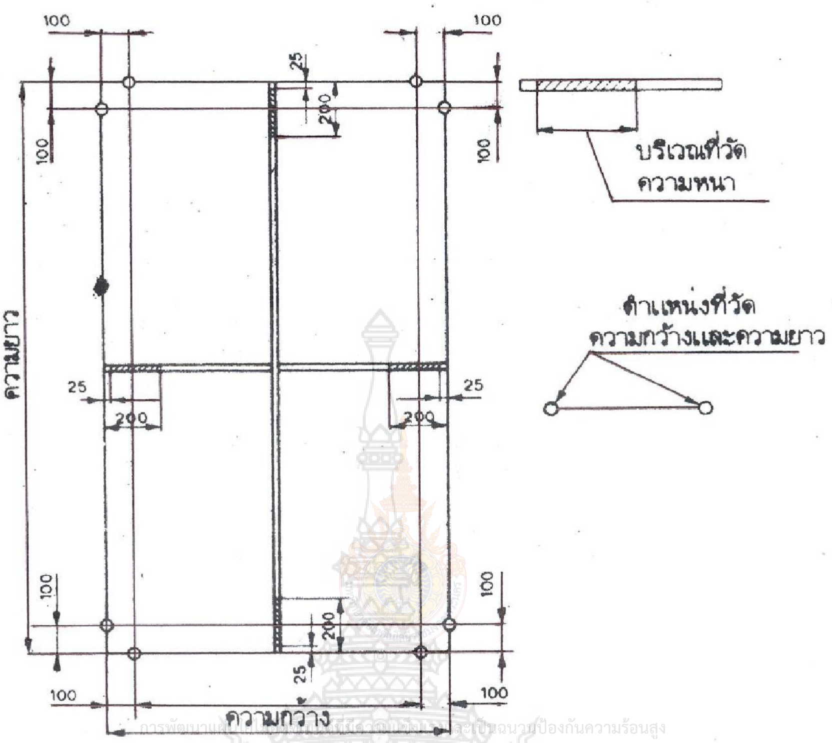
ใช้ไมโครมิเตอร์ ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 มิลลิเมตร ซึ่งมีส่วนของแป้นวัดเรียบและขนานกัน และมีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร วัดที่บริเวณกึ่งกลางของขอบของแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ทั้ง 4 ด้าน และให้ลึกเข้าไปจากขอบประมาณ 25 ถึง 200 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 2

9.2.3 ความแตกต่างของเส้นทแยงมุม

ใช้สายวัดตามข้อ 9.2.1 วัดหาความแตกต่างของเส้นทแยงมุม

9.2.4 ความตรงของขอบ

ขึงเส้นด้ายให้ตึงระหว่างมุมที่ขอบเดียวกัน ของแผ่นชิ้นไม่อัดซีเมนต์ แล้ววัดระยะที่คลาดเคลื่อนจากแนวเส้นด้ายมากที่สุดของขอบทั้ง 4 ด้าน



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 2 ตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาว และความหนาของแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์

(ข้อ 9.2.1 และข้อ 9.2.2)

9.3 ความหนาแน่น

9.3.1 เครื่องมือ

9.3.1.1 เครื่องชั่ง ที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม

9.3.1.2 ไมไครมิเตอร์ 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

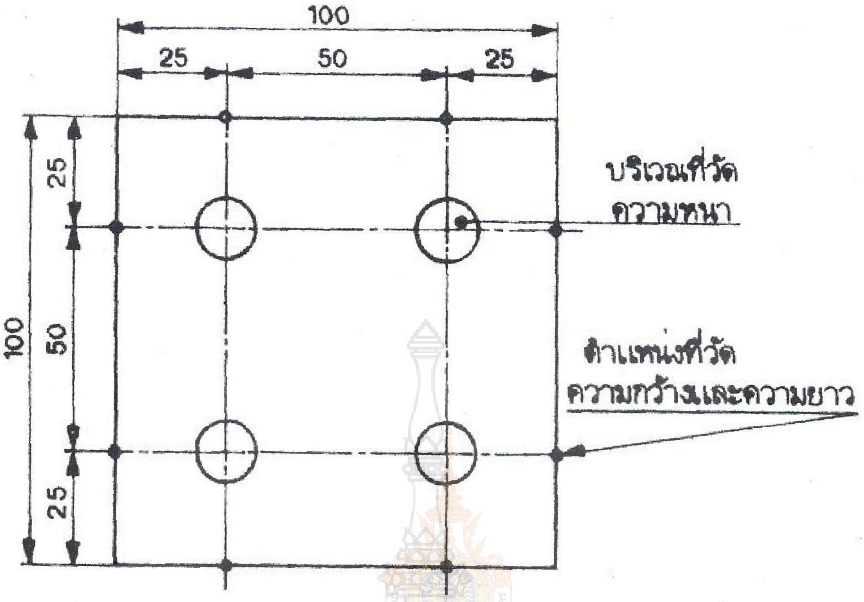
9.3.3 วิธีคำนวณ

หาค่าความหนาแน่นจากสูตร

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

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

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

9.4.4 การรายงานผล

รายงานค่าความชื้นของชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นและค่าเฉลี่ย

9.5 การพองตัวเมื่อแช่น้ำ

9.5.1 เครื่องมือ

ไมโครมิเตอร์ ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 มิลลิเมตร

9.5.2 วิธีทดสอบ

9.5.2.1 ทำเครื่องหมายตำแหน่งที่วัดความหนาตามรูปที่ 3 วัดความหนาของชิ้นทดสอบ 4 ตำแหน่ง แล้วหาค่าเฉลี่ยเป็นความหนาก่อนแช่น้ำ

9.5.2.2 แช่ชิ้นทดสอบในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิห้อง โดยตั้งให้แต่ละชิ้นห่างจากกัน ให้ขอบบนอยู่ใต้ระดับผิวน้ำประมาณ 25 มิลลิเมตร ชิ้นทดสอบต้องตั้งได้ฉากกับผิวน้ำ และห่างจากผนังและก้นภาชนะที่ใส่ไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร

9.5.2.3 เมื่อแช่ชิ้นทดสอบครบ 24 ชั่วโมง นำชิ้นทดสอบขึ้นมาซับน้ำที่ผิวออกให้หมดด้วยผ้าหมาดแล้วปล่อยไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยวางให้ชอบด้านใดด้านหนึ่งอยู่บนแผ่นวัสดุที่ไม่ดูดซึมน้ำ เช่น พลาสติก กระจก

9.5.2.4 เมื่อปล่อยชิ้นทดสอบไว้ครบ 2 ชั่วโมงแล้ว นำชิ้นทดสอบมาวัดความหนาตามตำแหน่งเดิม แล้วหาค่าเฉลี่ยเป็นความหนาหลังแช่น้ำ

9.5.3 วิธีคำนวณ

หาค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำจากสูตร

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

9.5.4 การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยการพองตัวเมื่อแช่น้ำเป็นร้อยละ

9.6 ความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

9.6.1 เครื่องมือ

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

9.6.1.2 แท่นรองรับ ต้องมีลักษณะหน้าตัดเป็นรูปวงกลม หรือรูปครึ่งวงกลม มีรัศมี 10 ถึง 30 มิลลิเมตร ความยาวไม่น้อยกว่าความกว้างของชิ้นทดสอบ

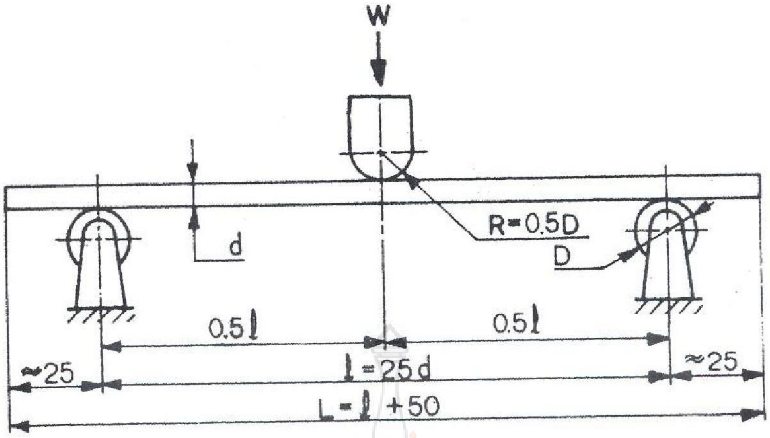
9.6.1.3 มาตรการแอ่นตัว ซึ่งอ่านค่าได้ละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร

9.6.2 วิธีทดสอบ

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

9.6.2.2 ให้แรงกดบนจุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ โดยมีอัตราการเพิ่มแรงกดอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มกดจนกระทั่งชิ้นทดสอบหัก ต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที และไม่เกิน 120 วินาที

9.6.2.3 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดกับค่าการแอ่นตัว



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 4 การทดสอบความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น
(ข้อ 9.6.2.1)

9.6.3 วิธีคำนวณ

9.6.3.1 หาค่าความต้านแรงดัดจากสูตร

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

เมื่อ f คือ ความต้านแรงดัด เป็นเมกะพาสคัล

W คือ แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ เป็นนิวตัน

ℓ คือ ระยะห่าง ระหว่างจุดศูนย์กลางของแท่นรองรับ เป็นมิลลิเมตร

b คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

d คือ ความหนาเฉลี่ยของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

9.6.3.2 หาค่ามอดุลัสยืดหยุ่นจากสูตร

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

เมื่อ f คือ มอดุลัสยืดหยุ่น เป็นเมกะพาสคัล

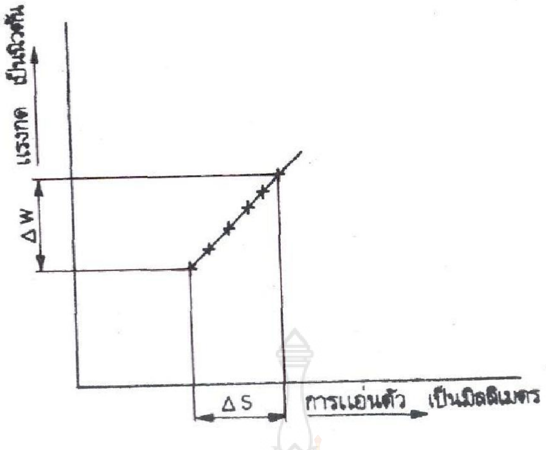
ℓ คือ ระยะห่าง ระหว่างจุดศูนย์กลางของแท่นรองรับ เป็นมิลลิเมตร

ΔW คือ แรงกดที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง ตามรูปที่ 5 เป็นนิวตัน

b คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

d คือ ความหนาเฉลี่ยของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

ΔS คือ ระยะแอ่นตัวที่เพิ่มขึ้น ในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง ตามรูปที่ 5 เป็นมิลลิเมตร



รูปที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดกับการแอ่นตัว
(ข้อ 9.6.3.2)

9.6.4 การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

9.7 ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

9.7.1 เครื่องมือ

9.7.1.1 เครื่องดึง ซึ่งสามารถให้แรงดึงเพื่อแยกชิ้นทดสอบออกในเวลาไม่น้อยกว่า 30 วินาทีและไม่เกิน 120 วินาที

9.7.1.2 แผ่นดึงซึ่งทำด้วยไม้หรือโลหะที่เหมาะสม ขนาดไม่น้อยกว่า 50 มิลลิเมตร × 50 มิลลิเมตร ความหนาตามความเหมาะสม

9.7.2 วิธีทดสอบ

9.7.2.1 ติดผิวหน้าทั้งสองของชิ้นทดสอบกับแผ่นดึง โดยใช้กาวสังเคราะห์ที่มีแรงยึดมากกว่าแรงยึดในตัวชิ้นทดสอบ

9.7.2.2 นำชิ้นทดสอบที่เตรียมได้แล้วนี้ไปเข้าเครื่องดึง ดึงให้ชิ้นทดสอบแยกออกจากกันซึ่งปกติจะแยกในชั้นไส้ อัตราการเพิ่มแรงดึงต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มดึงจนกระทั่งชิ้นทดสอบแยกออกจากกันต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที และไม่เกิน 120 วินาที

9.7.3 วิธีคำนวณ

หาค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าจากสูตร

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

9.7.4 การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า