

การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์
กับใบสับปะรดในการทำแผ่นซีเมนต์

ปริญญานิพนธ์
ของ
วิเชียร คนฟู

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
มิถุนายน 2546
ลิขสิทธิ์เป็นของ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

6 May

วิเชียร คนฟู. (2546). การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับใบสับปะรดในการทำแผ่นซีเมนต์. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม : ดร.อุปวิทย์ สุวคันธกุล , อาจารย์สุดใจ เห่งสำโพร.

การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ กับใบสับปะรดในการทำแผ่นซีเมนต์ โดยการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพทางด้านความหนาแน่น ความชื้น การพองตัวเมื่อแช่น้ำ ความต้านแรงดัด มอดุลัสยืดหยุ่น และความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า โดยทำการเปรียบเทียบว่าสัดส่วนใดที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นซีเมนต์ไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง (มอก.878-2532) โดยมีมาตรฐานดังนี้ ด้านความหนาแน่น 1100 – 1300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความชื้น ร้อยละ 9 – 15 การพองตัวเมื่อแช่น้ำไม่เกินร้อยละ 2 ความต้านแรงดัดไม่น้อยกว่า 9 เมกะพาสคัล มอดุลัสยืดหยุ่นไม่น้อยกว่า 3000 เมกะพาสคัล และความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าไม่น้อยกว่า 0.5 เมกะพาสคัล

ผลการศึกษาพบว่า แผ่นซีเมนต์ที่มีสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับใบสับปะรด มีความเหมาะสมที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นซีเมนต์ไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง (มอก.878-2532) จำนวน 2 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 8 และ สูตรที่ 9 โดยสูตรที่ 8 มีสัดส่วนผสม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ 958.46 กรัม ใบสับปะรด 270.34 กรัม และน้ำร้อยละ 0.6 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ โดยพบว่า สูตรที่ 8 มีผลรายละเอียดของการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพดังนี้คือ ด้านความหนาแน่น 1737.14 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความชื้น ร้อยละ 9.82 การพองตัวเมื่อแช่น้ำร้อยละ 1.36 ความต้านแรงดัด 17.12 เมกะพาสคัล มอดุลัสยืดหยุ่น 3381.00 เมกะพาสคัล และความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า 0.81 เมกะพาสคัล และสูตรที่ 9 มีสัดส่วนผสม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ 1007.60 กรัม ใบสับปะรด 211.20 กรัม และน้ำร้อยละ 0.6 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ พบว่าสูตรที่ 9 มีผลรายละเอียดของการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพดังนี้คือ ด้านความหนาแน่น 1539.21 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความชื้น ร้อยละ 10.68 การพองตัวเมื่อแช่น้ำร้อยละ 0.38 ความต้านแรงดัด 15.22 เมกะพาสคัล มอดุลัสยืดหยุ่น 3112.10 เมกะพาสคัล และความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า 0.74 เมกะพาสคัล

A STUDY OF THE SUITABLE RATIO OF THE PORTLAND CEMENT
AND PINEAPPLE LEAVES FOR PRODUCING CEMENT PLATES

AN ABSTRACT
BY
WICHIAN KONFOO

Presented in partial fulfillment of the requirements
For the Master of Education degree in Industrial Education
June 2003

Wichian Konfoo. (2003). *Suitable Ratio of Portland Cement and Pineapple leave for Cement Plate Production*. Master thesis, M.Ed. (Industrial Education). Bangkok : Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee : Dr. Upawit Suwakantagul, Mr. Soodchai Ngaosiprai.

The purpose of this study was to study the Suitable proportions of portland cement and pineapple leaves in producing cement plates were investigated the Physical properties of the cured plates in term of density, humidity, expansion under water, bending stress, modulus of elasticity, and shear value were evaluated against the reference standard set forth. These were compare with Thai Industrial Standard (UDC. 691.328.41 : 674.821) the Industrial Standard Bureau, Ministry of Science and Technology. (มอก. 878 – 2532) 1,100 – 1,300 kg/m³ density, 9 – 15 % humidity, less than 2 % expansion under water, should not less than 9 megapascal bending stress, should not less than 3,000.00 megapascal modulus of elasticity, and should not less than 0.5 megapascal shear value.

The experiments found that the treatment 8 and 9 yielded plates were acceptable quality when compare with Thai Industrial Standard. The cement plates of the 8 treatment formulation contained 958.46 grams postland cement and 270.34 grams pineapple leave. The 8 treatment formulation have 1737.14 kg/m³ density, 9.82 % humidity, 1.36% expansion under water, 17.12 meagapascal bending stress, 3381.00 megapascal modulus of elasticity, and 0.81 megapascal shear value. The 9 treatment formulation contained 1007.60 grams portland cement and 211.20 grams pineapple leave. The 9 treatment formulation have 1,539.21 kg/m³ density, 10.68 % humidity, 0.38 % expansion under water, 15.22 megapascal bending stress, 3,112.10 megapascal modulus of elasticity, and 0.74 megapascal shear value. All the formulation were added with water at 0.6 % of cement weight

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์
กับใบสับปรดในการทำแผ่นซีเมนต์

ของ
นาย วิเชียร คนฟู

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. นภาพร หะวานนท์)

วันที่ ๒ มิถุนายน พ.ศ. 2546

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

..... ประธาน
(อาจารย์ ดร. อุปวิทย์ สุวคันธกุล)

..... กรรมการ
(อาจารย์ สุดใจ เหง้าสีไพร)

..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร)

..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(อาจารย์ โอภาส สุขหวาน)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงด้วยความกรุณา การให้คำปรึกษา แนะนำอย่างดียิ่ง จากอาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุวคันทรกุล ประธานกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ อาจารย์สุดใจ เหง้าสีไพร กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ และ อาจารย์ ดร. ไพรัช วงศ์ยุทธไกร อาจารย์โอภาส สุขหวาน ที่กรุณาร่วมเป็นกรรมการสอบ พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะ คำแนะนำ แก้ไขต่างๆ เพื่อให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณอาจารย์ ดร.นิคม แหลมลัก อาจารย์ ดร.ประเทือง พุฒซ้อน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทรงกลด จารุสมบัติ ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ และรองศาสตราจารย์ ดร.ประวีร์ วิชชุลดา ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่กรุณาให้ข้อมูล ที่ปรึกษา และเสนอแนะแนวทางการวิจัย ทำให้การวิจัยดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย

ขอขอบคุณข้าราชการและเจ้าหน้าที่ ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่กรุณาช่วยเหลือในการทดสอบ เพื่อเก็บข้อมูลและอนุเคราะห์ให้ยืม อุปกรณ์ เครื่องมือทดสอบ จนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ เพื่อนร่วมงาน นิสิตรุ่นพี่ เพื่อนร่วมรุ่น นิสิตรุ่นน้อง ปริญญาโท หลักสูตรวิชาอุตสาหกรรมศึกษาทุกท่าน ที่ให้กำลังใจ ซึ่งมีความสำคัญมากในระหว่างการทำปริญญานิพนธ์

อนึ่ง ผู้วิจัยได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัย จากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่พิจารณาให้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยของทบวงมหาวิทยาลัย จำนวนเงิน 10,000 บาท และทุนสนับสนุนการเรียนตลอดหลักสูตร จากกองทุนพัฒนามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

นอกจากนี้ยังมีบุคคลอื่นอีกหลายท่าน ที่ไม่สามารถกล่าวนามได้ทั้งหมด ที่มีส่วนช่วยเหลือให้การสนับสนุน และให้กำลังใจในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านมา ณ โอกาสนี้

และสุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอโน้มรำลึกถึงพระคุณของบิดา มารดา ครอบครัว ครูบาอาจารย์ ญาติ พี่น้อง ทุก ๆ คน ที่ให้ความรู้ ให้กำลังใจ และกำลังทรัพย์ สนับสนุนการศึกษา ของผู้วิจัยมาโดยตลอด อันพระคุณนี้หาที่เปรียบมิได้

วิเชียร คนฟู

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ.....	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายของการวิจัย	3
	ความสำคัญของการวิจัย	3
	ขอบเขตของการวิจัย	3
	ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย	3
	ตัวแปรที่ศึกษา	3
	นิยามศัพท์เฉพาะ	4
	กรอบแนวคิดในการวิจัย	5
	สมมุติฐานในการวิจัย.....	5
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
	ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับวัสดุแผ่นไม้อัดสารแร่	7
	ความหมายของแผ่นไม้อัดสารแร่	7
	กระบวนการผลิตแผ่นไม้อัดสารแร่	7
	การหาสัดส่วนของการทำวัสดุแผ่นทดแทนไม้.....	7
	ประเภทของแผ่นไม้อัดสารแร่	7
	วัตถุดิบที่นำมาใช้ทำแผ่นซีเมนต์.....	8
	ใบสับปะรด.....	8
	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์.....	14
	น้ำ	22
	ฝาผนังและฝ้าเพดาน	23
	ฝาผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบ.....	23
	ฝาผนังก่ออิฐบล็อก	23
	ฝาผนังยิมซั่มโครงเคร่าอลูมิเนียม	23
	ฝาผนังกระเบื้องแผ่นเรียบโครงไม้.....	23
	ฝ้าเพดาน.....	23
	มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง (มอก.878-2532) และการทดสอบ	25
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	27

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
3	
วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า	30
วัตถุที่ใช้ในการทดลอง	30
การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	30
เกณฑ์มาตรฐานสำหรับการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ	30
เครื่องมือ อุปกรณ์และสถานที่ใช้ในการทดลอง	31
ลำดับขั้นตอนการทดลอง	32
การวิเคราะห์ข้อมูล	40
4	
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	42
การวิเคราะห์ลักษณะทั่วไปของแผ่นซีเมนต์	42
การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นซีเมนต์	42
5	
สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ	45
ความมุ่งหมายของการวิจัย	45
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	45
การดำเนินการวิจัย	45
สรุปผลการวิจัย	46
อภิปรายผล	47
ข้อเสนอแนะ	50
บรรณานุกรม	51
ภาคผนวก	54
ประวัติย่อผู้วิจัย	88

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 เนื้อที่การเพาะปลูกสับปะรดตั้งแต่ปี 2529 - 2534 และจังหวัดที่ปลูกมาก.....	9
2 สารประกอบที่สำคัญของปูนซีเมนต์.....	15
3 ปริมาณร้อยละของสารประกอบในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทต่างๆ.....	16
4 เกณฑ์กำหนดคุณสมบัติทางเคมี.....	18
5 เกณฑ์กำหนดคุณสมบัติทางฟิสิกส์.....	19
6 บันทึกการตรวจพินิจลักษณะทั่วไปของแผ่นซีเมนต์ โดยผู้เชี่ยวชาญ.....	34
7 สัดส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับใบสับปะรดและน้ำในทำแผ่นซีเมนต์.....	41
8 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นซีเมนต์ที่ผลิตจากปูนปอร์ตแลนด์กับใบ สับปะรด.....	43
9 ผลการทดสอบความหนาแน่นของแผ่นซีเมนต์.....	69
10 ผลการทดสอบความชื้นของแผ่นซีเมนต์.....	70
11 ผลการทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นซีเมนต์.....	71
12 ผลการทดสอบความต้านแรงดัดของแผ่นซีเมนต์.....	72
13 ผลการทดสอบมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นซีเมนต์.....	73
14 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นซีเมนต์.....	74
15 การเปรียบเทียบผลการทดสอบความหนาแน่นของแผ่นซีเมนต์กับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม.....	76
16 การเปรียบเทียบผลการทดสอบความชื้นของแผ่นซีเมนต์กับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.....	77
17 การเปรียบเทียบผลการทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นซีเมนต์กับค่ามาตรฐานผลิต ภัณฑ์อุตสาหกรรม.....	78
18 การเปรียบเทียบผลการทดสอบความต้านแรงดัดของแผ่นซีเมนต์กับค่ามาตรฐานผลิต ภัณฑ์อุตสาหกรรม.....	79
19 การเปรียบเทียบผลการทดสอบมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นซีเมนต์กับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม.....	80
20 การเปรียบเทียบผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นซีเมนต์กับค่า มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.....	81

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดการวิจัย	5
2 ขั้นตอนการทำแผ่นซีเมนต์.....	32
3 ตำแหน่งและการตัดชิ้นทดสอบ	35
4 ตำแหน่งที่วัดความกว้างความยาวและความหนาของชิ้นทดสอบ	36
5 การทดสอบความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น	38
6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดกับการแอ่นตัว	39
7 การอบใบสับประด	56
8 การย่อยใบสับประด	56
9 การชั่งส่วนผสม	57
10 อัตราส่วนผสมใน 1 สูตร	57
11 การคลุกเคล้าส่วนผสมด้วยมือ.....	58
12 การโรยส่วนผสมลงในแบบพิมพ์.....	58
13 การประกบแผ่นเหล็ก.....	59
14 การวางแผ่นเหล็กก่อนการอัดแผ่นซีเมนต์.....	59
15 การอัดเย็นแผ่นซีเมนต์ด้วยเครื่องไฮดรอลิกส์.....	60
16 การอัดแผ่นซีเมนต์ไว้ประมาณ 22 ชั่วโมง	61
17 ลักษณะและการบ่มแผ่นซีเมนต์.....	61
18 การตัดแต่งขอบและตัดขนาดแผ่นซีเมนต์ไปทดสอบ	62
19 การทดสอบความหนาแน่น.....	63
20 การทดสอบความชื้น.....	64
21 การทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ	65
22 การทดสอบหาความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น.....	66
23 การทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	67

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ที่อยู่อาศัยเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญอย่างหนึ่งในการดำรงชีพของมนุษย์ และการก่อสร้างที่อยู่อาศัยต้องพิจารณา ส่วนประกอบต่างๆของอาคารและวัสดุที่ใช้ก่อสร้างด้วย ผู้ออกแบบต้องเลือกวัสดุก่อสร้างให้เหมาะสมกับส่วนต่างๆของอาคาร ซึ่งส่วนประกอบต่างๆของอาคารโดยทั่วไปประกอบด้วย ส่วนที่เป็นโครงสร้าง เช่น ฐานราก เสา คาน โครงหลังคา เป็นส่วนที่ต้องรับน้ำหนักของอาคารเป็นหลัก วัสดุที่ใช้ก่อสร้างต้องมีความแข็งแรง ทนทาน และสามารถรับน้ำหนักได้ดี ส่วนประกอบอาคารที่เป็นตัวอาคาร เป็นที่เชื่อมต่อกับส่วนที่เป็นโครงสร้างเช่นผนัง ประตูหน้าต่าง ต้องถูกหลักและมีความประณีตสวยงามและปกป้องคุ้มภัย ส่วนประกอบที่เป็นระบบสาธารณูปโภค เช่นระบบท่อน้ำประปา ระบบท่อสายไฟฟ้า ต้องมีความเรียบร้อย ปลอดภัย อำนวยความสะดวกสบาย ส่วนประกอบที่เป็นระบบสุขาภิบาล เช่น ระบบระบายน้ำ บ่อเกรอะบ่อซึมต้องถูกสุขอนามัย ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม และส่วนประกอบที่เป็นงาน ตกแต่ง เช่นฝ้าเพดาน วัสดุพื้นผิว เฟอร์นิเจอร์ สุขภัณฑ์ ดวงโคมไฟและงานสี ต้องมีความสวยงามเรียบร้อยและประโยชน์ใช้สอยที่เหมาะสม และส่วนประกอบที่เป็นฝ้าผนังและฝ้าเพดานทำหน้าที่เป็นเครื่องปิดกันแล้ว ยังต้องทำหน้าที่เปิดรับลม อากาศ ความเย็น มุมมอง และฝ้าผนังและฝ้าเพดานยังเป็นผืนกันกรองสิ่งต่างๆ ได้แก่ ฝน ฝุ่น แสงจ้า ความร้อน มุมมอง กลิ่น เสียง วัสดุที่นำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ฝ้าผนังและฝ้าเพดานนั้นต้องพิจารณาคุณสมบัติดังต่อไปนี้คือ เป็นฉนวนความร้อน ฉนวนเก็บเสียง ความหนา การทำการประกอบติดตั้งสะดวกรวดเร็ว ความทนทาน การซึมน้ำ ความชื้นเก็บตัวในแผ่น น้ำหนัก ขนาดแผ่น ความแข็งแรงทนทานต่อสภาพอากาศ ประหยัด และผิววัสดุ สีความสวยงามผลิตภัณฑ์ที่เป็นวัสดุที่ทำฝ้าผนังและฝ้าเพดานที่มีจำหน่ายในท้องตลาดได้แก่แผ่นเสี้ยนไม้แผ่นชิบบอร์ดแผ่นฮาร์บอร์ดแผ่นอะเบสทอสซีเมนต์ แผ่นพลาสติก แผ่นฟางอัด แผ่นใยแก้ว แผ่นพลาสติก แผ่นชานอ้อย และแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ มีส่วนประกอบหลักมาจาก ปูนซีเมนต์ ปูนขาว ผงยิบซัม ใยเสี้ยนไม้ และเส้นใยพืชต่างๆ ที่นำมาผสมกันในสัดส่วนที่เหมาะสม(เฉลิม สุจริต.2540 :165 -172)

แผ่นซีเมนต์เป็นผลิตภัณฑ์วัสดุแผ่นสำเร็จรูป ซึ่งได้จากการนำไม้ในรูปของเส้นใยไม้ ชี้้นไม้ ใยไม้ หรือพืชเส้นใยทางเกษตรอื่นๆมาผสมกับซีเมนต์หรือยิปซัมและยึดเกาะกันเป็นแผ่น ในการผลิตแผ่นซีเมนต์ ผลิตภัณฑ์ได้โดยนำเอาซีเมนต์ผสมกับไม้หรือพืช เส้นใยทางเกษตร เช่น ใยปาล์ม ป่าน ปอ ใยมะพร้าว ใยผักตบชวา ในสัดส่วนที่เหมาะสมกับน้ำ และนำมาใส่แบบพิมพ์แล้วอัดด้วยแรงดันและใช้ความร้อนช่วยเสริม แล้วนำแผ่นซีเมนต์ออกจากแบบพิมพ์ และอัดด้วยแม่แรงทั้งไว้ 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปบ่มไว้ประมาณ 1วันจึงนำออกมาจำหน่าย (เฉลิม สุจริต. 2540 : 25) การศึกษาผลิตภัณฑ์แผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ เพื่อลดปริมาณการใช้ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ และหาวัสดุเส้นใยพืชชนิดที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น มาทำเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ขึ้น เช่นงานศึกษาวิจัยการทำไม้อัดอิฐจากเปลือกทุเรียนและเปลือกมะพร้าว ที่ศึกษาโดยนำเปลือกทุเรียน เส้นใยมะพร้าวมาร่วมผสมในการทำเป็นวัสดุก่อสร้างที่มีค่าการนำความร้อนต่ำ ไม่อมความร้อนเหมาะสำหรับที่จะนำมาใช้ทำเป็น ฝ้าผนัง และฝ้าเพดานภายในอาคาร เพื่อช่วยลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร และลดค่าไฟฟ้าจากการเปิดพัดลม และเครื่องปรับอากาศ (สรโรชา เจริญวัย. 2544 : บทคัดย่อ) งานวิจัยแผ่นใยปาล์ม-ซีเมนต์ ที่ศึกษาโดยนำเอาใยปาล์มที่เหลือใช้จากการทำอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม มาเป็นวัตถุดิบผสมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ แก้วกลบ และน้ำ เพื่อทดแทนไม้ และลดต้นทุนการผลิต ซึ่งผลิตภัณฑ์ได้นำมาใช้ทำฝ้าผนังกันห้องและทำฝ้าเพดานภายในอาคาร (สุทัศน์ สุวรรณสิน พันธ์. 2532 :5) และการศึกษาวิจัยทดลองเพื่อหาสมบัติทางกลศาสตร์ของสารประกอบเส้นใยชนิดต่างๆกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เพื่อหาวัสดุที่จะนำมาเสริมกำลัง ทำให้มีความเหนียว สามารถรับแรงอัดได้มากขึ้น และมีน้ำหนักเบา เส้นใยพืชที่นำมาทดลองได้แก่ ใยมะพร้าว ผักตบชวา หนุ่ยคา ฟางข้าว ผลการทดลองพบว่าใยมะพร้าวเป็นตัว

เสริมกำลังแรงอัดได้ดี กว่าเส้นใยพืชชนิดอื่นๆ ผักตบชวาถ้ามีปริมาณในส่วนผสมมาก จะทำให้การเสริมกำลังแรงอัดได้ไม่ดี เนื่องจากใยผักตบชวามีการยึดเกาะกับปูนซีเมนต์ได้ไม่ดีเท่าที่ควร (ชัยรัตน์ สุวพัฒน์ และคนอื่นๆ 2533 : บทคัดย่อ) และ งานวิจัยการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากใบสับปะรดและต้นสับปะรด เช่น ประเทศอินเดียได้มีการศึกษาวิจัยการใช้เส้นใยจากใบสับปะรดผสมกับปูนเป็นเส้นด้าย ได้เส้นได้ขนาดเล็กดีกว่าที่ใช้ปอล้วนๆมีความเหนียวมากและการยืดหยุ่น การปั่นด้วยจากเส้นใยของใบสับปะรด ใช้กระบวนการเกี่ยวกับการปั่นด้ายจากป่านเรามี ประเทศฟิลิปปินส์ปลูกสับปะรดมากเป็นอันดับ 2 ของโลก เมื่อสับปะรดเริ่มออกดอกจะเลือกตัดเอาใบสับปะรดที่สมบูรณ์ ไปชุบน้ำเกลือ และมีการศึกษาวิจัยการใช้ประโยชน์จากเส้นใยสับปะรดพบว่าเส้นใยมีคุณสมบัติและคุณภาพดีเส้นใยที่ได้จากการชุบน้ำเกลือและนำไปทอผ้าจะได้ผ้าเนื้อบางที่เรียกว่าไปนา(Pina cloth) มีราคาแพง และนิยมตัดเสื้อใส่เป็นชุดสากลประจำชาติเรียกว่า บารอง(อัจริยาพร ไสละสุต. 2528) นอกจากนี้งานวิจัยวัสดุแผ่นทดแทนไม้จากวัสดุปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ แก้วกลบ ปูนขาว และเส้นใยมะพร้าว หรือเส้นใยผักตบชวา ที่ศึกษาโดยนำใยมะพร้าว หรือใยผักตบชวา มาเป็นวัตถุดิบผสมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ แก้วกลบ ปูนขาว และน้ำ เพื่อเป็นวัสดุแผ่นทดแทนไม้ พบว่าใยมะพร้าวผสมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ แก้วกลบ ปูนขาว เป็นตัวเสริมกำลังความหนาแน่น ความต้านทานแรงดัด และมีความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าได้ดีกว่าเส้นใยผักตบชวา (วิวัฒน์ คลังวิจิตร. 2535 : 5-6) ในการนำเอาเส้นใยพืชชนิดเซลลูโลสมาผสมกับปูนซีเมนต์ในอัตราไม่เกินร้อยละ 15-20 ทำให้มีความสามารถรับแรงอัด แรงดัด และลดสภาพการเปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากความชื้นได้ (เกรน เชล.1974 : 45-78)

ใบสับปะรดมีส่วนประกอบในใยสับปะรดเหมือนกันกับใยพืชชนิดอื่น ซึ่งเส้นใยมีความเหนียว ยาว เส้นใยล้วนเกิดจากส่วนประกอบ ของเซลลูโลสที่มีมากถึงร้อยละ 97 ที่มีอยู่ในใบสับปะรดที่มีการเรียงตัวเป็นระเบียบของเซลลูโลสและการตกผลึกที่ดี ทำให้เส้นใยมีความเหนียวสูง แข็งแรง และยืดหยุ่นได้ คุณภาพของเส้นใยที่ดีต้องได้จากใบที่ไม่แก่เกินไปและอ่อนเกินไป ถ้าอ่อนเกินไปจะทำให้เส้นใยมีความเหนียวต่ำ และใบที่แก่เกินไปจะทำให้เส้นใยแข็งกระด้าง ควรเก็บและเลือกใบที่ปลายแห้งไม่เกิน 1/5 ของใบ หรือใบที่มีความสมบูรณ์ (กองวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2535: 10) ในปี พ.ศ. 2534 มีผลผลิตสับปะรดได้มากที่สุดในโลก (ร้อยละ 20 ของโลก) มีเนื้อที่เพาะปลูกทั้งหมด 511,645 ไร่ และมีเนื้อที่เก็บผลผลิตได้ 498,084 ไร่ (กองวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2535 : 6-7) ในปี พ.ศ.2537 ประเทศไทยมีการปลูกสับปะรดตามภาคต่างๆของประเทศ มีพื้นที่ที่ปลูกทั้งหมด 653 พันไร่ ผลผลิตที่ได้ 2,625 พันตัน(ศูนย์สถิติการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2537 : 18-19) และในช่วงเวลา 5 ปีที่ผ่านมาประเทศไทยผลิตสับปะรดได้ประมาณปีละ 1,800,000-2,000,000 ตัน (จินตารัฐ วีระวุฒิ. 2541 : บทคัดย่อ)

จากคุณสมบัติของเส้นใยพืชต่างๆ ที่นำมาผสมกับปูนซีเมนต์ดังกล่าว โดยเฉพาะใบของสับปะรดที่มีส่วนประกอบของเส้นใยเป็นจำนวนมาก ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ กับใบสับปะรด เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์แผ่นซีเมนต์ใบสับปะรด ทำเป็นฝาผนังและฝ้าเพดานชนิดใหม่ โดยศึกษาสัดส่วนผสมที่เหมาะสม และใช้วัสดุเสริมกำลังแรงอัด และแรงดึง โดยใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับใบสับปะรด การศึกษาดังกล่าวนอกจากจะลดปัญหาวัตถุดิบที่หายากแล้ว ยังช่วยนำเอาวัสดุเหลือทิ้งจากชาวเกษตรกรมาทำให้เป็นประโยชน์ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ และใช้ทรัพยากรได้อย่างคุ้มค่า ลดมลพิษในอากาศระหว่างการจัดวัสดุเหลือทิ้ง เป็นการอนุรักษ์ธรรมชาติ ช่วยกำจัดของเสียจากการหมักเน่าที่จะกลายเป็นแหล่งเพาะแบคทีเรีย ที่ทำให้เกิดการระบาดของโรครากเน่าและโรคอื่นๆอีกหลายชนิด ที่ทำให้เกิดความเสียหายแก่เกษตรกรมากมาย และลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดเชื้อราและแบคทีเรียเหล่านั้น และยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการผลิตแผ่นซีเมนต์โดยภูมิปัญญาชาวบ้าน

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

เพื่อศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ กับใบสับปะรดในการทำแผ่นซีเมนต์ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง (มอก. 878-2532)

ความสำคัญของการวิจัย

ได้แผ่นซีเมนต์ที่มีคุณสมบัติทางกายภาพ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง (มอก. 878-2532) ใช้ในงานก่อสร้าง เช่น ฝ้าผนัง ฝ้าเพดาน

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย เป็นแผ่นซีเมนต์ที่ทำขึ้นโดยใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ กับใบสับปะรด ผสมน้ำตามสูตรที่กำหนดไว้ มีขนาด กว้าง 32 เซนติเมตร ยาว 32 เซนติเมตร จำนวน 9 สูตร แต่ละสูตรจำนวน 3 แผ่น รวมทั้งหมด 27 แผ่น

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นแผ่นซีเมนต์ที่ทำขึ้นโดยใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ กับใบสับปะรด ผสมน้ำตามสูตรที่กำหนดไว้มีขนาดกว้าง 32 เซนติเมตร ยาว 32 เซนติเมตร จำนวน 9 สูตรละ 1 แผ่น รวม 9 แผ่น ตรวจสอบลักษณะทั่วไปโดยผู้เชี่ยวชาญ

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรต้น

สัดส่วนของแผ่นซีเมนต์ ซึ่งประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ใบสับปะรด และน้ำที่มีสัดส่วนคงที่จำนวน 9 สูตร แต่ละสูตรทำเป็นแผ่นซีเมนต์ สูตรละ 3 แผ่น รวมทั้งหมด 27 แผ่น

2. ตัวแปรตาม

คุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นซีเมนต์เทียบกับ คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ประเภทแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง (มอก.878-2532)

2.2.1 ความหนาแน่น

2.2.2 ความชื้น

2.2.3 การพองตัวเมื่อแช่น้ำ

2.2.4 ความต้านแรงดัด

2.2.5 มอดุลัสยืดหยุ่น

2.2.6 ความต้านแรงดึงตึงฉีกกับผิวหน้า

นิยามศัพท์เฉพาะ

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ หมายถึง ปูนซีเมนต์ที่มีคุณสมบัติตามมาตรฐานปอร์ตแลนด์ และมีจำหน่ายในร้านค้าทั่วไป คือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ตราช้าง ชนิดบรรจุถุง 50 กิโลกรัม

ใบสับปะรด หมายถึง ใบสับปะรดที่ปลุกกันทั่วไป โดยเลือกจากใบที่มีปลายแห้งไม่เกิน 1/5 ของใบ

คุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นซีเมนต์ หมายถึง ความสามารถในการต้าน ความหนาแน่น ความชื้น การพองตัวเมื่อแช่น้ำ ความต้านแรงดัด มอดูลัสยืดหยุ่นและความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นซีเมนต์ไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง (มอก. 878-2532)

ความหนาแน่น หมายถึง คำนวณน้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรที่ระดับปริมาณความชื้นระดับใด ระดับหนึ่ง ความหนาแน่นเฉลี่ยต้องอยู่ในช่วง 1100 ถึง 1300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ความชื้น หมายถึง ปริมาณของน้ำที่แฝงอยู่ในผลิตภัณฑ์ทำให้มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามปริมาณของน้ำที่เปลี่ยนไป ความชื้นเฉลี่ยต้องอยู่ในช่วงร้อยละ 9 ถึง ร้อยละ 15

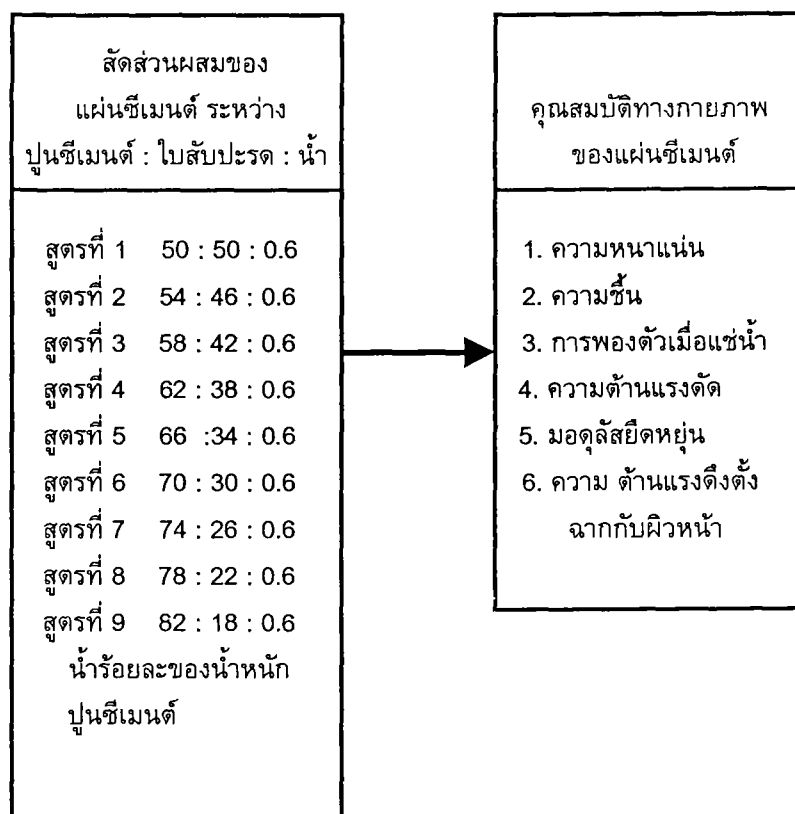
การพองตัวเมื่อแช่น้ำ หมายถึง การที่ผลิตภัณฑ์ดูดความชื้นเข้าไป และมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นมีขนาดโตขึ้นกว่าก่อนได้รับความชื้น ไม่เกินร้อยละ 2

ความต้านแรงดัด หมายถึง ความสามารถต้านทานแรงดัดจากภายนอก ที่กระทำต่อซีเมนต์แผ่น ประกอบในลักษณะทำให้โค้งงอ และสามารถยืดหยุ่นได้เท่าใดก่อนจะเกิดการหักหรือแตกร้าว ไม่น้อยกว่า 9 เมกะพาสคัล

มอดูลัสยืดหยุ่น หมายถึง ความสามารถต้านทานแรงดัดจากภายนอกที่กระทำต่อซีเมนต์แผ่น ประกอบในลักษณะทำให้โค้งงอ และสามารถยืดหยุ่นได้เท่าใดก่อนจะเกิดการหักหรือแตกร้าว ไม่น้อยกว่า 3,000 เมกะพาสคัล

ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า หมายถึง ความสามารถทนต่อการดึงในทิศทางตั้งฉากกับหน้าของวัสดุจากแรงภายนอกได้สูงสุดก่อนการฉีกขาดหรือแตกแยกของผิวหน้า ไม่น้อยกว่า 0.5 เมกะพาสคัล

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมุติฐานในการวิจัย

แผ่นซีเมนต์ที่ผลิตขึ้นจากสัดส่วนของ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับทรายปัด มีคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านความหนาแน่น ความชื้น การพองตัวเมื่อแช่น้ำ ความต้านแรงดัด มอดุลัสยืดหยุ่น และความต้านแรงดึงตึงจากกับผิวหน้า ได้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง (มอก. 878-2532)

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับวัสดุแผ่นไม้อัดสารแร่(wood mineral-bonded panel)
 - 1.1 ความหมายของแผ่นไม้อัดสารแร่
 - 1.2 กระบวนการผลิตแผ่นไม้อัดสารแร่
 - 1.3 การหาสัดส่วนของการทำวัสดุแผ่นทดแทนไม้
 - 1.4 ประเภทของแผ่นไม้อัดสารแร่
2. วัตถุดิบที่นำมาใช้ทำวัสดุแผ่นซีเมนต์
 - 2.1 ใบสับประรด
 - 2.2 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์
 - 2.3 น้ำ
3. ผนังและผ้าเพดาน
 - 3.1 ผาผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบ
 - 3.2 ผาผนังก่ออิฐบล็อก
 - 3.3 ผาผนังยิปซัมโครงเคร่าอลูมิเนียม
 - 3.4 ผาผนังกระเบื้องแผ่นเรียบโครงไม้
 - 3.5 ผ้าเพดานกระเบื้องแผ่นเรียบ
 - 3.6 ผ้าเพดานแผ่นยิปซัม
 - 3.7 ผ้าเพดานไม้
 - 3.8 ผ้าเพดานแผ่นอลูมิเนียม
4. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง (มอก. 878 - 2532) และการทดสอบ
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับวัสดุแผ่นไม้อัดสารแร่

1.1 ความหมายแผ่นไม้อัดสารแร่ เป็นผลิตภัณฑ์วัสดุแผ่นสำเร็จรูป ซึ่งได้จากการนำไม้ในรูปของเส้น ไม้ ชันไม้ ใยไม้ หรือพืชเส้นใยทางเกษตรอื่นๆ มาผสมกับสารแร่ เช่นปูนซีเมนต์หรือยิปซัม และยึดเกาะกันเป็นแผ่น

1.2 กระบวนการผลิตแผ่นไม้อัดสารแร่ ผลิตขึ้นได้โดยนำสารแรมมาผสมกับไม้ หรือพืชเส้นใยทาง เกษตร เช่น ใยปาล์ม ป่าน ปอ ใยมะพร้าว ใยผักตบชวา ในสัดส่วนที่เหมาะสมกับน้ำ และนำมาใส่แบบพิมพ์แล้วอัด ด้วยแรงดันและใช้ความร้อนช่วยเสริม แล้วนำแผ่นไม้อัดสารแร่ออกจากแบบพิมพ์และอัดด้วยแม่แรงทิ้งไว้อีก 24 ชั่วโมงหลังจากนั้นบ่มไว้ประมาณ 10 วันจึงนำออกมาจำหน่าย(อุตสาหกรรมไม้อัดไม้ประกอบในอนาคต 2532 : 25)

1.3 การหาสัดส่วนของการทำวัสดุแผ่นทดแทนไม้ คือ การทดลองหาปริมาณโดยน้ำหนักของปูน ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอชโซลานากับเส้นใยพืช และน้ำประปาที่ใช้ผสม โดยสัดส่วนมวลรวมของทั้งหมด (ไม่รวมน้ำที่ใช้ผสม) เท่ากับ 100 หน่วยน้ำหนัก เช่น ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ 23 : 34 กิโลกรัม เถ้าแกลบ 42 : 57 กิโลกรัม ปูน ขาว 28 : 37 กิโลกรัม กับเส้นใยพืช 5.72 กิโลกรัม รวมกันเป็น 100 กิโลกรัม (น้ำประปาที่ใช้ผสม ร้อยละ 0.8 ของ น้ำหนักปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอชโซลานา) ซึ่งในการทดลองจะเปลี่ยนแปลงปริมาณของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ใน ลักษณะที่ผกผันกับปริมาณของเถ้าแกลบ ส่วนปูนขาวและเส้นใยพืชให้มีปริมาณคงที่ น้ำประปาที่ใช้ผสมมีปริมาณ เท่ากับ 0.8 ของน้ำหนักของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เถ้าแกลบ และปูนขาว (ซึ่งเรียกว่า ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอช โซลานา) ซึ่งหากสามารถลดปริมาณปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ลงได้ โดยคุณสมบัติของวัสดุแผ่นทดแทนไม้ ไม่เปลี่ยนแปลงก็จะเป็นการลดต้นทุนการผลิต ซึ่งจากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องพบว่า เถ้าแกลบผสมกับปูนขาวในปริมาณ 3 : 2 โดยน้ำหนักจะทดแทนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ในส่วนที่ลดลงได้ ส่วนเส้นใยพืชที่กำหนดให้มีปริมาณคงที่ เนื่องจากเป็นส่วนที่จะช่วยเสริมแรงในการรับแรงอัด แรงดัดและน้ำประปาที่ใช้ผสมกำหนดให้มีปริมาณสัมพันธ์กับปริมาณ ปูนซีเมนต์ต้องการจะให้ความชื้นในผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากับทุกสูตรที่ใช้ทดลอง ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์จะลดลงสูตรละ ประมาณ 1.5 หน่วยน้ำหนัก เพราะต้องการจะลดซิลิกาและแคลเซียมโดยอาศัยซิลิกาจากเถ้าแกลบ และแคลเซียม ของปูนขาวทดแทน ส่วนเถ้าแกลบจะเพิ่มขึ้นประมาณ 1.5 หน่วยน้ำหนักเพื่อเพิ่มซิลิกาทดแทนส่วนที่ขาดหายไปอัน เนื่องจากการลดปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ปูนขาวที่กำหนดปริมาณคงที่เพราะแคลเซียมที่เติมลงในส่วนผสมจะทดแทน ส่วนที่หายไปจากการลดปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ แต่ที่ไม่เพิ่มปูนขาวเช่นเดียวกับเถ้าแกลบ เพราะโดยปกติปูนซีเมนต์ ปอร์ตแลนด์จะมีแคลเซียมส่วนเกินประมาณร้อยละ 40 เมื่อรวมกับซิลิกาของเถ้าแกลบและแคลเซียมในปูนขาวกับ แคลเซียมส่วนที่เกินในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่มีร้อยละ 40 แล้วก็จะทดแทนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ส่วนที่หายไปได้

1.4 ประเภทของแผ่นไม้อัดสารแร่ แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ

1.4.1 แผ่นไม้อัดซีเมนต์ (wood cement board) ได้แก่ วัสดุแผ่นซึ่งผลิตขึ้นโดยใช้เส้นไม้ ชัน ไม้ หรือใยไม้ผสมกับปูนซีเมนต์ เช่น แผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์ (wood wool cement board) แผ่นชั้นไม้อัดซีเมนต์ (cement bonded particle board) และแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ (cement bonded fiber board) เป็นต้น

1.4.2 แผ่นไม้ยิปซัม (wood gypsum board) ได้แก่ วัสดุแผ่นซึ่งผลิตขึ้นโดยใช้แร่ยิปซัมผสม กับเส้นไม้หรือใยไม้เช่น แผ่นชั้นไม้อัดยิปซัม(gypsum particle board) และแผ่นใยไม้อัดยิปซัม(gypsum fiber board)

1.4.3 แผ่นไม้อัดสารแร่อื่นๆ (other wood mineral board panel) ผลิต ขึ้นโดยใช้สารแร่ เช่น ชีตะกรันกับชันไม้ (อุตสาหกรรมไม้อัดไม้ประกอบในอนาคต. 2532 : 25-26)

ในประเทศไทยมีการผลิตแผ่นไม้อัดสารแร่อยู่ 2 ชนิด คือ

1. แผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์ ชื่อทางการค้าคือ เซลโลกริต ผลิตโดยบริษัทเซลโลกริตไทย จำกัด
2. แผ่นชั้นไม้อัดซีเมนต์ ชื่อทางการค้าคือ วีวามบอร์ต ผลิตโดยบริษัทวิบูลย์วัฒนอุตสาหกรรมจำกัด

แผ่นไม้อัดสารแรมีคุณสมบัติการดูดซึมน้ำได้น้อยกว่าไม้ สามารถป้องกันเสียงและอุณหภูมิได้ดีกว่า ทนทานต่อการทำลายของแมลงและเห็ดรา ทนทานต่อการเผาไหม้ได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังราคาถูก เมื่อเปรียบเทียบ เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์แผ่นไม้ประกอบอื่นๆ ซึ่งสามารถตอบสนองความต้องการในการสร้างที่อยู่อาศัยแบบราคาประหยัด สำหรับผู้มีรายได้น้อยทั้งในเมืองและชนบท โดยเฉพาะในประเทศที่กำลังพัฒนาและด้อยพัฒนา ที่มีอัตราการขาดแคลนที่อยู่อาศัยในระดับสูง (กรมปาไม้2532 : 2)

ส่วนการศึกษาอัตราส่วนผสมของซีเมนต์แผ่นที่ผลิตจาก ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ และใบสับปะรดที่ทำการวิจัยนี้ เป็นแผ่นไม้อัดสารแรมชนิดหนึ่ง เพราะส่วนผสมที่ใช้ในการทำการรวมตัวของสารแรมจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ และใบสับปะรด โดยให้คุณสมบัติตามมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ประเภทแผ่นซีเมนต์ ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ใช้ทำฝ้าผนัง ฝ้าเพดาน หรือไม้แบบได้ อุปกรณ์และเครื่องที่ใช้ในการผลิต เช่น กะละปุ่น แบบพิมพ์ ลูกกลิ้ง เกรียง แผ่นอิฐสำหรับกดทับมวลให้แน่น เป็นต้น ซึ่งหาได้ง่ายในท้องถิ่นและชนบท

2. วัตถุดิบที่นำมาใช้ทำแผ่นซีเมนต์

2.1 ใบสับปะรด

สับปะรด เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวในตระกูล Bromelaceae มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Ananas Comosus (L) merr เป็นพืชล้มลุกถาวร ปลูกเพื่อใช้บริโภคมีอายุตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงเก็บผลได้อยู่ระหว่าง 14-18 เดือน ตามลักษณะความสมบูรณ์ของภูมิประเทศ ต้นหนึ่งมีใบประมาณ 30-40 ใบ เมื่อต้นเจริญเติบโตมากขึ้น ใบที่อยู่ส่วนล่างจะค่อย ๆ หักขึ้นมาตามลำดับ แล้วค่อยร่วงหล่นไป เมื่อผลสุกจะมีใบคงเหลือประมาณ 25-30 ใบ ในรอบปี สับปะรดจะให้ผลมากในระหว่างเดือนตุลาคมถึงธันวาคมช่วงหนึ่ง และประมาณเดือนเมษายนถึงเดือนมิถุนายนอีกช่วงหนึ่ง ผลสับปะรดคือกะเปาะเกสรตัวเมีย มีดอกเล็กล้อมรอบสีแดง เจริญโดยตรงออกมาจากลำต้น ประมาณ 110-140 วัน ผลจะสุก ที่นิยมปลูกในประเทศไทยมีหลายพันธุ์ เรียกชื่อกันตามภาษาพื้นเมืองว่าพันธุ์ปัตตาเวีย หรือพันธุ์ฮาวาย หรือ Smooth Cyanne มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า Ananas Comosue M. ส่วนพันธุ์พื้นเมืองเรียกว่าอินทรีชิต เขียวและอินทรีชิตแดงและอื่นอีกหลายชื่อ

ใบสับปะรดเจริญเติบโตออกมาจากลำต้น งอพุ่งเฉียงขึ้นข้างบนทำมุมประมาณ 45 องศากับลำต้นมีรูปร่างลักษณะเหมือนใบหอก โคนใหญ่กว้างประมาณ 3-6 เซนติเมตร แล้วค่อยยาวเรียวแหลมออกไป แต่ละใบยาวประมาณ 90-150 เซนติเมตร ใบค่อนข้างบางเมื่อเปรียบเทียบกับพืชที่ให้เส้นใยลักษณะเดียวกัน หนา 0.3-0.6 เซนติเมตร แล้วแต่ความสมบูรณ์ของอาหารในดิน บางชนิดจะมีหนามเล็ก ๆ ที่โคนใบทางปลายใบ บางชนิดไม่มี เนื้อเยื่อของใบสับปะรดมีคุณสมบัติพิเศษ สามารถเก็บน้ำไว้ในใบได้มาก ทำให้ลำต้นสับปะรดสามารถทนความแห้งแล้งได้นานหลายเดือนและสามารถปลูกขึ้นได้ในพื้นที่ทั่วไปปัจจุบันการค้นคว้าก้าวหน้ามาก สามารถใช้สารเคมี เช่น แคลเซียมคาร์ไบด์ (CaC_2) บังคับให้สับปะรดออกผลพร้อมกัน เหมาะสำหรับการตัดส่งโรงงานอุตสาหกรรม ทำให้มีสับปะรดสุกหมุนเวียนกันตลอดทั้งปีการปลูกครั้งหนึ่ง ถ้าบำรุงรักษาดีมีการกำจัดวัชพืชตามกำหนดเวลา ให้น้ำ และให้น้ำบ้างเป็นครั้งคราว สับปะรดจะให้ผลได้ถึง 3 ครั้ง จึงไถคราด แล้วปลูกใหม่ แต่ที่นิยมกันจะเก็บผลเพียง 2 ครั้งเท่านั้น ต้นสับปะรดเมื่อเก็บผลแล้วจะมีใบที่มีสภาพดี ไม่เหี่ยว หรือปลายใบแห้งเหลืออยู่ ต้นละ ประมาณ 10-20 ใบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศบริเวณที่ปลูก ถ้ามีความชื้นสูงจะมีใบที่ใช้ประโยชน์ได้คงเหลืออยู่มากกว่าสับปะรดที่ปลูกในบริเวณที่แห้งแล้ง เส้นใยที่ได้จากแปลงปลูกที่มีความแห้งแล้วจะมีขนาดเล็กกว่าเส้นใยที่ได้จากต้นที่ปลูกในบริเวณที่มีความชื้นสูง

ในการตัดใบสับปะรดทั้งของเกษตรกรซึ่งมักจะกองรวมกันไว้ในแปลงปลูก ทำให้เกิดการหมักเน่า กลายเป็นแหล่งเพาะแบคทีเรีย และทำให้เกิดการระบาดของโรคพืชไปทั่ว ทำให้เกิดโรครากเน่าและโรคอื่น ๆ อีก

หลายชนิดทำให้เกิดความเสียหายแก่เกษตรกรมากมาย เพราะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดเชื้อราและแบคทีเรียเหล่านี้

กองวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร (2535) ได้รายงานว่าการเกษตรในประเทศไทยมีผลผลิตสับปะรดได้มากที่สุดในโลก (ร้อยละ 20 ของโลก) มีอัตราเพิ่มขึ้นของเนื้อที่เพาะปลูกร้อยละ 3.41 ต่อปี (2529-2534) ซึ่งในปี 2534 มีเนื้อที่เพาะปลูกทั้งหมด 511,645 ไร่ และมีเนื้อที่ที่เก็บผลผลิตได้ 498,084 ไร่ เพื่อความสอดคล้องในอัตราเพิ่มขึ้นดังกล่าว ปี 2536 ควรจะมีเนื้อที่เพาะปลูก 0.539 ล้านไร่ ซึ่งเนื้อที่เพาะปลูกสับปะรดของประเทศไทยแยกเป็นรายจังหวัดที่มีการปลูกเรียงจากจังหวัดที่มีการปลูกมากไปน้อยได้แสดงในตารางที่ 1

ตาราง 1 แสดงเนื้อที่การเพาะปลูกสับปะรดตั้งแต่ปี 2529-2534 และจังหวัดที่ปลูกมาก

ปี พ.ศ. ที่ปลูก	2529 (ไร่)	2530 (ไร่)	2531 (ไร่)	2532 (ไร่)	2533 (ไร่)	2534 (ไร่)
ทั้งประเทศ	444,000	395,000	444,000	486,000	466,000	498,000
ประจวบคีรีขันธ์	-	201,129	222,960	251,934	243,275	251,570
เพชรบุรี	-	31,606	31,460	38,716	36,591	37,838
ระยอง	-	41,678	49,115	44,109	38,666	39,984
ชลบุรี	-	43,520	40,874	30,786	25,941	26,625
ลำปาง	-	10,150	10,436	14,991	15,731	16,267

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

ศาสตราจารย์ อัจฉราพร ไสละสูตร และคณะ (2525) ใบสับปะรดจะเจริญเติบโตออกมาจากลำต้น ทำมุมเอียง 45 องศา กับลำต้นมีรูปร่างลักษณะเหมือนใบหอกโคนใหญ่กว้างประมาณ 3-6 เซนติเมตร แล้วค่อยยาวเรียวแหลมออกไป แต่ละใบยาวประมาณ 90-150 เซนติเมตร ตามลักษณะดังรูปภาพเนื้อเยื่อของใบสับปะรดมีคุณสมบัติพิเศษ สามารถเก็บน้ำไว้ได้ ทำให้ลำต้นสับปะรดสามารถทนความแห้งแล้งและสามารถปลูกขึ้นได้ในพื้นที่ทั่ว ๆ ไป ซึ่งใบสับปะรดที่จะใช้ในการชูดน้ำเป็นผลพลอยได้จากการปลูกสับปะรด ซึ่งราษฎรจะต้องทำการตัดทิ้งไปพร้อมกับ การเก็บผลสับปะรด โดยมีได้ใช้ประโยชน์อันใดเลย เห็นควรที่จะนำวัสดุที่ได้จากการเกษตรดังกล่าวมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และเป็นการเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรอีกทางหนึ่ง เส้นใยที่ชูดได้มีใยอยู่รวมกันเป็นหมู่ ๆ ละ 4-10 เส้น ยึดไว้ด้วยเปลือกดิน ภาควัตถวของของกลุ่มเส้นใยเป็นรูปเคียว ถ้าเป็นเส้นใยเดี่ยวไม่คงรูป ส่วนใหญ่เป็นรูปหลายเหลี่ยมรี และค่อนข้างแบน มีลูเมนอยู่ตรงกลางขนาดเล็กตัวยึดเส้นใย ที่มีไซเซลลูโลสรวมอยู่ด้วยทั้งกากใบ ดังนั้นเส้นใยที่ผ่านการชูดจากเครื่องชูดเส้นใยชนิดนี้ ต้องนำลงไปแช่ในน้ำผงซักฟอก เพื่อทำการล้างสารเปลือกดินที่ยึดผิวเส้นใยออก แล้วนำเส้นใยมาผึ่งแดดให้แห้งตามธรรมชาติ เพื่อให้เหมาะสมในการนำเส้นใยสับปะรดไปปั่น ในขบวนการผลิตเป็นเส้นด้ายต่อไป

คุณสมบัติทั่ว ๆ ไปของเส้นใยสับปะรด

ความยาวของเส้นใย	90-100	เซนติเมตร
ความยาวของเซลใย	0.65	เซนติเมตร

ขนาดเส้นใย	4-10	ดีเนียร์
ความเหนียวของเส้นใย	5.5-0.5	กรัม/ดีเนียร์

ส่วนประกอบทางเคมี

เซลลูโลส (เฉลี่ย)	ร้อยละ 97
เปกติน	ร้อยละ 12.65
ลิกนิน	ร้อยละ 5.84

ส่วนประกอบในใยสับปะรดเหมือนกันกับใยพืชชนิดอื่น แตกต่างกันเฉพาะปริมาณส่วนประกอบอื่น ๆ ที่สำคัญ ได้แก่

1. เซลลูโลส เป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของพืช ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของลำต้น เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ โมเลกุลต่อกันเป็นเส้นยาวละเอียด (fiber) อยู่เรียงติดกันเป็นแถวที่ผนังชั้นในและชั้นนอก ใน เส้นใย (fiber) นี้ยังประกอบด้วย ไมโครไฟเบอร์(microfiber) ซึ่งคาดว่าเป็นโมเลกุลของเซลลูโลส เรียงตัวกัน ทำให้เกิดส่วนที่เป็น คริส ทะลิน (Crystalline) และ อะมอร์ ฟัส(Amorphous) ซึ่งเป็นส่วนที่สารเคมีหรืออื่น ๆ จะแทรกเข้าไปได้โดยง่าย คุณสมบัติของเส้นใยล้วนเกิดมาจากส่วนประกอบของเซลลูโลส หลังจากที่เราเอาสารอื่น ๆ ออกแล้ว (degumming) จะมี อัลฟาเซลลูโลส (alphacellulose) ประมาณร้อยละ 91 การเรียงตัวเป็นระเบียบของเซลลูโลสและการตกผลึกที่ดีทำให้เส้นใยมีความเหนียวสูง

2. ส่วนประกอบที่มีไซเซลลูโลส (non-cellulose) ส่วนใหญ่จะเป็นเปกติน (pectin) กับสารประกอบอื่นอีกประมาณร้อยละ 13.07 ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ของเส้นใย ได้แก่

2.1 เปกติน (Pectin) เป็นสารประกอบเชิงซ้อนเปลี่ยนรูปมาจากคาร์โบไฮเดรตที่พืชสร้างขึ้น ประกอบด้วยกรด แอนไฮ ไดรต กาลาคทูโรนิก (anhydrogalacturonic) เชื่อกันว่า โมเลกุลของกรดนี้เชื่อมต่อกันเป็นโซ่ ทำหน้าที่เป็น 5 ส่วนประกอบหลังของ ยาง (gum) เมือก (mucilages) และเฮมิเซลลูโลสของพืช ปกติมีเซลล์ชั้นนอกส่วนที่อยู่ตอนกลางของผนังเซลล์นั้น เชื่อกันว่าทำหน้าที่ยึดต่อเซลล์ให้ติดกัน การตรวจสอบหาปริมาณกรดกาลาคทูโรนิก (galacturonic) ทำได้โดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ วัดสารประกอบ สีน้ำเงินปนม่วง อันเป็นสารประกอบที่แปรรูปมาจาก ไดแนฟไทโลมีเทน (di-naphthylomethane) หรือ เอ็กแซนแทน(xanthane) โดยปฏิกิริยาระหว่างกรดอุโรนิก (uronic) กับแนฟทาลิสโซซินอล(naphtharesocinol) สกัดออกจากพืชได้โดยต้มในน้ำร้อนหรือน้ำผสมแอมโมเนียมออกอะลัท (ammonium oxalate) หรือปฏิกิริยาของสารช่วยย่อย ในพืชแต่ละสายพันธุ์ได้ง่ายกว่าพืชอื่น

2.2 ลิกนิน (Lignin) ส่วนประกอบเคมีและหน้าที่ที่แท้จริงมีใคร่ชัดเจนนัก แต่ทราบกันทั่วไปว่ายึดใยให้อยู่รวมกัน (intercellular binder) มีปริมาณค่อนข้างต่ำก่อรูปเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับ เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) และเซลลูโลส (cellulose) ปฏิกิริยาในใยพืชแต่ละชนิดไม่เท่ากัน ในปอมีส่วนทำให้เส้นใยไม่ดูดน้ำและพองตัวได้น้อย ไม่ยืดและค่อนข้างกระด้าง ในใยป่านและแฟลกซ์ทำให้มีคุณสมบัติเช่นนั้นน้อยกว่า ในใยสับปะรดทำให้เส้นใยกระด้างและเหนียวมากขึ้น มีมากในใบแก่หรือช่วงโคนใบ สลายตัวในสารละลาย Na_2SO_3 หรือ การทำปฏิกิริยาคลอรีนชัน Chlorination

2.1.1 เส้นใยพืช ที่นำมาเป็นส่วนผสมในการทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ จากอดีตถึงปัจจุบันได้มาจากส่วนที่เป็น ลำต้น ใบ เปลือก และอื่นๆ เช่น ใบผักตบชวา ฟางข้าว หญ้าคา หญ้าแฝก ใยมะพร้าว ใยปาล์มใยปอ ใยป่าน เป็นต้น

โดยการนำเอาเส้นใยพืชที่มีความเหนียวมาเป็นส่วนผสมเพื่อเสริมกำลังให้รับแรงอัด แรงดัดได้มากขึ้น มีน้ำหนักเบา มีคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของสารประกอบเส้นใยพืชที่มีความแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับความยาว ความเหนียว ขนาดเส้นใย ความอ่อนนุ่ม ความแข็งแรง ความยืดหยุ่น และคุณภาพของเส้นใย ซึ่งมีผู้ศึกษาและหน่วยงานต่างๆวิจัยทดลองหาผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ โดยใช้เส้นใยพืชเป็นส่วนผสมได้แก่ แผ่นชั้นไม้อัดซีเมนต์ ซึ่งมีชื่อทางการแตกต่างกันออกไป เช่น ซิปบอร์ด สตาร์มิตบอร์ด เซลโลกริต แผ่นใยไม้อัดแข็ง เพื่อเป็นส่วนประกอบของโครงสร้างอาคาร เช่น ทำผนังกันห้อง ทำฝ้าเพดาน วัสดุอุปกรณ์ตกแต่ง และของใช้ต่างๆ เป็นต้น

การจำแนกเส้นใย จำแนกออกได้ 2 หมู่ ตามมูลฐานของเส้นใยที่ได้ ดังนี้

1. เส้นใยธรรมชาติเป็นเส้นใยที่มีกำเนิดอยู่แล้วในธรรมชาติ เพียงแต่นำมาดัดแปลงเพียงเล็กน้อยก็ใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งจะได้จาก

1.1 เส้นใยจากสัตว์ ได้แก่ ไหม และขนสัตว์ เป็นต้น

1.2 เส้นใยจากพืช ได้แก่ ฝ้าย ลิ้น หนุ่น งามี่ ป่านศรนารายณ์ ปอ เปลือกมะพร้าว ปาล์ม และสับปะรด เป็นต้น

1.3 เส้นใยอนินทรีย์ ได้แก่ โยหิน เป็นต้น

2. เส้นใยประดิษฐ์ เป็นเส้นใยที่มนุษย์ได้ดัดแปลงจากวัตถุดิบในธรรมชาติหรือสังเคราะห์ ขึ้นจากสารประกอบเคมีโดยตรง ได้แก่

2.1 เส้นใยสังเคราะห์จากวัตถุดิบในธรรมชาติ เช่นจากเศษฝ้ายเศษไม้ ถั่ว และนม

2.2 เส้นใยสังเคราะห์จากสารประกอบทางเคมีโดยตรง เช่น โพลีเอสเตอร์ และโพลีเอไมด์

ส่วนประกอบทางเคมีของเส้นใย แบ่งออกได้ 4 ชนิด คือ

1. ใยเซลลูโลส เป็นส่วนประกอบสำคัญยิ่งที่ทำให้พืชยืนต้นอยู่ได้ ใยเซลลูโลสเป็นใยที่ได้มาจากพืชทั้งสิ้น และเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเส้นใยจากพืชเพื่อใช้ในทางสิ่งทอ แยกได้ 2 ชนิด ตามแหล่งกำเนิดคือ

1.1 ใยเซลลูโลสธรรมชาติ ใยนี้มีลักษณะเป็นเส้นใยอยู่แล้วในธรรมชาติ เพียงแต่นำมาดัดแปลงแต่งเติมบ้างเล็กน้อยก็ใช้ประโยชน์ได้ เช่น ฝ้ายลิ้น งามี่ และงามี่ เป็นต้น

1.2 ใยเซลลูโลสสังเคราะห์ ได้แก่ ใยที่นำเอาเซลลูโลสธรรมชาติที่ใช้ประโยชน์ไม่ได้แล้วหรือมีได้มีสภาพเป็นใย มาทำเสียใหม่ให้เป็นใยใช้ประโยชน์ได้ แต่คุณสมบัติของเซลลูโลสยังคงเดิมเช่น เรยอน และอซิเตด เป็นต้น

2. ใยโปรตีนเป็นใยที่มีส่วนประกอบมูลฐานจากโปรตีน มีทั้งที่เป็นใยสังเคราะห์และใยสังเคราะห์

3. ใยสังเคราะห์ทางเคมี เป็นใยที่ประดิษฐ์ขึ้นจากมวลธาตุหลายชนิดรวมกัน เป็นใยที่ทนความร้อนสูง ไม่ได้ บางทีเรียกว่า ใยไม่ทนความร้อน

4. ใยอนินทรีย์ ใยในกลุ่มนี้เป็นทั้งใยธรรมชาติและใยสังเคราะห์ ใยธรรมชาติมีอยู่เพียงชนิดเดียวคือโยหิน นอกจากนั้นเป็นใยสังเคราะห์และกึ่งสังเคราะห์เช่น โยแก้ว และโยลูมิเนียม

2.1.2 การคัดเลือกใบ

สภาพของแปลงปลูกสับปะรดภายหลังจากการที่เก็บผลสับปะรดแล้ว ปรากฏว่าใบที่ถูกตัดออกจากโคลนต้นสับปะรดจะแห้งมากน้อยต่างกัน การเลือกใบสับปะรดเพื่อนำมาใช้ในการชุดเส้นใยนั้น จะต้องเลือกเอาใบที่ไม่แก่จัดจนเกินไป จึงจะได้เส้นใยที่มีคุณภาพดี ใบอ่อนจะให้เส้นใยนุ่มแต่ความเหนียวต่ำ สำหรับใบแก่เกินไป

ไปเส้นใยจะแข็งแรง การเก็บใบควรเลือกเก็บใบที่ปลายแห้งไม่เกิน 1/5 ของใบ หรือใบที่มีความสมบูรณ์ เรียงลำดับกันขึ้นมา ซึ่งสับปะรดหนึ่งต้นจะมีใบประมาณ 10-15 ใบ แล้วแต่ภูมิอากาศ ใบที่ปลายแห้งไม่เกิน 1/5 ของใบ จะยังใช้ประโยชน์ได้ รวมกันแล้ว ต้นหนึ่งจะใช้ใบได้ประมาณ 8-12 ใบ นอกจากนี้ยังเป็นการช่วยให้การแตกหน่อ หรือเกิดต้นอ่อนของสับปะรดได้ดียิ่งขึ้น จำนวนของหน่อที่งอกแซมขึ้นมาต้นละ 2-3 หน่อ โดยปกติแล้วชาวไร่ จะหักหน่อนี้ออกไปจำหน่ายหรือขยายพันธุ์ เหลือเพียงแต่ต้นและหน่อสำหรับให้ออกผลต่อไป เมื่อหน่อเจริญแข็งแรงพอสมควร เกษตรกรจะต้องจ้างแรงงานมาตัดใบของต้นเก่าออก ต้นใหม่จึงจะเจริญสมบูรณ์ การตัดใบเพื่อนำมาใช้ผลิตเป็นเส้นใยนี้ จะถูกตัดไปพร้อมกับการเก็บผลเพื่อมิให้ปลายใบแห้ง ดังนั้นจำเป็นต้องระมัดระวังการตัดมิให้เป็นอันตรายต่อหน่อด้วย การแยกเส้นใยสับปะรด มีผลสำคัญในการพิจารณา เพื่อเตรียมเส้นใยเพื่อให้ได้เส้นใยที่แข็งแรงและยืดหยุ่นได้ เส้นใยที่มีคุณภาพดีจะแยกได้จากใบที่ไม่แก่จัดจนเกินไป จึงจะได้เส้นใยที่มีคุณภาพดี ใบอ่อนจะให้เส้นใยนุ่มแต่ความเหนียวต่ำ สำหรับใบแก่เกินไป เส้นใยจะแข็งแรง การเก็บใบควรเลือกเก็บใบที่ปลายแห้งไม่เกิน 1/5 ของใบ หรือใบที่มีความสมบูรณ์

2.1.3 การแยกเส้นใย

การแยกเส้นใยทำได้ 4 วิธี คือ

1. การขูดด้วยการใช้มีดทื่อ หรือกระบองแตก
2. การขูดด้วยมือและอุปกรณ์ช่วย
3. การหมัก
4. การขูดด้วยเครื่อง

การขูดด้วยการใช้มีดทื่อหรือกระบองแตก

เป็นวิธีแยกเส้นใยที่สิ้นเปลืองมาก น้ำในใบมีสถานะเป็นต่าง ถ้าปฏิบัติติดต่อกันเป็นเวลานานจะทำให้อันตรายต่อผิวหนังได้ ผู้ที่แพ้มาก ๆ ผิวหนังที่มีรอยโดยเฉพาะบริเวณนี้ จะแตกเป็นร่องลึกตามรอยย่นของผิวหนัง บางแห่งผิวหนังจะถูกกัดเป็นหลุมเล็ก ๆ มีน้ำเหลืองและโลหิตไหลซึม แต่เส้นใยที่ได้มีคุณภาพดีที่สุด อุปกรณ์ที่ใช้ขูด ได้แก่ มีดทื่อ ๆ หรือเศษถ้วยชามแตก ต้องเลือกชิ้นที่มีริมเรียบเสมอกัน กรีดริมใบเพื่อเอาหนามออกทั้งสองด้าน แล้วแบ่งเป็น 2 ส่วน เท่า ๆ กันตามความยาวของใบ วางบนแผ่นไม้ผิวเรียบ ขูดเนื้อใบออกทั้งสองด้าน เมื่อขูดจนเส้นใยสะอาดแล้ว นำไปล้างน้ำให้สะอาดให้หมดเมือกเส้น ผึ่งในที่ร่มให้น้ำระเหยไปพอสมควร ๆ รวบให้เป็นมัดใหญ่พอเหมาะมือ นำไปผาดบนแคร่หรือแท่นไม้ผิวเรียบให้เส้นใยแตกกระจายจากกัน ตัดส่วนโคนและปลายที่มีเส้นใยบิดพันกันเป็นเกลียวออก ถ้าจะให้เส้นใยสะอาดจริง ๆ ควรกรีดหรือรีดด้วยมีดทื่อ ๆ อีกครั้ง เนื้อเยื่อที่ยังติดอยู่จะหลุดออกหมด ตากให้แห้ง เส้นใยที่แห้งมีสีขาวนวล คน ๆ หนึ่งสามารถขูดเส้นใยได้ชั่วโมงละ 3.13 กรัม จากน้ำหนักใบสด 360 กรัม เป็นปริมาณเส้นใยที่ได้ร้อยละ 0.87

การขูดด้วยมือมีอุปกรณ์ช่วย

แต่เดิมอุปกรณ์ที่ใช้ช่วยในการขูดเส้นใยนี้ทำด้วยไม้ไผ่ ยาวประมาณ 60-90 เซนติเมตร กว้างประมาณ 2.5-5.0 เซนติเมตร และหนาประมาณ 3 เซนติเมตร ผ่ากลางตรงส่วนที่หนาที่สุด ดังนั้นริมที่เป็นผิวไม้ตอนส่วนโค้งของลำไม้ไผ่จะคมพอตัดและขูดเนื้อใบออกได้ แต่งให้ริมเรียบเพื่อมิให้ตัดเส้นใยขาด ใช้เชือกหรือหวายรัดมิให้ชิ้นไม้ไผ่แตกแยกออกจากกัน สอดใบที่ตัดแต่งแล้วครึ่งละหนึ่งส่วน ดึงให้เนื้อใบรูดออก ทำซ้ำ ๆ กัน 2-3 ครั้ง ให้เส้นใยสะอาดจึงกลับขูดอีกด้านหนึ่งให้สะอาดเช่นกัน เนื่องจากอุปกรณ์แบบนี้ชำรุดง่ายและเร็ว จึงได้ออกแบบใหม่ด้วยหลักการเดียวกัน แต่ใช้ใบขูดเป็นเหล็กปลอดสนิม ขูดเพียงด้านเดียว แล้วใช้มีดไม้ไผ่ลอกเส้นใยออก ได้เส้นใยคุณภาพดีเทียบกับการขูดด้วยมือ คน ๆ หนึ่งสามารถขูดเส้นใยได้ชั่วโมงละ 6.2 กรัม จากน้ำหนักใบสด 1,500 กรัม เป็นปริมาณเส้นใยที่ได้ร้อยละ 4.1 มีโคนใบยาว 5 เซนติเมตรรวมอยู่ด้วย

การหมัก

การหมักใช้แบคทีเรียทำลายเนื้อเยื่อใบให้เน่าเปื่อย ซึ่งนอกจากจะสามารถแยกใยออกจากใบได้แล้ว แบคทีเรียยังทำปฏิกิริยาละลายเปกตินที่ยึดเส้นใยอยู่ออก เส้นใยแยกออกเป็นเส้นเดี่ยว คงมีสารประเภทที่มีใช้ เซลลูโลสอีกประมาณร้อยละ 20 ประกอบด้วย Hemicellulose, Lignin ไขมันและซีฟี่ง การหมักทำได้ 2 วิธี กล่าวคือ ใช้แบคทีเรียที่มีอยู่ในอากาศตามธรรมชาติให้ตกลงในบ่อหมักหรือโดยวิธีอื่นใดก็ได้ประการหนึ่ง อีกประการหนึ่งใช้แบคทีเรียที่เพาะเลี้ยงบริสุทธิ์ ถ้าหมักดี เส้นใยที่ได้จะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน การควบคุมการหมักต้องมีความปราณีตและชำนาญมากจึงจะไม่เกิดความเสียหาย การหมักมากเกินไปเกิดขึ้นได้ง่ายและบ่อย ทำให้เกิดการสูญเสียในกระบวนการผลิต ในสมัยแรก การหมักจะต้องนำใบที่คัดเลือกแล้วมากัดแบ่งเป็นชิ้นเล็ก ๆ ประมาณใบละ 2-3 ชิ้น แชลงในน้ำ ให้แบคทีเรียที่มีอยู่ในธรรมชาติ ปลิวไปตกลงในบ่อหมักเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ ให้ทำปฏิกิริยากับเซลลูโลสบางส่วนให้สลายตัวแยกออกจากส่วนที่เป็นเส้นใย ระยะเวลาหมักไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อม อายุของใบและอุณหภูมิของน้ำ ถ้าต้องการหมักเร็วจะขูดเนื้อเยื่อใบออกก่อนด้วยก็ได้ แล้วนำไปหมัก ในบางกรณีจะทุบใบให้ช้ำก่อน เพื่อให้แบคทีเรียสามารถทำปฏิกิริยากับเนื้อเยื่อได้เร็วขึ้น เพื่อให้การหมักได้สม่ำเสมอ เนื้อเยื่อสลายตัวได้ดี ใบที่เตรียมไว้นั้นจะมดหลวม ๆ ให้มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5 เซนติเมตร นำใบมดเล็ก ๆ นั้นมัดรวมกันเป็นมัดใหญ่อีกครั้ง วางเรียงกันลงในบ่อหมักหรือสระน้ำหรือแม่น้ำลำคลองก็ได้ แต่อย่างน้อยน้ำควรจะมีลึกประมาณ 90 เซนติเมตร นานประมาณ 5-12 วัน ระมัดระวังให้ใบสับประตจจมอยู่ใต้น้ำตลอดเวลา ใช้วัตถุที่มีน้ำหนักวางทับข้างบน แต่ต้องไม่หนักมากจนทำให้ใบมดแรก ๆ สัมผัสกับกันถึงหรือพื้นดิน ถ้าสามารถหมักในทางน้ำไหลได้จะช่วยให้ออกเส้นใยสวยขึ้นและไม่มกลิ่นเหม็น ถ้าหมักมีอุณหภูมิประมาณ 30-35 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาประมาณ 10-12 วัน ถ้าหมักในบ่อน้ำไหลจะใช้เวลานานขึ้น จะทราบว่าเป็นหมักได้ที่พอจะแยกเส้นใยออกหรือไม่ ต้องตรวจดูโดยใกล้ชิดและบ่อย ๆ ภายหลังที่หมักไปแล้วระยะหนึ่ง ควรนำใบขึ้นมาล้างน้ำให้สะอาด ใช้นิ้วหัวแม่มือและนิ้วชี้กรีดใบ ถ้าเป็นเมือกสั้น เนื้อใบขาดติดออกเป็นแผ่นหมายความว่าใบนั้นหมักได้ที่แล้ว นำใบนั้นไปล้างโดยจับที่โคนมัดเล็ก ๆ ที่ได้มัดไว้แล้วส่ายในน้ำไปมาแรง ๆ จนกว่าเนื้อใบจะหลุดออกหมด ล้างให้สะอาด

สำหรับการหมักแยกเส้นใยโดยตรงจากใบ ได้กำหนดวิธีหมักแตกต่างกัน 2 วิธี คือ

1. แช่น้ำแล้วขูดเนื้อใบออก กำหนดระยะเวลาแช่น้ำแตกต่างกันตั้งแต่ 2-15 วัน ให้แบคทีเรียในธรรมชาติทำให้น้ำเน่าเปื่อยแล้วขูดออกด้วยสแปดตุลา สรุปผลได้ว่าระยะหมักตั้งแต่ 6-15 วัน จะให้ผลดีที่สุด เส้นใยขาดน้อยที่สุด ได้เส้นใยร้อยละ 2.7 เส้นใยสะอาดสีขาวนวล ยาวตามขนาดของใบ
2. แช่น้ำด้วยน้ำประปาทั้งใบเวลา 9 วัน เปลี่ยนน้ำทุกวัน ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส รูดเนื้อใบออกด้วยมือแบบเดียวกับการลอกปอ ได้เส้นใยร้อยละ 2.31 เส้นใยสีเนื้อค่อนข้างกระด้างมาก ยาวตามขนาดของใบ

การขูดด้วยเครื่อง

เครื่องขูดเส้นใยสับประตจออกแบบและผลิตทดลองโดยใช้หลักการเดียวกับเครื่องขูดเส้นใยป่านศรนารายณ์ ใช้ขูดเส้นใยได้เร็วกว่าการขูดด้วยมือหรือการหมักหลายสิบเท่า สามารถขูดได้ชั่วโมงละ 11.1 กิโลกรัม (น้ำหนักใบสด) ได้เส้นใยแห้ง 0.18 กิโลกรัม เฉลี่ยได้เส้นใยประมาณร้อยละ 1.9-2.5 ส่วนหนึ่งของการวิจัยนี้ แม้ว่าการปรับปรุงเครื่องขูดนี้ยังมีบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ แต่ก็ยังเป็นเครื่องจักรที่ใช้ประโยชน์ได้ เครื่องขูดเส้นใยใบสับประตจเป็นเครื่องจักรที่ทำงานกึ่งอัตโนมัติ นั่นคือ จะต้องใช้คนเป็นผู้ป้อนวัตถุดิบและเครื่องจักรจะทำการขูดเปลือกนอกของใบสับประตจออก จนได้เส้นใยออกมาตามที่ต้องการ การแยกเส้นใยออกจากใบโดยกระบวนการต่าง ๆ ทั้ง 4 วิธี สรุปได้ว่าวิธีแยกโดยใช้เครื่องขูดเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด ที่จะใช้เพื่อกิจการอุตสาหกรรม ผลิตผลจากเครื่องขูด เส้นใยติดกันเป็นแพ แพละ 2-8 เส้น ยาวประมาณ 70-110 เซนติเมตร ค่อนข้างกระด้าง ขนาด 5-20 ดีเนียร์ ปั่นเป็นเส้นด้ายไม่ได้ ต้องปรับปรุงคุณภาพของเส้นใยก่อน ตามรายงานของ Research Institute for Polymers and Textiles ประเทศสาธารณรัฐฟิลิปปินส์ เรื่อง Fibrilization and Procssing of Tropical Vegetable Fibers ซึ่งใช้เครื่อง Infrared

spectroscopy ตรวจสอบประกอบของเส้นใยสับปะรดที่ขูดด้วยเครื่อง ยืนยันตามทฤษฎีได้ว่าใยสับปะรดดิบ ประกอบด้วยอัลฟา เซลลูโลส และสารประกอบเปกตินเป็นส่วนใหญ่ สารประกอบอื่นมีเพียงจำนวนน้อย ไม่ทำให้คุณสมบัติของเส้นใยเปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด ดังได้กล่าวมาแล้วว่า เส้นใยยึดติดกันเป็นแพ เพราะมีเปกตินเป็นตัวช่วยยึด การแยกเส้นใยเป็นเส้นเดี่ยวจึงเป็นการขูดเปกตินออก และในขณะเดียวกัน จะขจัดสารเจือปนอื่น ๆ ออกด้วย เพื่อให้ส่วนประกอบที่เหลืออยู่ของเส้นใยเป็นเซลลูโลสบริสุทธิ์ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

การจัดเปกตินทำได้ 3 วิธี คือ

1. วิธีการหมักด้วยแบคทีเรีย
2. วิธีหมักด้วยสารช่วยย่อย (enzyme)
3. วิธีต้มด้วยสารเคมี (Chemical degumming or Scouring)

นอกจากนี้แล้วยังปรากฏว่า ใยพืชที่ติดกันเป็นแพ เช่น ปอ เรมีและลินินนั้น ถ้าได้ผ่านการบดอัด จะทำให้เส้นใยแตก แยกออกเป็นเส้นเดี่ยวได้ ใยสับปะรดก็เช่นเดียวกัน

2.1.4 การเตรียมใบและการขูด

ก่อนขูดใบที่คัดเลือกแล้วต้องตัดส่วนที่เป็นสีเหลือง เน้าเสียและแห้งออก เครื่องขูดทดลองนี้จะขูดให้สะอาดจริง ๆ และเร็ว ขูดได้เพียงครั้งละ 3 ใบ เนื้อเยื่อใบจึงหลุดออกหมด เส้นใยที่ขูดแล้วแช่น้ำไว้ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดออกซิไดส์และเปกตินติดแห้งเกาะติดเส้นใย ก่อนทำให้แห้งต้องล้างเมือกสีออกให้หมด การเตรียมใบนี้นับว่าเป็นงานที่สำคัญอีกระดับหนึ่ง เพราะถ้าเตรียมไม่ดี ใบที่เสียจะไม่ผ่านเครื่องขูด เกาะติดกับเส้นใยแน่น เกิดปัญหาในขบวนการต่อไป การขูดต้องขูดทั้งสองด้าน (หน้าใบและหลังใบ) เลือกใบที่ยาวเท่า ๆ กัน ขูดพร้อมกัน และขูดทางด้านปลายใบก่อน แล้วจึงขูดทางด้านโคนใบ ต้องขูดซ้ำกันสองครั้ง เนื้อใบจะหลุดออกหมด

2.1.5 การปรับปรุงคุณภาพเส้นใย

เส้นใยที่ใช้ประโยชน์ทางสิ่งทอ จำเป็นต้องมีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะผ่านเครื่องจักร ผลิตแต่ละขั้นตอนได้ มีประโยชน์ใช้สอยดีพอสมควร สามารถปฏิบัติงานได้รวดเร็ว อันเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถจะลดราคาต้นทุนการผลิตแบบอุตสาหกรรม

2.1.5.1 คุณสมบัติเส้นใยทางสิ่งทอ

โดยทั่วไปเส้นใยในทางสิ่งทอจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันประมาณ 15 ชนิด แต่ที่สำคัญที่สุดที่จะทำให้เส้นใยนั้นเป็นเส้นด้ายและทำผ้าได้มีเพียง 5 ประการ ได้แก่

1. ความยาวของเส้นใย (Length)
2. ความละเอียดของเส้นใย (Linear density)
3. ความต้านแรงดึงหรือความเหนียว (Fiber strength/tenacity)
4. ส่วนประกอบเคมีของเส้นใย (Chemical composition)
5. ระดับการตกผลึกของเซลลูโลส (เฉพาะเส้นใยเซลลูโลส) (Crystallization of cellulose)

ส่วนคุณสมบัติอื่น ๆ นั้น สามารถตกแต่งให้มีเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ โดยใช้ขบวนการเชิงกล หรือเคมี หรือทั้งสองอย่างรวมกัน ภาควิชาวิศวกรรมเคมีและสิ่งทอ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ได้ทำการศึกษาและสร้างเครื่องขูดเส้นใยจากใบสับปะรด ในการศึกษาทดลองครั้งนั้น ปรากฏว่าเครื่องจักรที่ผลิตขึ้น มีขนาดใหญ่ น้ำหนักมากและมีความสามารถในการขูดเส้นใยจากใบสับปะรดมีประสิทธิภาพต่ำ เส้นใยที่ผลิตได้มีความหยิกและมีมันตัวมาก

2.2 ปูนซีเมนต์ ปูนซีเมนต์คือวัสดุที่เป็นเชื้อประสานในงานปูนชนิดต่าง ๆ เช่น งานคอนกรีต งานปูนหล่อ ปูนก่อ ปูนฉาบ เป็นต้น มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีเทาหรือขาว เมื่อถูกน้ำจะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีหลายสภาพคล้ายวุ้นและแข็งตัวเรื่อย ๆ ถ้าปฏิบัติได้ถูกต้องจะสามารถเชื่อมประสานวัสดุที่แข็งแรง เช่น หิน กรวด ทราย ให้ติดกันแน่นคล้ายเป็นของแข็งเนื้อเดียวกันจุดตั้งหิน(สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. 2528 :1)

2.2.1 สารประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

เมื่อเผาวัตถุดิบของปูนซีเมนต์ ซึ่งได้แก่ สารออกไซด์ของธาตุซิลิเนียม ซิลิกอน อลูมิเนียม และเหล็ก สารเหล่านี้จะทำปฏิกิริยาทางเคมีและรวมตัวกันเป็นสารประกอบอยู่ในปูนเม็ดในรูปของผลึกละเอียดมาก สารประกอบที่สำคัญ 4 อย่าง ที่มีอยู่ในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์หลังจากการเผาแล้ว ได้แก่ ไทรคัลเซียมซิลิเกต (Tricalcium silicate) ไดคัลเซียมซิลิเกต (Dicalcium silicate) ไทรคัลเซียมอลูมิเนต (Tricalcium aluminate) และเตตราคัลเซียมอลูมิโนเฟอร์ไรท์ (Tetracalcium aluminoferrite) ซึ่งได้ชื่อของสารประกอบเหล่านี้ตามอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ โดยใช้ชื่อของออกไซด์ของธาตุใดตัวอักษรของธาตุนั้นเพียงตัวเดียว กล่าวคือ CaO ย่อเหลือตัว C; SiO₂ ย่อเหลือตัว A และ Fe₂O₃ ย่อเหลือตัว F

ตาราง 2 สารประกอบที่สำคัญของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ชื่อของสารประกอบ	ส่วนประกอบทางเคมี	ชื่อย่อ
ไทรคัลเซียมซิลิเกต	3 CaO. SiO ₂	C ₃ S
ไดคัลเซียมซิลิเกต	2 CaO SiO ₂	C ₂ S
ไทรคัลเซียมอลูมิเนต	3 CaO. Al ₂ O ₃	C ₃ A
เตตราคัลเซียมอลูมิโนเฟอร์ไรท์	4 CaO/ Al ₂ O ₃ . Fe ₂ O ₃	C ₄ AF

ที่มา : วินิต ช่อวิเชียร 2527 : 10

นอกจากนี้แล้วยังมีสารประกอบอื่น ๆ อีกที่ได้หลังจากการเผา เช่น MgO, TiO₂, Mn₂O₃, K₂O ซึ่งปะปนอยู่เป็นจำนวนน้อย เมื่อเทียบกับน้ำหนักของปูนซีเมนต์ จำนวนเปอร์เซ็นต์ของสารประกอบเหล่านี้มีอยู่ในปูนซีเมนต์ชนิดหนึ่ง ๆ ไม่เท่ากัน ประเภทของปูนซีเมนต์จะขึ้นอยู่กับจำนวนของสารประกอบเหล่านี้ สารประกอบ C₃S ทำให้ปูนซีเมนต์มีกำลังรับแรงได้เร็ว สารประกอบ C₂S ทำให้ปูนซีเมนต์รับแรงในระยะหลัง สารประกอบ C₃A ทำให้ปูนซีเมนต์มีกำลังรับแรงเร็ว สารประกอบ C₄AF ทำให้ปูนซีเมนต์มีกำลังรับแรงในระยะหลัง และยับยั้งเป็นตัวแทนเวลาให้ปูนซีเมนต์ก่อตัวและแข็งตัวตามต้องการ

2.2.2 ประเภทของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

สมาคมทดสอบวัสดุอเมริกา (ASTM) และสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของประเทศไทย (ม.อ.ก. 15) แบ่งปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ 5 ประเภท คือ

ประเภทหนึ่ง ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา (Ordinary Portland Cement) สำหรับใช้ในการทำคอนกรีต หรือผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมใดที่ไม่ต้องการคุณภาพพิเศษกว่าธรรมดา และสำหรับใช้ในการก่อสร้างตามปกติทั่วไป ที่ไม่อยู่ในภาวะอากาศรุนแรง หรือในที่ที่มีอันตรายจากซัลเฟตเป็นพิเศษ หรือที่ความร้อนที่เกิดจากการรวมตัวกับน้ำ จะไม่ทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึงขั้นอันตราย ได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ตราช้าง ตราพญานาคสีเขียว และตราเพชรเม็ดเดียว

ประเภทสอง ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ดัดแปลง (Modified Portland Cement) สำหรับใช้ในการทำคอนกรีตหรือผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมใดที่เกิดความร้อนและทนซัลเฟตได้ปานกลาง เช่น งานสร้างเขื่อนคอนกรีต กำแพงกันดินหนา ๆ หล่อท่อคอนกรีตขนาดใหญ่ ตอม่อสะพาน เป็นต้น ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราพญานาคเจ็ดเศียร

ประเภทสาม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แข็งเร็ว (High-early Strength Portland Cement) หรือที่เรียกว่าซูเปอร์ซีเมนต์ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทนี้ให้กำลังสูงในระยะแรก มีเนื้อเป็นผงละเอียดกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา ผลิตได้โดยการเปลี่ยนสัดส่วนและโดยการเติมสารอื่น โดยการบดให้ละเอียดยิ่งขึ้น หรือโดยการเผาให้ดีขึ้น มีประโยชน์สำหรับทำคอนกรีตที่ต้องการจะใช้เร็ว หรือรีบเร็ว เช่น เสาเข็มคอนกรีต ถนน พื้นและคานที่ต้องถอดแบบเร็ว เป็นต้น ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ตราเอราวัณตราพญานาคสีแดง และตราสมเพชร

ประเภทสี่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทเกิดความร้อนต่ำ (Low-Heat Portland Cement) เป็นปูนซีเมนต์ที่ให้ความร้อนต่ำสุด ซึ่งปูนซีเมนต์ชนิดนี้ใช้มากในการก่อสร้างคอนกรีตหนา เช่น เขื่อน เนื่องจากให้อุณหภูมิของคอนกรีตต่ำกว่าปูนซีเมนต์อื่นขณะแข็งตัว

ประเภทห้า ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทนซัลเฟตได้สูง (Sulfate-Resistant Portland Cement) เป็นปูนซีเมนต์ชนิดที่ต้านทานซัลเฟตได้สูง สำหรับใช้กับโครงสร้างที่อยู่ในที่มีการกระทำของซัลเฟตรุนแรง เช่น น้ำหรือดินที่มีด่าง (Alkaline) สูง มีระยะเวลาการแข็งตัวช้ากว่าประเภทหนึ่ง ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราปลาฉลาม

ปูนซีเมนต์แต่ละประเภสดังกล่าวข้างต้น อาจมีทั้งชนิดกระจายกักฟองอากาศ หรือไม่กระจายกักฟองอากาศ ปูนซีเมนต์ชนิดกระจายกักฟองอากาศจะมีสารสำหรับกระจายกักฟองอากาศผสมอยู่ด้วย ซึ่งทำให้เกิดฟองอากาศขึ้นในเนื้อคอนกรีตมาก ทำให้ทนความเย็นได้ดี นอกจากนี้ยังทำให้ใช้น้ำผสมน้อยลง เพราะมีฟองอากาศอยู่ด้วยช่วยให้เทง่าย เป็นผลให้กำลังคอนกรีตดีตามไปด้วย สมาคมทดสอบวัสดุอเมริกาให้ข้อกำหนดสำหรับปูนซีเมนต์ชนิดกระจายกักฟองอากาศ 3 ประเภท คือ ประเภท IA, IIA และ IIIA ซึ่งตรงกับประเภทที่หนึ่ง สอง และสาม ตามลำดับ

ตาราง 3 ปริมาณร้อยละของสารประกอบในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทต่าง ๆ

สารประกอบ	ประเภท หนึ่ง	ประเภท สอง	ประเภท สาม	ประเภท สี่	ประเภท ห้า
ไตรแคลเซียมซิลิเกต : C_3S	49	46	56	30	43
ไดแคลเซียมซิลิเกต : C_2S	25	29	15	16	36
ไตรแคลเซียมอลูมิเนต : C_3A	12	6	12	5	4
เตตราแคลเซียมอลูมิโนเฟอร์ไรท์ : C_4AF	8	12	8	13	12

ที่มา : วินิต ช่อวิเชียร. 2527 : 13

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทอื่น

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กากเตาถลุง (Portland-blastfurnace Cement) เป็นปูนซีเมนต์ที่ทำขึ้นโดยการบดเม็ดตะกั่วเตาถลุง (blastfurnace slag) กับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เข้าด้วยกันจนเป็นผงละเอียด และมียิปซัมผสมอยู่ด้วยจำนวนหนึ่ง ปูนซีเมนต์ชนิดนี้ให้ความแข็งแรงหรือกำลังช้ากว่าและให้ความร้อนที่เกิดจากการรวมตัวกับน้ำน้อยกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา (ประเภทหนึ่ง) เหมาะสำหรับใช้กับโครงสร้างที่ไม่สำคัญ หรือสิ่งก่อสร้างคอนกรีตขนาดใหญ่ที่น้ำหนักและปริมาตรมีความสำคัญมากกว่าความแข็งแรง

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอซโซลานา (Portland pozzolana Cement) เป็นปูนซีเมนต์ที่ทำขึ้นจากส่วนผสมของปูนซีเมนต์ธรรมดา กับสารจำพวกปอซโซลานิก (Pozzolan) ปอซโซลาน (Pozzolan) ที่ใช้อาจได้มาจากธรรมชาติ หรือเป็นวัสดุทำเทียม ประกอบด้วยซิลิกาเป็นส่วนใหญ่ สัดส่วนของปอซโซลานที่ใช้อยู่ระหว่าง 15-50% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์สำเร็จรูป ดังนั้นราคาจึงถูกกว่า ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอซโซลานาให้คอนกรีตที่มีการขยายตัวน้อย แต่มีความทึบน้ำสูง ให้ความร้อนในการรวมตัวกับน้ำต่ำ เมื่อเทียบกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา จึงเหมาะสำหรับการก่อสร้างคอนกรีตหนา มีอัตราการเกิดความแข็งแรงช้า เนื่องจากการทำปฏิกิริยากับน้ำอย่างช้า ๆ แต่ความต้านแรงอัดจะเท่ากับของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติทนทานต่อการกัดกร่อนของสารประกอบพวกซัลเฟตได้ดีอีกด้วย จึงเหมาะสำหรับงานอาคารคอนกรีตในทะเล

ปูนซีเมนต์อลูมินาสูง (High Alumina Cement) เป็นปูนซีเมนต์ที่ผลิตจากการหลอมส่วนผสมของหินปูนหรือซอสต์กับสารที่มีอลูมินามาก เช่น บอกไซต์ (Bauxite) จนกลายเป็นปูนเม็ดแล้วบดให้ละเอียด ปูนซีเมนต์ชนิดนี้ให้กำลังเร็ว แต่ให้ความร้อนมาก คอนกรีตที่ผสมด้วยปูนซีเมนต์ชนิดนี้มีความแข็งแรงภายในเวลา 24 ชั่วโมง เท่ากับความแข็งแรง 28 วัน ของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา ความแข็งแรงจะเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ภายหลัง 24 ชั่วโมง จนถึงประมาณ 2 เท่าของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา นอกจากนี้ยังมีความทนทานต่อการกัดกร่อนของสารประกอบพวกซัลเฟตอีกด้วย จึงเหมาะสำหรับใช้เป็นคอนกรีตในน้ำทะเลและในที่ต้องการความแข็งแรงในเวลาสั้น

ปูนซีเมนต์ซัลเฟตสูง (Super-sulphate Cement) เป็นปูนซีเมนต์ที่ได้จากการบดส่วนผสมของเม็ดตะกรันเตาถลุง คัลเซียมซัลเฟตและปูนซีเมนต์หรือปูนเม็ดเข้าด้วยกัน มีคุณสมบัติทนทานต่อการกัดกร่อนของน้ำทะเลและสารพวกซัลเฟตได้เป็นอย่างดีและยังทนทานต่อกรดและน้ำมัน นอกจากนี้ยังให้ปริมาณความร้อนที่ได้จากการทำปฏิกิริยากับน้ำต่ำอีกด้วย

ปูนซีเมนต์ขยายตัว (Expanding Cement) เป็นปูนซีเมนต์ที่ได้จากการบดส่วนผสมของปูนเม็ด ยิบซั่มและเม็ดตะกรันเตาถลุงให้เข้ากันทั่วถึง แตกต่างจากปูนซีเมนต์ชนิดอื่นตรงที่ เมื่อก่อตัวและแข็งตัวมันจะขยายตัวออก

ปูนซีเมนต์งานก่อ (Masonry Cement) เป็นปูนซีเมนต์ที่ทำขึ้นจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา กับสารอื่น ๆ เช่น ยิบซั่ม ฝุ่นปูนขาว ดินสอพอง ดิน ทาลค์ (talc) เป็นต้น เพื่อให้ได้ปูนก่อก่อที่มีคุณสมบัติปั้นง่าย และมีความแข็งแรงเหมาะสำหรับงานก่อหิน ก่ออิฐ

ปูนซีเมนต์ซิลิกา (Silica Cement) เป็นปูนซีเมนต์ที่ได้จากการบดปูนเม็ดของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา กับทรายประมาณ 25-30% ปริมาณเนื้อซีเมนต์จึงมากขึ้นและราคาถูกลง มีลักษณะแข็งตัวช้า ไม่ยัดหรือหดตัวมาก เหมาะกับงานก่ออิฐถือปูน ทำถนน เทพื้น ตอม่อ หล่อภาชนะคอนกรีต หล่อท่อ กระเบื้องมุงหลังคา งานอาคาร 2 ถึง 3 ชั้น หรืองานที่ไม่ต้องการกำลังมาก ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราเสือ ทรายภูเขา และทรายกรวด

คุณสมบัติของปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ที่ผลิตเสร็จแล้วจะต้องมีคุณภาพสม่ำเสมอและเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ได้กำหนดคุณสมบัติทางเคมีและทางฟิสิกส์ของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทต่าง ๆ ดังตาราง

ตาราง 4 เกณฑ์กำหนดคุณสมบัติทางเคมี

เกณฑ์กำหนดคุณสมบัติทางเคมี	ประเภท หนึ่ง	ประเภท สอง	ประเภท สาม	ประเภท สี่	ประเภท ห้า
1. ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) ต่ำสุด ร้อยละ		21.0			
2. อลูมินัมออกไซด์ (Al_2O_3) สูงสุด ร้อยละ		6.0			
3. เฟอริกออกไซด์ (Fe_2O_3) สูงสุด ร้อยละ		6.0		6.5	
4. แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) สูงสุด ร้อยละ	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
5. ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) สูงสุด ร้อยละ					
5.1 เมื่อมี 3 $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ร้อยละ 8 หรือน้อยกว่า	2.5	2.5	3.0	2.3	2.3
5.2 เมื่อมี 3 $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ มากกว่าร้อยละ 8	3.0		4.0		
6. การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา (lose on ignition) สูงสุด ร้อยละ 3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	3.0
7. ภาคที่ไม่ละลายในต่าง (insoluble residue) สูงสุด ร้อยละ	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
8. ไตรคัลเซียมซิลิเกต ($3 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) สูงสุด ร้อยละ				35.0	
9. ไดคัลเซียมซิลิเกต ($2 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) สูงสุด ร้อยละ				40.0	
10. ไตรคัลเซียมอลูมินेट ($3 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) สูงสุด ร้อยละ		8.0	15.0	7.0	5.0
11. ผลบวกของไตรคัลเซียมซิลิเกต และ ไตรคัลเซียมอลูมินेट สูงสุด ร้อยละ		58.0			
12. เทตราคัลเซียมอลูมิโนเฟอไรท์ บวกสอง สองเท่าไตรคัลเซียมอลูมินेट [$4 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 + 2(3 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3)$] หรือสารละลายแข็ง [$4 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ + $2 \text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$] สูงสุด ร้อยละ					20.0

ที่มา : วินิต ช่อวิเชียร 2527 : 15

ตาราง 5 เกณฑ์กำหนดคุณสมบัติทางฟิสิกส์

เกณฑ์กำหนดคุณสมบัติทางเคมี	ประเภท หนึ่ง	ประเภท สอง	ประเภท สาม	ประเภท สี่	ประเภท ห้า
1. ความละเอียด (fineness)					
พื้นผิวจำเพาะ (specific surface) ตาราง เซนติเมตรต่อกรัม (ให้เลือกวิธีทดสอบได้)					
1.1 ทดสอบด้วยเทอร์บูริมิเตอร์ (turbidimeter Test, Wagner)					
ค่าเฉลี่ยต่ำสุด ตารางเซนติเมตรต่อกรัม	1600	1600		1600	1600
ค่าต่ำสุดสำหรับตัวอย่างใดตัวอย่างหนึ่ง ตารางเซนติเมตรต่อกรัม	1500	1500		1500	1500
1.2 ทดสอบด้วยแอร์เพอมีอะบิลิตี (air permeability test, Blaine)					
ค่าเฉลี่ยต่ำสุดตารางเซนติเมตรต่อกรัม	2800	2800		2800	2800
ค่าต่ำสุดสำหรับตัวอย่างใดตัวอย่างหนึ่ง ตารางเซนติเมตรต่อกรัม	2600	2600		2600	2600
2. ความอยู่ตัว (soundness)					
การขยายตัวโดยวิธีออโตคลേฟ (autoclave Expansion) สูงสุดร้อยละ	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
3. ระยะเวลาก่อตัว (time of setting) (ให้เลือกทดสอบได้)					
3.1 ทดสอบแบบกิลโมร์ (Gillmore test)					
การก่อตัวระยะต้น (initial test)					
ไม่น้อยกว่า-นาที	60	60	60	60	60
การก่อตัวระยะปลาย (final set)					
ไม่เกินกว่า-ชั่วโมง	10	10	10	10	10
3.2 ทดสอบแบบไวแคต (Vicat test) การเริ่ม ก่อตัว ไม่น้อยกว่า – นาที	45	45	45	45	45
4. ปริมาณอากาศในมอร์ตาร์ (air content of mortar)					
เมื่อเตรียมและทดสอบตามวิธีมาตรฐาน					

ตาราง 5 (ต่อ)

เกณฑ์กำหนดคุณสมบัติทางเคมี	ประเภท หนึ่ง	ประเภท สอง	ประเภท สาม	ประเภท สี่	ประเภท ห้า
โดยปริมาตรสูงสุด ไม่มากกว่าร้อยละ	12	12	12	12	12
5. แรงอัด (compressive strength)					
แรงอัดของก้อนลูกบาศก์มอร์ต้า (mortar Cube) ซึ่งประกอบด้วยปูนซีเมนต์ 1 ส่วน และทรายมาตรฐานที่ร่อนได้ตามขนาด (graded standard sand) 2.75 ส่วน โดยน้ำหนัก เตรียมและทดสอบตามวิธีมาตรฐาน ต้องเท่ากับหรือมากกว่าค่าที่กำหนดตามเกณฑ์อายุข้างล่างนี้					
1 วันในอากาศชื้น กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร			120		
1 วันในอากาศชื้น กิโลกรัมต่อตาราง					
2 วันในน้ำ เซนติเมตร	85	70	210		
1 วันในอากาศชื้น กิโลกรัมต่อตาราง					
6 วันในน้ำ เซนติเมตร	150	130		55	105
1 วันในอากาศชื้น กิโลกรัมต่อตาราง					
27 วันในน้ำ เซนติเมตร	245	245		140	210
6. ความร้อนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่าง ซีเมนต์กับน้ำ (heat of hydration)					
7 วัน สูงสุด คาลอรีต่อกรัม		70			
28 วัน สูงสุด คาลอรีต่อกรัม		80			
7. การก่อตัวผิดปกติ (false set)					
ระยะจมสุดท้าย (final penetration)					
สูงสุด ร้อยละ	50	50	50	50	50
8. การขยายตัวเนื่องจากซัลเฟต (sulphate Expansion)					
14 วัน สูงสุด ร้อยละ					0.045

ที่มา : วินิต ช่อวิเชียร 2527 : 16

ความละเอียด (Fineness of Cement)

อัตราการทำปฏิกิริยาระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำยังขึ้นอยู่กับขนาดอนุภาคของปูนซีเมนต์ นอกเหนือไปจากส่วนประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ ถ้ามีปูนซีเมนต์สองอย่างที่มีน้ำหนักเท่ากันปูนซีเมนต์ชนิดที่มีขนาดอนุภาคละเอียดกว่าจะมีพื้นที่ผิว (surface area) มากกว่าปูนซีเมนต์ที่มีขนาดอนุภาคหยาบกว่า ซึ่งปูนซีเมนต์ที่ละเอียดกว่านี้จะทำปฏิกิริยากับน้ำได้เร็วกว่าและมีอัตราการก่อตัวและแข็งตัวเร็วกว่าด้วย อย่างไรก็ตาม ถ้าปูนซีเมนต์มีความละเอียดมากไป ผงปูนซีเมนต์จะทำปฏิกิริยากับความชื้นในอากาศก่อนและจับตัวกันเป็นก้อน ซึ่งทำให้คุณภาพของปูนซีเมนต์เสียไปได้

การทดสอบหาความละเอียดของปูนซีเมนต์ อาจทำได้โดยวิธี

1. หาสวนค้ำบนตะแกรงร่อนมาตรฐานเบอร์ 200 (ตะแกรงที่มี 200 ตาต่อ 1 นิ้ว หรือ 67 ตาต่อ 1 ซม.) วิธีนี้เป็นวิธีทดสอบหาความละเอียดของปูนซีเมนต์ที่ใช้กันมาเป็นเวลานานแล้ว โดยมาตรฐานอังกฤษ (ปี ค.ศ. 1947) ได้กำหนดว่า ส่วนที่ค้ำบนตะแกรงร่อนเบอร์ 200 นี้ จะต้องมีไม่มากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ในปัจจุบันได้เปลี่ยนไปใช้วิธีการอื่นเพื่อทดสอบความละเอียด ทั้งนี้เพราะว่าผงซีเมนต์มีความละเอียดมากขึ้น และสามารถลอดผ่านตะแกรงดังกล่าวได้มากขึ้น ถึง 90-95 เปอร์เซ็นต์ และเป็นเพราะการทดสอบนี้ไม่ได้ให้ความสัมพันธ์เกี่ยวกับขนาดของอนุภาคของผงปูนซีเมนต์ได้อย่างดี

2. โดยใช้เครื่องวัดความขุ่นแวกเนอร์ (Wagner Turbidimeter) ซึ่งประกอบด้วยต้นกำเนิดของแสงที่มีความเข้มคงที่ที่สามารถจัดให้รังสีของแสงที่ขนานกันส่องผ่านสารแขวนลอย (suspended cement) ของปูนซีเมนต์ที่ต้องการทดสอบ ซึ่งกระจายอยู่ในน้ำมันก๊าด (kerosene) ความขุ่นของสารแขวนลอยจะวัดได้โดยใช้โฟโตอิเล็กทริกเซลล์ที่ไวต่อแสง ต่อโดยตรงกับไมโครอิมมิเตอร์ ซึ่งความละเอียดของปูนซีเมนต์จะบอกเป็นพื้นที่ผิวจำเพาะ มีหน่วยเป็นพื้นที่ผิวทั้งหมด(ตารางเซนติเมตรต่อน้ำหนักของปูนซีเมนต์ตัวอย่าง (กรัม)

3. โดยใช้เครื่องหาความซึมอากาศเบลน (Blaine air-permeability apparatus) ประกอบด้วยการให้อากาศจำนวนจำกัดจำนวนหนึ่งไหลผ่านชั้นของปูนซีเมนต์ตัวอย่างที่มีความพรุนแน่นอนจำนวนและขนาดของรูพรุนของชั้นปูนซีเมนต์ที่มีความพรุนแน่นอนนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาคความละเอียดของปูนซีเมนต์ ในรูปของพื้นที่ผิวจำเพาะซึ่งคำนวณได้จากอัตราของอากาศที่ผ่านหรือเวลาที่ต้องการสำหรับปริมาตรที่กำหนดของอากาศผ่านชั้นปูนซีเมนต์ วิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายกว่าการทดสอบโดยใช้เครื่องวัดความขุ่นแวกเนอร์ จึงเป็นวิธีที่นิยมใช้ในปัจจุบัน

ปฏิกิริยาระหว่างซีเมนต์กับน้ำ (Hydration of Cement)

เมื่อผสมปูนซีเมนต์กับน้ำ ปฏิกิริยาทางเคมี ระหว่างซีเมนต์กับน้ำก็จะเริ่มขึ้นเรียกปฏิกิริยานี้ว่า ไฮเดรชัน (hydration) ยังผลให้เกิดความเหนียวและเกาะแน่นกับวัสดุผสม ความร้อนที่ได้จากการที่ซีเมนต์ทำปฏิกิริยากับน้ำเรียกว่า "heat of hydration" วัดเป็นคาลอรีต่อกรัมของปูนซีเมนต์ สำหรับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดาให้ความร้อนประมาณ 85 ถึง 100 คาลอรีต่อกรัม ความร้อนที่เกิดขึ้นนี้บางส่วนจะหนีผ่านเนื้อคอนกรีตออกมา แต่บางส่วนจะอยู่ภายในเนื้อคอนกรีต ถ้าความร้อนที่เกิดขึ้นภายในเนื้อคอนกรีตมีค่าสูง คอนกรีตอาจเสียความแข็งแรงได้ และความร้อนนี้จะทำให้เกิดหน่วยแรงต่าง ๆ ภายในเนื้อคอนกรีตซึ่งเป็นผลให้คอนกรีตแตกร้าว ในโครงสร้างคอนกรีตที่บาง ความร้อนสามารถถ่ายเทออกไปได้ แต่โครงสร้างคอนกรีตขนาดใหญ่และหนา เช่น เขื่อนจะต้องมีวิธีการออกแบบให้มีการถ่ายเทความร้อนที่ได้จากปฏิกิริยาระหว่างซีเมนต์กับน้ำให้เหมาะสม เพื่อป้องกันการแตกร้าวของคอนกรีต วิธีหนึ่งอาจทำได้โดยใช้ปูนซีเมนต์ให้ความร้อนของการทำปฏิกิริยาระหว่างซีเมนต์กับน้ำต่ำ

การทำปฏิกิริยาระหว่างซีเมนต์กับน้ำจะหยุดเมื่อน้ำหนีออกจากเฟสทั้งหมดแล้ว ดังนั้นการบ่มซึ่งเป็นวิธีการป้องกันการสูญเสียน้ำในคอนกรีตจึงนับว่าเป็นสิ่งสำคัญ เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา ระหว่างซีเมนต์กับน้ำ ให้เป็นไปอย่างสมบูรณ์นั้น ขึ้นอยู่กับปริมาณของปูนซีเมนต์ในส่วนผสม ชนิดของปูนซีเมนต์ ความละเอียดของปูนซีเมนต์และอุณหภูมิโดยรอบบริเวณ และสำหรับอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่ต่ำกว่า 0.55 โดยน้ำหนัก จะขึ้นอยู่กับน้ำจาก

ภายนอกด้วย ถ้าปมคอนกรีตที่ใช้กันตามธรรมดาเป็นเวลา 1 เดือน โดยให้อยู่ในสภาวะมาตรฐานของห้องทดลอง จะพบว่าปูนซีเมนต์จะทำปฏิกิริยากับน้ำกว่าร้อยละ 80 อย่างไรก็ตามสภาพในสนามคอนกรีตจะแห้ง ภายในเวลาไม่กี่วัน หลังจากนั้นปูนซีเมนต์ยังคงทำปฏิกิริยากับน้ำต่อไป โดยอาศัยน้ำที่ซึมจากใต้ดิน หรือจากความชื้นในขณะฝนตกหรือใน ขณะที่ความชื้นในอากาศสูง ดังนั้นภายใต้ภาวะแวดล้อมธรรมดาการทำปฏิกิริยาของซีเมนต์กับน้ำจะยังคงมีต่อไปอีกหลายปี

การก่อตัวและการแข็งตัว (Setting and Hardening Process)

เมื่อปูนซีเมนต์ผสมรวมกันกับน้ำ จะได้ซีเมนต์เพสต์ (Cement Paste) มีลักษณะนุ่มเหลวปั้นง่าย ถ้าปล่อยทิ้งไว้โดยไม่รบกวน ในไม่ช้าซีเมนต์เพสต์จะสูญเสียความไม่คืนตัวและถึงสถานะที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ โดยปราศจากการแตกหัก การเปลี่ยนภาวะนี้เรียกว่าการก่อตัวและการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ ตามปกติการก่อตัวเป็นกอนแข็งมีขึ้นภายในเวลาสองสามชั่วโมง ซึ่งเกิดการแข็งตัวตามมาโดยอาจใช้เวลาเป็นเดือนหรือปี ซึ่งขึ้นอยู่กับการทำปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างซีเมนต์กับน้ำ

ระยะเวลาการก่อตัว (Setting Time) หมายถึง เวลาที่ส่วนผสมของปูนซีเมนต์และน้ำใช้ในการเปลี่ยนจากสภาพเหลวไม่คืนตัว (Plastic State) เป็นกอนแข็ง การหาระยะเวลาการก่อตัวของซีเมนต์เพสต์นี้เป็นสิ่งจำเป็น ทั้งนี้เพื่อให้ทราบถึงระยะเวลาที่จะต้องทำงานให้เสร็จ (ได้แก่ การเท การเขย่า การตบแต่ง เป็นต้น) ก่อนที่ซีเมนต์เพสต์หรือคอนกรีตนั้นจะแข็งตัว การทดสอบหาระยะเวลาการก่อตัว (ระยะต้นและระยะปลาย) อาจทำได้โดยการทดสอบแบบกิลโมร์ (Gillmore Test) หรือใช้การทดสอบแบบไวแคต (Vicat Test) ซึ่งหาได้จากการจมของเข็มที่มีขนาดและน้ำหนักตามที่กำหนดในมาตรฐาน มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนดว่า ระยะเวลาการก่อตัวจะต้องไม่น้อยกว่า 45 นาที หลังจากผสมเสร็จ และไม่เกินกว่า 10 ชั่วโมง

โดยทั่วไปการก่อตัวจะเร็วขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างซีเมนต์กับน้ำ ปริมาณของน้ำที่ใช้ในการผสมปูนซีเมนต์มีอิทธิพลมากต่อระยะเวลาการก่อตัวและแข็งตัว การผสมเปี้ยกมีการก่อตัวช้ากว่าการผสมแห้ง ด้วยเหตุนี้ในการทดสอบหาระยะเวลาการก่อตัว จึงได้กำหนดให้ใช้ปริมาณน้ำเพื่อผสมปูนซีเมนต์ ให้ได้ซีเมนต์เพสต์ ที่ภาวะมาตรฐานคงที่เสมอ เรียกภาวะนี้ว่า ความชื้นเหลวปกติ (normal consistency) ซึ่งเป็นปริมาณน้ำที่ต้องการที่จะทำให้เข็มไวแคตขนาดมาตรฐานจมลง 10 มิลลิเมตร ภายในเวลา 30 วินาที ของการทดสอบตามมาตรฐานอเมริกัน

นอกจากนี้ ส่วนผสมและขนาดอนุภาคของปูนซีเมนต์ ยังมีผลต่อระยะเวลาการก่อตัวอีกด้วย ถ้าลดปริมาณของยิปซัมลง ระยะเวลาการก่อตัวจะน้อยลง นั่นคือเพสต์จะแข็งตัวเร็วขึ้น ปูนซีเมนต์ที่มีความละเอียดกว่าจะทำปฏิกิริยาทางเคมีเร็วขึ้น ทำให้การก่อตัวเร็วขึ้นด้วย

2.3 น้ำ ที่ใช้ผสมคอนกรีต ต้องสะอาด มีความขุ่นไม่เกิน 2,000 ppm. ปราศจากกรด ด่าง น้ำมันและสารอินทรีย์ ที่จะทำอันตรายต่อคอนกรีต โดยปกติจะใช้น้ำประปาและน้ำจืดจากแหล่งน้ำธรรมชาติ (วินิต ช่อวิเชียร. 2529:48)

หน้าที่ของน้ำ

1. ทำให้ปูนซีเมนต์และวัสดุผสมมีความชื้น สะดวกต่อการเทและอัดตามแบบ
2. ทำให้วัสดุผสมยึดเกาะแน่นขึ้นด้วยปูนซีเมนต์เป็นตัวยึดเกาะโดยรอบ ทำให้แข็งแรงขึ้น น้ำที่ใช้ควรปราศจากฝุ่น น้ำตาล โซเดียม ฟอสเฟต โบรอน กรดแทนนิก และสารอินทรีย์อื่น ๆ ปะปนอยู่ เพราะจะทำให้เนื้อแข็งตัวช้า หรือกำลังอัดลดลงได้โดยเฉพาะเกลือ แร่เหล็กและกรดแทนนิก ซึ่งจะทำให้เกิดรอยเปื้อน และสีเปรอะเปื้อนไม่สวย (สุพรรณิ มีกุล. 2540: 47)

3. ฝ้าผนังและฝ้าเพดาน

ฝ้าผนัง

ฝ้าผนังนอกจากจะทำหน้าที่แบ่งแยกสิ่งที่อยู่ภายนอกบ้านกับสิ่งที่อยู่ภายในบ้านแล้ว ผนังอาคารยังเป็นสิ่งปกป้องภัยให้แก่ ชีวิตและทรัพย์สินภายในบ้านทั้งจากโจรผู้ร้ายและจากสภาพดินฟ้าอากาศต่างๆ ที่ก่อสร้างขึ้นมาอย่างผิดหลัก หรือขาดความประณีตนอกจากจะทำให้แลดูไม่สวยงามแล้ว ยังจะก่อให้เกิดการแตกร้าว หรือรื้อซึมอันจะเป็นปัญหาแก่ผู้อยู่อาศัยในภายหลัง ในทางตรงกันข้ามผนังที่ก่อสร้างขึ้นมาอย่างถูกต้องหลักและมีความประณีตย่อมจะให้ความสวยงามและปกป้องคุ้มภัยให้แก่ผู้อยู่อาศัยไปนานแสนนาน การก่อผนังสำหรับอาคารบ้านเรือนในปัจจุบันสามารถทำได้หลายแบบโดยแบ่งแยกตามกรรมวิธีและวัสดุที่ใช้ ที่พบเห็นกันบ่อยๆ ในปัจจุบันดังต่อไปนี้

3.1 ฝ้าผนังก่ออิฐฉาบปูน ผนังชนิดนี้เป็นชนิดที่พบเห็นกันบ่อยที่สุดเพราะนิยมทำกันทั่วไป ก่อด้วยอิฐมอญแล้วฉาบปูนทับเพื่อให้ผิวเรียบ หรือก่อเป็นอิฐโชว์ ทำได้ทั้งผนังรอบนอกของอาคารและผนังกันห้องภายใน ให้ความแข็งแรงทนทานและคุ้มแดดคุ้มฝนได้ดีไม่ค่อยดูดซึมหรือเก็บความชื้น

3.2 ฝ้าผนังอิฐบล็อก ผนังชนิดนี้สามารถพบเห็นได้บ่อยเช่นกัน ส่วนใหญ่มักจะทำเป็นกำแพงรั้ว ผนังตัวโรงงาน หรือโกดังเก็บของโดยไม่จำเป็นต้องฉาบปูนทับ ผนังชนิดนี้ให้ความแข็งแรง ทนทานน้อยกว่าผนังก่ออิฐมอญ อีกทั้งการดูดซึมน้ำหรือเก็บความชื้นก็มีมากกว่าเพราะเนื้อของอิฐบล็อกโปร่งและกลวง ทำให้ขึ้นราหรือเกิดตะไคร่น้ำได้ง่าย การนำอิฐบล็อกไปก่อเป็นผนังของตัวอาคารบ้านเรือนแล้วฉาบปูนทับให้เรียบแทนการใช้อิฐมอญยังคงมีพบเห็นได้บ้าง โดยเฉพาะอาคารพาณิชย์ราคาถูกๆ เนื่องจากผนังประเภทนี้มีราคาถูก แต่ก็ไม่ค่อยนิยมทำกันมากนักเนื่องจากเหตุผลข้างต้นที่ได้กล่าวมาแล้ว

3.3 ฝ้าผนังยิปซัมโครงเคร่าอลูมิเนียม ผนังชนิดนี้นิยมทำกันแพร่หลายเพราะทำได้เฉพาะ รวดเร็ว น้ำหนักเบา อีกทั้งราคาย่อมเยา แต่ไม่ค่อยแข็งแรงและไม่กันน้ำ จึงมักทำเป็นผนังกันห้องภายในเท่านั้น โดยเฉพาะการตกแต่งกันห้องสำหรับสำนักงานหรืออาคารพาณิชย์ที่ก่อสร้างตัวอาคารไว้ก่อนแล้ว นิยมทำกันมากเพราะให้ความคล่องตัวสูง แต่สำหรับบ้านเรือนที่ปลูกใหม่ในปัจจุบันมักจะทำกันห้องด้วยผนังก่ออิฐฉาบปูนมากกว่าเพราะให้ความแข็งแรงกว่า

3.4 ฝ้าผนังกระเบื้องเรียบโครงไม้ ผนังชนิดนี้มีคุณสมบัติและกรรมวิธีการสร้างคล้ายคลึงกับผนังยิปซัมข้างต้น แต่เนื่องจากกระเบื้องแผ่นเรียบเป็นวัสดุที่ไม่เกิดความเสียหายเมื่อถูกน้ำ ฉะนั้นผนังชนิดนี้จึงสามารถใช้ทำผนังได้ทั้งภายนอกและภายในของตัวอาคาร แต่ก็ไม่ค่อยแข็งแรงนัก มักใช้กับบ้านเรือนขนาดเล็กที่ต้องการประหยัด ซึ่งสามารถพบเห็นได้บ่อยในสมัยก่อน แต่ปัจจุบันไม่ค่อยนิยมใช้กันแล้วเนื่องจากกระเบื้องแผ่นเรียบมีความยืดหยุ่นน้อย จึงเกิดรอยแตกร้าวได้ง่ายเมื่อโครงสร้างไม้เกิดการยืดหรือหดตัว อีกทั้งไม่มีราคาแพงขึ้น นอกจากนี้ผนังยังมีผนังในรูปแบบอื่น เช่น ผนังคอนกรีตสำเร็จรูป ผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก ผนังคอนกรีตมวลเบา ผนังไม้เฒ่า และอื่นๆ ซึ่งมักใช้กับอาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่มากกว่า

ฝ้าเพดาน

ฝ้าเพดานในปัจจุบันอาคารบ้านเรือนแทบทุกแห่งจะต้องมีการบุฝ้าเพดานตามห้องต่างๆ เพื่อความสวยงาม โดยเฉพาะห้องชั้นบนสุดเพื่อไม่ให้เห็นโครงหลังคาและแผ่นกระเบื้อง ส่วนห้องชั้นล่างที่ด้านเป็นพื้นหล่อหรือพื้นแผ่นเรียบอาจบุฝ้าเพดานหรือไม่ก็ได้ ขึ้นอยู่กับความต้องการความสวยงามเทียบกับความต้องการประหยัดของเจ้าของบ้านแต่ละราย เจ้าของบ้านบางรายอาจเห็นว่าการบุฝ้าเพดานไม่ใช่สิ่งจำเป็นมากนักสำหรับการอยู่อาศัย บ้านที่ไม่ได้บุฝ้าเพดานก็ยังสามารถอยู่อาศัยได้ สามารถคุ้มแดดคุ้มฝนได้ แต่อย่างไรก็ตาม การมีฝ้าเพดานจะเป็นประโยชน์ต่อผู้อยู่อาศัยหลายประการ เช่น ทำให้เกิดความสวยงามเรียบร้อย ช่วยปิดซ่อนการเดินท่อและสายไฟต่างๆ ด้านบนเอาไว้ ป้องกันฝุ่นตามร่องหลังคาที่อาจหลุดร่วงลงมา ช่วยให้การวางตำแหน่งดวงไฟต่างๆ ได้สะดวก

และช่วยลดความร้อนจากหลังคาด้านบน เมื่อเป็นเช่นนี้แล้วจะเห็นว่าการบุฝ้าเพดานก็เป็นสิ่งจำเป็นอย่างหนึ่ง และให้ประโยชน์ใช้สอยอย่างคุ้มค่าทีเดียวเจ้าของบ้าน จึงไม่ควรจะมองข้ามความสำคัญนี้ไป เนื่องจากประโยชน์ใช้สอยของฝ้าเพดานมีอยู่หลายแง่ หลายมุมดังกล่าวแล้ว ฝ้าเพดานที่ผลิตออกมาในท้องตลาดจึงมีหลายแบบหลายชนิด เพื่อสนองความต้องการในการใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ทั้งนี้การแบ่งชนิดของฝ้าเพดานจะขึ้นอยู่กับวัสดุและองค์ประกอบของวัสดุที่ใช้เป็นส่วนใหญ่ วัสดุที่ใช้ทำฝ้าเพดานสำหรับบ้านเรือนทั่วไปที่มีจำหน่ายอยู่ตามท้องตลาดแบ่งออกได้เป็น 4 ชนิดใหญ่ ๆ คือ

3.5 ฝ้าเพดานกระเบื้องแผ่นเรียบ ซึ่งมีชื่อเดิมว่ากระเบื้องซีเมนต์ใยหินแผ่นเรียบ (asbestos cement sheet) เป็นวัสดุก่อสร้างพื้นฐานที่รู้จักและใช้กันมาเป็นเวลานาน มีคุณสมบัติที่แข็งแรง ไม่ติดไฟ ทนต่อน้ำ และความชื้น จึงสามารถใช้ทำได้ทั้งผนังของบ้านและฝ้าเพดาน แต่กระเบื้องแผ่นเรียบมีข้อเสียบางประการ เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงจึงยึดหยุ่นได้น้อย เมื่อโครงไม้ที่กระเบื้องแผ่นเรียบยึดติดอยู่เกิดการยืดหดตัว เนื่องจากอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงก็จะทำให้กระเบื้องแผ่นเรียบเกิดรอยแตกร้าวได้ง่าย นอกจากนี้การใช้กระเบื้องแผ่นเรียบยังเกิดร่องหรือรอยต่อระหว่างแผ่นซึ่งดูไม่สวยงาม ปัจจุบันความนิยมในการใช้กระเบื้องแผ่นเรียบลดน้อยลง เนื่องจากข้อเสียดังกล่าว ประกอบกับมีวัสดุอื่นที่มีคุณภาพดีกว่ามาทดแทน แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากกระเบื้องแผ่นเรียบยังมีคุณสมบัติเด่นคือทนต่อน้ำและความชื้น จึงยังคงมีผู้ใช้กันอยู่ ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ในการทำฝ้าเพดานตามชายคา บริเวณบ้าน หรือโรงรถที่มักจะมีความชื้นจากน้ำฝน

3.6 ฝ้าเพดานแผ่นยิปซัม (gypsum board) เป็นวัสดุก่อสร้างที่ใช้สำหรับบุฝ้าเพดานและกันห้อง ภายในที่นิยมใช้กันแพร่หลายในปัจจุบัน มีคุณสมบัติเด่น คือ น้ำหนักเบา ติดตั้งง่าย ให้ความประณีตสวยงาม มีลวดลายต่างๆ ให้เลือก และยังมีหลายชนิดหลายขนาดให้เลือก ใช้ตามวัตถุประสงค์ที่ต่างกัน เช่น แผ่นยิปซัมชนิดธรรมดา ชนิดทนความชื้น ชนิดมีอะลูมิเนียมฟอยล์กันความร้อน นอกจากนี้ ยังมีทั้งชนิดแผ่นใหญ่สำหรับการติดตั้งฝ้าเพดานแบบฉาบเรียบไร้รอยต่อ และชนิดแผ่นเล็กสำหรับการติดตั้งฝ้าแบบแขวน (ที-บาร์) ซึ่งสามารถประกอบใส่และถอดออกได้โดยง่าย

3.7 ฝ้าเพดานชนิดทำด้วยไม้ ฝ้าเพดานชนิดนี้ทำด้วยไม้ไม่มีใช้วัสดุสำเร็จรูปที่ใช้ทำฝ้าเพดานโดยเฉพาะ แต่จะเป็นลักษณะของฝาระแนงไม้ โดยการนำไม้ที่มีลักษณะเป็นแผ่นยาวหน้าแคบมาวางเรียงกันโดยแต่ละแผ่นอาจเว้นช่องเล็กน้อย เมื่อบุเสร็จแล้วฝ้าเพดานจะมีลักษณะเป็นซี่ไม้วางเรียงกัน ส่วนใหญ่มักใช้ทำฝ้าเพดานสำหรับชายคาภายนอกฝ้าเพดานชนิดทำด้วยไม้มีข้อดีคือให้ความสวยงามแปลกตาเป็นธรรมชาติ แต่ก็มีข้อเสียหลายประการ คือ วัสดุที่ทำด้วยไม้มีราคาแพง ติดไฟง่าย เกิดการผุกร่อนได้เมื่อใช้ไปนานปี ฝ้าเพดานชนิดนี้ถ้าการวางไม้แต่ละซี่เว้นช่องห่างมากเกินไป ก็จะเป็นที่อยู่อาศัยของแมลงต่างๆ และเป็นที่สะสมสิ่งสกปรก บางแห่งจำเป็นต้องบุฉนวนในลอนเพิ่มเติมเข้าไป เพื่อป้องกันปัญหาดังกล่าวซึ่งก็เป็นการเพิ่มขั้นตอนและค่าใช้จ่ายอีก ฝ้าเพดานชนิดนี้จึงไม่ค่อยมีผู้นิยมใช้กันมากนัก

3.8 ฝ้าเพดานชนิดทำด้วยอะลูมิเนียม ฝ้าเพดานชนิดทำด้วยอะลูมิเนียมนี้ จะมีลักษณะและหน้าตาคล้ายกับฝ้าเพดานชนิดทำด้วยไม้ข้างต้น คือจะเป็นการนำซี่อะลูมิเนียมมาวางเรียงกันโดยการสวมประกอบเข้าร่อง เมื่อบุเสร็จแล้วฝ้าเพดานจะมีลักษณะ เป็นซี่คล้ายกับฝ้าเพดานที่ทำด้วยไม้ แต่จะไม่มีช่องว่างระหว่างซี่ ดังเช่นฝ้าเพดานที่ทำด้วยไม้เพราะเป็นการสวมเข้าร่อง ฝ้าเพดานชนิดทำด้วยอะลูมิเนียมมีข้อดี คือ ให้ความสวยงามแปลกตาและไม่ติดไฟ แต่มีข้อเสียคือไม่กันความร้อน และดูแข็งกระด้างไม่เป็นธรรมชาติ ส่วนใหญ่มักใช้ทำฝ้าเพดานสำหรับชายคา ภายนอกอาคารที่มี ลักษณะเป็นห้างร้านมากกว่าที่จะพบเห็นตามบ้าน นอกจากวัสดุที่กล่าวถึงข้างต้นแล้ว ยังมีวัสดุอีกชนิดหนึ่งซึ่งสามารถนำมาทำเป็นฝ้าเพดานได้ เช่นกัน ได้แก่ ไม้อัด ไม้อัดเป็นวัสดุที่นิยมใช้กันมาก ในงานทำเฟอร์นิเจอร์และงานตกแต่งต่างๆ ในด้านของงานก่อสร้างก็มีการนำมาใช้กันบ้าง เพื่อทำผนังกันห้องและฝ้าเพดาน ข้อดีของไม้อัด คือ มีน้ำหนักเบา ติดตั้งง่าย ราคาไม่แพง แต่มีข้อเสีย คือ ติดไฟง่าย

ชั้นร่างกาย และถ้าเป็นไม้ที่คุณภาพไม่ดีจะแตกปริ และเสื่อมสภาพได้เร็ว ปัจจุบันยังมีการใช้ไม้ัดทำผนังกันห้องกันบ้าง เนื่องจากให้ความสวยงามเป็นธรรมชาติของลายไม้ แต่ไม่ค่อยนิยมนำมาปูฝ้าเพดานเนื่องจากข้อเสียดังกล่าว ประกอบกับมีวัสดุทดแทนชนิดอื่นที่มีคุณภาพดีกว่ามาใช้แทน ได้แก่ แผ่นยิปซัมและกระเบื้องแผ่นเรียบตามที่ได้กล่าวไปแล้ว

4. มาตรฐานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง (มอก. 878-2532) และการทดสอบ

4.1 ลักษณะทั่วไป

แผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ต้องมีความหนา ความแน่น และความเรียบสม่ำเสมอทั้งหมดทั้งแผ่น ขอบจะต้องตั้งได้ฉากกับระนาบผิวการทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

(กระทรวงอุตสาหกรรม มอก.878-2532:6)

4.2 ความหนาแน่น คือ การหาค่าน้ำหนักในหนึ่งหน่วยปริมาตรที่ระดับความชื้นระดับหนึ่งระดับใด ในการหาความหนาแน่นของวัสดุแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์จะต้องชั่งน้ำหนัก และวัดปริมาตรโดยสับปรดออกมา แล้วนำมาคำนวณหาความหนาแน่น ความหนาแน่นเฉลี่ยต้องอยู่ในช่วง 1 100 ถึง 1300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

หาค่าความหนาแน่นจากสูตร

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

(กระทรวงอุตสาหกรรม มอก. 878-2532 : 15)

4.3 ความชื้น คือการหาปริมาณของน้ำที่แฝงอยู่ในผลิตภัณฑ์ ทำให้มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามปริมาณของน้ำที่เปลี่ยนไป ในการหาความชื้นจะชั่งน้ำหนักของวัสดุแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์และน้ำหนักที่หลังการนำวัสดุแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์อบไล่ความชื้น เพื่อหาปริมาณความชื้นที่เหมาะสมและสมควรมีได้ ความชื้นเฉลี่ยต้องอยู่ในช่วงร้อยละ 9 ถึง ร้อยละ 15

หาค่าความชื้นจากสูตร

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

(กระทรวงอุตสาหกรรม มอก. 878-2532 : 17)

4.4 การพองตัวเมื่อแช่น้ำ คือ การหาค่าการดูดความชื้นเข้าไปในช่วงที่มีปริมาณความชื้นต่ำกว่าจุดหมาดก็จะทำให้ผลิตภัณฑ์พองตัวขึ้น ซึ่งจะทำให้การเปลี่ยนแปลงขนาดของวัสดุแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์

หาค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำจากสูตร

$$\text{การพองตัวเมื่อแช่น้ำ} = \frac{\text{ความหนาแน่นหลังแช่น้ำ(มม.)} - \text{ความหนาแน่นก่อนแช่น้ำ(มม.)}}{\text{ความหนาแน่นก่อนแช่น้ำ(มม.)}} \times 100$$

(กระทรวงอุตสาหกรรม มอก. 878-2532 : 19)

4.5 การหาค่าความต้านแรงดัด คือ การหาค่าเมื่อมีน้ำหนัก หรือแรงกดจากภายนอกมากระทำต่อพื้นที่ ผิวบนวัสดุแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ โดยการใช้น้ำหนักกดลงบนจุดแบ่งสามจุด และมีจุดรับน้ำหนัก 2 จุด จุดกึ่งกลางเป็นจุดที่แรง หรือน้ำหนักที่มากระทำบนพื้นที่ผิวของวัสดุแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์จนเกิดสภาพการดัดงอและหัก เพื่อจะดูกำลังต้านทานแรงดัดของวัสดุแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ (วินิต ช่อวีเชียร. 2529 : 137)

หาค่าความต้านแรงดัดจากสูตร

$$\text{ความต้านแรงดัด}(f) = \frac{3wl}{2bd^2}$$

f คือ ความต้านแรงดัด หน่วยเป็นเมกะพาสคัล

w คือ แรงกดสูงสุดที่ขึ้นทดสอบรับได้ หน่วยเป็นนิวตัน

l คือ ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของแท่นรองรับ หน่วยเป็นมิลลิเมตร

b คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ หน่วยเป็นมิลลิเมตร

d คือ ความหนาเฉลี่ยของชิ้นทดสอบ หน่วยเป็นมิลลิเมตร

(กระทรวงอุตสาหกรรม มอก. 878-2532 : 21)

4.6 การหาค่ามอดูลัสยืดหยุ่น คือ การทดสอบหาสภาพการยืดหยุ่นของวัสดุแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ เมื่อน้ำหนักหรือแรงกระทำทำให้เกิดการเสียรูปอย่างถาวรจนชิ้นงานแตกหัก ซึ่งจะเกิดจากหน่วยแรงต่อหน่วยการหดตัวเรียกว่า มอดูลัสยืดหยุ่น การวิจัยครั้งนี้จะทดสอบหาค่ามอดูลัสยืดหยุ่นแบบ initial tangent modulus คำนวณจากความลาดเอียงของเส้นสัมผัส ซึ่งได้จากการลากเส้นให้สัมผัสกับเส้นสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและหน่วยการหดตัว ณ จุดเริ่มต้น (วินิต ช่อวีเชียร. 2529 : 147)

หาค่ามอดูลัสยืดหยุ่นจากสูตร

$$E = \frac{I^3 \Delta w}{4bd^3 \Delta s}$$

E คือ มอดูลัสยืดหยุ่น หน่วยเป็นเมกะพาสคัล

l คือ ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของแท่นรองรับเป็นมิลลิเมตร

Δw คือ แรงกดที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง หน่วยเป็นนิวตัน

b คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ หน่วยเป็นมิลลิเมตร

Δs คือ ระยะแอนตัวที่เพิ่มขึ้น ในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง หน่วยเป็นมิลลิเมตร

4.7 การหาค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า คือ การหาค่าถ้ามีแรงที่มาดึงผิวหน้าในลักษณะตั้งฉากแล้ว วัสดุแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์จะมีความต้านแรงดึงเท่าใด การทดสอบจะกระทำโดยนำวัสดุแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ติดกาวยึดพอฟซ์กับวัสดุไม้ผิวหน้าเรียบทั้ง 2 ด้าน ซึ่งจะใช้แรงดึงผิวหน้าจนชิ้นทดสอบเกิดการแตกหัก จะต้องเกี่ยว

พันกับแรงดึงสูงกับความกว้างความยาวของชิ้นทดสอบและนำมาคำนวณหาค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (วินิต ช่อวิเชียร. 2529 : 135)

หาค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าจากสูตร

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

(กระทรวงอุตสาหกรรม มอก. 878-2532 : 23)

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับวัสดุต่างๆในการทำผนังและฝ้าเพดาน โดยใช้วัตถุดิบที่เหลือจากการเกษตรมาทำให้เกิดประโยชน์ เพื่อลดปริมาณขยะหรือวัสดุเหลือทิ้งที่ก่อให้เกิดการนำเสีย ส่งกลิ่นเหม็น และลดปริมาณมลพิษทางอากาศที่เกิดจากการเผาทำลายวัสดุที่เหลือทิ้งที่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศ จึงทำให้มีหน่วยงาน สถาบันการศึกษาต่างๆ ตื่นตัวหันมาให้ความสำคัญของปัญหาดังกล่าว โดยมีการทำวิจัย ค้นคว้า หาวิธีกำจัดและนำวัสดุเหลือทิ้งมาทำให้เกิดประโยชน์ ทำเป็นผลิตภัณฑ์หรือวัสดุก่อสร้างชนิดต่างๆ ที่มีคุณภาพและคุณสมบัติที่ได้ตรงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เช่น งานวิจัยของ สโรชา เจริญวัย. (2544 : บทคัดย่อ) ที่ศึกษาโดยการนำเอาเปลือกทุเรียน เส้นใยมะพร้าวมาเป็นส่วนผสมในการทำเป็นส่วนผสมในการทำเป็นวัสดุก่อสร้างที่มีค่า การนำความร้อนต่ำ ไม่อบความร้อน เหมาะสมสำหรับที่จะนำมาใช้ทำเป็นผนังและฝ้าเพดานภายในอาคาร เพื่อช่วยลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร และลดกระแสไฟฟ้าจากการเปิดพัดลมและเครื่องปรับอากาศ และงานวิจัย แผ่นใยปาล์ม-ซีเมนต์ ของ สุทัศน์ สุวรรณสินธุ์. (2532 : 5-7) วัตถุประสงค์ของงานวิจัยมุ่งจะใช้ประโยชน์จากเส้นใยปาล์มจากโรงงานหีบน้ำมันปาล์มใช้ทำวัสดุก่อสร้างประเภทฝ้ากันห้อง ฝ้าเพดาน โดยศึกษาทดสอบคุณสมบัติทางกลศาสตร์ และทางฟิสิกส์ของแผ่นใยปาล์ม-ซีเมนต์เปรียบเทียบกับแผ่นใยไม้-ซีเมนต์ ที่มีขายในท้องตลาด วัสดุที่นำมาใช้ได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมกับเถ้าแกลบ ในอัตราส่วน 30:70 โดยน้ำหนักและผสมเส้นใยปาล์ม วิธีการผลิตนำวัสดุเส้นใยปาล์มมีขนาด 60X60X25 เซนติเมตร ใยปาล์ม 1,800 กรัม ซีเมนต์กับเถ้าแกลบ 6,000 กรัม และน้ำ 4,860 กรัม(4.8ลิตร) ผลการวิจัยพบว่าแผ่นใยปาล์ม-ซีเมนต์ ที่มีคุณสมบัติทางฟิสิกส์ และทางกลศาสตร์ เทียบเท่ากับแผ่นใยไม้-ซีเมนต์ แต่ราคาต่ำกว่า

นอกจากนี้ยังมีการวิจัยเพื่อหาคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของสารประกอบเส้นใยพืชชนิดต่างๆกับซีเมนต์ จากงานวิจัยเรื่องแผ่นซีเมนต์ผสมใยพืช ของ ชัยรัตน์ สุวพัฒน์ และคนอื่นๆ (2533 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาซีเมนต์ผสมใยพืชเป็นการทดลองเพื่อหาคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของสารประกอบใยพืชชนิดต่างๆกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ โดยใยพืชที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้แก่ ใยมะพร้าว ใยผักตบชวา หญ้าคา ฟางข้าว และซีเมนต์ผงประเภท 1 (ตราช้าง ตราเพชร หรือตราพญานาคเขียว) เป็นตัวยึดสาน ส่วนใยพืชใช้เป็นวัตถุเพื่อเสริมกำลังให้มีความเหนียวสามารถรับแรงได้มากขึ้นและมีน้ำหนักเบา ซึ่งมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในลักษณะต่างๆกัน และมีการทดลองเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกล คุณลักษณะที่ทดสอบได้แก่ คุณสมบัติในการรับแรงอัด แรงดัด และการดูดซับน้ำ ตัวแปรหลักที่ใช้ในการทดสอบนี้ได้แก่ อัตราส่วนของใยพืชต่อซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และน้ำหนักต่อหน่วยของสารประกอบทั้งนี้จุดประสงค์หลักคือ ต้องการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดของใยพืชต่อซีเมนต์ เพื่อนำไปใช้ในงานก่อสร้าง เช่น ทำเป็นผนัง ไม้แบบหรือฝ้าเพดาน จากการทดลองพบว่า สามารถที่จะนำใยมะพร้าวมาใช้เป็นวัตถุเสริมกำลังในสารประกอบซีเมนต์ได้อย่างดี และสามารถผสมใยมะพร้าวลงในปริมาณมากพอสมควร ซึ่งทำให้มีน้ำหนักเบา ส่วนใยพืชผักตบชวามี

วิวัฒน์ คลังวิจิตร. (2535 : 5-6) โดยนำใยมะพร้าวหรือผักตบชวามาเป็นวัตถุดิบผสมกับปูนซีเมนต์เก่าเคลือบปูนขาวและน้ำ เพื่อเป็นวัสดุแผ่นทดแทนไม้ พบว่าใยมะพร้าวผสมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เก่าเคลือบปูนขาว เป็นตัวเสริมกำลัง ความหนาแน่น ความต้านทานแรงดัด และความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าได้ดีกว่าเส้นใยผักตบชวา และ(Krenchel. 1974 : 45-78) กล่าวว่าถ้านำเส้นใยพืชเซลลูโลสมาผสมกับปูนซีเมนต์ ในอัตราส่วนไม่เกินร้อยละ15-20ทำให้มีความสามารถรับแรงอัด แรงอัดและลดสภาพการเปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากความชื้นได้

นิลสัน. (Nilsson : 1973) ทำการทดลองโดยใช้เส้นใยป่านศรนารายณ์ยาว 10-30 มิลลิเมตร เสริมในคอนกรีตพบว่า สามารถช่วยเพิ่มกำลังรับแรงดึงภายใต้แรงดัดได้ และความเหนียว(toughness) ของคอนกรีตเพิ่มขึ้น เมื่อใช้เส้นใยในลักษณะต่อเนื่อง และยังทำการทดลองต่อด้วยการนำคอนกรีตไปบ่มในสารละลายที่เป็นด่าง นาน 5 เดือน พบว่ากำลังรับแรงดึงลดลงเหลือร้อยละ 25 สรุปได้ว่าสารละลายที่เป็นด่างจะมีอิทธิพลทำให้กำลังของเส้นใยป่านศรนา รายณ์ลดลงร้อยละ 75

วัลตัน และ มาจุมดาร์. (Walton และ Mjumdar : 1975) ทำการศึกษาโดยใช้เส้นใยปอแก้ว (jute fiber) เสริมในแผ่นซีเมนต์พบว่า กำลังแรงดัดของแผ่นซีเมนต์เสริมเส้นใยปอแก้วจะเพิ่มขึ้นสูงสุด ที่ปริมาณเส้นใยร้อยละ 2 โดยปริมาตร หลังจากนั้นกำลังรับแรงดัดก็จะลดลง การลดลงของกำลังรับแรงดัด เกิดขึ้นเพราะมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณฟองอากาศ ในแผ่นซีเมนต์ผสมเส้นใยปอแก้วมาก และการกดอัดแผ่นซีเมนต์ไม่แน่นพอ

ซอนสเวลด์. (Zonsveld : 1976) ทำการศึกษาเปรียบเทียบการเพิ่มขึ้นของกำลังรับแรงกระแทก (impact strength) กับระยะเวลาในการบ่ม (curing period) ของคอนกรีตผสมเส้นใยปอแก้ว(ปริมาณเส้นใยร้อยละ 3 โดยปริมาตร)และคอนกรีตเสริมเส้นใยมะพร้าว (ปริมาณเส้นใยร้อยละ 3 โดยปริมาตร) โดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.5 ทำการทดสอบที่อายุบ่มครบ 7,21 และ 90 วัน พบว่าคอนกรีตผสมเส้นใยจะมีกำลังรับแรงกระแทกสูงกว่าคอนกรีตปกติ และที่อายุการบ่ม 7 และ 21 วัน คอนกรีตผสมเส้นใยมะพร้าวจะมีค่าความต้านทานต่อแรงกระแทกสูงกว่าคอนกรีตผสมเส้นใยปอแก้ว แต่ที่อายุการบ่ม 90วัน กำลังรับแรงกระแทกจะมีค่าใกล้เคียงกัน

แคมป์เบลล์ และ โคตส์.(Campbell และ Coutts : 1975) ทำการศึกษาเส้นใยไม้จากโรงงานกระดาษ เส้นใยไม้จากโรงงานแผ่นไม้อัด และเส้นใยไม้จากกระดาษที่ใช้แล้ว เช่น ถุงกระดาษ หนังสือพิมพ์ เป็นต้น ทำการผสมซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ 2 กิโลกรัม เส้นใยไม้ 50 กรัม(ร้อยละ2.5ของซีเมนต์) น้ำ 750 มิลลิเมตร(น้ำต่อซีเมนต์=0.36) โดยแช่น้ำใยไม้ในสารละลายแคลเซียมร้อยละ 5 จำนวน 1 ลิตรเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วกรองออกก่อนผสมซีเมนต์ทำการผสมเป็นเวลา 5 นาที หล่อเป็นแผ่นทดลองขนาด 50x50x6 มิลลิเมตร เพื่อทดสอบกำลังรับแรงดัด และแผ่นทดลองขนาด 150x150x6 มิลลิเมตร เพื่อทดสอบกำลังรับแรงกระแทก ได้ผลสรุปว่า กำลังรับแรงดัดและกำลังรับแรงกระแทกมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความยาวของเส้นใยไม้

ชาฟีก. (Shafiq : 1987) ทำการศึกษาความทนทานของเส้นใยธรรมชาติที่ผสมเพิ่มลงในมอร์ตาร์ โดยการใช้ซีเมนต์เก่าเคลือบเข้าแทนที่ในบางส่วนของปูนซีเมนต์ที่ใช้ผสม โดยแบ่งที่ทดสอบเลือกมาจากในสภาพที่เปียก และในสภาพที่แห้ง ผลการทดลองพบว่าการใช้ซีเมนต์เก่าเคลือบเข้าแทนที่ในบางส่วนของปูนซีเมนต์จะช่วยให้ความทนทานของเส้นใยธรรมชาติ ที่ผสมเพิ่มในมอร์ตาร์ดีขึ้นและอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุด คือผสมซีเมนต์เก่าเคลือบร้อยละ 30 และปูนซีเมนต์เหลือร้อยละ 70

ติน. (Tin : 1993) พบว่าการใช้เส้นใยผักตบชวา (water hyacinth)ร้อยละ 2 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ ใช้ซีเมนต์เก่าเคลือบร้อยละ 30 และปูนซีเมนต์ร้อยละ 70 มาหล่อเป็นกระเบื้องหลังคา จะทำให้กระเบื้องหลังคามีความเหนียวเพิ่มขึ้นกว่ากระเบื้องหลังคาซึ่งเป็นมอร์ตาร์ปกติ จากการทดลองพบว่า เส้นใยผักตบชวามีค่าการดูดซับน้ำสูง และมีค่าแรงดึงประลัยและโมดูลัสความยืดหยุ่นต่ำ

การศึกษาวิจัยศักยภาพของวัตถุดิบทดแทนไม้สำหรับแผ่นประกอบ(กรณีศึกษาใบไม้แห้ง) โดยมีผลการศึกษาพบว่า คุณสมบัติของแผ่นประกอบในค่าความต้านแรงดัด ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉาก

ผิวหน้า ค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำและค่าการดูดซึมน้ำจะแปรผันตามความหนาแน่นของแผ่นประกอบและอัตราส่วนของกาบที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของแผ่นประกอบ กับเกณฑ์กำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัดราบ : ความหนาแน่นปานกลาง มอก.876-2532 พบว่าแผ่นประกอบความหนาแน่น 1000 กก./ลบ.ม. และผสมกาบร้อยละ 10 มีคุณสมบัติดีที่สุด (ทรงกลด จารุสมบัติ และ วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2543)

การศึกษาคุณสมบัติของซีเมนต์ผสมเส้นใย พบว่า กำลังแรงดัดของซีเมนต์ผสมเส้นใยทุกชนิดจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ตามปริมาณเส้นใยที่มากขึ้น เพราะเส้นใยจะช่วยรับความเค้นดึง ต่อจากซีเมนต์เฟสต์ หรือ ซีเมนต์ผสมซีถ้า แกลบ ภายหลังที่เกิดรอยแตกร้าวขึ้น แต่ถ้าปริมาณเส้นใยในส่วนผสมมากเกินไป จะส่งผลให้เกิดช่องว่างในส่วนผสมมากขึ้นเช่นกัน และทำให้กำลังรับแรงดัดจะค่อยๆ ลดต่ำลง (เทอดศักดิ์ แก้วศรี. 2543)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการทดลอง
2. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
3. เกณฑ์มาตรฐานสำหรับการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ
4. เครื่องมือ อุปกรณ์และสถานที่ใช้ในการทดลอง
5. ลำดับขั้นตอนในการทดลอง
6. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ไบสับปะรด เป็นใบที่มีปลายแห้งไม่เกิน 1/5 ของใบ
2. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ใช้ปูนตราช้างของบริษัทปูนซีเมนต์ไทย ชนิดบรรจุถุงละ 50 กิโลกรัม

2. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร เป็นแผ่นซีเมนต์ที่ทำขึ้นโดยใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับไบสับปะรด ผสมน้ำตามสูตรที่กำหนดไว้ มีขนาด กว้าง 32 เซนติเมตร ยาว 32 เซนติเมตร จำนวน 9 สูตร แต่ละสูตรจำนวน 3 แผ่น รวมทั้งหมด 27 แผ่น

กลุ่มตัวอย่าง เป็นแผ่นซีเมนต์ที่ทำขึ้นโดยใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับไบสับปะรด ผสมน้ำตามสูตรที่กำหนดไว้ มีขนาด กว้าง 32 เซนติเมตร ยาว 32 เซนติเมตร จำนวน 9 สูตร ๆ ละ 1 แผ่นรวม 9 แผ่น ตรวจสอบพินิจลักษณะทั่วไปโดยผู้เชี่ยวชาญ

3. เกณฑ์มาตรฐานสำหรับการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นซีเมนต์ไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง (มอก. 878 – 2532) ด้านคุณสมบัติทางกายภาพ มีดังนี้

ลักษณะทั่วไป แผ่นซีเมนต์ไม้อัดซีเมนต์ต้องมีความหนา ความแน่น และความเรียบสม่ำเสมอทั้งหมดทั้งแผ่นขอบจะต้องตั้งฉากกับระนาบผิวการทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ (กระทรวงอุตสาหกรรม มอก.878-2532: 6)

ความหนาแน่น คำนวณน้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรที่ระดับปริมาณความชื้นระดับใดระดับหนึ่ง ความหนาแน่นเฉลี่ยต้องอยู่ในช่วง 1100 ถึง 1300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ความชื้น ปริมาณของน้ำที่แฝงอยู่ในผลิตภัณฑ์ทำให้น้ำหนักเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามปริมาณของน้ำที่เปลี่ยนไป ความชื้นเฉลี่ยต้องอยู่ในช่วงร้อยละ 9 ถึง ร้อยละ 15

การพองตัวเมื่อแช่น้ำ การที่ผลิตภัณฑ์ดูดความชื้นเข้าไป และมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นกว่าก่อนได้รับความชื้น ไม่เกินร้อยละ 2

ความต้านแรงดัด ความสามารถต้านทานแรงดัดจากภายนอก ที่กระทำต่อซีเมนต์แผ่นประกอบในลักษณะทำให้โค้งงอ และสามารถยืดหยุ่นได้เท่าใดก่อนจะเกิดการหักหรือแตกร้าว ไม่น้อยกว่า 9 เมกะพาสคัล

มอดุลัสยืดหยุ่น ความสามารถต้านทานแรงดัดจากภายนอกที่กระทำต่อซีเมนต์แผ่นประกอบในลักษณะทำให้โค้งงอ และสามารถยืดหยุ่นได้เท่าใดก่อนจะเกิดการหักหรือแตกร้าว ไม่น้อยกว่า 3,000 เมกะพาสคัล

ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ความสามารถทนต่อการดึงในทิศทางตั้งฉากกับผิวหน้าของวัสดุจากแรงภายนอกได้สูงสุดก่อนการฉีกขาด หรือแตกแยกของผิวหน้า ไม่น้อยกว่า 0.5 เมกะพาสคัล

4. เครื่องมือ อุปกรณ์และสถานที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย

- 1.1 กระบะผสมปูนใช้ผสมวัสดุ طبقตามสัดส่วนที่กำหนด
- 1.2 แบบพิมพ์ใส่ส่วนผสมแผ่นซีเมนต์ ขนาด 32X32 เซนติเมตร
- 1.3 เลื่อยวงเดือนชนิดฟันละเอียดใช้ตัดแผ่นขึ้นทดลอง
- 1.4 เครื่องชั่งที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.01 กรัม
- 1.5 ไมโครมิเตอร์ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 มิลลิเมตร
- 1.6 เครื่องกดที่วัดแรงกดได้ละเอียดถึง 5 นิวตันหรือร้อยละ 5 ของแรงกดสูงสุดที่ขึ้น ทดสอบได้
- 1.7 เครื่องดิ่งที่สามารถให้แรงดึงเพื่อแยกชิ้นทดสอบออกในเวลาไม่น้อยกว่า 30 วินาที และไม่เกิน 120 วินาที
- 1.8 เตาอบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 103 ± 2 องศาเซลเซียส
- 1.9 เดชิไกเคเตอร์
- 1.10 เวอร์เนีย
- 1.11 ตลับเมตร
- 1.12 ถังมือยาง
- 1.13 กระบอกฉีดน้ำเป็นฝอย

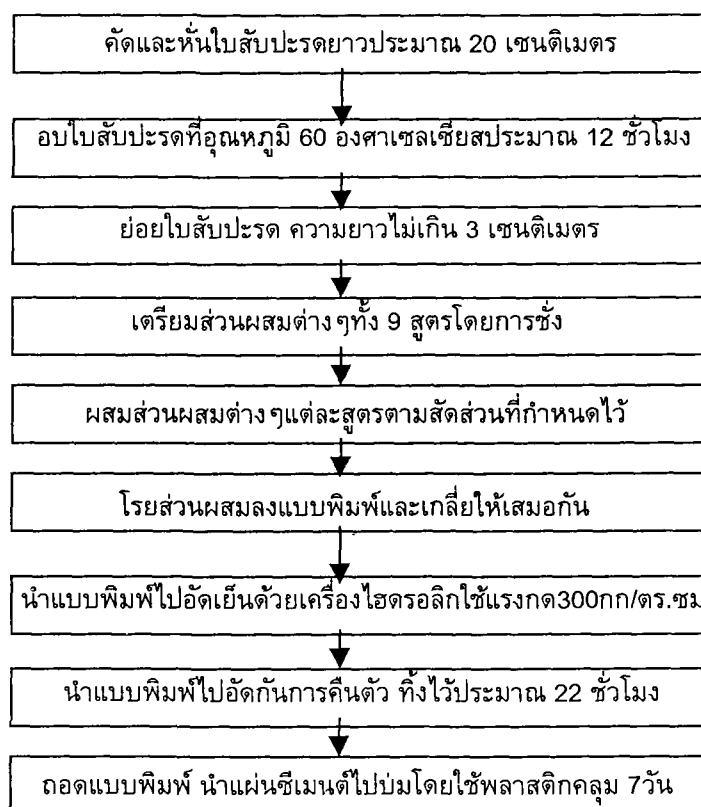
2. สถานที่และระยะเวลาที่ทำการทดลอง

สถานที่ทำการทดลองในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เตรียมวัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือ เพื่อทำการทดลองคุณสมบัติทางกายภาพด้าน ความหนาแน่น ความชื้น การพองตัวเมื่อแช่น้ำ ความต้านแรงดัด มอดุลัสยืดหยุ่น และความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ที่ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระยะเวลาที่ทำการทดลอง การทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยเตรียมและดำเนินการทดลอง ตั้งแต่เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2545 ถึง เดือน มกราคม พ.ศ. 2546

5. ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ขั้นตอนในการทำแผ่นซีเมนต์ ดังภาพประกอบ



ภาพประกอบ 2 ขั้นตอนในการทำแผ่นซีเมนต์

- 1.1 ตัดและหั่นใบสับปะรดให้ได้ขนาดยาวประมาณ 20 เซนติเมตร
- 1.2 นำใบสับปะรดไปอบในอุณหภูมิประมาณ 70 องศาเซลเซียสทิ้งไว้ประมาณ 12 ชั่วโมง
- 1.3 นำใบสับปะรดที่อบแล้วไปย่อยละเอียดความยาวไม่เกิน 3 เซนติเมตร
- 1.4 นำส่วนผสมของสูตรที่ 1 มาผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน
- 1.5 นำแผ่นรองอลูมิเนียมมาวาง แล้ววางแบบพิมพ์ ขนาด 32 x 32 เซนติเมตรลงไป
- 1.6 โรยส่วนผสมลงในแบบพิมพ์ให้ทั่วจนหมด แล้วใช้เกรียงเหล็กไปโปะเกลี่ยให้เรียบสม่ำเสมอ ใช้แผ่นไม้กดเพื่อขึ้นรูป แล้วค่อยๆ ถอดแบบพิมพ์ออก
- 1.7 ใช้แผ่นอลูมิเนียมปิดประ กบผิวบนไว้
- 1.8 นำแผ่นเหล็กมาวางบนเครื่องอัดไฮดรอลิก แล้วนำส่วนผสมพร้อมแผ่นอลูมิเนียมมาวางและใช้แผ่นเหล็กมาประกบอีกแผ่นหนึ่ง และตรวจสอบความเรียบร้อยก่อนอัด
- 1.9 อัดแผ่นด้วยแรงกด 300 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ยึดด้วยนอตขันให้แน่นป้องกันการคืนตัว ทิ้งไว้ประมาณ 25 นาที แล้วคลายเครื่องอัดไฮดรอลิกออก

- 1.10 นำแผ่นเหล็กและแผ่นทดลองไปอัด กันการคืบตัวอีก ประมาณ 22 ชั่วโมง
- 1.11 ถอดแผ่นเหล็กออก นำแผ่นซีเมนต์ไปบ่มโดยใช้พลาสติกคลุม 7 วันและผึ่งไว้ในร่มอีก 7 วัน
- 1.12 เริ่มทำสูตรที่ 2 ถึง 9 ดำเนินการตั้งแต่ข้อ 1.4 ถึง 1.10 จนครบทั้ง 9 สูตร
- 1.13 นำแผ่นซีเมนต์ที่บ่มครบตามกำหนดแล้ว นำไปตัดแต่งขอบให้ได้ ขนาดกว้าง 25 เซนติเมตร ยาว 25 เซนติเมตร แล้วนำไปทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพด้านต่าง ๆ ที่กำหนด

2. ขั้นตอนการทดลอง แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน

ขั้นที่1 การตรวจสอบลักษณะทั่วไปของแผ่นซีเมนต์

ขั้นที่2 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

ขั้นที่3 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นซีเมนต์

1. การทดสอบความหนาแน่น
2. การทดสอบความชื้น
3. การทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ
4. การทดสอบการต้านแรงตัด
5. การทดสอบมอดุลลัสยืดหยุ่น
6. การทดสอบความต้านแรงดึงดึงฉากกับผิวหน้า

การตรวจสอบลักษณะทั่วไป ของแผ่นซีเมนต์

แผ่นซีเมนต์ต้องมีความหนา ความแน่น และความเรียบสม่ำเสมอทั้งหมดทั้งแผ่น ขอบจะต้องตั้งได้ฉากกับระนาบผิวการทดสอบให้ทำ โดยการตรวจพินิจความเหมาะสม จากผู้เชี่ยวชาญ ดังตาราง

ตาราง 6 บันทึกการตรวจพินิจลักษณะทั่วไปของแผ่นซีเมนต์ โดยผู้เชี่ยวชาญ

สูตรที่	การคัดเลือกสูตรละ 1 แผ่น โดยผู้เชี่ยวชาญ									สรุปแผ่นที่คัด คัดเลือกไป ทดสอบ	หมายเหตุ
	คนที่1 / แผ่นที่			คนที่2 / แผ่นที่			คนที่3 / แผ่นที่				
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	✓			✓			✓			แผ่นที่ 1	
2	✓			✓				✓		แผ่นที่ 1	
3	✓			✓			✓			แผ่นที่ 1	
4		✓			✓			✓		แผ่นที่ 2	
5		✓			✓			✓		แผ่นที่ 2	
6			✓		✓				✓	แผ่นที่ 3	
7		✓		✓				✓		แผ่นที่ 2	
8	✓			✓			✓			แผ่นที่ 1	
9			✓		✓				✓	แผ่นที่ 3	

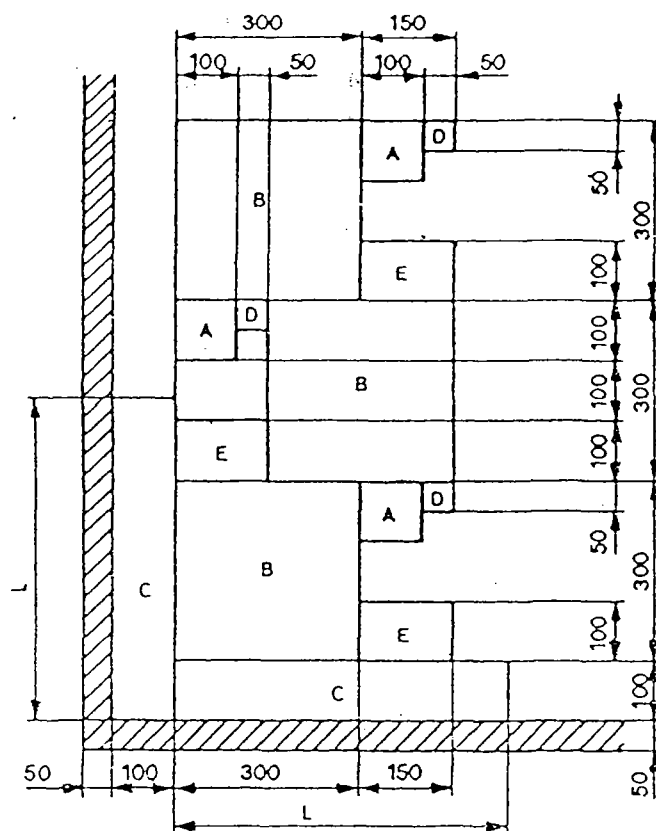
..... ผู้ประเมิน
(ดร. นิคม แหลมสัก)

..... ผู้ประเมิน
(ดร. ประเทือง พุดซ้อน)

..... ผู้ประเมิน
(ผศ. ทรงกลด จารุสมบัติ)

การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

การทดสอบสัณฐานแผ่นซีเมนต์ที่เหมาะสม เพื่อตรวจสอบการผลิตและผลของคุณสมบัติทางกายภาพด้านต่างๆ



ภาพประกอบ 4 ตำแหน่งและการตัดชิ้นทดสอบ

L เท่ากับ 16 เท่าของความหนาแน่น (ตัวเลขที่ได้ให้ปัดเป็นเลขจำนวนเต็มของ 10 มิลลิเมตรที่ใกล้ เคียง) บวกกับ 25 มิลลิเมตร

แผนการชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่ม จากแผ่นซีเมนต์ใบสับปะรดที่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในเรื่องขนาด และลักษณะทั่วไปแล้ว นำมาจำนวน 3 แผ่น แต่ละแผ่นให้ตัดเป็นชิ้นทดสอบตามภาพประกอบ 1

- ชิ้นทดสอบ A สำหรับทดสอบความหนาแน่น และความชื้น จำนวน 3 ชิ้น
- ชิ้นทดสอบ B สำหรับทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ จำนวน 3 ชิ้น
- ชิ้นทดสอบ C สำหรับทดสอบความต้านแรงดัดและมอดุลลัสยืดหยุ่น จำนวน 2 ชิ้น
- ชิ้นทดสอบ D สำหรับทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า จำนวน 3 ชิ้น

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ของแผ่นซีเมนต์

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพด้านต่างๆของแผ่นซีเมนต์ ตามมาตรฐานของการทดสอบที่สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนด ไว้สำหรับการทดสอบแผ่นซีเมนต์ที่มีความหนาแน่นสูง ได้แก่การทดสอบความหนาแน่น ความชื้น การพองตัวเมื่อแช่น้ำ ความต้านแรงดัด มอดุลลัสยืดหยุ่น และความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

การทดสอบความหนาแน่น

ความหนาแน่นเฉลี่ยต้องอยู่ในช่วง 1100 ถึง 1300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
เครื่องมือ

1. เครื่องชั่ง ที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม
2. ไมโครมิเตอร์ ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร

วิธีทดสอบ

1. ชั่งชั้นทดสอบให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนจนถึง 0.1 กรัม
2. วัดความกว้างและความยาวของชั้นทดสอบขนานกับขอบให้ละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตรตามภาพประกอบ 1 แล้วหาค่าเฉลี่ย
3. วัดความหนา 4 ตำแหน่ง ตามภาพประกอบที่ 1 แล้วหาค่าเฉลี่ย

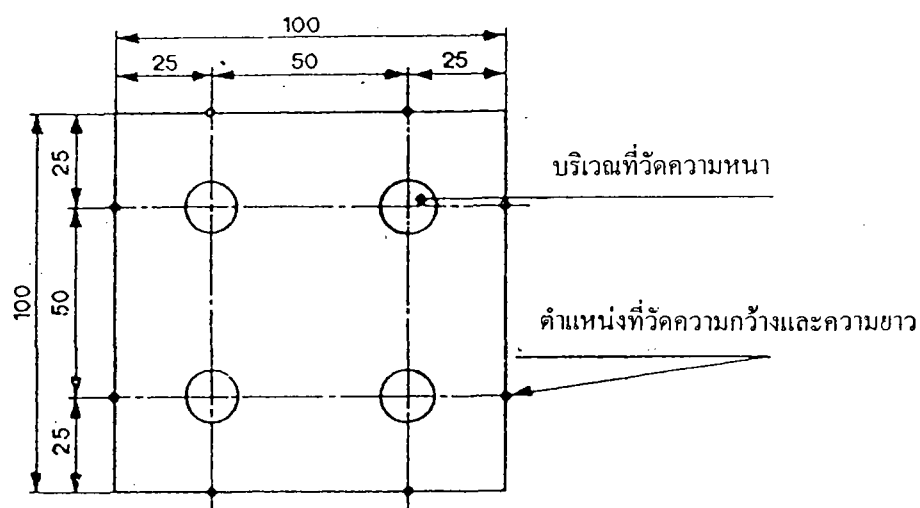
วิธีคำนวณ

หาค่าความหนาแน่นจากสูตร

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

การรายงานผล

รายงานค่าความหนาแน่นของชั้นทดสอบแต่ละชั้นและค่าเฉลี่ย



ภาพประกอบ 5 ตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาว และความหนาของชั้นทดสอบ
หน่วยเป็นมิลลิเมตร

การทดสอบหาค่าความชื้น

การหาค่าความชื้นของแผ่นชั้นโพลีเอทิลีนที่เคลือบด้วยซีเมนต์ที่มีชั้นตอนดังนี้
เครื่องมือ

1. เครื่องชั่ง ที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.01 กรัม
2. เตาอบ ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 103 ± 2 องศาเซลเซียส
3. เติชเคเตอร์

วิธีทดสอบ

1. ชั่งชิ้นทดสอบซึ่งผ่านการทดสอบความหนาแน่นแล้ว ให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน จนถึง 0.01 กรัม เป็นน้ำหนักก่อนอบ
2. อบชิ้นทดสอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 103 ± 2 องศาเซลเซียส จนมีน้ำหนักคงที่ คือน้ำหนักชิ้นทดสอบที่ชั่ง 2 ครั้งห่างกัน 6 ชั่วโมง ต่างกันไม่เกินร้อยละ 0.1
3. นำมาใส่ในเติชเคเตอร์ ปลดปล่อยไอน้ำให้เย็น
4. ชั่งชิ้นทดสอบ เป็นน้ำหนักอบแห้ง

วิธีคำนวณ

หาค่าความชื้นจากสูตร

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

การรายงานผล

รายงานค่าความชื้นของชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นและค่าเฉลี่ย

การทดสอบหาค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำ

เครื่องมือ

ไมโครมิเตอร์ ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 มิลลิเมตร

วิธีทดสอบ

1. ทำเครื่องหมายตำแหน่งที่วัดความหนา ตามภาพประกอบ 1 วัดความหนาของชิ้นทดสอบ 4 ตำแหน่ง แล้วหาค่าเฉลี่ยเป็นความหนาก่อนแช่น้ำ
2. แช่ชิ้นทดสอบในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิห้อง โดยตั้งให้แต่ละชิ้นห่างจากกัน ให้ขอบบนอยู่ใต้ระดับผิวน้ำประมาณ 25 มิลลิเมตร ชิ้นทดสอบต้องตั้งฉากกับผิวน้ำ และห่างจากผนังและกันภาชนะที่ใส่น้ำไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร
3. เมื่อแช่ชิ้นทดสอบครบ 24 ชั่วโมง นำชิ้นทดสอบขึ้นมาซับน้ำที่ผิวออกให้หมดด้วยผ้าหมาดแล้วปล่อยไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยวางให้ขอบด้านใดด้านหนึ่งอยู่บนแผ่นวัสดุที่ไม่ดูดซึมน้ำ เช่น พลาสติก กระดาษ
4. เมื่อปล่อยชิ้นทดสอบไว้ครบ 2 ชั่วโมงแล้วนำชิ้นทดสอบมาวัดความหนาตามตำแหน่งเดิมแล้ว หาค่าเฉลี่ยเป็นความหนาหลังแช่น้ำ

วิธีคำนวณ

หาค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำจากสูตร

$$\text{การพองตัวเมื่อแช่น้ำ} = \frac{\text{ความหนาแน่นหลังแช่น้ำ(มม.)} - \text{ความหนาแน่นก่อนแช่น้ำ(มม.)}}{\text{ความหนาแน่นก่อนแช่น้ำ(มม.)}} \times 100$$

การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยการพองตัวเมื่อแช่น้ำเป็นร้อยละ

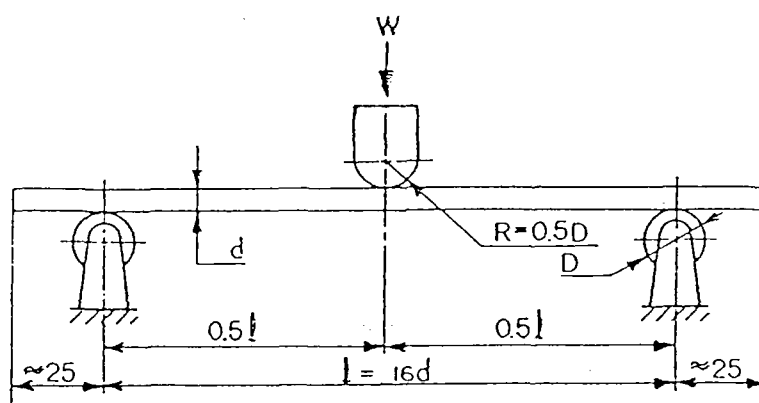
การทดสอบหาค่าความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

เครื่องมือ

1. เครื่องกด ซึ่งวัดแรงกดได้ละเอียดถึง 5 นิวตัน หรือร้อยละ 5 ของแรงกดสูงสุดที่ขึ้นทดสอบรับได้ หัวกดต้องมีปลายส่วนที่ใช้กดเป็นรูปครึ่งวงกลมมีรัศมี 10 ถึง 30 มิลลิเมตร และมีความยาวไม่น้อยกว่าความกว้างของชิ้นทดสอบ
2. แท่นรองรับ ต้องมีลักษณะหน้าตัดเป็นรูปวงกลม หรือรูปครึ่งวงกลมมีรัศมี 10 ถึง 30 มิลลิเมตร ความยาวไม่น้อยกว่าความกว้างของชิ้นทดสอบ
3. มาตรการอ่านตัว ซึ่งอ่านได้ละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร

วิธีทดสอบ

1. วางชิ้นทดสอบลงบนแท่นรองรับซึ่งมีระยะห่าง 16 เท่าของความหนาแน่นของชิ้นทดสอบ(ตัวเลขที่ได้ให้ปัดเป็นเลขจำนวนเต็มของ 10 มิลลิเมตรที่ใกล้เคียง) ตามภาพประกอบ 3 ให้ปลายชิ้นทดสอบยื่นออกไปจากจุดที่รองรับประมาณข้างละ 25 มิลลิเมตร เท่าๆกัน
2. ให้แรงกดบนจุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ โดยมีอัตราการเพิ่มแรงกดอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มกดจนกระทั่งชิ้นทดสอบหัก ต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที และไม่เกิน 120 วินาที
3. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดกับค่าการอ่านตัว



ภาพประกอบ 6 การทดสอบความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

วิธีคำนวณ

หาค่าความต้านแรงดัดจากสูตร

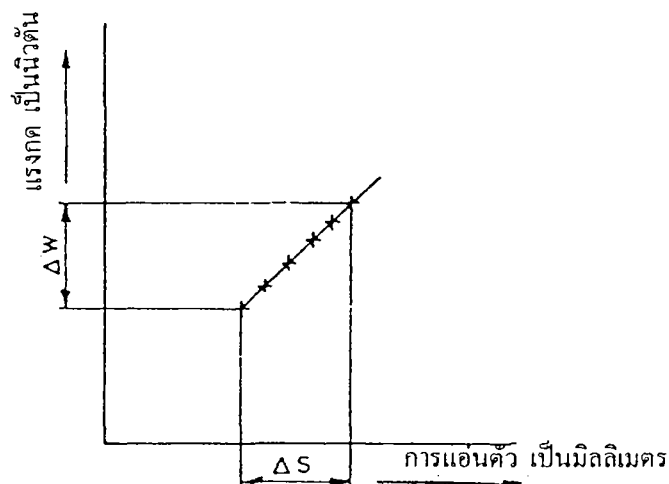
$$\text{ความต้านแรงดัด}(f) = \frac{3wl}{2bd^2}$$

- เมื่อ f คือ ความต้านแรงดัด เป็นเมกะพาสคัล
 w คือ แรงกดสูงสุดที่ชั้นทดสอบรับได้ เป็นนิวตัน
 l คือ ระยะห่าง ระหว่างจุดศูนย์กลางของแท่นรองรับเป็นมิลลิเมตร
 b คือ ความกว้างของชั้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร
 d คือ ความหนาเฉลี่ยของชั้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

หาค่ามอดุลัสยืดหยุ่นจากสูตร

$$E = \frac{I^3 \Delta w}{4bd^3 \Delta s}$$

- เมื่อ E คือ มอดุลัสยืดหยุ่น เป็นเมกะพาสคัล
 l คือ ระยะห่าง ระหว่างจุดศูนย์กลางของแท่นรองรับ เป็นมิลลิเมตร
 Δw คือ แรงกดที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง ตามภาพประกอบ 3 เป็นนิวตัน
 b คือ ความกว้างของชั้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร
 d คือ ความหนาเฉลี่ยของชั้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร
 Δs คือ ระยะแอนตัวที่เพิ่ม ในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง ตามภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดกับการแอนตัว

การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

การทดสอบหาความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้า

เครื่องมือ

1. เครื่องดิ่ง ซึ่งสามารถให้แรงดิ่งเพื่อแยกชิ้นทดสอบออกในเวลาไม่น้อยกว่า 30 วินาที และไม่เกิน 120 วินาที
2. แผ่นดิ่งซึ่งทำด้วยไม้หรือโลหะที่เหมาะสม ขนาดไม่น้อยกว่า 50 มิลลิเมตร X 50 มิลลิเมตร ความหนาตามความเหมาะสม

วิธีทดสอบ

1. ติดผิวหน้าทั้งสองของชิ้นทดสอบกับแผ่นดิ่ง โดยใช้การสังเคราะห์ที่มีแรงยึดมากกว่าแรงยึดในแผ่นชิ้นทดสอบ
2. นำชิ้นทดสอบที่เตรียมได้แล้วนี้ไปเข้าเครื่องดิ่ง ดิ่งให้ชิ้นทดสอบแยกออกจากกันซึ่งปกติจะแยกในชั้นไส้ อัตราการเพิ่มแรงดิ่งต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มดิ่งจนกระทั่งชิ้นทดสอบแยกออกจากกันต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที และไม่เกิน 120 วินาที

วิธีคำนวณ

หาค่าความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้าจากสูตร

$$\text{ความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้า(เมกะพาสคัล)} = \frac{\text{แรงดิ่งสูงสุด(นิวตัน)}}{\text{ความกว้าง(มม.)} \times \text{ความยาว(มม.)}}$$

การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้า

(กระทรวงอุตสาหกรรม มอก. 878-2532 : 15-23)

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิธีวิเคราะห์ข้อมูลโดยการนำผลผลิตที่ได้จากการทดลองผลิตแผ่นซีเมนต์จากสัดส่วนต่างๆ และนำมาทดสอบหาลักษณะทั่วไปและคุณสมบัติทางกายภาพด้านต่างๆตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง (มอก. 878-2532) ที่กำหนดไว้ แล้วนำผลมาเปรียบเทียบดูความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนต่างๆ ที่นำมาทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพด้านต่างๆ ได้แก่ ความหนาแน่น ความชื้น การพองตัวเมื่อแช่น้ำ ความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น และความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้า

ตาราง 7 สัดส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ กับใบสับประรดและน้ำในการทำแผ่นซีเมนต์

สูตรที่	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ น้ำหนัก (กรัม)	ใบสับประรด น้ำหนัก (กรัม)	มวลรวม (กรัม)	น้ำประปาที่ใช้ผสม (ของน้ำหนักปูน ซีเมนต์)
1	614.40	614.40	1228.80	0.6
2	663.55	565.25	1228.80	0.6
3	712.70	516.10	1228.80	0.6
4	761.85	466.95	1228.80	0.6
5	811.00	417.80	1228.80	0.6
6	860.16	368.64	1228.80	0.6
7	909.31	319.49	1228.80	0.6
8	958.46	270.34	1228.80	0.6
9	1007.60	211.20	1228.80	0.6

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสม ระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับใบสับปะรด ในการทำแผ่นซีเมนต์ ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจพินิจลักษณะทั่วไป ทั้งหมด 9 สูตรๆละ 3 แผ่น รวม 27 แผ่น ซึ่งแต่ละสูตรผสมที่ต่างกัน เพื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านความหนาแน่น ความชื้น การพองตัวเมื่อแช่น้ำ การต้านแรงดัด โมดูลัสยืดหยุ่น และความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า โดยทดสอบและตรวจสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง (มอก.878-2532) เสร็จแล้วทำการวิเคราะห์ข้อมูลในรายละเอียดดังต่อไปนี้

การวิเคราะห์ลักษณะทั่วไปของแผ่นซีเมนต์

จากการทดลองหาสัดส่วนที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นซีเมนต์ จากสูตรสัดส่วนผสมต่างกัน จำนวน 9 สูตร ๆ ละ 3 แผ่น รวมจำนวน 27 แผ่นจากการตรวจพินิจลักษณะทั่วไป โดยให้ผู้เชี่ยวชาญคัดเลือกแผ่นซีเมนต์สูตรละ 1 แผ่นจาก 9 สูตร คัดเลือกหลังจากผู้เชี่ยวชาญได้ตรวจพินิจลักษณะทั่วไปแล้ว นำไปทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง (มอก.878-2532)

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นซีเมนต์

นำแผ่นซีเมนต์ทดลองที่ได้จากการทดลองผลิตแผ่นซีเมนต์ จากสูตรสัดส่วนผสมต่างกัน จำนวน 9 สูตร ๆ ละ 1 แผ่น รวมจำนวน 9 แผ่น แล้วนำมาทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพด้านต่าง ๆ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง (มอก.878-2532) กำหนด ด้วยเครื่องมือทดสอบที่ภาควิชาวิศวกรรมโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ แล้วนำผลมาเปรียบเทียบดูความแตกต่างระหว่างสัดส่วนผสมต่าง ๆ ที่นำมาทดสอบ หากคุณสมบัติทางกายภาพด้านต่าง ๆ ได้แก่ ความหนาแน่น ความชื้น การพองตัวเมื่อแช่น้ำ ความต้านแรงดัด และโมดูลัสยืดหยุ่นความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ได้ผลการทดสอบดังตาราง 8

ตาราง 8 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นซีเมนต์ที่ผลิตจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับใบสับปะรด

สูตรที่	ความหนาแน่น (กก. / ลบ.ม.)	ความชื้น (ร้อยละ)	การพองตัว เมื่อแช่น้ำ (ร้อยละ)	ความต้านแรงดัด (เมกะพาสคัล)	มอดุลัสยืดหยุ่น (เมกะพาสคัล)	ความต้านแรงดึง ตั้งฉากกับผิวหน้า (เมกะพาสคัล)
1	1490.26	22.42	10.02	5.34	1418.90	0.21
2	1466.73	17.15	10.98	5.82	1614.00	0.26
3	1459.19	21.89	8.80	6.19	1792.32	0.23
4	1362.42	20.50	7.86	6.22	1814.54	0.31
5	1299.84	16.25	10.37	7.72	1717.29	0.22
6	1339.76	15.14	8.05	8.05	1714.00	0.47
7	1524.55	14.36	2.05	12.10	3003.14	0.63
8 **	1737.14	9.82	1.36	17.12	3381.00	0.81
9 *	1539.21	10.68	0.38	15.22	3112.10	0.74
(มอก.878 - 2532)	1100 -1300	ร้อยละ 9-15	ไม่เกินร้อยละ 2	ไม่น้อยกว่า 9	ไม่น้อยกว่า 3000	ไม่น้อยกว่า 0.5

* ค่าคุณสมบัติที่ดี สามารถนำไปใช้เป็นวัสดุแผ่นซีเมนต์ได้

** ค่าคุณสมบัติที่ดีที่สุด สามารถนำไปใช้เป็นวัสดุแผ่นซีเมนต์ได้ดี

จากตาราง 8 สามารถวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นซีเมนต์ ที่ผลิตจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับใบสับปะรด ในด้านต่างๆดังนี้

ความหนาแน่น ข้อมูลจากตารางแสดงว่า สูตรที่ 5 มีค่าความหนาแน่น 1299.84 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 1100 – 1300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ส่วนสูตรอื่นๆ มีค่าความหนาแน่นสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน คือมีค่าอยู่ในช่วง 1339.76 – 1737.14 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ความชื้น ข้อมูลจากตารางแสดงว่า สูตรที่ 7 , 8 และ 9 มีค่าความชื้นผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ซึ่งมีค่าไม่เกินร้อยละ 9-15 คือมีค่าความชื้นอยู่ในระหว่างร้อยละ 15.14 – 22.42 ส่วนสูตรอื่นๆมีค่าไม่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน

การพองตัวเมื่อแช่น้ำ ข้อมูลจากตารางแสดงว่า สูตรที่ 8 และ สูตรที่ 9 มีค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ซึ่งมีค่าไม่เกินร้อยละ 2 คือมีค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำอยู่ในระหว่างร้อยละ 0.38-1.36 ส่วนสูตรอื่นๆ มีค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำไม่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน

ความต้านแรงดัด ข้อมูลจากตารางแสดงว่า สูตรที่ 7 , 8 และ 9 มีค่าความต้านแรงดัดผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ซึ่งมีค่าไม่น้อยกว่า 9 เมกะพาสคัล คือมีค่าความต้านแรงดัดอยู่ในระหว่าง 12.10-17.12 เมกะพาสคัล ส่วนสูตรอื่นๆมีค่าไม่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน

มอดุลัสยืดหยุ่น ข้อมูลจากตารางแสดงว่า สูตรที่ 7 , 8 และ 9 มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ซึ่งมีค่าไม่น้อยกว่า 3000 เมกะพาสคัล คือมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นอยู่ในระหว่าง 3003.14-3381.00 เมกะพาสคัล ส่วนสูตรอื่นๆ มีค่าไม่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน

ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ข้อมูลจากตารางแสดงว่า สูตรที่ 7 , 8 และ 9 มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ซึ่งมีค่าไม่น้อยกว่า 0.5 เมกะพาสคัล คือมีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า อยู่ในระหว่าง 0.63-0.81 เมกะพาสคัล ส่วนสูตรอื่นๆ มีค่าไม่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน

สรุปผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นซีเมนต์ ที่ผลิตจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับใบสับปะรด และน้ำตามสัดส่วนผสมต่างๆ สูตรที่มีความเหมาะสมคือสูตรที่ 8 ซึ่งมีค่าความหนาแน่น 1737.14 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าความชื้นร้อยละ 9.82 ค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำร้อยละ 1.36 ค่าความต้านแรงดัด 17.12 เมกะพาสคัล ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น 3381.00 เมกะพาสคัล และความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า 0.81 เมกะพาสคัล

บทที่ 5

สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การทดลองเพื่อศึกษาหาสัดส่วนที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นซีเมนต์ โดยใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ กับใบสับปะรด ได้ดำเนินการดังต่อไปนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อศึกษาหาสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับใบสับปะรด ในการทำแผ่นซีเมนต์ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง (มอก. 878-2532)

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย เป็นแผ่นซีเมนต์ที่ผลิตขึ้นโดยใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ กับใบสับปะรด ผสมน้ำตามสูตรที่กำหนดไว้ มีขนาด กว้าง 32 เซนติเมตร ยาว 32 เซนติเมตร จำนวน 9 สูตร แต่ละสูตร จำนวน 3 แผ่น รวมทั้งหมด 27 แผ่น

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ดังนั้นเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ เครื่องบดละเอียด เตาอบ เครื่องชั่งน้ำหนัก เครื่องอัดแบบไฮดรอลิก เครื่องทดสอบกำลังอัด เครื่องตึง และไมโครมิเตอร์ เป็นต้น

การดำเนินการวิจัย

การทดลองแผ่นซีเมนต์ ตามสัดส่วนที่กำหนดไว้ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ขั้นตอนในการทำแผ่นซีเมนต์

- 1.1 คัดและหั่นใบสับปะรดให้ได้ขนาดยาวประมาณ 20 เซนติเมตร
- 1.2 นำใบสับปะรดไปอบในอุณหภูมิประมาณ 70 องศาเซลเซียสทิ้งไว้ประมาณ 12 ชั่วโมง
- 1.3 นำใบสับปะรดที่อบแล้วไปย่อยละเอียดความยาวไม่เกิน 3 เซนติเมตร
- 1.4 นำส่วนผสมของสูตรที่ 1 มาผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน
- 1.5 นำแผ่นรองอลูมิเนียมมาวาง แล้ววางแบบพิมพ์ ขนาด 32 x 32 เซนติเมตรลงไป
- 1.6 โรยส่วนผสมลงในแบบพิมพ์ให้ทั่วจนหมด แล้วใช้เกรียงเหล็กใบโพเกลี่ยให้เรียบสม่ำเสมอ ใช้แผ่นไม้กดเพื่อขึ้นรูป แล้วค่อยๆ ถอดแบบพิมพ์ออก
- 1.7 ใช้แผ่นอลูมิเนียมปิดประ กบผิวบนไว้
- 1.8 นำแผ่นเหล็กมาวางบนเครื่องอัดไฮดรอลิก แล้วนำส่วนผสมพร้อมแผ่นอลูมิเนียมมาวางและใช้แผ่นเหล็กมาประกบอีกแผ่นหนึ่ง และตรวจสอบความเรียบร้อยก่อนอัด

- 1.9 อัดแผ่นด้วยแรงกด 300 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ยึดด้วยนอตขันให้แน่นป้องกันการคืนตัว ทิ้งไว้ประมาณ 25 นาที แล้วคลายเครื่องอัดไฮดรอลิกออก
- 1.10 นำแผ่นเหล็กและแผ่นทดลองไปอัด กันการคืนตัวอีก ประมาณ 22 ชั่วโมง
- 1.11 ถอดแผ่นเหล็กออก นำแผ่นซีเมนต์ไปบ่มโดยใช้พลาสติกคลุม 7 วันและฝังในที่ร่มอีก 7 วัน
- 1.12 เริ่มทำสูตรที่ 2 ถึง 9 ดำเนินการตั้งแต่ข้อ 1.4 ถึง 1.10 จนครบทั้ง 9 สูตร
- 1.13 นำแผ่นซีเมนต์ที่บ่มครบตามกำหนดแล้ว นำไปตัดแต่งขอบให้ได้ ขนาดกว้าง 25 เซนติเมตร ยาว 25 เซนติเมตร แล้วนำไปทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพด้านต่าง ๆ ที่กำหนด

2. ขั้นตอนการทดลอง แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน

ขั้นที่1 การตรวจสอบลักษณะทั่วไปของแผ่นซีเมนต์

ขั้นที่2 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

ขั้นที่3 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นซีเมนต์

1. การทดสอบความหนาแน่น
2. การทดสอบความชื้น
3. การทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ
4. การทดสอบการต้านแรงดัด
5. การทดสอบมอดุลัสยืดหยุ่น
6. การทดสอบความต้านแรงดึงตึงฉีกกับผิวหน้า

สรุปผลการวิจัย

การวิเคราะห์ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านความหนาแน่น ความชื้น การพองตัวเมื่อแช่น้ำ ความต้านแรงดัด มอดุลัสยืดหยุ่น และความต้านแรงดึงตึงฉีกกับผิวหน้า จากสัดส่วนผสมของปูนซีเมนต์ ปอร์ตแลนด์ กับใบสับประรด โดยการเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง (มอก. 878-2532) และการวิเคราะห์ความเหมาะสมในการนำแผ่นซีเมนต์ไปใช้งาน จากการพิจารณาคุณสมบัติทางกายภาพด้านต่าง ๆ พบว่า

ความหนาแน่น ของสัดส่วนผสมสูตรที่ 5 มีค่าความหนาแน่น 1299.84 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นซีเมนต์ไม่อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง (มอก. 878-2532) กำหนด คือมีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยต้องอยู่ในช่วง 1100-1300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ส่วนสูตรที่ 1-4 และ 6-9 มีค่าความหนาแน่นสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งมีค่าอยู่ในระหว่าง 1362.42-1490.26 เมกะพาสคัล และ 1339.76-1737.14 เมกะพาสคัล

ความชื้น ของสัดส่วนผสมสูตรที่ 7-9 มีค่าความชื้นร้อยละ 14.36 , 9.82 และร้อยละ 10.68 ตามลำดับ อยู่ในช่วงเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นซีเมนต์ไม่อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง (มอก. 878-2532) กำหนด คือมีค่าความชื้นเฉลี่ยต้องอยู่ในช่วงร้อยละ 9-15 ส่วนสูตรที่ 1-6 มีค่าความชื้นเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งมีค่าอยู่ในระหว่างร้อยละ 15.14-22.42

การพองตัวเมื่อแช่น้ำ ของสัดส่วนผสมสูตรที่ 8 และ 9 มีค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำร้อยละ 1.36 และ 0.38 ตามลำดับ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง (มอก. 878-2532) กำหนดคือมีค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำไม่เกินร้อยละ 2 ส่วนสูตรที่ 1-7 มีค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งมีค่าอยู่ในระหว่างร้อยละ 2.05-10.98

ความต้านแรงดัด ของสัดส่วนผสมสูตรที่ 7-9 มีค่าความต้านแรงดัด 12.10 , 17.12 และ 15.22 เมกะพาสคัล ตามลำดับ มีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง (มอก. 878-2532) กำหนด คือมีค่าความต้านแรงดัดไม่น้อยกว่า 9 เมกะพาสคัล ส่วนสูตรที่ 1-6 มีค่าความต้านแรงดัดต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งมีค่าอยู่ในระหว่าง 5.34-8.05 เมกะพาสคัล

มอดุลัสยืดหยุ่น ของสัดส่วนผสมสูตรที่ 7-9 มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่น 3003.14 , 3381.00 และ 3112.10 เมกะพาสคัล ตามลำดับ มีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง (มอก. 878-2532) กำหนด คือมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นไม่น้อยกว่า 3000 เมกะพาสคัล ส่วนสูตรที่ 1-6 มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งมีค่าอยู่ในระหว่าง 1418.90-1814.54 เมกะพาสคัล

ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ของสัดส่วนผสมสูตรที่ 7-9 มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า 0.63 , 0.81 และ 0.74 เมกะพาสคัล ตามลำดับ มีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง (มอก. 878-2532) กำหนด คือมีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าไม่น้อยกว่า 0.5 เมกะพาสคัล ส่วนสูตรที่ 1-6 มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งมีค่าอยู่ในระหว่าง 0.21-0.47 เมกะพาสคัล

เมื่อพิจารณาคุณสมบัติทางกายภาพทุกด้านแล้ว พบว่าสูตรที่ 8 และ 9 ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (มอก.878-2532) ทุกด้าน และสูตรที่มีสัดส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตแผ่นซีเมนต์ ที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ กับใบสับปะรด คือสูตรที่ 8 มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ 958.46 กรัม ใบสับปะรด 270.34 กรัม และน้ำ 575.07 กรัม มีคุณสมบัติทางกายภาพด้านต่างๆ ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง (มอก.878-2532)

อภิปรายผล

ในการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านความหนาแน่น ความชื้น การพองตัวเมื่อแช่น้ำ ความต้านแรงดัด มอดุลัสยืดหยุ่น และความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ของแผ่นซีเมนต์ที่ผลิตจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับใบสับปะรดและน้ำ พบว่าสูตรที่ 8 และ 9 ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (มอก.878-2532) และพิจารณาเป็นรายด้าน สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

ความหนาแน่น จากการทดลอง ทุกสูตร มีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ที่กำหนด (มอก. 878-2532) สูตรที่มีความหนาแน่นเหมาะสมที่สุด คือสูตรที่ 8 ซึ่งมีค่าความหนาแน่นสูงกว่าสูตรอื่นๆ คือ 1737.14 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร การที่ทุกสูตรมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สาเหตุอาจเนื่องมาจาก สัดส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์กับใบสับปะรดโดยน้ำเป็นตัวทำปฏิกิริยาทางเคมี เมื่อคลุกเคล้ากันปูนซีเมนต์จะเป็นตัวเชื่อมประสานวัสดุ(ใบสับปะรด) ให้เกาะยึดกันแน่นค่อยๆแข็งตัวขึ้นเรื่อยๆ และเป็นเนื้อเดียวกันในที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับที่ (สุรศักดิ์ โกสินพันธ์ 2528 : 1) ที่ได้กล่าวถึงคุณสมบัติของปูนซีเมนต์ว่า ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุที่เป็นเชื้อประสานในงานปูนชนิดต่างๆ เช่น งานคอนกรีต งานปูนหล่อ ปูนก่อ ปูนฉาบ เป็นต้น มีลักษณะ

เป็นผงสีเทาหรือขาว เมื่อถูกน้ำจะเกิดปฏิกิริยาทางเคมี คลายสภาพคล้ายวัน และแข็งตัวเรื่อย ๆ ถ้าปฏิบัติได้ถูกต้องจะสามารถเชื่อมประสานวัสดุที่แข็งแรง เช่น หิน กรวด หวาย ให้ติดกันแน่นคล้ายเป็นของแข็ง เนื้อเดียวกันจุดดงหิน ประกอบกับใบสับปะรดเป็นวัสดุที่มีความเหนียวและความยืดหยุ่น สามารถรับแรงอัด แรงดัดได้ดี สอดคล้องกับที่ (อัจฉราพร ไสละสูตร และคณะ 2525 : 11) ที่ได้กล่าวถึงคุณสมบัติของเส้นใยพืชว่า เส้นใยพืชที่นำมาเป็นส่วนผสมในการทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ จากอดีตถึงปัจจุบันได้มาจาก ส่วนที่เป็น ลำต้น ใบ เปลือก และอื่นๆ เช่น ใบผักตบชวา ฟางข้าว หนุ่ยคา หนุ่ยแผ่ด ใบมะพร้าว ใบปาล์ม ใบป่าน เป็นต้น โดยเส้นใยจะมีความเหนียวเป็นส่วนผสมเพื่อเสริมกำลังให้รับแรงอัด แรงดัดได้มากขึ้น มีน้ำหนักเบา มีคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของสารประกอบเส้นใยพืชที่มีความแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับ ความเหนียว ขนาดเส้นใย ความอ่อนนุ่ม ความแข็งแรง ความยืดหยุ่นและคุณภาพของเส้นใย จากคุณสมบัติของปูนซีเมนต์กับใบสับปะรด โดยน้ำเป็นตัวทำให้เกิดปฏิกิริยา ทำให้แผ่นซีเมนต์มีความแข็งแรงและความหนาแน่นผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมทุก ๆ สูตร

ความชื้น จากการทดลอง สูตรที่ 7 , 8 และ 9 มีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นซีเมนต์ไม่อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ที่กำหนด (มอก. 878-2532) สูตรที่มีค่าความชื้นเหมาะสมที่สุด คือสูตรที่ 8 ซึ่งมีค่าความชื้นต่ำกว่าสูตรอื่นๆ คือร้อยละ 9.82 ทั้ง 3 สูตรมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สาเหตุอาจเนื่องมาจาก ทั้ง 3 สูตรมีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ในแผ่นซีเมนต์ปริมาณมาก เมื่อปูนซีเมนต์ผสมกับใบสับปะรดโดยมีน้ำเป็นตัวทำปฏิกิริยาทางเคมี และมีใบสับปะรดเป็นวัสดุ ปูนซีเมนต์จะเป็นตัวเกาะยึดใบสับปะรดให้ติดกันแน่นค่อยๆ แข็งตัวขึ้น และแข็งตัวในที่สุด ทำให้การแทรกซึมของความชื้นเข้าไปในเนื้อแผ่นซีเมนต์ได้ยาก ซึ่งขัดแย้งกับงานวิจัยของทรงกลด จารุสมบัติ และ วรธรรม อุ่นจิตติชัย. (2543 : บทคัดย่อ) เรื่องศักยภาพของวัตถุดิบทดแทนไม้สำหรับแผ่นประกอบ (กรณีศึกษาใบไม้แห้ง) ที่สรุปไว้ว่า คุณสมบัติของแผ่นประกอบในค่าความต้านแรงดัด จะแปรผันตามความหนาแน่นของแผ่นประกอบและอัตราส่วนของกาวที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจากการทดลองพบว่า แผ่นซีเมนต์ที่มีความหนาแน่นสูงกลับมีความชื้นต่ำ อาจเป็นเพราะแผ่นซีเมนต์ ที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปริมาณมากกับใบสับปะรดปริมาณน้อย ทำให้การเกาะยึด การตกผลึก การแข็งตัว และการเกิดรูพรุนโพรงอากาศก็น้อย ก็จะทำให้ความชื้นแทรกซึมเข้าไปได้ยาก ประกอบกับแรงอัดที่ทำให้แผ่นซีเมนต์มีความแน่นมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ สมชัย เบญจชัย. (2534 : 7) ที่วิจัยปัญหาพิเศษ เรื่องการเกาะยึดแผ่นซีเมนต์ไม่อัดซีเมนต์ ได้สรุปไว้ว่า น้ำตาลซูโครสในใยพืชและไม้จะทำให้ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ไม่เกิดเป็นผลึก จึงไม่สามารถที่จะไปเกาะเกี่ยวใยและไม้ได้ ความแข็งแรง แผ่นซีเมนต์ไม่อัดซีเมนต์จึงมีค่าต่ำ ก็เช่นกันทั้ง 3 สูตรส่วนผสมมีปริมาณใบสับปะรดค่อนข้างน้อย ย่อมมีปริมาณน้ำตาลซูโครสน้อยตาม ทำให้การแข็งตัวของแผ่นซีเมนต์แข็งตัวได้ดี สาเหตุที่อาจทำให้สูตรที่ 7 ,8 และ 9 มีความชื้นผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอาจเนื่องมาจากคุณสมบัติของแผ่นซีเมนต์ที่มีความหนาแน่นสูงจะมีความชื้นต่ำ จึงสามารถกล่าวได้ว่าความชื้นจะแปรผกผันกับความหนาแน่น

การพองตัวเมื่อแช่น้ำ จากการทดลอง สูตรที่ 8 และ 9 มีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นซีเมนต์ไม่อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ที่กำหนด (มอก. 878-2532) สูตรที่มีค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำที่เหมาะสมคือ สูตรที่ 9 คือร้อยละ 0.38 ทั้ง 2 สูตรมีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ในปริมาณมากและใบสับปะรดปริมาณน้อย การคลุกเคล้าส่วนผสมของใบสับปะรดที่มีปริมาณน้อยกับปูนซีเมนต์ที่มีปริมาณมากจะผสมเป็นเนื้อเดียวได้ดี เมื่อเติมน้ำลงไปจะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีเริ่มขึ้นยังผลให้เกิด ความเหนียว และการเกาะแน่นกับใบสับปะรด ปลอยทิ้งไว้จะแข็งตัวมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ

วิวัฒน์ คลังวิจิต. (2535 : 76) เรื่องการทดลองหาสัดส่วนที่เหมาะสมในการทำวัสดุแผ่นทดแทนไม้ จากวัสดุ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เถ้าแกลบ ปูนขาว และใยมะพร้าว หรือผักตบชวา ได้สรุปไว้ว่า ถ้าเส้นใยขยายตัวภายใน ไม้ได้ก็ทำให้เกิดการพองตัว และถ้าเส้นใยภายในขยายตัวได้ก็จะไม่เกิดการพองตัว สาเหตุที่ทำให้สูตรที่ 8 และ 9 มีการพองตัวเมื่อแช่น้ำผ่านเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม อาจเนื่องมาจากสัดส่วนผสมของใบสับปะรด กับปูนซีเมนต์ซึ่งเป็นตัวแปรที่สำคัญของการพองตัวเมื่อแช่น้ำ เพราะคุณสมบัติของใบสับปะรดจะมีความสามารถในการดูดซึมน้ำได้มากกว่าปูนซีเมนต์ ถ้ามีปริมาณใบสับปะรดมากจะทำให้แผ่นซีเมนต์มีการพองตัว มากตามไปด้วย และในสูตรที่ 9 จากการทดลองจะมีสัดส่วนผสมของใบสับปะรดในปริมาณที่น้อยที่สุด ทำให้มีการพองตัวเมื่อแช่น้ำน้อยที่สุดตามไปด้วย

ความต้านแรงดัด จากการทดลอง สูตรที่ 7 , 8 และ 9 มีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ที่กำหนด (มอก. 878-2532) กำหนด สูตรที่มีค่าความต้านแรงดัดเหมาะสมที่สุดคือสูตรที่ 8 คือ 17.12 เมกะพาสคัล ทั้ง 3 สูตรมีความหนาแน่นสูงกว่าสูตรอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ทรงกลด จารุสมบัติ และ วรธรรม อุ่นจิตติชัย. (2543 : บทคัดย่อ) เรื่องศักยภาพของวัตถุดิบทดแทนไม้สำหรับแผ่นประกอบ (กรณีศึกษาใบไม้แห้ง) ได้สรุปไว้ว่า คุณสมบัติของแผ่นประกอบในค่าความต้านแรงดัด จะแปรผันตามความหนาแน่นของแผ่นประกอบและอัตราส่วนของกาวที่เพิ่มขึ้น สาเหตุที่ทำให้สูตรที่ 7, 8 และ 9 ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอาจเนื่องมาจาก ทั้ง 3 สูตรมีสัดส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปริมาณที่เหมาะสมทำให้มีความหนาแน่นสูง และซีเมนต์จะเป็นตัวประสานให้ใบสับปะรดมีการเกาะยึดกันและแข็งตัวแน่น ทำให้การต้านแรงกดได้ดีแต่ถ้ามีปริมาณของปูนซีเมนต์มากเกินไป จะทำให้ไม่สามารถต้านแรงดัดได้เนื่องจากคุณสมบัติของวัสดุทั่วไป ถ้ามีความแข็งมากจะเปราะ ซึ่งเป็นธรรมชาติของวัสดุเมื่อมีความแข็งมากก็จะทำให้มีความเปราะหรือหักง่าย

มอดุลัสยืดหยุ่น จากการทดลองพบว่า สูตรที่ 7 , 8 และ 9 มีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ที่กำหนด (มอก. 878-2532) สูตรที่มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเหมาะสมที่สุดคือสูตรที่ 8 คือ 3381.00 เมกะพาส จากคุณสมบัติของใบสับปะรดที่มีความเหนียว ความอ่อนนุ่ม และมีความยืดหยุ่นดี และปูนซีเมนต์เมื่อผสมน้ำ จะมีคุณสมบัติที่มีความเหนียว การเกาะยึดวัสดุให้ติดกันแน่น และแข็งตัวได้ดี จึงทำให้แผ่นซีเมนต์มีความยืดหยุ่นและการแข็งตัวได้ดีด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ทรงกลด จารุสมบัติ และ วรธรรม อุ่นจิตติชัย. (2543 : บทคัดย่อ) เรื่องศักยภาพของวัตถุดิบทดแทนไม้สำหรับแผ่นประกอบ (กรณีศึกษาใบไม้แห้ง) ได้สรุปไว้ว่า คุณสมบัติของแผ่นประกอบในค่ามอดุลัสยืดหยุ่น จะแปรผันตามความหนาแน่นของแผ่นประกอบและอัตราส่วนของกาวที่เพิ่มขึ้น สาเหตุที่ทำให้สูตรที่ 7, 8 และ 9 ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม และสูตรที่ 8 มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นที่ดีที่สุด อาจเนื่องมาจาก แผ่นซีเมนต์ที่มีความชื้นต่ำ มีการพองตัวเมื่อแช่น้ำต่ำ แต่มีความหนาแน่นสูง มีความต้านแรงดัดสูง ทำให้มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงตามไปด้วย เพราะ ณ จุดๆหนึ่ง ปริมาณของปูนซีเมนต์และใบสับปะรดมีความเหมาะสมที่สุด ในการทดลองครั้งนี้ สูตรที่ 8 เป็นจุดๆที่สัดส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์และใบสับปะรดมีความเหมาะสมที่สุด ตามที่ได้กล่าวมา

ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิว จากการทดลองพบว่า สูตรที่ 7 , 8 และ 9 มีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ที่กำหนด (มอก. 878-2532) สูตรที่มีค่าความต้านแรงดัดเหมาะสมคือ สูตรที่ 8 คือ 0.81 เมกะพาสคัล ทั้ง 3 สูตรมีความหนาแน่นสูงกว่าสูตรอื่นๆ เนื่องจากมีสัดส่วนผสมของปริมาณปูนซีเมนต์มาก ตามคุณสมบัติซีเมนต์ จะมีความเหนียว และการตัวเกาะยึดวัสดุอื่นให้ติดกันแน่นได้ดี เมื่อผสมกับใบสับปะรดในการทำแผ่นซีเมนต์ ก็

จะทำให้แผ่นซีเมนต์มีความเหนียว มีความแข็ง ความหนาแน่นสูงด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ทรงกลด จารสมบัติ และ วรธรรม อุ่นจิตติชัย. (2543 : บทคัดย่อ) เรื่องศักยภาพของวัตถุดิบทดแทนไม้สำหรับแผ่นประกอบ (กรณีศึกษาใบไม้แห้ง) ที่สรุปไว้ว่าคุณสมบัติของแผ่นประกอบในค่าแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า จะแปรผันตามความหนาแน่นของแผ่นประกอบและอัตราส่วนของกาวที่เพิ่มขึ้น สาเหตุที่ทำให้สูตรที่ 7,8 และ 9 มีค่าแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเหมาะสมที่สุด อาจเนื่องมาจากผลการทดลองพบว่า ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าแปรผันตามกันกับความหนาแน่น ความต้านแรงดัด และมอดุลลัสยืดหยุ่น ซึ่งเป็นเพราะปริมาณของปูนซีเมนต์มีสัดส่วนผสมมากกว่าใบสับปะรด ในปริมาณที่เหมาะสมทำให้มีการเกาะยึด การแข็งตัว ที่ดีทำให้การแยกตัวของแผ่นซีเมนต์ทำได้ยากขึ้น และเห็นได้ว่าค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิว จะแปรผกผันกันกับความชื้น และการพองตัวเมื่อแช่น้ำ เพราะถ้าความชื้นและการพองตัวมีค่ามากแสดงว่า แผ่นซีเมนต์จะยุ่ง่าย ไม่สามารถทนต่อความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวได้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 ข้อเสนอแนะในเชิงวิชาการ

- 1.1.1 ควรศึกษาสารประกอบต่างๆในใบสับปะรด ที่มีผลต่อการทำแผ่นซีเมนต์
- 1.1.2 ควรศึกษาช่วงเวลาต่างๆ ในการผลิต การทดสอบแผ่นซีเมนต์
- 1.1.3 ควรศึกษาอัตราส่วนผสมต่างๆของใบสับปะรดกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์
- 1.1.4 ควรศึกษาลักษณะการยึดเกาะของใบสับปะรดกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์
- 1.1.5 ควรศึกษาสารปรับปรุงคุณภาพในการผลิตแผ่นซีเมนต์

1.2 ข้อเสนอแนะในเชิงเทคนิคการทดลอง

- 1.2.1 กำจัดสารบางอย่างที่มีอยู่ในใบสับปะรด โดยกำจัดด้วยน้ำ หรือใช้สารเคมี
- 1.2.2 ใช้สารเร่งแข็งหรือสารปรับปรุงคุณภาพระหว่างการผลิตแผ่นทดลอง
- 1.2.3 นำใบสับปะรดไปแช่น้ำให้อิ่มตัวก่อนผสม
- 1.2.4 การย่อยใบสับปะรดให้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กที่สุดและย่อยในคราวเดียวกันทั้งหมด และเก็บไว้ในห้องที่มีอุณหภูมิคงที่
- 1.2.5 ควรตรวจ ชั่ง ส่วนผสมที่ใช้ทดลองในคราวเดียวกันทั้งหมด และเก็บไว้ในห้องที่มีอุณหภูมิคงที่
- 1.2.6 ควรใช้ส่วนผสมที่มีปริมาตรเท่ากันทุกสูตรผสม

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

- 2.1 ควรศึกษาการเกาะยึดแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์
- 2.2 ควรศึกษาคุณสมบัติของซีเมนต์ผสมเส้นใย
- 2.3 ควรศึกษาวิจัยกระบวนการผลิตที่เป็นระบบอุตสาหกรรม
- 2.4 ควรศึกษาอัตราส่วนของวัสดุที่ใช้ผสม เพื่อให้เกิดความต้านแรงดัด มอดุลลัสยืดหยุ่น และความต้าน แรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า เพิ่มขึ้นในการทำแผ่นซีเมนต์
- 2.5 ควรศึกษาวัสดุชนิดอื่นที่มีคุณลักษณะที่ดี เมื่อนำมาผสมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แล้วผสมเป็นเนื้อเดียวกัน

บรรณานุกรม

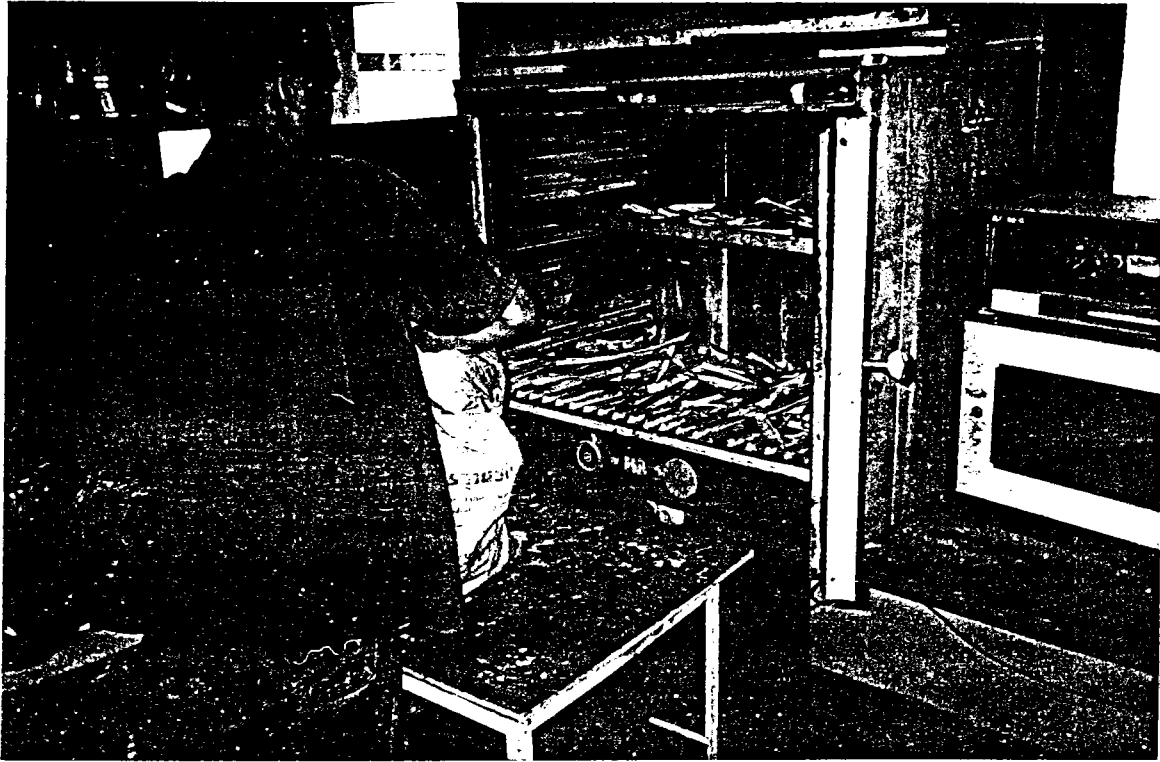
บรรณานุกรม

- กองวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. (2535). สับปะรดและสรีรวิทยาการเจริญเติบโตของสับปะรด. กรุงเทพฯ : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- จินดารัฐ วีระวุฒิ. (2541). สับปะรดและสรีรวิทยาการเจริญเติบโตของสับปะรด. กรุงเทพฯ :มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เฉลิม สุจริต. (2540). วัสดุและการก่อสร้างสถาปัตยกรรม. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชัยรัตน์ สุวัฒน์ และคนอื่นๆ. (2533). แผ่นซีเมนต์ผสมใยพืช. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ดำรงศักดิ์ เหล่าแสงธรรม. (2542). รายงานการวิจัยการผลิตเยื่อกระดาษจากหญ้าแฝกเชิงทดทดกรรม. กรุงเทพฯ : กรมวิทยาศาสตร์บริการ กองการวิจัย.
- ทรงกลด จารุสมบัติ และวรรณ อุ่นจิตติชัย. (2543). ศักยภาพของวัตถุดิบทดแทนไม้ สำหรับแผ่นประกอบ (กรณีศึกษาใบไม้แห้ง). กรุงเทพฯ : การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ครั้งที่39.
- เทอดศักดิ์ แก้วศรี. (2543). การศึกษาคุณสมบัติของซีเมนต์ผสมเส้นใย. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม.(วิศวกรรมโยธา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วรรณ อุ่นจิตติชัย. (2541-2542). แผ่นปาร์ติเกิ้ลจากเศษไม้คละชนิดเหลือทิ้ง จากอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : รายงานผลงานวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้.
- วินิต ช่อวิเชียร. (2529). คอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่7 กรุงเทพฯ : ห้าง ป. สัมพันธ์พาณิชย์.
- วิวัฒน์ คลังจิตร. (2535). การทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำวัสดุแผ่นทดแทนไม้ จากวัสดุปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เถ้าแกลบ ปูนขาว และใยมะพร้าวหรือฝักตบขาว. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรม). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อุดรธานี.
- สมชัย เบญจชัย. (2534). การเกาะยึดแผ่นซีเมนต์ไม้อัดซีเมนต์. ปัญหาพิเศษ. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. อุดรธานี.
- สโรชา เจริญวัย. (2544). การทำไม้อัดอิฐจากเปลือกทุเรียนและเปลือกมะพร้าว. กรุงเทพฯ : ศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์ด้านอาคาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- สุทัศน์ สุวรรณสินธุ์. (2532). แผ่นใยปาล์มซีเมนต์ ในชาวเทคโนโลยีสำหรับชาวบ้าน. กรุงเทพฯ : ศูนย์บริการเอกสารการวิจัยแห่งประเทศไทย.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2532). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นซีเมนต์ไม้อัดซีเมนต์ ความหนาแน่นสูง. กรุงเทพฯ : สำนักงาน.
- ศูนย์สถิติการเกษตร. (2537) สับปะรดและสรีรวิทยาการเจริญเติบโตของสับปะรด. กรุงเทพฯ : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.

- Kollman, F.F.P. (1975). Particleboard, pp. 312-550. In F.F.P. Kollman, E.W. Kuenzi and A.J. Stamm (eds.) *Principles of Wood Science and Technology*. Springer-Verlag, German. 703 p.
- Krenchel, H. *Fiber reinforced matrix materials*. Fiber reinforced Concrete, A.C.L. Publication S.P.44.
- Maloney, T.M. (1993). *Modern Particleboard and Dry-Process Fiberboard Manufacturing*. Miller Freeman Publication, California. 675 p.
- Campbell, V. and R.S.P. Coutts (1975) *Wood fiber-reinforced cement composite*. Journal of Materials Science 35 (5) : 395-400.
- Nilsson, L. (1973). *Reinforcement of concrete with sisal and other vegetable fibres*. Swedish Council for Building Research 14 : 131-254.
- Shafiq, N. (1987). *Durability of natural fibers in mortar containing rice husk ash*. M.S. thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok.
- Tin, T.T. (1993). *Use of water hyacinth fiber as randomly oriented reinforcement in roofing sheets*. M.S. thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok.
- Walton, P.L. and Mjumdar. (1975). *Cement-based composites with mixtures of different type of fibres*, pp. 217-219. In J.J. Beaudoin (ed.). Handbook of Fiber-Reinforced Concrete. National Research Council of Canada, Ottawa, Canada.
- Zonsveld, J.J. (1976). *Properties and testing of concrete containing fibres other than Steel*, pp. 225-226. In J.J. Beaudoin (ed.). Handbook of Fiber-Reinforced Concrete. National Research Council of Canada, Ottawa, Canada.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.
รูปภาพประกอบขั้นตอนการทำวิจัย



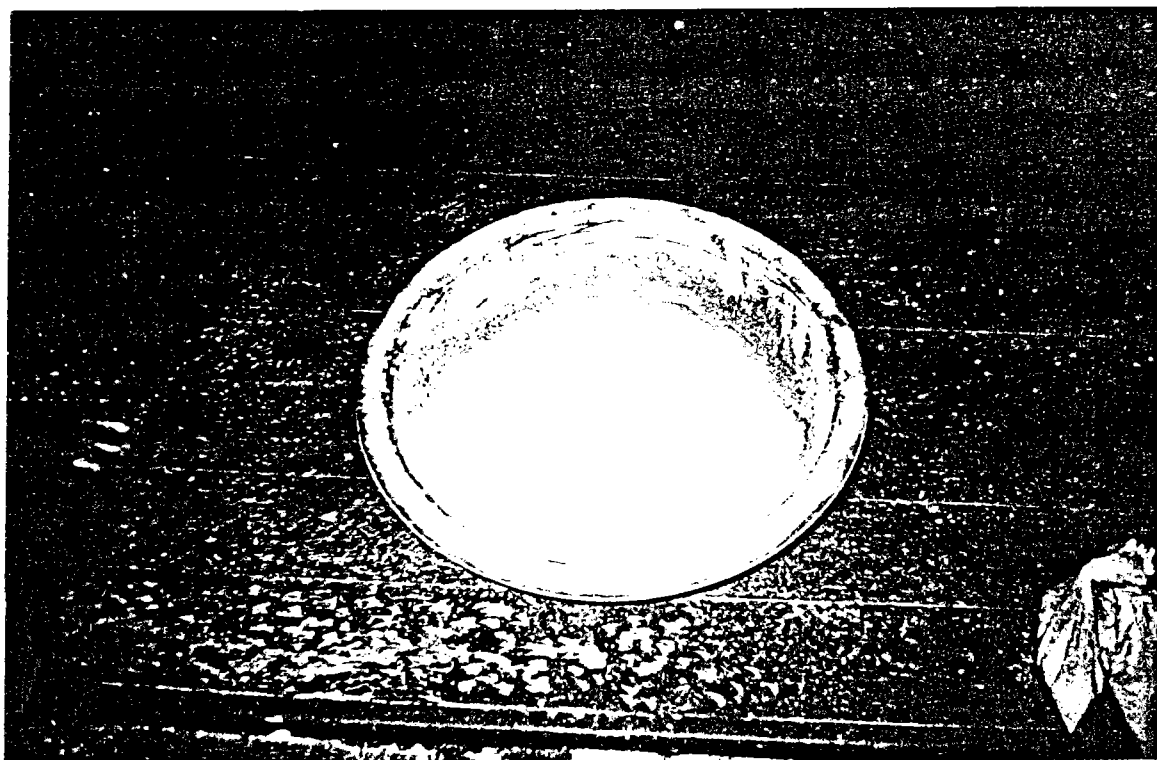
ภาพประกอบ 7 การอบใบสับปะรด



ภาพประกอบ 8 การย่อยใบสับปะรด



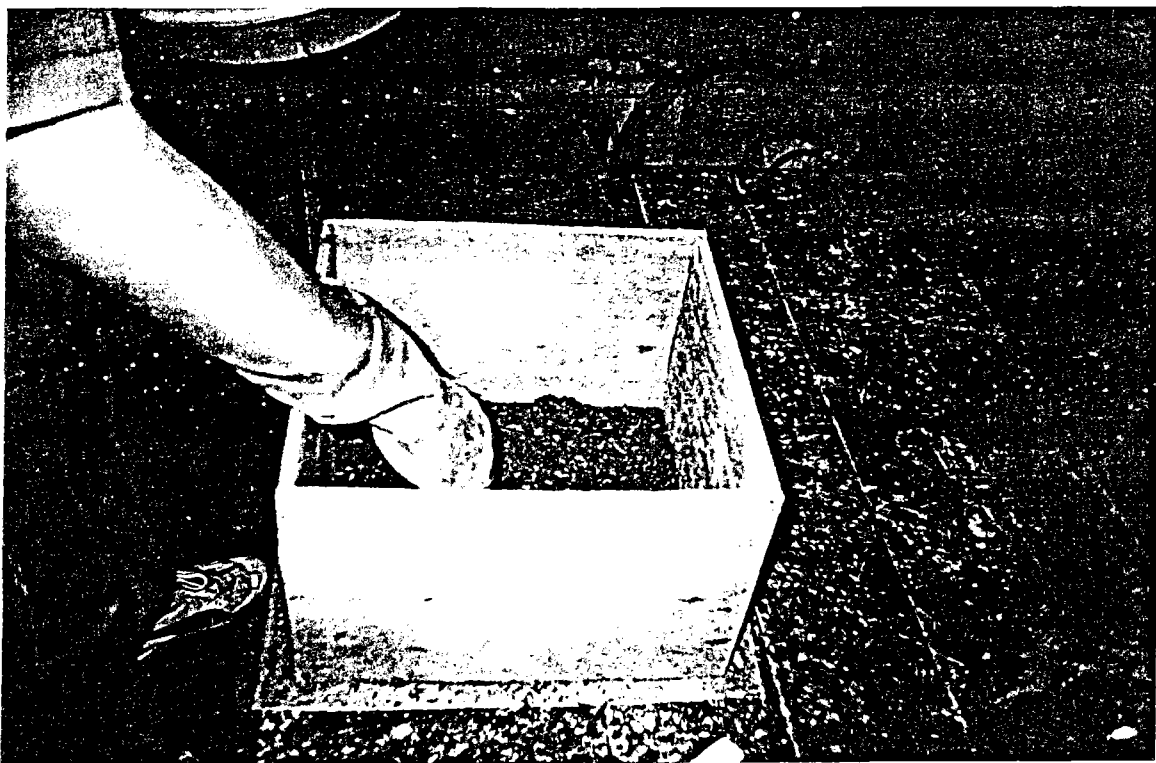
ภาพประกอบ 9 การชั่งส่วนผสม



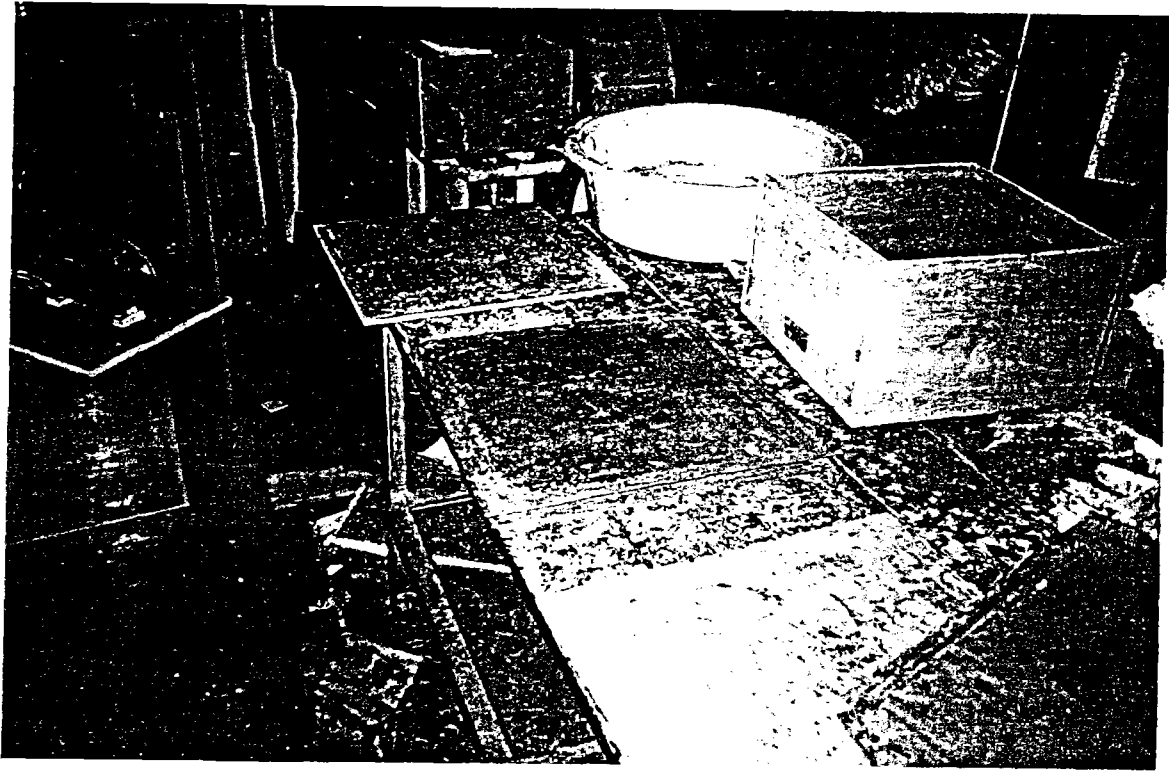
ภาพประกอบ 10 อัตราส่วนผสมใน 1 สูตร



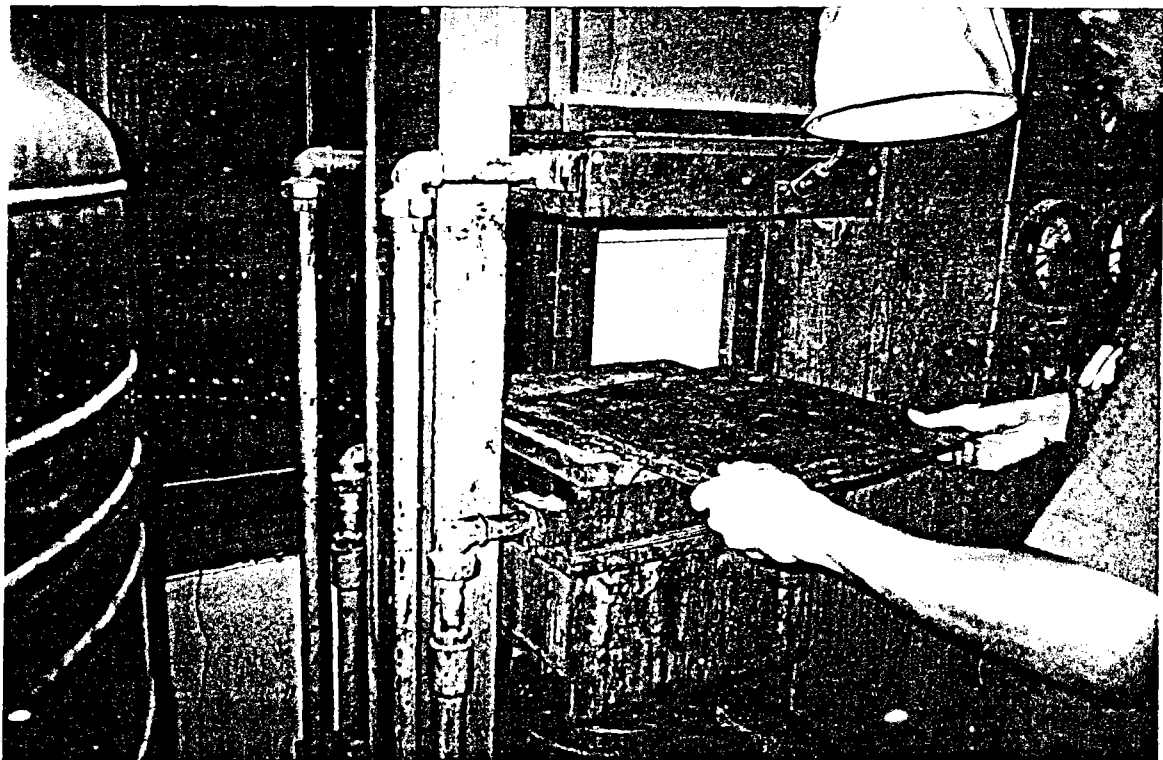
ภาพประกอบ 11 การคลุกเคล้าส่วนผสมด้วยมือ



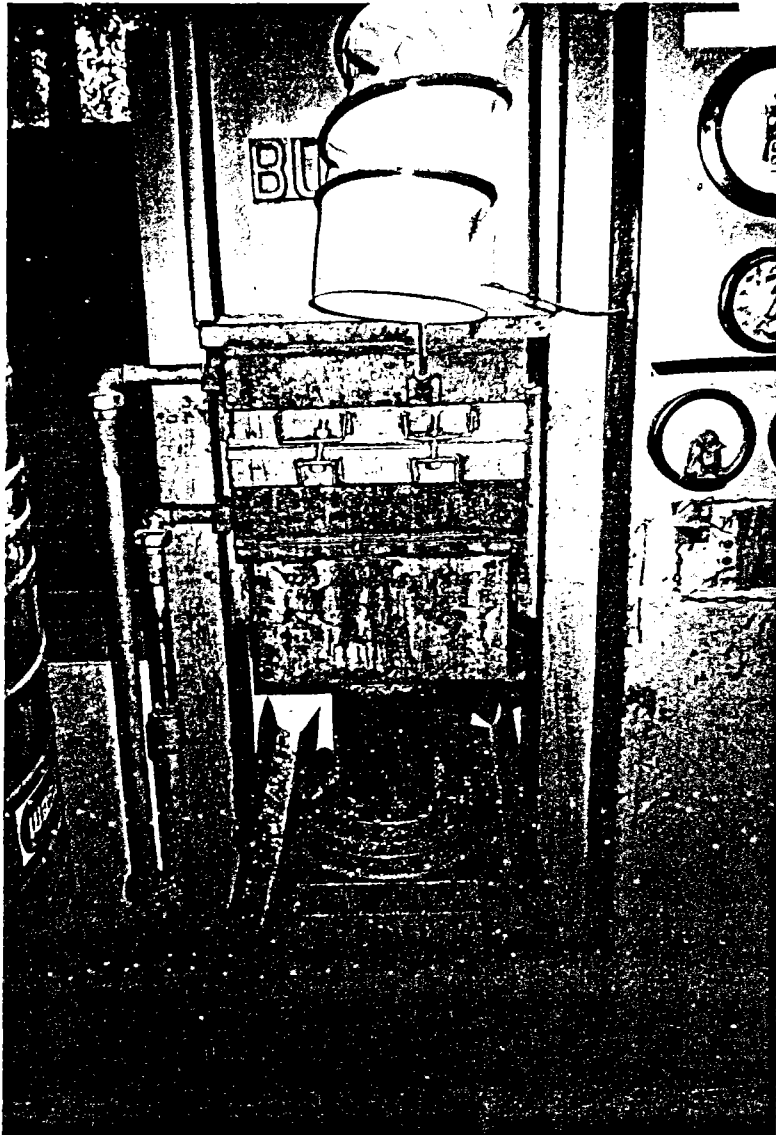
ภาพประกอบ 12 การโรยส่วนผสมลงในแบบพิมพ์



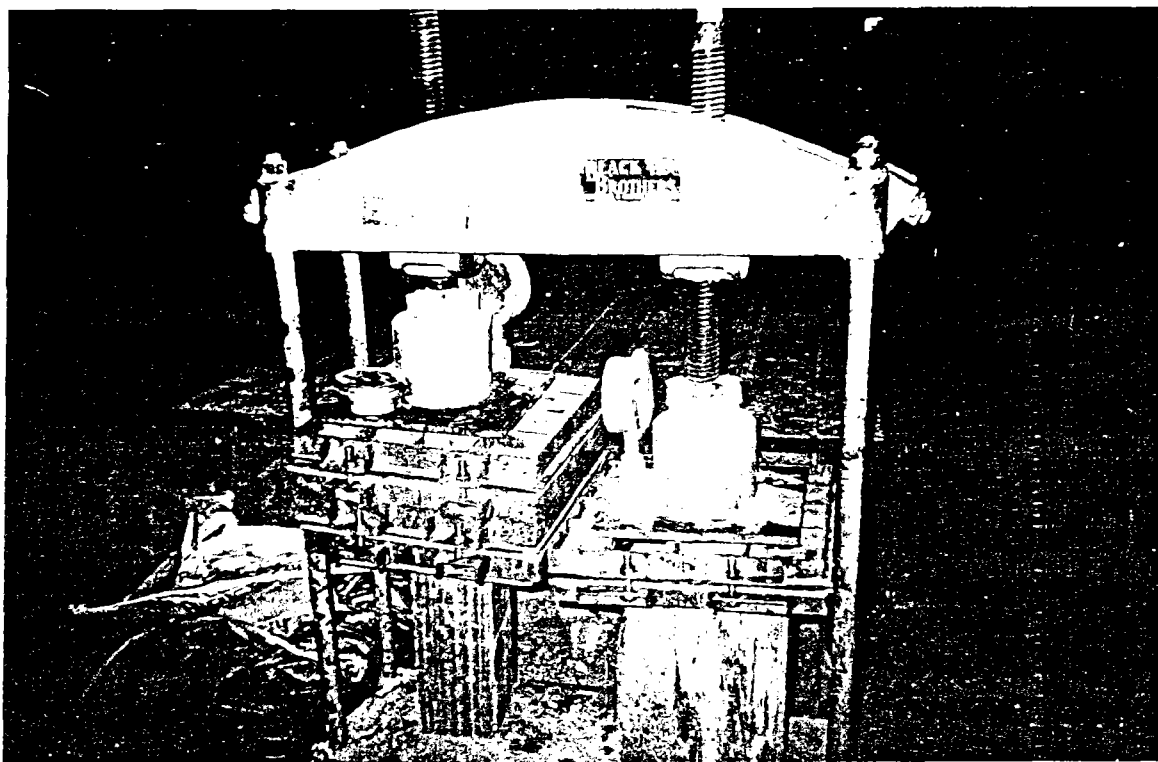
ภาพประกอบ 13 การประกบแผ่นเหล็กเตรียมเข้าเครื่องอัด



ภาพประกอบ 14 การวางแผ่นเหล็กบนเครื่องอัดไฮดรอลิก



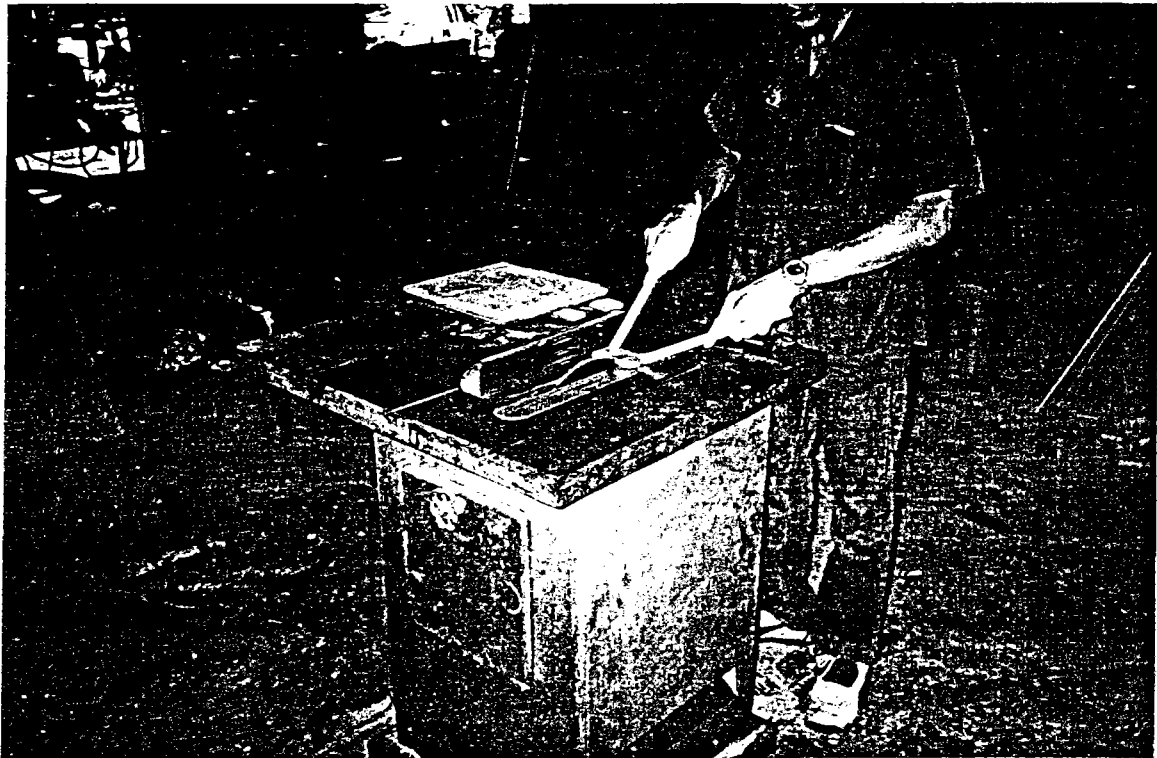
ภาพประกอบ 15 การอัดเย็นแผ่นซีเมนต์ด้วยเครื่องไฮดรอลิก



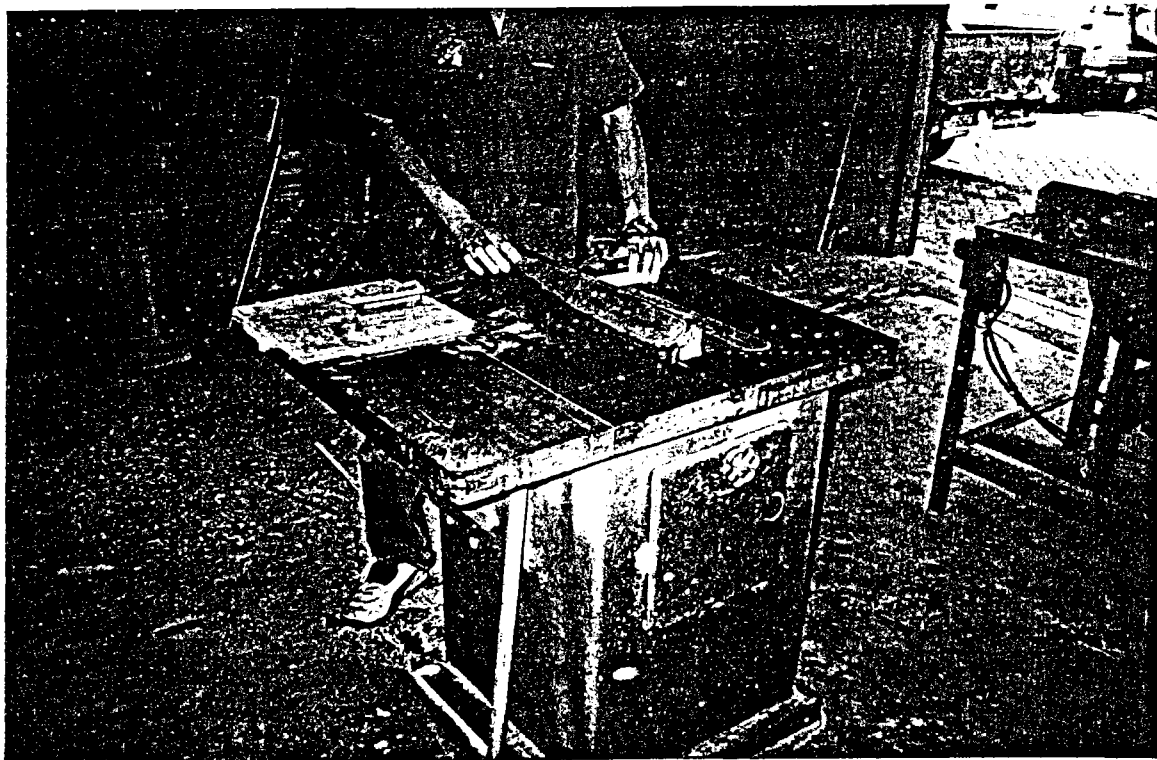
ภาพประกอบ 16 การอัดแผ่นซีเมนต์ไว้ประมาณ 22 ชั่วโมง

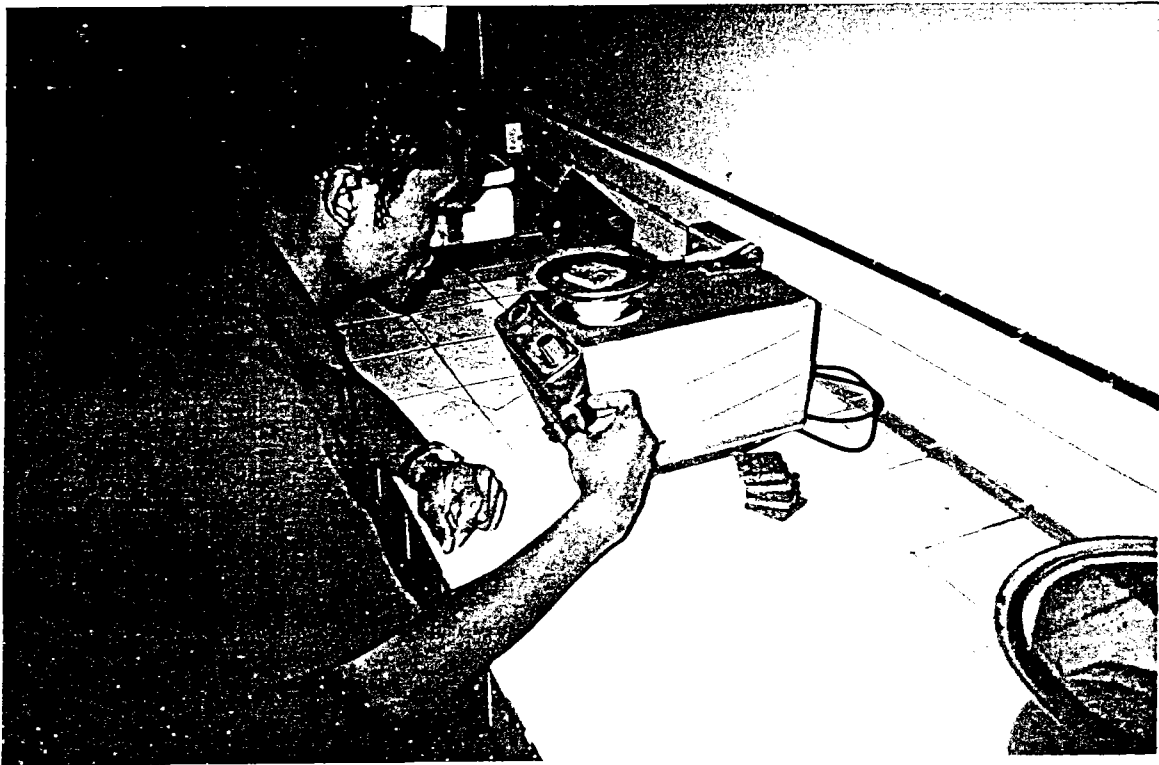


ภาพประกอบ 17 ตักขณะและการบ่มแผ่นซีเมนต์

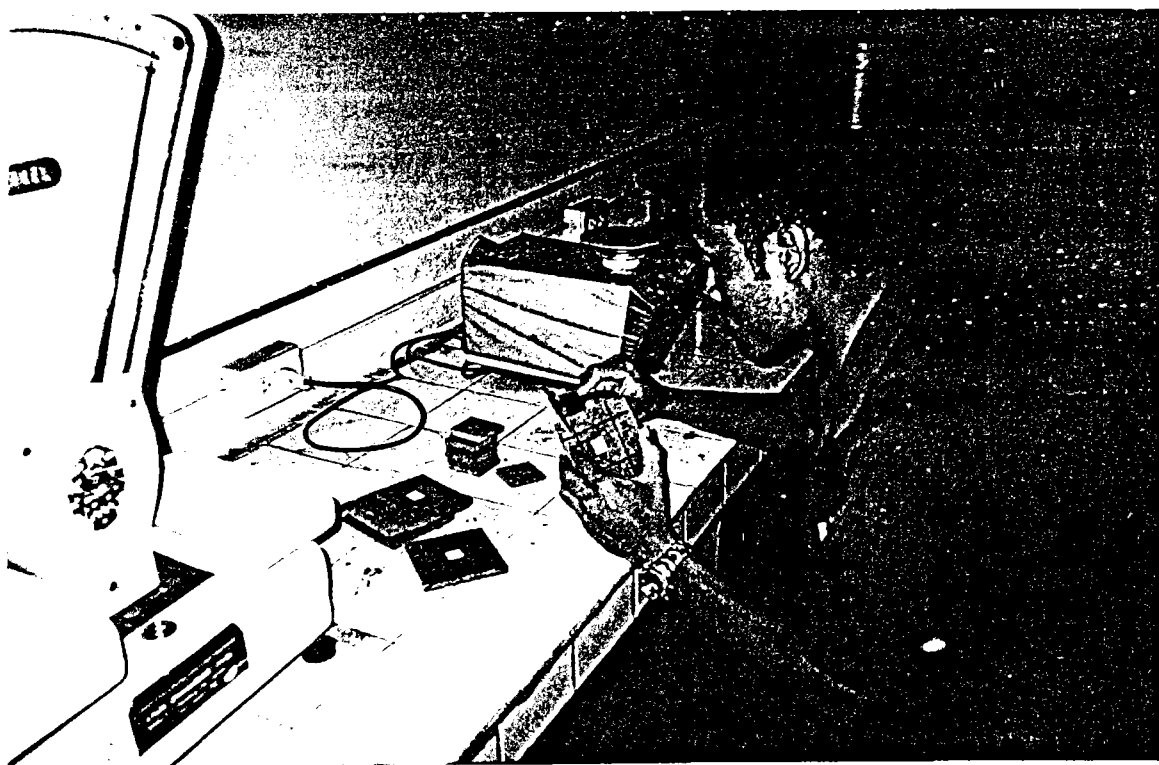


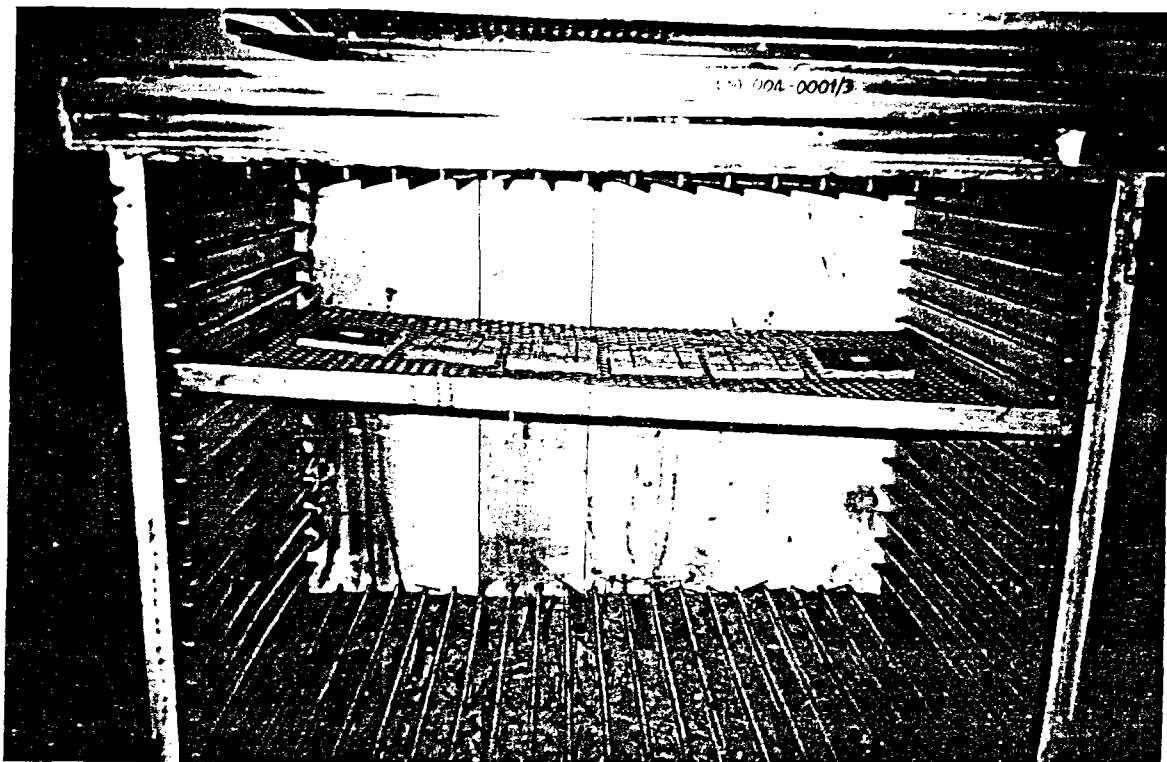
ภาพประกอบ 18 การตัดแต่งขอบและตัดขนาดแผ่นซีเมนต์ไปทดสอบ





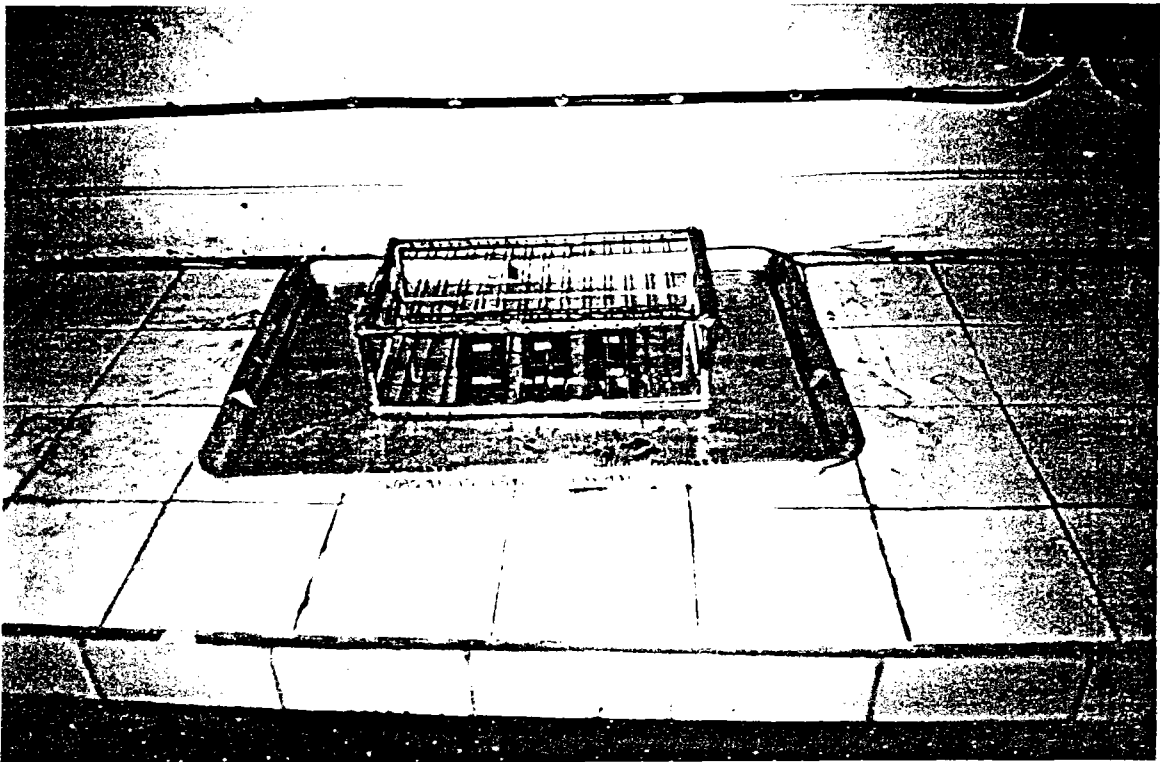
ภาพประกอบ 19 การทดสอบหาความหนาแน่น



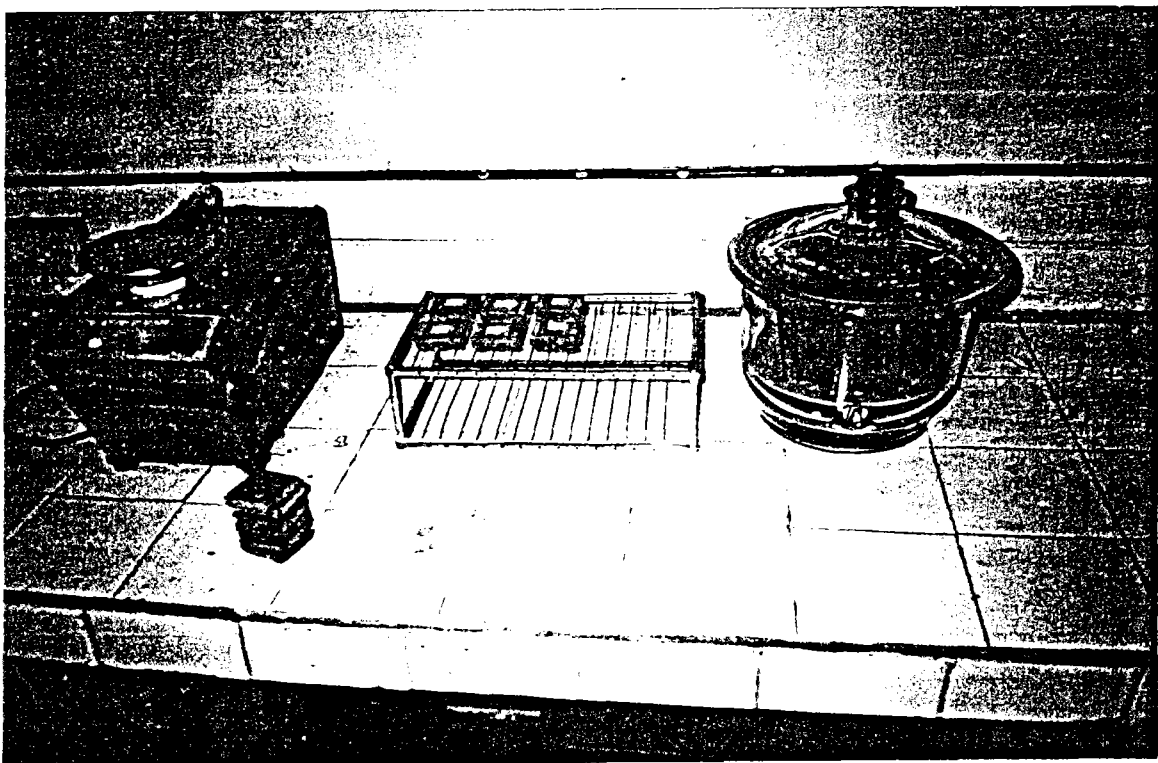


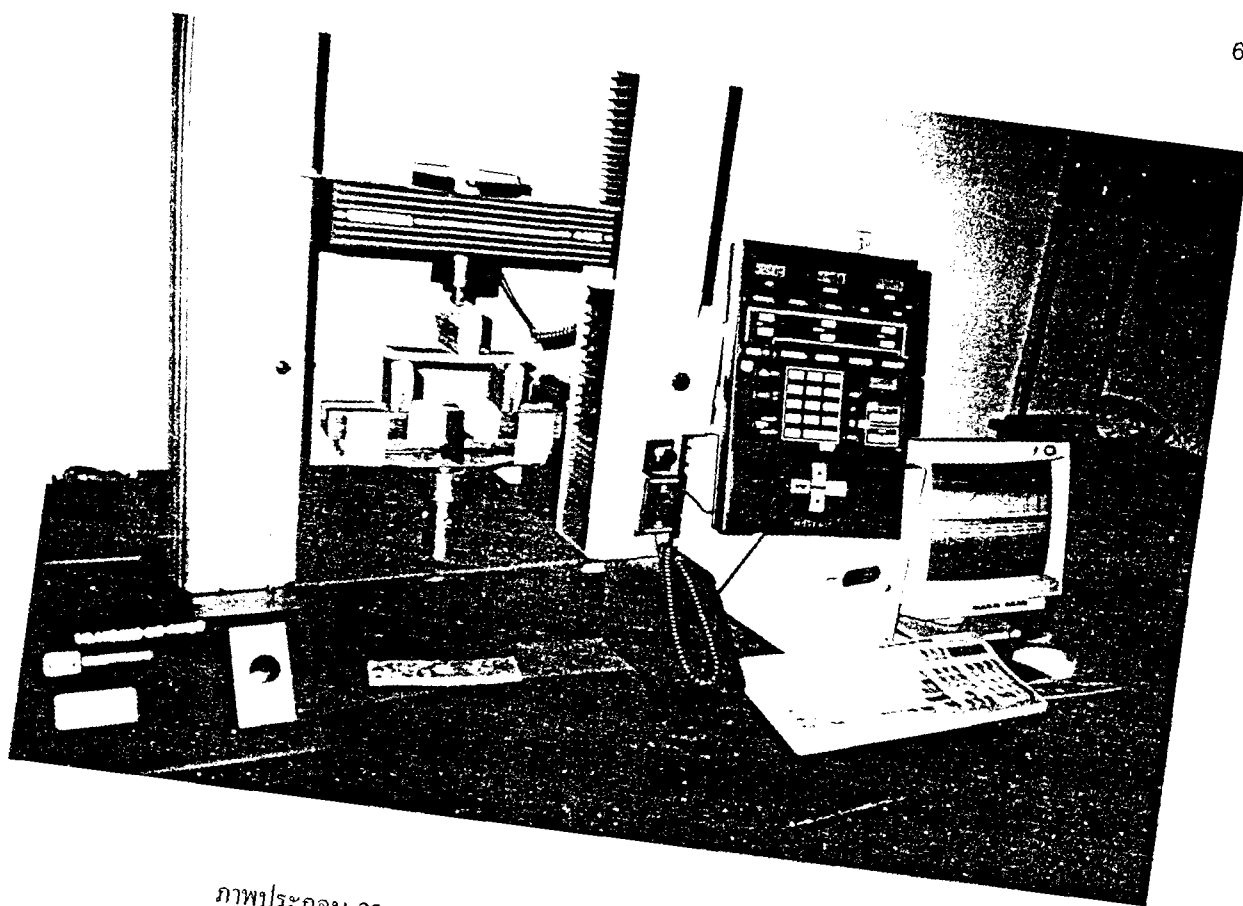
ภาพประกอบ 20 การทดสอบหาความชื้น



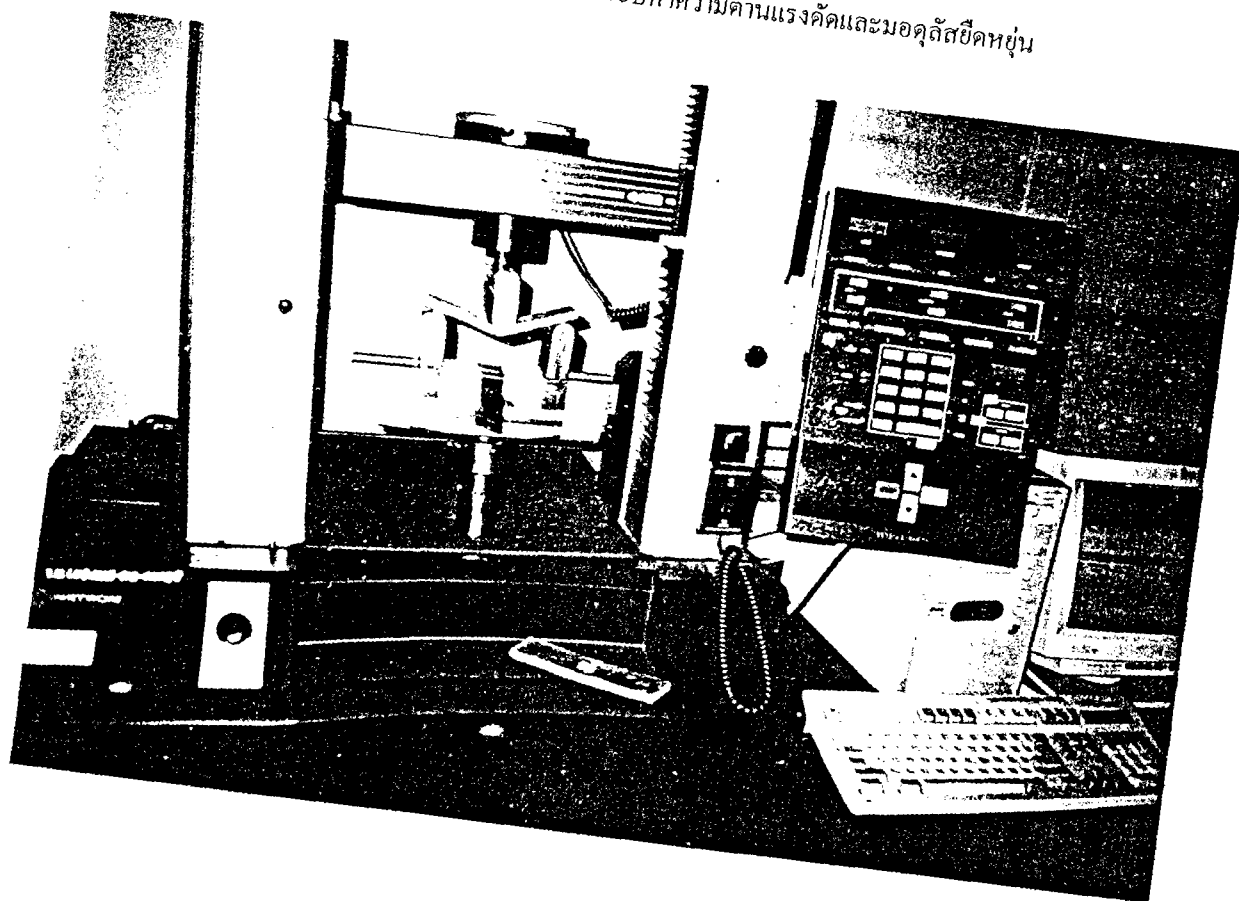


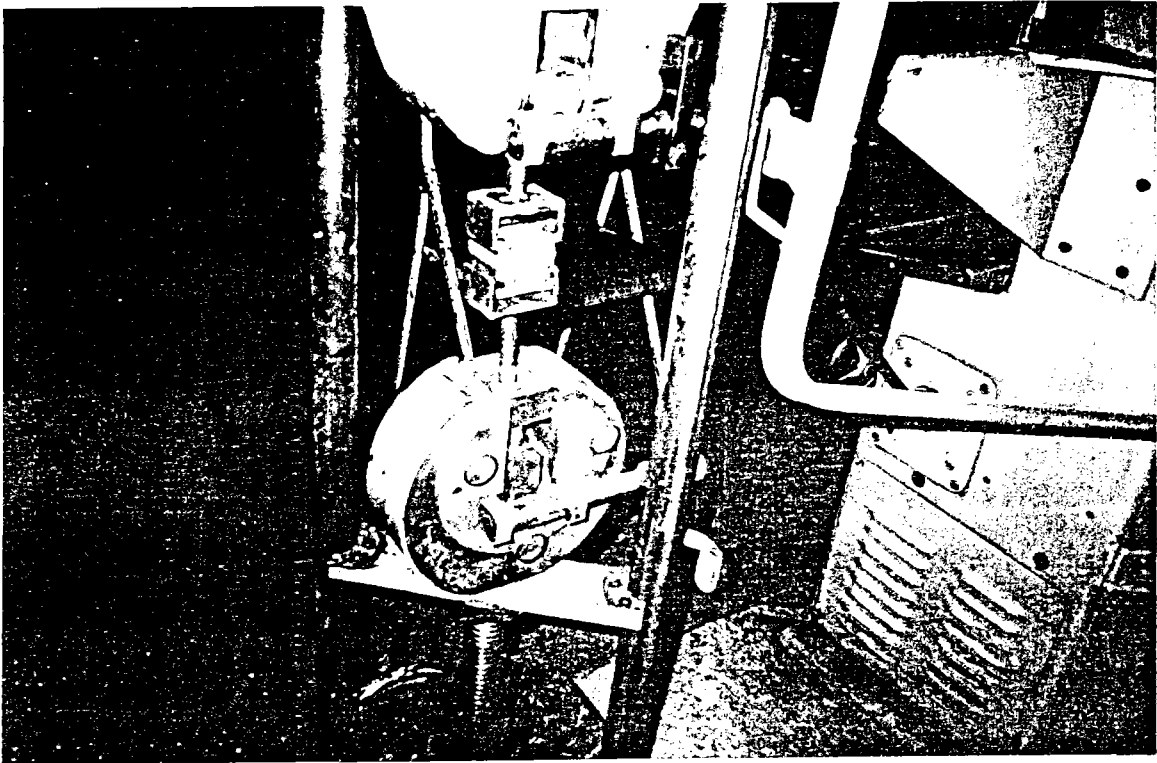
ภาพประกอบ 21 การทดสอบหาการฟองตัวเมื่อแช่น้ำ



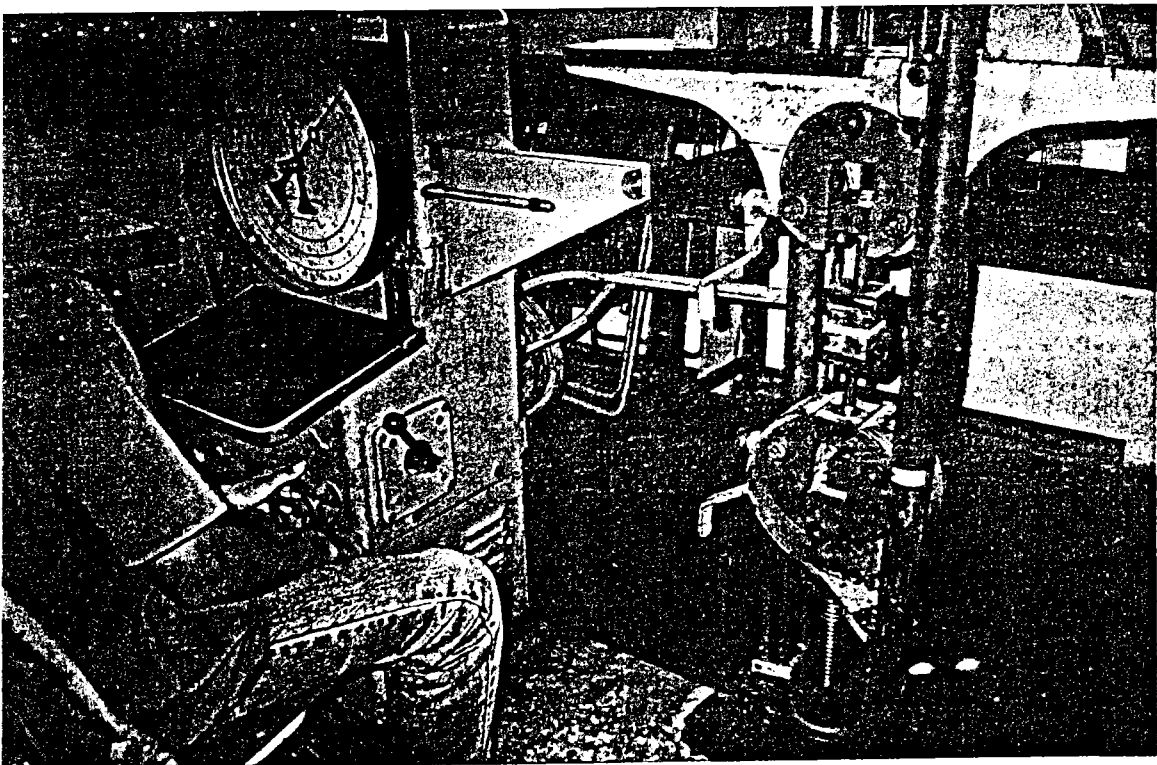


ภาพประกอบ 22 การทดสอบหาความต้านแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น





ภาพประกอบ 23 การทดสอบหาความดันแรงดึงดูดจากกับผิวน้ำ



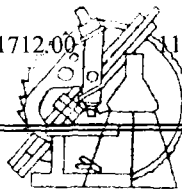
ภาคผนวก ข.

ตารางผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

ตาราง 9 ผลการทดสอบค่าความหนาแน่น ของแผ่นซีเมนต์

ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รหัส	ความกว้าง (มิลลิเมตร)	ความยาว (มิลลิเมตร)	ความหนา (มิลลิเมตร)	ปริมาตร (ลบ.ม)	มวล (กรัม)	ความหนาแน่น (กก / ลบ.ม.)	ความหนาแน่น เฉลี่ย(กก/ลบ.ม)
สูตรที่1 (1)	99.50	99.60	9.40	93155.88	138.20	1483.53	
สูตรที่1 (2)	98.10	100.00	8.90	87309.00	130.70	1496.98	1490.26
สูตรที่2 (1)	99.99	99.99	7.90	78984.20	116.20	1471.18	
สูตรที่2 (2)	99.95	100.00	7.80	77961.00	114.00	1462.27	1466.73
สูตรที่3 (1)	100.20	100.30	8.20	82410.50	120.00	1456.12	
สูตรที่3 (2)	100.30	100.40	8.50	85596.02	120.00	1401.93	1459.19
สูตรที่4 (1)	99.60	99.60	9.20	91265.48	123.50	1353.19	
สูตรที่4 (2)	99.40	100.00	8.20	81508.00	111.80	1371.64	1362.42
สูตรที่5 (1)	99.30	99.50	8.50	83982.98	101.00	1200.21	
สูตรที่5 (2)	99.20	99.50	7.50	74028.00	103.60	1399.45	1299.84
สูตรที่6 (1)	99.40	99.60	7.20	71281.73	112.40	1358.40	
สูตรที่6 (2)	99.40	99.60	7.40	73261.78	108.20	1321.12	1339.76
สูตรที่7 (1)	99.30	100.00	7.20	71496.00	107.00	1505.81	
สูตรที่7 (2)	99.20	100.00	7.00	69440.00	108.23	1543.29	1524.55
สูตรที่8 (1)	99.00	99.80	6.80	67185.36	114.80	1708.70	
สูตรที่8 (2)	99.00	99.50	6.90	67968.45	120.00	1765.52	1737.14
สูตรที่9 (1)	99.00	99.50	7.00	68953.50	106.50	1544.51	
สูตรที่9 (2)	99.60	100.00	7.20	71712.00	110.00	1533.94	1539.21

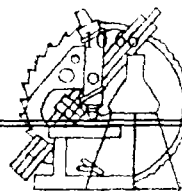


ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์
คณะวนศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
คู่มือ 1054 กทม. 10903
โทร. 02-9426109 แฟกซ์ 02-9426109

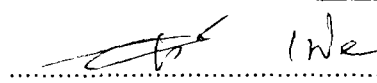
..... ผู้ทดสอบและจดบันทึก
(นายอภิศักดิ์ เพิ่มพูล)

ตาราง 10 ผลการทดสอบค่าความชื้น ของแผ่นซีเมนต์

ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์				
รหัส	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักอบแห้ง (กรัม)	ค่าความชื้น (ร้อยละ)	ค่าเฉลี่ย (ร้อยละ)
สูตรที่1 (1)	138.20	11.80	23.61	
สูตรที่1 (2)	130.70	107.80	21.24	22.42
สูตรที่2 (1)	116.20	99.30	17.02	
สูตรที่2 (2)	114.00	97.20	17.28	17.15
สูตรที่3 (1)	120.00	99.20	20.97	
สูตรที่3 (2)	120.00	97.70	22.82	21.89
สูตรที่4 (1)	123.50	101.60	21.56	
สูตรที่4 (2)	111.80	93.60	19.44	20.50
สูตรที่5 (1)	101.00	86.60	16.63	
สูตรที่5 (2)	103.60	89.40	15.88	16.25
สูตรที่6 (1)	105.30	97.20	15.08	
สูตรที่6 (2)	104.70	99.10	15.20	15.14
สูตรที่7 (1)	104.80	93.80	11.73	
สูตรที่7 (2)	103.00	92.80	10.99	14.36
สูตรที่8 (1)	114.80	104.60	9.75	
สูตรที่8 (2)	120.00	109.20	9.89	9.82
สูตรที่9 (1)	106.50	96.20	10.70	
สูตรที่9 (2)	110.00	99.40	10.86	



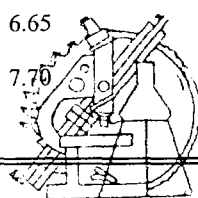
ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์
คณะวนศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตู้ ป.ณ. 1054 กทม. 10903
โทร 02-9428108 แฟกซ์ 02-9428371

 ผู้ทดสอบและจดบันทึก
(นายอภิศักดิ์ เพิ่มพูล)

ตาราง 11 ผลการทดสอบค่าการพองตัวของแผ่นซีเมนต์

ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รหัส	ความหนาหน้า (มิลลิเมตร)	ความหนาหลัง (มิลลิเมตร)	ค่าเฉลี่ย (ร้อยละ)	ค่าเฉลี่ย (ร้อยละ)
สูตรที่ 1 (1)	9.50	10.60	11.58	
สูตรที่ 1 (2)	8.85	9.60	8.47	10.02
สูตรที่ 2 (1)	9.20	10.20	10.47	
สูตรที่ 2 (2)	9.00	10.00	11.11	10.98
สูตรที่ 3 (1)	9.60	10.75	11.98	
สูตรที่ 3 (2)	8.90	9.40	5.62	8.80
สูตรที่ 4 (1)	9.60	10.20	6.25	
สูตรที่ 4 (2)	6.85	7.50	9.48	7.86
สูตรที่ 5 (1)	8.20	9.00	9.76	
สูตรที่ 5 (2)	8.20	9.10	10.98	10.37
สูตรที่ 6 (1)	8.05	8.85	9.93	
สูตรที่ 6 (2)	8.10	8.60	6.17	8.05
สูตรที่ 7 (1)	7.85	8.00	1.91	
สูตรที่ 7 (2)	6.85	7.00	2.19	2.05
สูตรที่ 8 (1)	7.85	7.95	1.27	
สูตรที่ 8 (2)	6.85	6.95	1.45	1.36
สูตรที่ 9 (1)	6.60	6.65	1.76	
สูตรที่ 9 (2)	7.70	7.70	1.76	0.38



ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์
คณะวนศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตึก 1054 กทม. 10903

โทร. 02-9428109 แฟกซ์ 02-9428375

..... ผู้ทดสอบและจดบันทึก
(นายอภิศักดิ์ เพิ่มพูน)

ตาราง 12 ผลการทดสอบค่าความต้านแรงดัด ของแผ่นซีเมนต์

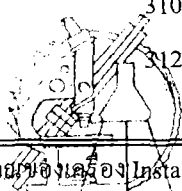
ภาควิชาวิศวกรรมผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์						
Span 150 mm.						
รหัส	ความกว้าง (มิลลิเมตร)	ความหนา (มิลลิเมตร)	แรงกด (kgf.)	แรงกด (Nf.)	ความต้านแรงดัด (เมกะพาสคัล)	ค่าเฉลี่ย (เมกะพาสคัล)
สูตรที่1 (1)	49.50	9.40	8.67	86.70	4.71	
สูตรที่1 (2)	49.60	8.55	11.17	111.70	6.07	5.39
สูตรที่2 (1)	49.80	8.55	11.98	119.80	6.51	
สูตรที่2 (2)	50.00	8.80	9.45	94.50	5.13	5.82
สูตรที่3 (1)	50.00	10.00	10.49	104.78	5.70	
สูตรที่3 (2)	50.00	9.45	12.70	127.00	6.60	6.15
สูตรที่4 (1)	49.60	8.95	11.38	113.80	6.18	
สูตรที่4 (2)	49.40	8.12	11.52	115.20	6.26	6.22
สูตรที่5 (1)	49.80	8.00	12.48	124.80	6.78	
สูตรที่5 (2)	49.20	7.90	13.88	138.80	7.54	7.16
สูตรที่6 (1)	49.71	7.72	16.55	165.50	8.99	
สูตรที่6 (2)	49.85	7.79	11.51	115.10	6.25	7.62
สูตรที่7 (1)	50.00	7.80	16.48	164.80	8.95	
สูตรที่7 (2)	50.30	7.75	17.36	173.60	9.43	9.19
สูตรที่8 (1)	50.20	7.23	20.69	206.90	11.24	
สูตรที่8 (2)	49.40	7.20	24.68	246.80	13.41	12.32
สูตรที่9 (1)	50.20	7.70	21.17	211.70	11.50	
สูตรที่9 (2)	49.90	7.60	19.25	192.50	10.48	10.98

(นายอภิศักดิ์ เพิ่มพูล)

ผู้ทดสอบและจดบันทึก

ตาราง 13 ผลการทดสอบค่ามอดุลัสยืดหยุ่น ของแผ่นซีเมนต์

ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์				
Span 150 mm.				
รหัส	ความกว้าง (มิลลิเมตร)	ความหนา (มิลลิเมตร)	มอดุลัสยืดหยุ่น (เมกะพาสคัล)	ค่าเฉลี่ย (เมกะพาสคัล)
สูตรที่ 1 (1)	49.50	9.40	1336.56	
สูตรที่ 1 (2)	49.60	8.55	1453.12	1394.84
สูตรที่ 2 (1)	49.80	8.55	1610.70	
สูตรที่ 2 (2)	50.00	8.80	1617.30	1614.00
สูตรที่ 3 (1)	50.00	10.00	1788.42	
สูตรที่ 3 (2)	50.00	9.45	1796.22	1792.32
สูตรที่ 4 (1)	49.60	7.60	1805.42	
สูตรที่ 4 (2)	49.40	9.00	1823.66	1814.54
สูตรที่ 5 (1)	49.80	7.80	1904.31	
สูตรที่ 5 (2)	49.20	8.30	2082.23	1993.27
สูตรที่ 6 (1)	49.50	8.10	2630.89	
สูตรที่ 6 (2)	49.70	8.00	2711.99	2671.44
สูตรที่ 7 (1)	50.00	7.90	2963.10	
สูตรที่ 7 (2)	50.30	8.00	3043.18	3003.14
สูตรที่ 8 (1)	50.20	7.10	3327.00	
สูตรที่ 8 (2)	49.40	7.00	3425.00	3381.00
สูตรที่ 9 (1)	50.20	7.20	3103.20	
สูตรที่ 9 (2)	49.90	7.10	3121.00	3112.10



ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์
คณะวนศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ค่า MOE. ได้จากการคำนวณของเครื่อง Install

ine

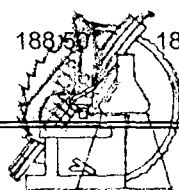
ผู้ทดสอบและจดบันทึก

(นายอภิศักดิ์ เพิ่มพูล)

ตาราง 14 ผลการทดสอบค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ของแผ่นซีเมนต์

ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รหัส	ความกว้าง (มิลลิเมตร)	ความยาว (มิลลิเมตร)	แรงดึง (กิโลกรัม)	แรงดึง (นิวตัน)	ค่าความต้านทาน แรงดึงตั้งฉากกับ ผิวหน้า(N/mm. ²)	ค่าเฉลี่ย
สูตรที่1 (1)	49.90	49.90	57.20	558.60	0.15	
สูตรที่1 (2)	49.90	50.00	51.40	499.80	0.19	0.17
สูตรที่2 (1)	49.90	50.10	68.00	666.40	0.31	
สูตรที่2 (2)	49.80	49.90	65.60	637.00	0.27	0.29
สูตรที่3 (1)	50.10	50.25	84.10	823.20	0.28	
สูตรที่3 (2)	49.90	50.10	85.80	840.80	0.34	0.31
สูตรที่4 (1)	49.20	50.00	86.70	849.70	0.27	
สูตรที่4 (2)	49.20	49.50	92.60	907.50	0.39	0.33
สูตรที่5 (1)	49.00	49.50	98.00	960.40	0.45	
สูตรที่5 (2)	49.50	49.60	108.20	1060.40	0.53	0.49
สูตรที่6 (1)	49.70	49.80	128.30	1257.30	0.45	
สูตรที่6 (2)	49.90	49.80	155.00	1519.00	0.59	0.52
สูตรที่7 (1)	49.80	50.20	189.40	1856.10	0.97	
สูตรที่7 (2)	50.20	49.95	158.60	1554.30	0.89	0.93
สูตรที่8 (1)	49.25	49.95	176.00	1724.80	1.09	
สูตรที่8 (2)	49.65	49.95	253.70	2486.30	1.25	1.17
สูตรที่9 (1)	50.10	50.10	202.20	1981.66	10.60	
สูตรที่9 (2)	50.10	50.10	188.50	1847.30	0.98	1.02



ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์
คณะวนศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตู้ ป.ณ. 1054 กทม. 10903
โทร. 02-9428109 แฟกซ์ 02-9428373

ผู้ทดสอบและจดบันทึก

(นายอภิศักดิ์ เพิ่มพูล)

ภาคผนวก ค.
ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพ
กับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ตาราง 15 การเปรียบเทียบผลการทดสอบความหนาแน่นของแผ่นซีเมนต์กับค่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์
อุตสาหกรรม

ตัวอย่างที่									
ใช้ทดสอบ	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700
	(กก. / ลบ.ม.)								
เกณฑ์	xxxxxxxxxxxxxxxxxx								
สูตรที่ 1	*****								
สูตรที่ 2	*****								
สูตรที่ 3	*****								
สูตรที่ 4	*****								
สูตรที่ 5	*****								
สูตรที่ 6	*****								
สูตรที่ 7	*****								
สูตรที่ 8	*****								
สูตรที่ 9	*****								

xxxxxxx ค่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

***** ค่าจากการทดสอบผลิตภัณฑ์ที่ทดลองผลิต

ตาราง 16 การเปรียบเทียบผลการทดสอบความชื้นของแผ่นซีเมนต์กับค่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์
อุตสาหกรรม

ตัวอย่างที่									
ใช้ทดสอบ	0	2	4	6	8	10	15	20	25
									(ร้อยละ)
เกณฑ์							xxxxxxxxxxxxxxxx		
สูตรที่ 1									
สูตรที่ 2									
สูตรที่ 3									
สูตรที่ 4									
สูตรที่ 5									
สูตรที่ 6									
สูตรที่ 7									
สูตรที่ 8									
สูตรที่ 9									

xxxxxxx

ค่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ค่าจากการทดสอบผลิตภัณฑ์ที่ทดลองผลิต

ตาราง 17 การเปรียบเทียบผลการทดสอบค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำ ของผลิตภัณฑ์แผ่นซีเมนต์กับค่าเกณฑ์
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ตัวอย่างที่									
ใช้ทดสอบ	0	2	4	6	8	10	15	20	25
	(ร้อยละ)								
เกณฑ์	xxxxxxxxxxxxx								
สูตรที่ 1	*****								
สูตรที่ 2	*****								
สูตรที่ 3	*****								
สูตรที่ 4	*****								
สูตรที่ 5	*****								
สูตรที่ 6	*****								
สูตรที่ 7	*****								
สูตรที่ 8	*****								
สูตรที่ 9	*****								

xxxxxxx ค่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

***** ค่าจากการทดสอบผลิตภัณฑ์ที่ทดลองผลิต

ตาราง 18 การเปรียบเทียบผลการทดสอบค่าความต้านแรงดัด ของผลิตภัณฑ์แผ่นซีเมนต์กับค่าเกณฑ์
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ตัวอย่างที่									
ใช้ทดสอบ	0	5	10	15	20	25	30	35	40
	(เมกะพาสคัล)								
เกณฑ์	xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx								
สูตรที่ 1	*****								
สูตรที่ 2	*****								
สูตรที่ 3	*****								
สูตรที่ 4	*****								
สูตรที่ 5	*****								
สูตรที่ 6	*****								
สูตรที่ 7	*****								
สูตรที่ 8	*****								
สูตรที่ 9	*****								

xxxxxxx ค่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

***** ค่าจากการทดสอบผลิตภัณฑ์ที่ทดลองผลิต

ตาราง 20 การเปรียบเทียบผลการทดลองค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ของผลิตภัณฑ์แผ่น
ซีเมนต์กับค่าเกณฑ์ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ตัวอย่างที่														
ใช้ทดสอบ	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	3.14
เกณฑ์	xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx													
สูตรที่ 1	*****													
สูตรที่ 2	*****													
สูตรที่ 3	*****													
สูตรที่ 4	*****													
สูตรที่ 5	*****													
สูตรที่ 6	*****													
สูตรที่ 7	*****													
สูตรที่ 8	*****													
สูตรที่ 9	*****													

xxxxxxx ค่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

***** ค่าจากการทดสอบผลิตภัณฑ์ที่ทดลองผลิต

ภาคผนวก ง.
หนังสือขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญ

ที่ ทม 1012/ ๗๔3



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๕/ ตุลาคม 2545

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณบดีคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สิ่งที่ส่งมาด้วย ตารางบันทึกการตรวจฯ

เนื่องด้วย นายวิเชียร คนฟู นิติระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับใบสับปะรดในการทำแผ่นซีเมนต์” โดยมี อาจารย์อุปวิทย์ สุวคันทรกุล และ อาจารย์สุจิตใจ เหง้าสีไพร เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์นิคม แผลมลัก และ อาจารย์ประเทือง พุฒซ้อน เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจตารางบันทึกการตรวจพินิจลักษณะทั่วไปของแผ่นซีเมนต์

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายวิเชียร คนฟู ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์นภกรณ์ หะวานนท์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-664-1000 ต่อ 5618, 5731

โทรสาร. 02-258-4119

ที่ ทม 1012/ 5119



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

3 ธันวาคม 2545

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณะบดีคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สิ่งที่ส่งมาด้วย ตารางบันทึกการตรวจฯ

เนื่องด้วย นายวิเชียร คนฟู นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์เรื่อง “การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับใบสับปะรดในการทำแผ่นซีเมนต์” โดยมี อาจารย์อุปวิทย์ สุวคันทรกุล และอาจารย์สุดใจ เหง้าสีไพร เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในกรณีนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญผู้ช่วยศาสตราจารย์ทรงกลด จารุสมบัติ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจตารางบันทึกการตรวจพินิจลักษณะทั่วไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจตารางบันทึกการตรวจฯ ให้ นายวิเชียร คนฟู และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์อภรณ์ หะวานนท์)

คณะบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณะบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-664-1000 ต่อ 5618, 5731

โทรสาร. 02-258-4119

ที่ ทม 1012/ 7645



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

25 ตุลาคม 2545

เรื่อง ขอใช้สถานที่และเครื่องมืออุปกรณ์เพื่อการวิจัย

เรียน คณบดีคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เนื่องด้วย นายวิเชียร คนฟู นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์เรื่อง “การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับใบสับปะรดในการทำแผ่นซีเมนต์” โดยมี อาจารย์อุปวิทย์ สุวคันทรกุล และ อาจารย์สุคใจ เหง้าสีไพร เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย โดยขออนุญาตใช้ห้องปฏิบัติการทดสอบไม้และไม้ประกอบ และห้องปฏิบัติการการเสื่อมสภาพของไม้ พร้อมทั้งเครื่องอัดแผ่นและเครื่องทดสอบวัดคุณสมบัติทางกายภาพ เพื่อทำการทดลองแผ่นซีเมนต์และทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นซีเมนต์ ในระหว่างเดือนพฤศจิกายน - ธันวาคม 2545

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ นายวิเชียร คนฟู ได้ใช้ห้องปฏิบัติการและเครื่องมืออุปกรณ์ดังกล่าว ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์นภาพร หะวานนท์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-664-1000 ต่อ 5618, 5731

โทรสาร. 02-258-4119

ภาคผนวก จ.
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจบันทึกตรวจพินิจลักษณะทั่วไปของแผ่นซีเมนต์

- | | |
|--------------------------|--|
| 1. ดร. นิคม แหลมศักดิ์ | ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 2. ดร. ประเทือง พุ่มซ้อน | ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 3. ผศ. ทรงกลด จารุสมบัติ | ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ	นาย วิเชียร คนฟู
วันเดือนปีเกิด	3 ตุลาคม 2508
สถานที่เกิด	อำเภอแจ้ห่ม จังหวัดลำปาง
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	5/54 หมู่บ้านเกษตรพัฒนา ซอยพหลโยธิน45 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900 โทร. 025799248
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	นายช่างเทคนิค ระดับ 5
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	งานอาคารสถานที่และซ่อมบำรุง กองกิจการนิสิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900 โทร. 025795532 , 029428304-6 ต่อ134 ,160
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2519	ชั้นประถมศึกษา(ป.6) โรงเรียนบ้านแม่ตา ตำบลปงคอน อำเภอแจ้ห่ม จังหวัดลำปาง
พ.ศ. 2522	มัธยมศึกษาตอนต้น (ม.3) จากโรงเรียนแจ้ห่มวิทยา อำเภอแจ้ห่ม จังหวัดลำปาง
พ.ศ. 2525	มัธยมศึกษาตอนปลาย(ม.6) จากโรงเรียนแจ้ห่มวิทยา อำเภอแจ้ห่ม จังหวัดลำปาง
พ.ศ. 2531	ประกาศนียบัตรอนุปริญญา (อว.ท.) จากสถาบันราชภัฏจันทรเกษม กรุงเทพมหานคร
พ.ศ. 2534	วท.บ. (เทคโนโลยีอุตสาหกรรม ก่อสร้าง) จากสถาบันราชภัฏจันทรเกษม กรุงเทพมหานคร
พ.ศ. 2546	กศ.ม. (อุตสาหกรรม) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร