



การพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้ง
สำหรับวิสาหกิจชุมชนขนาดเล็ก

Product Development of Light Weight Concrete Wall Board Mixed
with Coconut Leaf Waste for Small Community Enterprise

ผกามาศ ชูสีทธิ
นิลमित นิลาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ 2561
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้งสำหรับวิสาหกิจชุมชนขนาดเล็ก ซึ่งองค์ประกอบของการวิจัยเพื่อทดสอบหาค่าส่วนผสมทางมะพร้าวที่เหมาะสมนำมาผสมทำเป็นแผ่นผนังคอนกรีตโดยอัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1: ทรายแม่น้ำ: ทางมะพร้าวเหลือทิ้ง: น้ำ: สารเร่งการก่อตัวมีสัดส่วน 1:0.4:0.13:0.33:0.03 ปูนซีเมนต์ 1 ส่วนต่อทางมะพร้าว 0.13 มีคุณสมบัติที่ 28 วันที่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานแผ่นผนังคอนกรีต ดังต่อไปนี้ ค่าความหนาแน่น 2,266 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความต้านทานแรงดัด 3.05 เมกะพาสคัล มีประสิทธิภาพการนำความร้อน 0.236 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน เห็นได้ว่าปริมาณทางมะพร้าวเพิ่มขึ้นมีผลกับการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นและสามารถติดตั้งโดยไม่แตกร้าว และได้ทำการทดสอบยึดติดผนังปูน เหมาะสมสำหรับทำแผ่นผนังคอนกรีตขนาดใหญ่ต่อไป

คำสำคัญ ผนังคอนกรีตสำเร็จรูป, ปูนซีเมนต์, ทางมะพร้าวเหลือทิ้ง, น้ำหนักเบา

Abstract

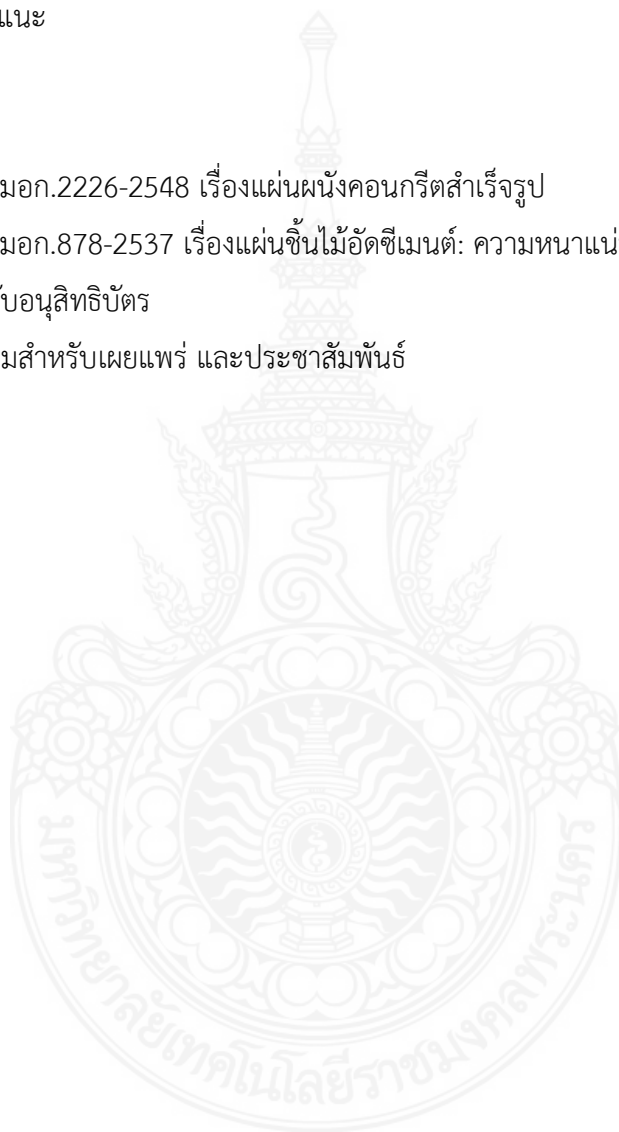
The objectives of this research are to study the product development of light weight concrete wall board mixed with coconut leaf waste for small community enterprise to find the suitable coconut leaf waste mixed ratio with cement, river sand, coconut leaf waste, water and catalyst accelerator at 1:0.4:0.13:0.33:0.03 ratio. CC13 (1:0.13) at 28 days has density 2,266 kg/m³, bending resistance 3.05 MPa, heat conduction efficiency 0.236 W/m-K. The coconut leaf waste can absorb water inside and the cement board can attach to the concrete wall easily. Suitability to make the big concrete wall.

Keywords Concrete Wall Panel, Cement, Coconut Leaf Waste, Light-weight

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ก
สารบัญ	ข
สารบัญรูป	ง
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	4
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 แผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบา	6
2.2 ประเภทของแผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบา	7
2.3 มาตรฐานแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์	9
2.4 เส้นใยธรรมชาติ	11
2.5 สมบัติฐาน	13
2.6 กรอบแนวความคิด	13
2.7 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	13
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	19
3.1 วัสดุและอุปกรณ์	19
3.2 การเตรียมตัวอย่างแผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบา	23
3.3 การขึ้นรูปแผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบา	25
3.4 การทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกล	25
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	27
4.1 คุณสมบัติเบื้องต้นของทางมะพร้าว	27
4.2 ภาพขยายของทางมะพร้าวเหลือทิ้งและแผ่นผนังคอนกรีต	28
4.3 ลักษณะโดยทั่วไปของแผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้ง	48
4.4 ความหนาแน่นของแผ่นผนังคอนกรีต	30
4.5 การดูดซึมน้ำและการหดตัวแห้งของแผ่นผนังคอนกรีต	31
4.6 ความต้านทานแรงดัดของคอนกรีต	32

4.7 ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากผิวหน้าของแผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าว	34
4.8 สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีต	34
4.9 การใช้งานจริงของแผ่นผนังคอนกรีต	35
4.10 บทความวิจัยเพื่อเผยแพร่	36
บทที่ 5 สรุป และข้อเสนอแนะ	37
5.1 สรุปผล	37
5.2 ข้อเสนอแนะ	38
เอกสารอ้างอิง	39
ภาคผนวก	41
ก มาตรฐาน มอก.2226-2548 เรื่องแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูป	
ข มาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง	
ค ร่างคำขอรับอนุสิทธิบัตร	
ง ร่างบทความสำหรับเผยแพร่ และประชาสัมพันธ์	



สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	ปริมาณทางมะพร้าวในสวนมะพร้าวที่ล่องทิ้งจำนวนมาก	1
1.2	ส่วนประกอบของทางมะพร้าว(Stack Overflow Company, 2015)	2
1.3	การรวบรวมทางมะพร้าวเหลือทิ้งภายในสวนมะพร้าวเพื่อรอเผาทำลาย	2
1.4	ลักษณะการติดตั้งผนังเบาโดยใช้โครงคร่าว	3
2.1	แผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบา	8
2.2	ลักษณะโครงสร้างของเฟอร์โรซีเมนต์	12
2.3	กรอบแนวความคิดของแผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาจากทางมะพร้าว	14
3.1	ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1	19
3.2	กองทรายละเอียด	19
3.3	ทางมะพร้าวที่สมบูรณ์แห่งพร้อมใช้งาน	20
3.4	ทางมะพร้าวที่ตัดเฉพาะส่วนติดลำต้นเพื่อนำมาย่อยใช้งาน	20
3.5	สารเร่งการก่อตัวที่ใช้ผสม	20
3.6	เครื่องผสมคอนกรีต	21
3.7	เครื่องอัดแผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบา	21
3.8	ตะแกรงร่อนวัสดุ	21
3.9	เครื่องชั่งน้ำหนัก	22
3.10	แบบหล่อขนาด 300x300x15 ลูกบาศก์มิลลิเมตร	22
3.11	เครื่องทดสอบบอเนกประสงค์	23
3.12	โคนทางมะพร้าวที่ผ่านย่อยด้วยเครื่องย่อยหยาบ	23
3.13	โคนทางมะพร้าวที่ผ่านการย่อยละเอียด	23
3.14	เส้นใยของทางมะพร้าวที่มีขนาดเส้นคล้ายกัน	24
3.15	เส้นใยของทางมะพร้าวสำหรับใช้เป็นส่วนผสมในแผ่นผนังคอนกรีต	24
3.16	แผ่นคอนกรีตน้ำหนักเบาผสมทางมะพร้าวจากเครื่องอัดแผ่นคอนกรีต	25
3.17	การเตรียมแผ่นคอนกรีตน้ำหนักเบาจากทางมะพร้าวที่บ่มเสร็จเพื่อรอทดสอบ	25
4.1	ภาพขยายทางมะพร้าวในเนื้อแผ่นผนังคอนกรีตจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	28
4.2	ภาพขยายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้งเกาะตัวที่กำลังขยาย 50 เท่า	29
4.3	ภาพขยายคอนกรีตน้ำหนักเบาผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้งจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 100 เท่า	29

4.4	ผลการทดสอบความหนาแน่นของแผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้ง	31
4.5	ผลการทดสอบความชื้นของแผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้ง	32
4.6	ผลการทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำแผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้งที่อายุ บ่ม 28 วัน	33
4.7	ผลการทดสอบแรงดัดของแผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้ง	34
4.8	ผลการทดสอบแรงดัดของแผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้ง	34
4.9	ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าว	35
4.10	ผลการทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าว เหลือทิ้ง	36
4.11	แผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้งที่ทดสอบยึดติดด้วยสกรู	36
4.12	ทดสอบการยึดผนังเรียงตัวของแผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้ง	37



สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณลักษณะที่ต้องการอื่น ๆ ของแผ่นซีดีแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์	11
3.1	ส่วนผสมโดยน้ำหนักแผ่นคอนกรีตน้ำหนักเบา	24
4.1	ส่วนประกอบทางกายภาพเส้นใยทางมะพร้าว	27
4.2	ผลการทดสอบลักษณะทั่วไปแผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้ง	29



บทที่ 1

บทนำ

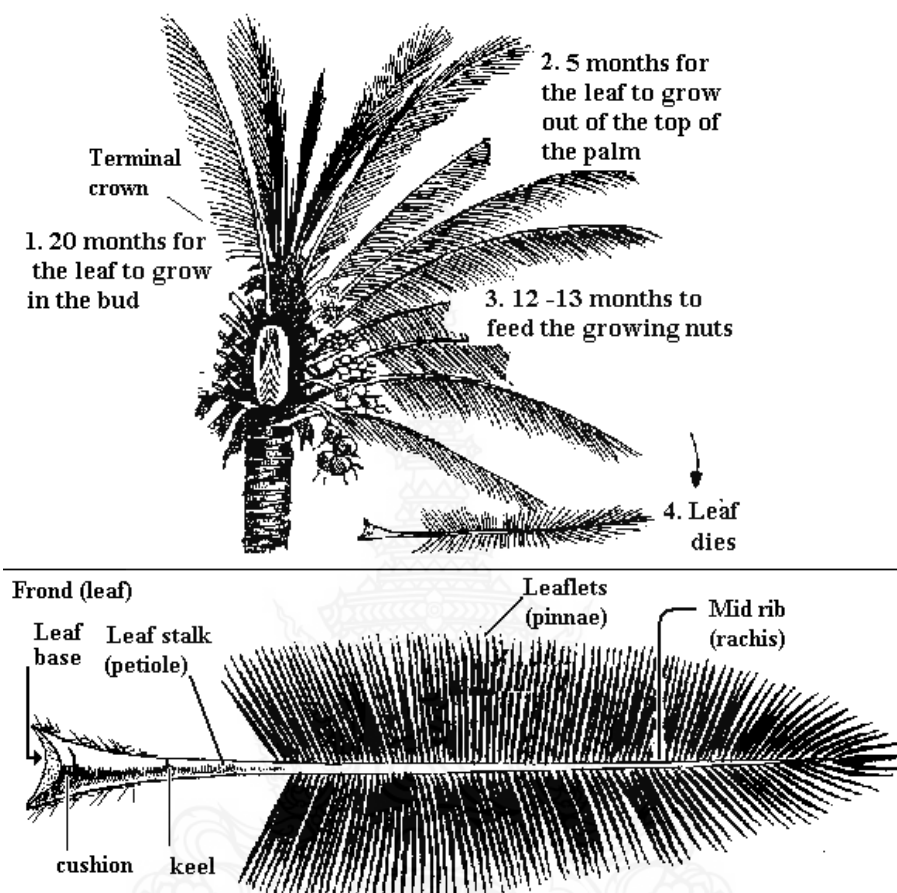
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

มะพร้าวเป็นอีกพืชเศรษฐกิจที่กำลังเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศ เฉพาะภายในประเทศมีปริมาณที่ใช้ประมาณ 1,080 ล้านผล จากการสำรวจพบว่า ประชากรไทย 1 คน จะบริโภคเนื้อมะพร้าวประมาณปีละ 8,273.2 กรัม หรือประมาณ 18 ผลต่อคนต่อปี ทำให้ปีหนึ่งมีการใช้ผลมะพร้าวประมาณ 1,170 ล้านผล หรือประมาณ ร้อยละ 65 ของผลผลิตทั้งหมด ส่วนที่เหลือประมาณ ร้อยละ 35 ของผลผลิตทั้งหมด หรือ 630 ล้านผล ใช้ในรูปของอุตสาหกรรม หรือส่งออกต่อไป คิดเป็นมูลค่าไม่ต่ำกว่าปีละ 3,200 ล้านบาทมะพร้าวเป็นพืชที่นิยมปลูกกันมากในพื้นที่ภาคใต้ ได้แก่ นครศรีธรรมราช ชุมพร สุราษฎร์ธานี กระบี่ ตรัง ภาคกลาง ได้แก่ ประจวบคีรีขันธ์ สมุทรสงคราม นครปฐม เพชรบุรี ราชบุรี ภาคตะวันออก ได้แก่ ชลบุรี จันทบุรี ระยอง ตราด ฉะเชิงเทรา รวมพื้นที่เพาะปลูกทั้งประเทศ 2,163,439 ไร่ พื้นที่ให้ผลผลิต 1,917,287 ไร่ ผลผลิตรวม 1,947,963.59 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 1,016 กิโลกรัมต่อไร่ (รูปที่ 1.1) จากการที่มะพร้าวมีความต้องการมากมายข้างต้น ทำให้บริเวณเพาะปลูกมีวัสดุเหลือทิ้งมากตามไปด้วย (สกอ., 2547) ซึ่งก็คือ ทางมะพร้าว หรือใบมะพร้าว (Coconut Leaf) โดยเฉพาะส่วนของทางมะพร้าวที่ติดอยู่กับลำต้น (Coconut Leaf Base และ Coconut Leaf Stalk) ดังรูปที่ 1.2 และ 1.3 วัสดุชนิดนี้ ไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์ดังเช่นส่วนของก้านใบที่นิยมนำไปผลิตเป็นไม้กวาด หรือที่เรียกว่า ไม้กวาดทางมะพร้าว ทางมะพร้าวที่ติดอยู่กับลำต้นมะพร้าวเป็นวัสดุธรรมชาติที่มีลักษณะเป็นเส้นใยยาวๆ ประกอบด้วย เส้นใยเซลลูโลส (Cellulose Fibers) เป็นวัสดุหลักเป็นโมเลกุลสายยาวซ้ำ ยึดเกาะด้วยพันธะ C-O-C ในหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) จับกับหมู่ธาตุอื่นๆ เรียงตัวเป็นระเบียบ (Crystalline) และระหว่างสายโมเลกุลมีการยึดด้วยพันธะไฮโดรเจนเป็นระยะๆ มีสมบัติเบา



รูปที่ 1.1 ปริมาณทางมะพร้าวในสวนมะพร้าวที่ล้นทิ้งจำนวนมาก

รับแรงดึงได้ดี ทนแดด ทนฝน และนำความร้อนต่ำ (Asasutjarit et al., 2007) ปกติทางมะพร้าวนี้ จะถูกเผาก่อให้เกิดปัญหาต่อสภาพแวดล้อม หรือถูกทิ้งเป็นขยะภายในพื้นที่เพาะปลูกซึ่งจะทำให้เกิดอันตรายจากสัตว์เลื้อยคลานได้ง่าย



รูปที่ 1.2 ส่วนประกอบของทางมะพร้าว (Stack Overflow Company, 2015)



รูปที่ 1.3 การรวบรวมทางมะพร้าวเหลือทิ้งภายในสวนมะพร้าวเพื่อรอเผาทำลาย

อาคารในปัจจุบันมีความนิยมใช้ผนังเบามากขึ้น เนื่องจากมีความแข็งแรงคงทนเพียงพอต่อการใช้งานในระยะยาว และสามารถป้องกันสภาพอากาศภายนอกได้ดี แต่มีน้ำหนักที่เบากว่าผนังทั่วไปถึง 2 ถึง 3 เท่า ต้นทุนค่าก่อสร้างต่ำ และสามารถติดตั้งได้ง่าย โดยผนังเบาที่ใช้กันมากที่สุดจะเป็นการติดตั้งโครงคร่าวก่อน แล้วจึงยึดแผ่นคอนกรีตหรือแผ่นซีเมนต์ที่มีน้ำหนักเบาเข้ากับโครงคร่าว จากนั้นจึงทำการตกแต่งผิวและอุดรอยต่อ (รูปที่ 1.4) สำหรับแผ่นคอนกรีตหรือแผ่นซีเมนต์ที่นำมาใช้มักผลิตจากปูนซีเมนต์ผสมซีลี้อย และใช้กระบวนการผลิตโดยการอัดและรีดด้วยเครื่องจักรขนาดใหญ่ ทำให้บริษัทที่ผลิตผนังชนิดนี้จะต้องเป็นบริษัทที่มีเงินลงทุนสูง ด้วยเหตุนี้ ผลิตภัณฑ์ผนังเบาจึงไม่ค่อยได้รับความนิยมในชุมชนท้องถิ่นมากนัก



รูปที่ 1.4 ลักษณะการติดตั้งผนังเบาโดยใช้โครงคร่าว

ทางมะพร้าว (ส่วนที่ติดกับลำต้น) จึงเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่มีอยู่ทั่วไปในชุมชนไม่ก่อเกิดประโยชน์ใช้สอยใดๆและอาจส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของชุมชนและสิ่งแวดล้อมหากนำมาผสมและขึ้นรูปเป็นแผ่นคอนกรีตสำหรับติดตั้งเป็นผนังเบา นอกจากจะเป็นการลดปัญหาทางมะพร้าวเหลือทิ้งแล้ว ยังจะเป็นการช่วยส่งเสริมวิสาหกิจชุมชนในการสร้างงาน สร้างอาชีพ สร้างรายได้ และเป็นการพัฒนาวัสดุก่อสร้างสำหรับชุมชนท้องถิ่นและชุมชนเมืองที่มีคุณภาพ รวมทั้ง ลดการขนส่งวัสดุบดขำพื้นที่อีกด้วย สำหรับแผ่นคอนกรีตผสมทางมะพร้าวนั้น จะเป็นแผ่นซีเมนต์ที่ใช้เทคโนโลยีพื้นฐานในการผลิต ซึ่งหลายวิสาหกิจชุมชนสามารถสร้างเครื่องจักรได้เอง ทำให้ชุมชนสามารถผลิตแผ่นคอนกรีตชนิดนี้ได้เอง และไม่ต้องลงทุนสูง กระบวนการผลิตใช้การสั่นเขย่าพร้อมกับการอัดส่วนผสมเข้าด้วยกัน จึงไม่ต้องพึ่งน้ำหนักค้ำไว้ เหมือนกับเทคโนโลยีการผลิตของเครื่องจักรขนาดใหญ่ที่ใช้การอัดและรีดแผ่น พร้อมทั้งให้น้ำหนักค้ำไว้ กระบวนการอัดใหม่นี้จะทำให้วิสาหกิจชุมชนสามารถผลิตวัสดุก่อสร้างชนิดนี้ได้ นอกจากนี้ แผ่นคอนกรีตที่พัฒนา ยังมีการเสริมเหล็กตะแกรงหรือลวดขนาดเล็กเพื่อให้แผ่นคอนกรีตสามารถรับแรงคดได้ดี ซึ่งจะสามารถใช้งานได้หลากหลายมากขึ้น(ครองศักดิ์ และคณะ,2553)

ดังนั้น โครงการ “การพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้งสำหรับวิสาหกิจชุมชนขนาดเล็ก” จึงเป็นการพัฒนาวัสดุก่อสร้างที่ช่วยลดปริมาณเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการเพาะปลูกมะพร้าว เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความต้องการของตลาดมาก วิสาหกิจชุมชนสามารถลงทุนต่ำ ช่วยสร้างงาน สร้างรายได้ สู่เกษตรกรชาวสวนมะพร้าว ซึ่งเป็นชุมชนฐานรากของประเทศอย่างแท้จริง โดยโครงการมีระยะเวลาดำเนินงาน รวม 2 ปี ปีที่ 1 ทำการพัฒนาแผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาผสมทางมะพร้าว และปีที่ 2 จะทำการต่อยอดแผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาผสมทางมะพร้าวให้สามารถรับแรงดัดได้สูงโดยการเสริมเหล็กตะแกรงหรือลวดขนาดต่าง ๆ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาผสมทางมะพร้าว (ส่วนที่ติดกับลำต้น) ตามมาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.)

1.2.3 เพื่อส่งเสริมการนำทางมะพร้าว(ส่วนที่ติดกับลำต้น)มาใช้ประโยชน์เป็นผลิตภัณฑ์แผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบา

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1 เป็นสารเชื่อมประสานในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบา

1.3.2 ใช้ทางมะพร้าว(ส่วนที่ติดกับลำต้น) เป็นเส้นใยในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบา

1.3.3 ใช้ทรายละเอียด เป็นมวลรวมในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบา

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

1.3.5 ใช้เครื่องอัดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ขนาด 30 x 30 x 1.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบา สำหรับทำการทดสอบสมบัติต่างๆ โดยไม่ต้องให้น้ำหนักค้างไว้ (แผ่นใยไม่อัดซีเมนต์ทั่วไปต้องให้น้ำหนักค้างไว้ ไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง ซึ่งไม่สะดวกต่อการผลิตในรูปแบบวิสาหกิจชุมชน)

1.3.6 ใช้แบบหล่อขนาด 60 x 120 x 1.5 เซนติเมตร พร้อมชุดอุปกรณ์ให้แรงอัด ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบา สำหรับทดสอบใช้งานจริง(ปีที่ 2)

1.3.7 ใช้ตะแกรงเหล็ก ขนาดและความถี่ที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาชนิดความต้านทานแรงดัดสูง (ปีที่ 2)

1.3.8 ใช้มาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) เรื่องแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง (มอก.878) (สมอ., 2537)ในการทดสอบสมบัติต่างๆ ของผลิตภัณฑ์

1.3.9 ปัจจัยที่ดำเนินการศึกษาในโครงการ ทั้ง 2 ปีมีดังนี้

ปีที่ 1 แผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาผสมทางมะพร้าว

- 1) ขนาดและความยาวของทางมะพร้าวที่เหมาะสมสำหรับผลิตแผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบา
- 2) ชนิดสารเร่งการก่อตัวของแผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาที่เหมาะสมกับการผสมทางมะพร้าว
- 3) กรรมวิธีการผลิตแผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาผสมทางมะพร้าวที่เหมาะสม
- 4) อัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับผลิตแผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาผสมทางมะพร้าว

ปีที่ 2 แผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาผสมทางมะพร้าวชนิดความต้านทานแรงดัดสูง

- 1) ชนิดและขนาดของเหล็กตะแกรงที่เหมาะสมสำหรับเสริมความแข็งแรงให้กับแผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาผสมทางมะพร้าวจากผลการวิจัยในปีที่ 1
- 2) ตำแหน่งการเสริมเหล็กตะแกรงที่เหมาะสมของแผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาผสมทางมะพร้าวจากผลการวิจัยในปีที่ 1
- 3) ผลทดสอบการใช้งานจริงของแผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาผสมทางมะพร้าวชนิดความต้านทานแรงดัดสูงและชนิดทั่วไป (จากผลการวิจัยในปีที่ 1)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ทราบขั้นตอนการผลิตแผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาผสมทางมะพร้าวที่เหมาะสม
- 1.4.2 ทราบอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาผสมทางมะพร้าว
- 1.4.3 ทราบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล สมบัติประสิทธิภาพการนำความร้อนของการผลิตแผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาผสมทางมะพร้าว
- 1.4.4 ทราบผลการทดสอบการใช้งานจริงของการผลิตแผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาผสมทางมะพร้าว
- 1.4.5 โรงงานขนาดกลางถึงขนาดเล็ก วิศวกร วิศวกร ชุมชน และกลุ่มชาวบ้านต่าง ๆ สามารถนำการผลิตแผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาผสมทางมะพร้าวไปผลิตในเชิงพาณิชย์ได้
- 1.4.6 ช่วยให้มีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติภายในประเทศได้อย่างคุ้มค่ามากที่สุด

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

สำหรับทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดที่เกี่ยวกับโครงการการผลิตภัณฑ์คอนกรีตน้ำหนักเบาผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้งสำหรับวิสาหกิจชุมชนขนาดเล็ก สำหรับใช้ในการก่อสร้างอาคารด้วยผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้งนี้เพื่อประหยัดวัสดุ ซึ่งได้จากการทบทวนวรรณกรรมสามารถสรุปได้ ดังนี้

2.1 แผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบา

กรอบแนวความคิดของโครงการ “การพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้งสำหรับวิสาหกิจชุมชนขนาดเล็ก” สามารถสรุปได้ ดังต่อไปนี้

2.1.1 แผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบา

แผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาเป็นแผ่นผนังไม้เทียมที่มีความคงทนต่อสภาพอากาศ สามารถใช้เป็นผนังภายนอกอาคารได้ มีส่วนผสมจากเศษไม้และปูนซีเมนต์ หรือที่เรียกว่า แผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ และแผ่นไม้อัดซีเมนต์(กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2544)ถือกำเนิดมาจากแนวความคิดที่จะใช้ประโยชน์จากเศษไม้ที่เหลือจากอุตสาหกรรมไม้อัดและการตัดไม้ซุงจากป่าออกมาใช้ประโยชน์จะมีเศษไม้ ปลายไม้เหลือไว้ในป่าอย่างน้อยครึ่งหนึ่งของปริมาณที่ตัดออกมา และเมื่อนำไม้ซุงมาแปรรูปในโรงเลื่อยก็จะเหลือปริมาณไม้แปรรูปประมาณ ร้อยละ 50 ของไม้ซุงที่เข้าแปรรูป จึงได้คิดวิธีที่นำเศษไม้จำนวนมากเหล่านี้มาเป็นวัตถุดิบ โดยงานวิจัยแผ่นไม้อัดสารแร่ กลุ่มวิจัยพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ได้ค้นคว้าวิจัยเพื่อหาแนวทางในการนำเศษไม้และไม้โตเร็ว โดยเฉพาะยูคาลิปตัส คามาลดูลูเลนซิส มาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า “แผ่นวัสดุที่ทำจากไม้ Wood Base Panel” ซึ่งได้แก่ ไม้อัด(Plywood) แผ่นไม้อัด (Particle Bord) แผ่นขึ้นไม้อัด (Fiber Board) บล็อกบอร์ด (Block Board) และผลิตภัณฑ์ไม้อัดสารแร่ (Mineral Bonded Panel Products) ซึ่งสามารถแบ่งประเภทของผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ออกได้วัตถุดิบและสารเชื่อม ประเภทที่ได้จากสารแร่ (Inorganic Binder) หลายชนิดด้วยกัน เช่น แผ่นไม้อัดยิปซัม เป็นต้น สำหรับผลิตภัณฑ์ไม้อัดซีเมนต์นั้น มีคุณสมบัติพิเศษรวมกันทั้งของไม้และซีเมนต์กล่าวคือ ทนน้ำทนไฟ ทนปลวกและแมลงสามารถตกแต่งได้เช่น การตัด การเจาะ ได้เช่นเดียวกับไม้ โดยไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษ การฉาบผิวของผลิตภัณฑ์ไม้อัดซีเมนต์กระทำได้โดยวิธีธรรมดา เช่น การลงแล็กเกอร์ การฉาบผิวด้วยสี หรือน้ำมันต่างๆ การปะหน้าด้วยพีวีซี หรือแผ่นไม้บางวีเนียร์ เป็นต้น อีกทั้งยังสามารถใช้เครื่องมือธรรมดาตกแต่งได้ จึงสามารถนำไปใช้ทำบังใบ มนขอบทำลิ้นได้ นอกจากนี้ บริษัท Bison Werkeจำกัด ในสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมันได้พัฒนาวิธีที่เรียกว่า “การพับ” (Flolding) โดยใช้ใบมีดของเครื่องจักรเซาะผลิตภัณฑ์ไม้อัดซีเมนต์เป็นร่อง ให้ตัวร่องเป็นมุมฉากแล้วหักพับเป็นมุมเหลี่ยมต่างๆ ได้ เช่นในลักษณะตัว L ตัว C ตัว U

และตัว T เป็นต้น โดยการใช้กาวยึดรอยพับให้แน่น ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการก่อสร้างได้กว้างมากขึ้น(กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2539)

2.2 ประเภทของแผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบา

ประเทศต่าง ๆ ได้ให้ความสนใจกับผลิตภัณฑ์แผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาหรือไม้อัดซีเมนต์กันอย่างมาก (รูปที่ 2.1) โดยผลิตภัณฑ์นี้เข้ามามีบทบาทอย่างสำคัญสำหรับใช้ในการก่อสร้างบ้านสำเร็จรูป และใช้เป็นส่วนประกอบของบ้านเรือน ซึ่งทำให้ต้นทุนในด้านวัสดุก่อสร้างถูกลงมาก อุตสาหกรรมสำหรับผลิตภัณฑ์ไม้อัดซีเมนต์ แบ่งได้เป็น 3 ชนิด (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2544) ดังนี้

1) อุตสาหกรรมแผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์ หรือมีชื่อเรียกกันในวงการป่าไม่ว่า Wood-Wood Board หรือ ว่า Wood-Wood Cement Slabs ซึ่งเขียนเป็นตัวย่อว่า W.W.S. และมีชื่อเรียกตามมาตรฐาน มอก.442-2525 ว่า “แผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์ชนิดใช้งานทั่วไป” (สมอ.,2525) อุตสาหกรรมประเภทนี้เกิดขึ้นในประเทศไทยมาร่วม 26 ปีเศษแล้ว โดยมีวิธีการผลิตจากการนำไม้ท่อน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นไม้ท่อนซุงที่มีลักษณะดีงาม และกลมมาทอนเป็นท่อนสั้นๆ ประมาณ 40-50 ซม. ฝาท่อนนั้นเป็น 2 ซีก แล้วซุกซีกของท่อนซุงด้วยเครื่องทำฝอยไม้ (Wood-Wood Machine) ฝอยที่ซุกออกมาจะเป็นลักษณะซี่กบบาง ๆ กว้างราว 4-5 มิลลิเมตร หนาราว 0.2-1 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 50 มิลลิเมตร ต่อจากนั้นนำไปผสมกับซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ วัตถุประสงค์บางอย่างจะละลายน้ำ แล้วนำไปเข้าแบบอัดเป็นแผ่น มีความหนาตั้งแต่ 0.5 นิ้วถึง 4 นิ้ว ส่วนความกว้าง ความยาวของแผ่นเส้นฝอยอัดซีเมนต์นั้น โดยมากใช้ขนาดมาตรฐาน 1x2 ตารางเมตร นำไปผึ่งให้ซีเมนต์แห้งจะมีความยืดหดตัวน้อย สามารถกันเสียง และเป็นฉนวนกันความร้อนความหนาวได้ดี เหมาะสำหรับทำฝ้าเพดาน และฝ้ากันห้อง คุณสมบัติพิเศษคือสามารถฉาบปูนได้เนื่องมีผิวที่หยาบเกาะยึดปูนฉาบได้ดี จึงสามารถนำไปทำฝ้าห้องได้ทั้งภายนอกและภายในอาคาร แต่สิ่งที่ควรระวังคือไม้ที่นำมาซุกทำเส้นไม้ (Wood-Wood) จะต้องมีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะยึดเกาะซีเมนต์ได้ โดยที่ไม้เหล่านั้นจะต้องไม่มีปริมาณสารแทรกเช่น น้ำตาล ไขมัน น้ำมัน (Resin) เป็นต้น มากเกินควร เพราะสารเหล่านี้จะเป็นตัวการขัดขวางปฏิกิริยาแข็งตัวของไม้กับซีเมนต์ ไม้ที่เหมาะสมจะนำมาเป็นวัตถุดิบได้แก่ ไม้ก่อ มะอ้าแดง อินทนิล ไม้สน และยูคาลิปตัส ฯลฯ สำหรับในต่างประเทศในทวีปยุโรปสามารถนำไม้เนื้ออ่อนชนิดต่าง ๆ มาผลิตแผ่นฝอยอัดซีเมนต์ โดยใช้น้ำยาเคมีช่วย อย่างไรก็ตาม แผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์ในประเทศไทยยังไม่ก้าวหน้าเท่าที่ควร เนื่องจากต้นทุนการดำเนินงานสูง วัตถุดิบหลักคือซีเมนต์และไม้ ซึ่งต้องเลือกชนิดยึดเกาะกับซีเมนต์ และเลือกท่อนโตเปลาตรง เพื่อจะซุกได้ฝอยไม้เส้นยาว ทำให้วัตถุดิบมีราคาสูง ซึ่งผู้ประกอบการสามารถแก้ไขปัญหานี้ได้โดยปลูกสร้างสวนป่าเอง เพื่อจะมีไม้ชนิดที่ต้องการมาป้อนเป็นวัตถุดิบอย่างสม่ำเสมอและร่วมทุนกับบริษัทที่ผลิตปูนซีเมนต์ปัจจุบันนี้เป็นที่นิยมใช้กันมากในประเทศออสเตรเลีย และสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน (บริษัท วิบูลย์วิวัฒน์อุตสาหกรรม จำกัด, 2553) องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติได้ทำการสำรวจพบว่าในปีที่ผ่านมา 21 ปี ทั่วโลกมีปริมาณการผลิตแผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์ราว 7.6 ล้านลูกบาศก์เมตร และคาดคะเนต่อไปว่าอัตราการใช้

แผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์ของโลกจะเติบโตสูงขึ้นถึง 15.0 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยที่แผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์จะเป็นที่นิยมนำมาใช้ทำองค์ประกอบอาคารทั่วไปและอาคารสำเร็จรูปมากขึ้นในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา การคาดคะเนนี้ อาศัยพื้นฐานจากการคาดการณ์ว่าบรรดาบ้านราคาถูกสำหรับผู้มีรายได้น้อยทั่วโลกจะเพิ่มขึ้นราวปีละ 1 ล้านหลังทุกปี และบ้านเหล่านี้จะหันมาใช้แผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์กันมากขึ้น เพราะมีราคาถูกและยังมีคุณสมบัติที่ดีหลายประการคือ ทนไฟ ทนปลวก เชื้อรา สามารถบำบัดแต่งได้ และมีความทนทานสูงอีกด้วย โดยส่วนประกอบของแผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์ใน 1 ลูกบาศก์เมตรประกอบด้วยเส้นไม้ 120-140 กิโลกรัม ซีเมนต์ 240-250 กิโลกรัม น้ำ 120-140 ลิตร และเกลือ 3-35 กิโลกรัม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความหนาของแผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์ที่ใช้จะต้องเป็นซีเมนต์ชนิดปอร์ตแลนด์ 350 หรือ 450 ทั้งนี้ควรใช้น้ำสะอาดและเกลือจะเป็นตัวเร่งให้แผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์แห้งเร็วขึ้นปกติแผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์แผ่นหนึ่งจะมีขนาดมาตรฐานตามที่ระบุไว้ใน มอก. 422-2530 เรื่องไม้สักแปรรูป (สมอ.,2530)



รูปที่ 2.1 แผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบา

2) อุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ (Cement-Bonded Particle-Boards) ขึ้นไม้สับ (Wood Chip) ที่ใช้เป็นวัตถุดิบ สำหรับอุตสาหกรรมนี้เป็นวัตถุดิบเช่นเดียวกับวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ดโดยทั่วไป คุณสมบัติของไม้ที่ต้องเลือกคือจะต้องเป็นไม้สับที่บางและยาว ซึ่งจะทำให้แผ่นผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีขึ้น ขนาดของแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ โดยทั่วไปมี 2 ขนาดคือ 1,250x2,240 มิลลิเมตร และขนาด 1,250x2,800 มิลลิเมตร ส่วนความหนานั้นมีตั้งแต่ 8-40 มิลลิเมตร ความแน่น (Density) สูงสุด 1,250 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ถ้าส่วนผสมระหว่างขึ้นไม้สับกับซีเมนต์เป็นอัตราส่วน 1:2:75 โดยน้ำหนัก การจะลดความหนาแน่นให้ต่ำลงสามารถทำได้ด้วยการลดอัตราส่วนผสมของซีเมนต์ลง แต่จะทำให้อัตราการทนไฟต่ำลงและทำให้การพองตัวเมื่อถูกน้ำเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามแผ่นขึ้นไม้สับอัด

ซีเมนต์ที่ลดความหนาแน่นโดยวิธีลดอัตราส่วนผสมของซีเมนต์นั้นอาจนำไปใช้ทำฝากันห้องทำเพดานและทำส่วนประกอบของสิ่งก่อสร้างที่ต้องการความทนไฟสูง และมีมาตรฐาน มอก. 878-2537 เรื่องแผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูง(สมอ., 2537)

3) อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ (Cement-Bonded Fiber Board) อุตสาหกรรมประเภทนี้เป็นเรื่องที่น่าสนใจจะศึกษาค้นคว้าผลผลิตออกมาเป็นรูปแบบอุตสาหกรรม เพราะมีกรรมวิธีการผลิต เช่นเดียวกับแผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์ มีข้อแตกต่างเพียงใช้เส้นใยจากไม้แทนที่จะเป็นซีเมนต์ การผลิตควรจะสร้างเป็นโรงงานผนวกกับโรงงานไม้อัดแผ่นเรียบ (Fiber-Board) เนื่องจากอุตสาหกรรมวัตถุดิบสำคัญของอุตสาหกรรมนี้ คือเส้นใยไม้ ซึ่งโรงงานไฟเบอร์บอร์ดต้องผลิตอยู่แล้ว ในอนาคตเส้นใยที่ได้จากไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิล และพืชการเกษตรที่มีความสำคัญมากดังเช่น ปาล์มน้ำมันอาจเป็นสิ่งทดแทนเส้นใยที่ได้จากแร่ใยหิน (Asbestos) เพราะได้มีกฎหมายห้ามใช้ในผลิตภัณฑ์ก่อสร้างเนื่องจากมลพิษในสภาพแวดล้อม และอุตสาหกรรมนี้ยังไม่มีผลผลิตออกมาเป็นสินค้าจึงเป็นเรื่องที่ศึกษาทดลอง ตลอดจนถึงการศึกษาการผลิตอิฐบล็อกด้วยไฟเบอร์ผสมซีเมนต์และซีเมนต์สับผสมซีเมนต์ด้วย

2.3 มาตรฐานแผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์

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

1) ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐาน

1.1) แผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง หรือแผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์ หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นแผ่น ทำจากซีเมนต์และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 1,100 ถึง 1,300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

1.2) ซีเมนต์ หมายถึง ซีเมนต์หรือส่วนของเนื้อไม้หรือวัสดุลิกโนเซลลูโลส (Ligno-Cellulosic Material) อื่นๆ ที่ถูกย่อยด้วยเครื่องจักร ซีเมนต์อาจมีลักษณะต่างๆ อย่างใดอย่างหนึ่ง ดังนี้

- เกล็ด (Flake) หมายถึง ซีเมนต์บางๆ มีทิศทางของเส้นขนานกับผิว ได้จากการใช้ใบมีดตัดขนานกับแนวของเส้นใย แต่ทำมุมกับแนวแกนของเส้นใย

- เกล็ดใหญ่ (Wafer) หมายถึง ซีเมนต์ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเกล็ด แต่มีความกว้างและความหนามากกว่า

- แถบ (Strand) หมายถึง ซีเมนต์ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเกล็ด แต่มีความยาวมากเมื่อเทียบกับความกว้าง และมีความหนาสม่ำเสมอตลอดความยาวของแถบ

- ชีบกบ (Planer Shaving) หมายถึง ซีเมนต์ที่มีรูปร่างเป็นแผ่นขนาดเล็ก มีความหนาไม่เท่ากัน คือ หนาที่ปลายด้านหนึ่ง ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งจะบาง มีลักษณะเป็นแฉกขนนก และมักโค้งงอด้วย ซึ่งได้จากการไสไม้ด้วยเครื่องไสไม้ชนิดหัวตัดหมุน (Rotary Cutter Head)

- แท่ง (Splinter or Sliver) หมายถึง ชี้้นไม้ที่มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมเมื่อบมองทางหน้าตัด และมีความยาวตามแนวเส้นยืนไม่น้อยกว่า 4 เท่าของความหนา

- เม็ด (Granule) หมายถึง ชี้้นไม้ที่มีลักษณะคล้ายขี้เลื่อย ซึ่งมีความกว้าง ความยาว และความหนาเกือบเท่ากัน

- ลักษณะอื่น ๆ ซึ่งเหมาะสำหรับทำแผ่นชี้้นไม้อัดซีเมนต์

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

2) ส่วนประกอบและการทำ

2.1) ส่วนประกอบ

- ชี้้นไม้

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

2.2) การทำ ใช้เครื่องจักรย่อยไม้ออกเป็นชี้้นไม้ แยกชี้้นไม้ให้ได้ขนาดตามต้องการ นำไปผสมกับปูนซีเมนต์ แล้วนำไปโรยและอัดเป็นแผ่นโดยทิ้งไว้ให้ปูนซีเมนต์ก่อตัวแล้วจึงถอดแบบออก ทารใส่สารผสมเพิ่มเติมไม่ทำให้ความแข็งแรงหรือความคงทนของแผ่นชี้้นไม้อัดซีเมนต์เสียไป

3) คุณลักษณะที่ต้องการ

3.1) ลักษณะทั่วไป

แผ่นชี้้นไม้อัดซีเมนต์ต้องมีความหนา ความแน่น และความเรียบสม่ำเสมอทั้งตลอดทั้งแผ่น ขอบจะต้องตั้งได้ฉากกับระนาบผิว

3.2) ความหนาแน่น

ความหนาแน่นเฉลี่ยต้องอยู่ในช่วง 1,100 ถึง 1,300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

3.3) ความชื้น

ความชื้นเฉลี่ยต้องอยู่ในช่วงร้อยละ 9 ถึงร้อยละ 15

3.4) สภาพนำความร้อน

ต้องมีค่าเฉลี่ยไม่เกิน 0.155 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน (ทดสอบตาม BS 874)

3.5) คุณลักษณะที่ต้องการอื่น ๆ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติที่จำเป็นอื่น ๆ ของแผ่นซีเมนต์ (สมอ., 2537)

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

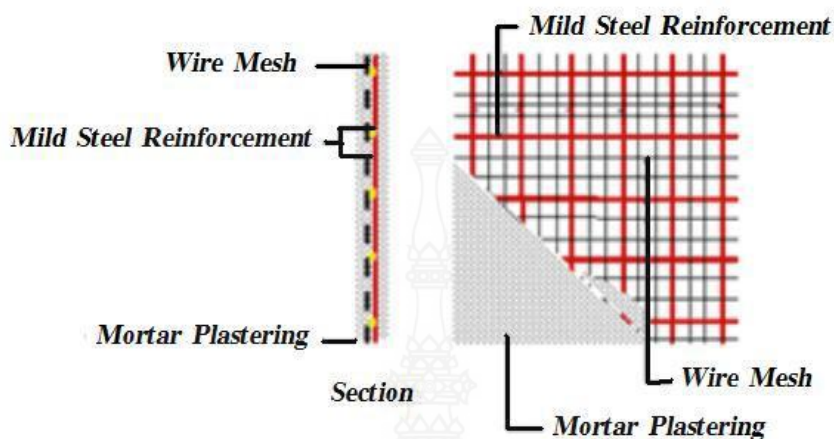
2.4 เส้นใยธรรมชาติ

เส้นใยธรรมชาติแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ เส้นใยจากพืชหรือเส้นใยเซลลูโลส เส้นใยจากสัตว์หรือเส้นใยโปรตีน เส้นใยแร่ โลหะ เส้นใยเซลลูโลสเป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่งเกิดจากเซลลูโลสยึดเกาะกันด้วยพันธะเคมีเป็นโมเลกุลใหญ่มีสูตรเป็น $(C_6H_{10}O_5)_x$ โครงสร้างและการยึดเกาะของโมเลกุลแสดงในภาพประกอบ โครงสร้างเคมีของเซลลูโลสมีความสำคัญต่อคุณสมบัติของเส้นใย กล่าวคือในโมเลกุลเซลลูโลสจะเกิดจากหน่วยโมเลกุลซ้ำ (Repeat Units) ยึดจับกันเป็นสายยาว หน่วยโมเลกุลซ้ำ คือ เซลโลไบโอส (Cellobiose) เกิดจากปีต้า กลูโคส 2 โมเลกุลยึดเกาะกันด้วยพันธะ C-O-C ในโมเลกุลเซลลูโลสจะมีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) อยู่มากมายจะทำหน้าที่ดึงดูดน้ำ หรือเกิดปฏิกิริยาจับกับหมู่ธาตุอื่น ๆ การจัดเรียงตัวของโมเลกุลเซลลูโลสมีความเป็นระเบียบ (Crystalline) ค่อนข้างมากคือ 85 – 95 % และระหว่างสายโมเลกุลจะมีการยึดจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจน (Hydrogen Bond) เป็นระยะๆ ซึ่งมีผลทำให้เส้นใยเซลลูโลสมีความเหนียวแข็งแรงค่อนข้างสูง จากข้อมูลคุณสมบัติทางโครงสร้างโมเลกุลของเส้นใยธรรมชาติ จะเห็นว่าสามารถนำมาเป็นส่วนประกอบของคอนกรีตได้ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2530)

2.5.1 เฟอร์โรซีเมนต์

โครงสร้างเฟอร์โรซีเมนต์ (Ferrocement) มีใช้มา ตั้งแต่ปี ค.ศ.1840 ได้รับการพัฒนาโดย Nervi ซึ่งเป็นผู้ริเริ่มศึกษาค้นคว้าคุณสมบัติของเฟอร์โรซีเมนต์ ประกอบด้วย ตะแกรงหลายๆ ชั้น หุ้มด้วยมอร์ตาร์ ดังรูปที่ 2.2 ในเวลาต่อมาก็มีการออกแบบและสร้างหลังคาโค้ง (shell roof) และเรือเฟอร์โรซีเมนต์ โดยอาศัยการทดลองของ Nervi ดังกล่าว American concrete Institute (ACI) ได้นิยามว่า “ เฟอร์โรซีเมนต์ คือ โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กผิวบาง ประกอบด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับวัสดุเสริมที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดเล็ก และต่อเนื่องกันเป็นตะแกรง ซึ่งตะแกรงนี้อาจเป็นโลหะหรือแร่อื่นที่ใช้ทำเป็นตะแกรงได้ ” นั่น คือ เฟอร์โรซีเมนต์เป็นวัสดุก่อสร้างอย่างหนึ่งที่ประกอบด้วยซีเมนต์ วัสดุผสม (Aggregate) และวัสดุเสริม (Reinforcement) โดยที่เฟอร์โรซีเมนต์ (Ferrocement) ถือว่าเป็นโครงสร้างเปลือกบางชนิดหนึ่งที่ทำขึ้นด้วยมอร์ตาร์ (Mortar) และลวดตะแกรง (Wire Mesh) โดยที่มอร์ตาร์จะใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ทราเยลเยียด และน้ำเป็นส่วนผสม ส่วนลวดตะแกรงอาจใช้ลวดตะแกรงเหล็กกลม (หรือที่เรียกกันว่า ลวดกรงไก่) หรือลวดตะแกรงสี่เหลี่ยมก็ได้ ซึ่งลวดตะแกรงนี้จะ

ทำหน้าที่ยึดเกาะมอร์ตาร์ให้เข้าด้วยกัน แต่ก็อาจจะมีการใช้ เหล็กเสริม (Mild Steel Reinforcement) ที่ใช้ในงานก่อสร้างทั่วไป ช่วยขึ้นรูปโครงสร้างหรือช่วยยึดรั้งโครงสร้างไว้ และบางครั้งจะใช้รับกำลังได้อีกด้วย (ครองศักดิ์ และคณะ,2553)



รูปที่ 2.2 ลักษณะโครงสร้างของเฟอร์โรซีเมนต์(ครองศักดิ์ และคณะ,2553)

โครงสร้างเฟอร์โรซีเมนต์นี้ จึงคล้ายกับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไป แต่จะมีขนาดที่บางกว่ามาก และสามารถดัดขึ้นรูปต่างๆ ได้ง่ายตามความต้องการ ซึ่งเหมาะกับประเทศที่กำลังพัฒนา เพราะสามารถใช้แรงงานทุกๆ ไปในการผลิต และมีราคาถูก โดยมีคุณสมบัติที่สำคัญ คือ สามารถต้านทานการแตกร้าวได้ดีกว่าคอนกรีตทั่วไป ส่วนความสามารถในการรับกำลังจะขึ้นอยู่กับกำลังและคุณสมบัติของมอร์ตาร์ ลวดตะแกรง เหล็กเสริม ความหนาของโครงสร้าง และการออกแบบ

ดังนั้น เฟอร์โรซีเมนต์ จึงสามารถทำโครงสร้างได้หลากหลายประเภท เช่น อาคารขนาดเล็ก เรือ สะพาน สระว่ายน้ำ ถังเก็บน้ำ ฯลฯ รวมทั้งยังสามารถนำเฟอร์โรซีเมนต์ไปใช้ในงานซ่อมแซมหรือเสริมกำลังโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กได้อีกด้วย โดยหลักการสร้างหรือทำโครงสร้างเหล่านี้ จะทำการขึ้นโครงก่อนด้วยเหล็กเสริม (หรือใช้ไม้ไผ่แทนเหล็กเสริม) แล้วทำการหุ้มโครงด้วยลวดตะแกรง เสร็จแล้วจะทำการฉาบด้วยมอร์ตาร์ จากการที่มีการศึกษาเฟอร์โรซีเมนต์ พบว่า เฟอร์โรซีเมนต์ มีคุณสมบัติที่ดีหลายประการ ดังนี้

- 1) เป็นโครงสร้างที่ไม่ต้องใช้ไม้แบบจึงง่ายต่อการก่อสร้าง ช่างปูนทั่วไปสามารถสร้างได้
- 2) เป็นโครงสร้างผิวนางจึงทำให้ประหยัดค่าวัสดุก่อสร้าง และลดน้ำหนักของโครงสร้าง
- 3) ความสามารถรับแรงดึง (Tension) ก่อนร้าวสูงกว่าคอนกรีตเสริมเหล็ก
- 4) มีพฤติกรรมเป็นวัสดุเนื้อเดียว (Homogeneous elastic material)
- 5) ความทนทาน (Durability) สูง
- 6) ความกว้างของรอยแตกร้าวเล็กน้อย

7) สามารถทนทานต่อแรงกระแทกได้ดี

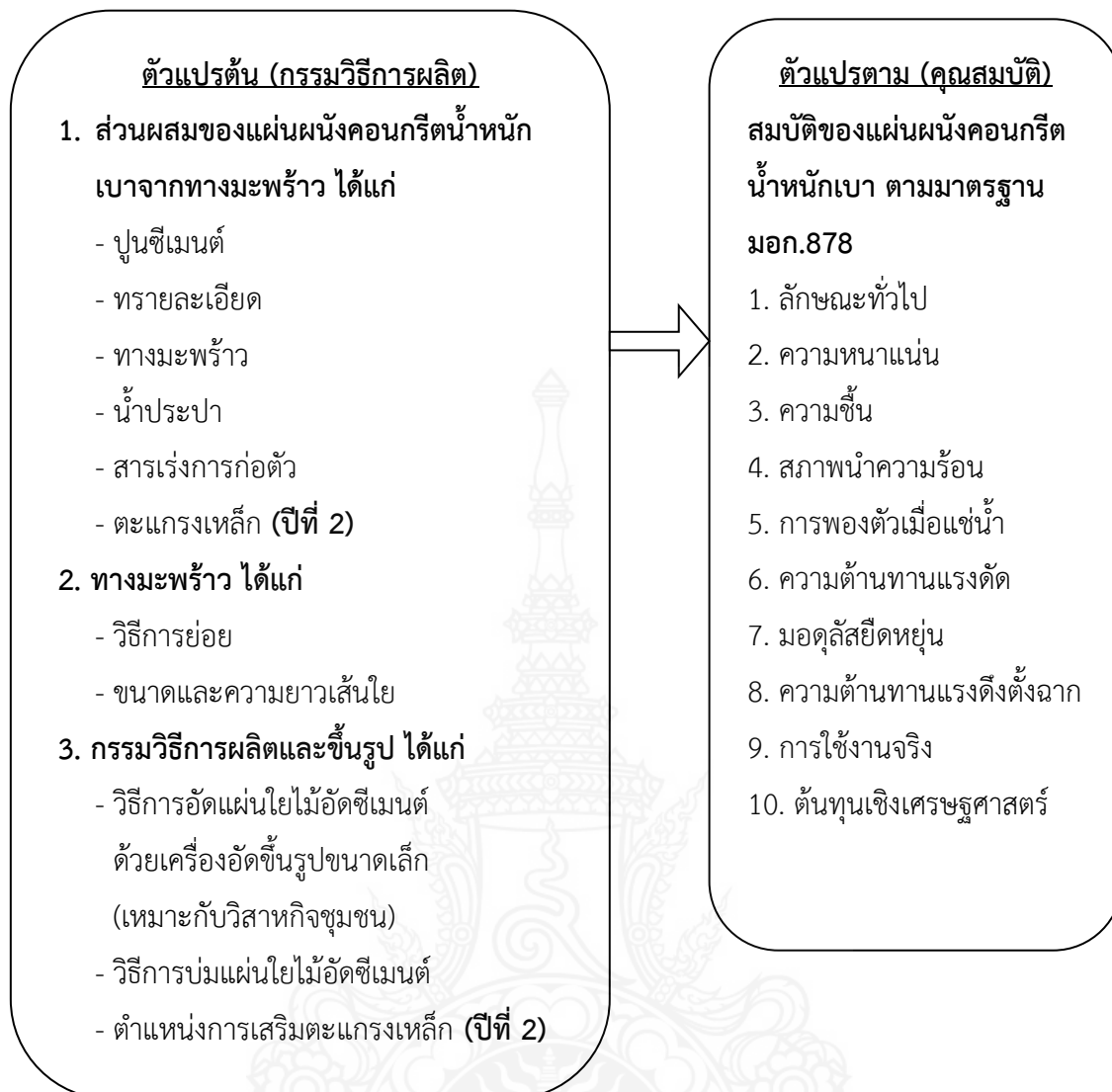
โครงสร้างเฟอร์โรซีเมนต์นี้ ได้เคยมีการนำมาใช้อย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในภาคพื้นเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยใช้ทำ เรือ , ถังเก็บเมล็ดพืช, ถังน้ำ และส่วนประกอบของบ้าน ซึ่งเฟอร์โรซีเมนต์นี้ นอกจากจะมีคุณสมบัติในการรับแรงดีแล้ว ยังใช้เวลาในการก่อสร้างไม่มากทำให้ประหยัดค่าแรงในการก่อสร้าง

2.5 สมมติฐาน

- 1) ทางมะพร้าว สามารถเป็นเส้นใยในผลิตภัณฑ์แผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาได้
- 2) ผลิตภัณฑ์แผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาจากทางมะพร้าว มีสมบัติผ่านมาตรฐาน มอก. 878 เรื่องแผ่นซีเมนต์ความหนาแน่นสูง (สมอ.,2537)
- 3) ผลิตภัณฑ์แผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาจากทางมะพร้าว สามารถขึ้นรูปได้โดยไม่ต้องใช้น้ำหนักค้ำไว้
- 4) ผลิตภัณฑ์แผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาจากทางมะพร้าว สามารถนำไปใช้งานได้จริง และพัฒนาส่งเสริมให้เป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนท้องถิ่นได้

2.6 กรอบแนวความคิด

กรอบแนวความคิดของการพัฒนาแผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาจากทางมะพร้าว เป็นการใช้ส่วนผสม ได้แก่ ปูนซีเมนต์ ทรายละเอียด สารเร่งการก่อตัว และตะแกรงเหล็ก (เฉพาะชนิดความต้านทานแรงดัดสูง) เน้นให้มีการศึกษา ทดลอง และปรับปรุงเพื่อหาความสัมพันธ์ระกวางตัวแปรต้นและตัวแปรตาม ดังรูปที่ 2.3 ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาแผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาผสมทางมะพร้าว ซึ่งมีคุณสมบัติ ตามมาตรฐาน มอก. 878 เรื่องแผ่นซีเมนต์ความหนาแน่นสูงได้(สมอ.,2537) และยังสามารถขึ้นรูปได้ด้วยเครื่องจักรขนาดเล็ก และไม่ต้องค้ำน้ำหนักไว้ภายหลังการอัด ซึ่งสะดวกต่อการผลิตใช้งานจริงโดยวิสาหกิจชุมชน



รูปที่ 2.3 กรอบแนวความคิดของแผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาจากทางมะพร้าว

2.7 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยและสิทธิบัตรที่เกี่ยวข้องกับ “การพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้งสำหรับวิสาหกิจชุมชนขนาดเล็ก” ซึ่งทำการรวบรวมมาพอสังเขปได้ ดังนี้

ธวัช จิรายุส(2535) ศึกษาการจับยึดปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ของไม้ยูคาลิปตัสและทดลองทำแผ่นไม้อัดซีเมนต์จากไม้ยูคาลิปตัส คามาลเลน เริ่มจากการนำไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสที่ได้มาจากสถานีทดลองปลูกพรรณไม้ห้วยทา จังหวัดศรีสะเกษ ไม้ที่ใช้ทดลองอายุประมาณ 20 ปี นำไม้มาตัดเป็นแท่งเล็กๆ ขนาด 200 x 15 x 5 ลูกบาศก์มิลลิเมตร เลือกลงแท่งไม้ที่มีเส้นตรงไม่บิด และส่วนปลายปราศจากตำหนิเช่น ตา, รอยแตก ร้าว ฯลฯ แขนงแท่งไม้ทดสอบที่คัดดีแล้วในน้ำกลั่น และน้ำกลั่นที่มีสารเคมีผสมอยู่ ร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก สารละลายเคมีที่ใช้เปรียบเทียบกับมี 3 ชนิด คือ อลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3$) แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) และโซเดียมซิลิเกต (Na_2SiO_3) ปักแท่งไม้ทดสอบให้จมลงในส่วนผสมของซีเมนต์กับน้ำกลั่นที่เตรียมไว้ โดยมีอัตราส่วนผสมของปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ 400 กรัม และน้ำกลั่น 160

มิลลิลิตร ภายในถ้วยกระดาษขนาด 200 มิลลิลิตร ระยะเวลาที่แช่แห้งไม้ในน้ำกลั่นหรือสารละลาย ประมาณ 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดจึงนำไม้ออกมาซับน้ำผิวหน้าออกให้แห้งพอหมาดๆ แล้วจึงปักไม้ลงในถ้วยที่บรรจุส่วนผสมในระดับลึก 50 มิลลิเมตร ให้ตั้งฉากกับผิวหน้าของซีเมนต์แต่ละถ้วย โดยใช้แบบที่ทำขึ้นจากเหล็กแต่ละถ้วย โดยใช้แบบที่ทำขึ้นจากเหล็กฉากมีรูเป็นตัวบังคับ หลังปล่อยให้ส่วนผสมซีเมนต์แข็งตัวภายในสภาวะอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จึงนำแบบถ้วยทดลองทั้งหมดไปทำการทดสอบการเกาะยึดระหว่างไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส โดยวิธี stick test method โดยการทดลองใช้สารเคมี 3 ชนิด คือ อลูมิเนียมซัลเฟต, แคลเซียมคลอไรด์, และโซเดียมซิลิเกต เป็นสารปรับปรุงคุณภาพผิว และซึมเข้าในเนื้อไม้เพื่อเร่งการแข็งตัวของซีเมนต์ และปรับปรุงการเกาะยึดโดยใช้สภาวะที่ไม่ได้ใช้สารเคมี (ใช้น้ำอย่างเดียว) เป็นการทดลองเปรียบเทียบ สามารถสรุปผลเป็นข้อๆ ได้ว่า การใช้สารเคมีชนิดโซเดียมซิลิเกต และอลูมิเนียมซัลเฟต สามารถให้ค่าความแข็งแรงด้านแรงดึงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้และซีเมนต์เฉลี่ยสูงกว่าสภาวะทดลองที่ไม่ใช้สารเคมีเป็นตัวเปรียบเทียบ ตามลำดับ แต่การทดลองใช้สารเคมีชนิดแคลเซียมคลอไรด์ กลับให้ค่าความแข็งแรงเฉลี่ยต่ำกว่าการทดลองเปรียบเทียบที่ไม่ใช้สารเคมี (ใช้น้ำอย่างเดียว) ซึ่งผลที่ได้ยังสามารถสรุปได้ว่า การใช้สารเคมีเพื่อช่วยปรับปรุงการเกาะยึดระหว่างไม้และซีเมนต์ครั้งนี้ ช่วยเพิ่มความแข็งแรงการเกาะยึดได้มาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่า สารเคมีดังกล่าวช่วยลดอิทธิพลยับยั้งต่างๆ ในการจับยึดระหว่างไม้และซีเมนต์ได้ ถึงแม้ว่าในกรณีของสารแคลเซียมคลอไรด์ จะให้ค่าความแข็งแรงที่ต่ำกว่าสภาพธรรมดา ซึ่งไม่ใช้สารเคมีก็ตาม แต่ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณสารแคลเซียมคลอไรด์ที่ใช้อาจมากเกินไปแทนที่จะช่วยให้ไม้และซีเมนต์จับยึดกันดีขึ้น แต่ทำให้กลับลดลงสาเหตุนี้อาจอธิบายได้ว่า สารเคมีชนิดนี้นั้นโดยปกติเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวของซีเมนต์ให้เร็วขึ้น แต่การใช้ปริมาณมากไปซีเมนต์ก็จะเกิดการแข็งตัวเร็วเกินไป (flash set) จนไม้และซีเมนต์มีอัตราการเกาะยึดที่น้อยไป อีกสาเหตุหนึ่งก็คือ ความแปรผันภายในไม้ที่ใช้ทำการทดลองที่ค่อนข้างสูง โดยพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติที่แสดงให้เห็นว่า มีความคลาดเคลื่อนของการทดลอง (experimental error) และค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (C.V.) ที่เกิดขึ้นในการทดลองค่อนข้างสูงซึ่งไม่สามารถทราบเหตุที่แน่นอน อย่างไรก็ตาม ผลที่ได้นับเป็นข้อยืนยันที่เพียงพอพิสูจน์ได้ว่า ในการใช้ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จับยึดกับซีเมนต์นั้น หากมีการใช้สารเคมีอนินทรีย์ (mineral chemicals) ผสมกับน้ำด้วยจะช่วยเพิ่มความแข็งแรงของการยึดจับระหว่างไม้และซีเมนต์ให้สูงขึ้นได้โดยเฉพาะการใช้สารเคมีชนิดโซเดียมซิลิเกตที่ให้ค่าความแข็งแรงมากกว่าถึง 2 เท่า เทียบกับสภาพธรรมดาเมื่อไม่ใช้สารเคมี

นิคม แหลมสัก (2546) ได้รับอนุสิทธิบัตรเลขที่ 1470 ยื่นคำขอวันที่ 3 ตุลาคม 2546 (หมอดอายุการคุ้มครอง) เรื่องกรรมวิธีการทำแผ่นขึ้นไม้อัดจากทางใบปาล์มน้ำมันและแผ่นขึ้นไม้อัดที่ได้จากกรรมวิธีนี้ โดยมีรายละเอียดของการคุ้มครอง ประกอบด้วย 1.กรรมวิธีการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดจากทางใบปาล์มน้ำมัน ประกอบด้วย (1) การเตรียมชิ้นทางใบปาล์มน้ำมันโดยการสับ แยกน้ำออก แยกขุย นำไปย่อยให้ เป็นชิ้นขนาดเล็กตั้งแต่ 20-200 mesh หรือย่อยให้เป็นเส้นใย (fiber) โดยใช้วิธีการ ทำการอบ โดยควบคุมความชื้นร้อยละ 0-12 โดยน้ำหนักแห้ง (2) นำชิ้นส่วนทางใบปาล์มน้ำมันขนาดเล็กตั้งแต่ 20-200 mesh หรือ เส้นใย หรือ การผสมชิ้นส่วนทางใบปาล์มน้ำมันขนาดเล็กตั้งแต่ 20-200 mesh และเส้นใยจากข้อ (1) ผสมกับกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (UF) ร้อยละ 4-20 ของน้ำหนักแห้งทางใบปาล์ม หรือกาวไอโซไซ

ยานต (IC) ร้อยละ 2-10 ของน้ำหนักแห้งทางไบปาล์ม หรือกาวพินอลฟอร์มาลดีไฮด์ (PF) ร้อยละ 3-16 ของน้ำหนักแห้งทางไบปาล์ม ผสมสารปรับปรุงคุณภาพ (additives) (3) การขึ้นรูปแผ่นขึ้นไม้อัดจากทางไบปาล์มน้ำมัน โดยการนำของผสมจากข้อ (2) มาพอร์มเป็นแผ่นหรือขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ โดยให้ความหนาแน่นของแผ่น 0.25-1.00 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความหนาตั้งแต่ 6-100 มิลลิเมตร (4) นำแผ่นขึ้นไม้อัดจากทางไบปาล์มน้ำมัน (3) ไปปรับสภาวะความชื้น (Conditioning) โดยทิ้งไว้ที่สภาวะปกติ 2.กรรมวิธีตามข้อถือสิทธิ 1 ที่ซึ่งสารปรับปรุงคุณภาพที่ใช้ คือ สารกันน้ำและความชื้น (Sizings) สารหน่วงไฟ (Fire retardants) และสารกันเชื้อราและแมลง (Preservatives) ผสมในอัตราส่วนตั้งแต่ร้อยละ 0.01-3 ของน้ำหนักทางไบปาล์มแห้ง และ 3.แผ่นขึ้นไม้อัดจากทางไบปาล์มน้ำมันที่ผลิตขึ้นตามกรรมวิธีของข้อถือสิทธิ 1 หรือ 2

ธัญชัย ปุณฺณวรกิจ และคณะ (2549) ได้ศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติความเป็นฉนวนของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรระหว่างฉนวนที่ผลิตจากขี้ข้าวโพดกับฉนวนที่ผลิตจากต้นมันสำปะหลังในระดับความหนาแน่นที่ต่างกัน เพื่อหาความหนาแน่นที่สามารถลดการถ่ายเทความร้อนได้ดีที่สุด ซึ่งพบว่าฉนวนที่มีความหนาแน่นน้อยจะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำกว่าฉนวนชนิดเดียวกันที่มีความหนาแน่นมาก โดยฉนวนต้นมันสำปะหลัง ความหนาแน่น 200 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หนา 10 มิลลิเมตร จะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน เท่ากับ 0.059 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน ซึ่งสามารถลดอุณหภูมิภายในให้ต่ำลงประมาณ 2.3 องศาเซลเซียส จึงมีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้เป็นฉนวนอาคาร โดยเฉพาะบ้านเรือนในชนบท เนื่องจากมีต้นทุนต่ำและใช้วัสดุในท้องถิ่น นอกจากนี้เมื่อนำแผ่นที่ทำจากต้นมันสำปะหลัง ความหนาแน่น 800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หนา 10 มิลลิเมตร มาทำแผ่นผนังภายในแทนการใช้ไม้อัด พบว่า สามารถลดความร้อนเข้าสู่อาคารได้ดีกว่าไม้อัด 3.03 องศาเซลเซียส และมีต้นทุนวัสดุที่ถูกกว่ามาก อย่างไรก็ตาม ฉนวนและแผ่นผนังที่ทำจากต้นมันสำปะหลังยังต้องได้รับการพัฒนาในเรื่องคุณสมบัติทางกายภาพการป้องกันแมลง การควบคุมการผลิต รวมไปถึงการพัฒนาจากการศึกษาวิจัยไปสู่การใช้งานจริง ซึ่งปัจจุบันมีฉนวนจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอีกมากที่มีการศึกษาวิจัย เช่น ฟางข้าว หล้าแฝก เป็นต้น ซึ่งเป็นการเพิ่มคุณค่าแก่วัสดุเหลือใช้ เพราะสามารถลดปริมาณขยะ ลดมลพิษอันเกิดจากการเผาทำลาย สร้างรายได้ให้กับชุมชนและยังสะท้อนอัตลักษณ์ทางสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นได้ด้วย

ประชุม คำพุ่ม และคณะ (2552) ได้ศึกษาสมบัติของมอร์ตาร์น้ำหนักเบา โดยการใช้เส้นใยจากขยะเปลือกทุเรียนเป็นวัสดุผสมเพิ่ม ออกแบบส่วนผสมของมอร์ตาร์ให้มีอัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 : ทรายละเอียดร่อนค้ำตะแกรงเบอร์ 200 เท่ากับ 1 : 2.75 โดยน้ำหนัก และกำหนดอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ในสัดส่วนประมาณ 0.83 ซึ่งจะใช้เส้นใยเปลือกทุเรียนแทนที่ปูนซีเมนต์เท่ากับร้อยละ 0, 0.04, 0.06, 0.08, 0.10 และ 0.12 โดยน้ำหนัก นำไปหล่อก้อนตัวอย่างมอร์ตาร์ทดสอบ โดยขนาด 5 x 5 x 5 เซนติเมตร สำหรับทดสอบกำลังอัด ขนาด 4 x 4 x 16 เซนติเมตร สำหรับทดสอบกำลังดัด นำตัวอย่างทั้ง 2 ขนาด มาหาค่าการดูดซึมน้ำและความหนาแน่นของมอร์ตาร์ ที่อายุมอร์ตาร์ 7, 14 และ 28 วัน ผลการทดสอบพบว่า เมื่อผสมเส้นใยเปลือกทุเรียนแทนที่ปูนซีเมนต์ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้มอร์ตาร์มีกำลังดัดและการดูดซึมน้ำสูงขึ้น ส่วนกำลังอัดและความหนาแน่นจะ

ต่ำลง ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วสามารถนำเส้นใยจากขยะเปลือกทุเรียนไปพัฒนาใช้ในงานคอนกรีตน้ำหนักเบาได้ต่อไป

ณัฐนนท์ รัตนไชย และประชุม คำพูน(2552) ได้ศึกษาแนวทางแยกเส้นใยไผ่จากไม้ไผ่เพื่อส่งเสริมให้มีการผลิตเป็นสินค้าส่งออกของกลุ่มจังหวัดภาคกลางตอนบน โดยกรรมวิธีในการแยกเส้นใยไผ่สามารถแบ่งตามกระบวนการได้ 2 วิธีหลักๆ คือ การแยกโดยวิธีทางกล และการแยกโดยวิธีทางเคมี ซึ่งผลจากการแยกเส้นใยดังกล่าวพบว่า การแยกเส้นใยด้วยวิธีทางกล จะได้เส้นใยไผ่ที่มีความยาวประมาณ 10 - 15 เซนติเมตร ลักษณะภาคตัดขวางเป็นทรงรีค่อนข้างกลม มีรูพรุนหรือโพรงอากาศกลางเส้นใย ลักษณะตามยาวหรือผิวนอกเป็นร่อง ขรุขระไม่เรียบ ตลอดความยาวของเส้น ส่วนการแยกเส้นใยด้วยวิธีทางเคมี ก็จะได้เส้นใยไผ่ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน แต่ผิวของเส้นใยจะมีความเรียบมากกว่า ทั้งนี้เนื่องจากการแยกโดยวิธีทางเคมี จะสามารถกำจัดสารเชื่อมประสาน หรือลิกนินออกไปได้มากกว่าการแยกโดยวิธีทางกล ส่วนผลจากการทดสอบความต้านทานแรงดึง และอัตราการดูดซึมน้ำ จะได้ว่า เส้นใยที่แยกโดยวิธีทางกล จะมีค่าความต้านทานแรงดึง และอัตราการดูดซึมน้ำที่สูงกว่าเส้นใยที่แยกโดยวิธีทางเคมี โดยเส้นใยไผ่ทั้งหมดสามารถนำไปผลิตเป็นสินค้าต่างๆ ได้หลายชนิด ได้แก่ ใยขัดตัว เส้นด้าย ผ้าทอ วัสดุก่อสร้าง และวัสดุตกแต่ง เป็นต้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งของการใช้ประโยชน์จากต้นไผ่เพื่อสร้างงาน สร้างอาชีพ และผลักดันเศรษฐกิจไทยให้ขับเคลื่อนไปข้างหน้าอย่างยั่งยืนได้ต่อไป

ก้องนภา ถิ่นวัฒนากุล และคณะ (2553) ได้ศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของการนำเส้นใยเปลือกทุเรียน เส้นใยต้นข้าวโพด และกากมะพร้าว มาผสมกับกากดินขาว ขึ้นรูปเป็นอิฐบล็อกกากดินขาวผสมเส้นใยต่างๆ โดยกำหนดอัตราส่วน ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ต่อกากดินขาว 1 : 60 โดยน้ำหนัก ผสมเส้นใยร้อยละ 1.67, 3.33 และ 5 ทำการขึ้นรูปตัวอย่างขนาด $6.9 \times 39 \times 19$ ลูกบาศก์เซนติเมตร ด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก นำมาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลตามมาตรฐาน มอก. 58-2530 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ผลการทดสอบพบว่า การใส่เส้นใยในปริมาณมากทำให้ความหนาแน่นของอิฐบล็อกมีค่าน้อยลง แต่การเปลี่ยนแปลงความยาวและร้อยละการดูดซึมน้ำจะเพิ่มมากขึ้น ส่วนค่าความต้านทานแรงอัดจะมีค่าน้อยลง โดยอิฐบล็อกกากดินขาวที่ไม่ผสมเส้นใยจะมีค่า 20 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เท่ากับมาตรฐาน มอก. ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะใช้เส้นใยธรรมชาติมาเป็นวัสดุผสมเพิ่มเพื่อลดน้ำหนักของอิฐบล็อกกากดินขาวให้น้อยลงแต่ ควรใส่ในปริมาณที่ไม่มาก เพื่อที่ค่าความต้านทานแรงอัดจะได้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

ครองศักดิ์ ลุนหล้า และคณะ (2553) ได้ทำการศึกษา พฤติกรรมการรับแรงอัดตามแนวแกนสำหรับตัวอย่างคอนกรีตที่เสริมกำลังด้วยเฟอร์โรซีเมนต์ การศึกษานี้พิจารณาผลการเพิ่มของกำลังรับแรงอัดตามแนวแกนเปรียบเทียบกับชิ้นส่วนตัวอย่างที่เป็นคอนกรีตล้วน จากการทดสอบชิ้นส่วนคอนกรีตที่หุ้มด้วยเฟอร์โรซีเมนต์ขนาด $15 \times 15 \times 30$ ลูกบาศก์เซนติเมตร ทำการเปรียบเทียบกับชิ้นส่วนตัวอย่างที่เป็นคอนกรีตล้วนซึ่งมีหน้าตัดเดียวกัน สามารถรับกำลังอัดตามแนวแกนได้น้อยกว่าชิ้นส่วนตัวอย่างที่เป็นคอนกรีตล้วน แต่เมื่อทำการเปรียบเทียบตัวอย่างคอนกรีตล้วนที่มีหน้าตัด 15×15

ตารางเซนติเมตร เป็นตัวอย่างคอนกรีตล้น ซึ่งมีหน้าตัด 12×12 ตารางเซนติเมตร พบว่า ตัวอย่างที่หุ้มด้วยวัสดุเฟอร์โรซีเมนต์นั้น สามารถรับแรงอัดตามแนวแกนได้มากกว่าตัวอย่างคอนกรีตล้นที่ถูกปรับเทียบมาเป็นหน้าตัด 12×12 ตารางเซนติเมตร แต่อย่างไรก็ตาม พบว่า ยังมีปัญหาเรื่องการล่อนในภายหลัง ซึ่งไม่สามารถรับกำลังอัดตามแนวแกนได้มากพอ ซึ่งองค์ประกอบของวัสดุเฟอร์โรซีเมนต์ก็มีผลต่อกำลังรับน้ำหนักตามแนวแกนของตัวอย่างที่นำมาเสริมกำลัง โดยหากนำมอร์ตาร์กำลังสูงมาใช้เป็นวัสดุเฟอร์โรซีเมนต์จะทำให้ตัวอย่างคอนกรีตสามารถรับกำลังอัดได้สูงขึ้น ส่วนลวดตะแกรงที่นำมาใช้เป็นวัสดุเฟอร์โรซีเมนต์นั้น จะเป็นตัวช่วยให้มอร์ตาร์ด้านนอกและตัวแกนคอนกรีตล้นตรงกลางสามารถยึดเกาะกันได้ดีขึ้น แต่ลวดตะแกรง จะมีผลช่วยรับกำลังให้เพิ่มขึ้นของตัวคอนกรีตล้นตรงกลาง ได้น้อยมาก เพราะลวดตะแกรงที่นำมาใช้นั้น สามารถยึดตัวได้มาก ตัวอย่างคอนกรีตที่เป็นแกนกลางจึงวิบัติก่อนที่ลวดตะแกรงจะช่วยในการโอบรัด

จากทฤษฎีและงานวิจัยที่ผ่านมาทำให้คาดคะเนว่า ทางมะพร้าว ซึ่งแม้จะเป็นวัสดุธรรมชาติก็มีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้เป็นส่วนผสมของแผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาได้ดี รวมทั้ง ทำให้ทราบแนวทางการผสม การใช้สารเคมีผสมเพิ่ม และแนวทางการขึ้นรูป ซึ่งจะช่วยให้โครงการวิจัยนี้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้



บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

ในการดำเนินงานวิจัยโครงการ “การพัฒนาแผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้งเป็นมวลรวมน้ำหนักเบา” สามารถสรุปเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ได้ ดังนี้

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

การเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ดังรายการต่อไปนี้

- 1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

- 2) ทรายละเอียด



รูปที่ 3.2 กองทรายละเอียด

3) ทางมะพร้าว (ส่วนที่ติดกับลำต้น)



รูปที่ 3.3 ทางมะพร้าวที่สมบูรณ์แห้งพร้อมใช้งาน



รูปที่ 3.4 ทางมะพร้าวที่ตัดเฉพาะส่วนติดลำต้นเพื่อนำมาย่อยใช้งาน

4) สารเร่งการก่อตัว ได้แก่ สารละลายอลูมิเนียมซัลเฟต ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), แคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) และโซเดียมซิลิเกต (Na_2SiO_3)



รูปที่ 3.5 สารเร่งการก่อตัวที่ใช้ผสม

5) น้ำประปา

6) เครื่องผสมคอนกรีต



รูปที่ 3.6 เครื่องผสมคอนกรีต

7) เครื่องอัดแผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบา



รูปที่ 3.7 เครื่องอัดแผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบา

8) ตะแกรง (Sieve) สำหรับร่อนวัสดุผสม



รูปที่ 3.8 ตะแกรงร่อนวัสดุ

9) เครื่องชั่งน้ำหนัก



รูปที่ 3.9 เครื่องชั่งน้ำหนัก

10) แบบหล่อ ขนาด 600 x 1,200 x 15 มิลลิเมตร

11) แบบหล่อ ขนาด 300 x 300 x 15 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.10 แบบหล่อขนาด 300x300x15 ลูกบาศก์มิลลิเมตร

12) ชุดอุปกรณ์ให้แรงอัดสำหรับแบบหล่อทั่วไป

13) ชุดทดสอบหาค่าความหนาแน่น ความชื้น และการดูดซึมน้ำ

14) เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal Testing Machine)



รูปที่ 3.11 เครื่องทดสอบบอเนกประสงค์

15) เครื่องทดสอบสภาพนำความร้อน

16) เครื่องตัดเส้นใย

3.2 การเตรียมตัวอย่างแผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบา

1) ย่อยขนาดทางมะพร้าว ให้มีขนาดและความยาวต่าง ๆ



รูปที่ 3.12 โคนทางมะพร้าวที่ผ่านย่อยด้วยเครื่องย่อยหยาบ



รูปที่ 3.13 โคนทางมะพร้าวที่ผ่านการย่อยละเอียด



รูปที่ 3.14 เส้นใยของทางมะพร้าวที่มีขนาดเส้นคละกัน



รูปที่ 3.15 เส้นใยของทางมะพร้าวสำหรับใช้เป็นส่วนผสมในแผ่นผนังคอนกรีต

2) ออกแบบอัตราส่วนของแผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้ง โดยให้ความสำคัญกับสมบัติตามมาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) ความสามารถในการขึ้นรูปแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์โดยใช้เครื่องจักรขนาดเล็ก และความเป็นไปได้ในการผลิตของวิสาหกิจชุมชนจำนวนไม่น้อยกว่า 5 อัตราส่วน โดยออกแบบอัตราส่วนที่มีปริมาณทางมะพร้าวเหลือทิ้งมากที่สุดแล้วจึงลดปริมาณของทางมะพร้าวลงจนได้อัตราส่วนจำนวน 5 อัตราส่วน ทุกอัตราส่วนต้องสามารถขึ้นรูปด้วยวิธีการสั่นเขย่าได้ ตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมโดยน้ำหนักแผ่นคอนกรีตน้ำหนักเบา

อัตราส่วน	ปูนซีเมนต์	ทรายละเอียด	ทางมะพร้าว	น้ำประปา	สารเร่งการก่อตัว
1:0.12	1	0.4	0.12	0.33	0.03
1:0.13	1	0.4	0.13	0.330	0.03
1:0.14	1	0.4	0.14	0.33	0.03
1:0.15	1	0.4	0.15	0.33	0.03
1:0.16	1	0.4	0.16	0.33	0.03

3.3 การขึ้นรูปแผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบา

- 1) ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทรายละเอียด ทางมะพร้าว และสารเร่งการก่อตัว เข้าด้วยกันอย่างสม่ำเสมอ ตามอัตราส่วนที่กำหนด ด้วยเครื่องผสม
- 2) เตรียมแบบหล่อให้สะอาด
- 3) เทส่วนผสมทั้งหมดลงในแบบและอัดแผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาด้วยเครื่องอัดขึ้นรูป ที่อุณหภูมิปกติ (30-35 องศาเซลเซียส)
- 4) บ่มด้วยกระสอบพรหมน้ำตามระยะเวลาที่กำหนด
- 5) เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดในการบ่ม ได้ตัวอย่างแผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาจากทางมะพร้าว สำหรับการทดสอบสมบัติต่างๆ ต่อไป



รูปที่ 3.16 แผ่นคอนกรีตน้ำหนักเบาผสมทางมะพร้าวจากเครื่องอัดแผ่นคอนกรีต



รูปที่ 3.17 การเตรียมแผ่นคอนกรีตน้ำหนักเบาจากทางมะพร้าวที่บ่มเสร็จเพื่อรอทดสอบ

3.4 การทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกล

3.4.1 ทดสอบสมบัติต่าง ๆ ตามมาตรฐาน มอก.878 เรื่องแผ่นซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง (สมอ.,2537) และมาตรฐานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย

- 1) ลักษณะทั่วไป
- 2) ความหนาแน่น
- 3) ความชื้น
- 4) สภาพนำความร้อน

- 5) การพองตัวเมื่อแช่น้ำ
- 6) ความต้านทานแรงดัด
- 7) มอดุลัสยืดหยุ่น
- 8) ความต้านทานแรงดึงตึงฉากกับผิวหน้า

3.4.2 จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์และถ่ายทอดเทคโนโลยี จากผลการดำเนินงานในปีที่ 1 (พ.ศ. 2561)

- 1) รวบรวมข้อมูลการทดสอบและการวิเคราะห์
- 2) จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์
- 3) เมื่อส่งเล่มรายงานแล้วทำการเขียนบทความวิจัยเพื่อเผยแพร่สู่กลุ่มเป้าหมายผ่านทางวารสารหรืองานประชุมวิชาการ ระดับชาติหรือนานาชาติ



บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

งานวิจัย “การพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้งสำหรับวิสาหกิจชุมชนขนาดเล็ก” สามารถสรุปการทดสอบสมบัติทางกายภาพสมบัติทางกล ตามมาตรฐาน มอก. 2226-2548 (สมอ., 2548)

4.1 คุณสมบัติเบื้องต้นของทางมะพร้าว

คุณสมบัติทั่วไปทางกายภาพของทางมะพร้าวเมื่อสังเกตพบว่ามีขนาดปานกลางในเรื่องความยาวของเส้นใย โดยสภาพที่ใกล้เคียงกัน สามารถสรุปได้ ดังตารางที่ 4.1

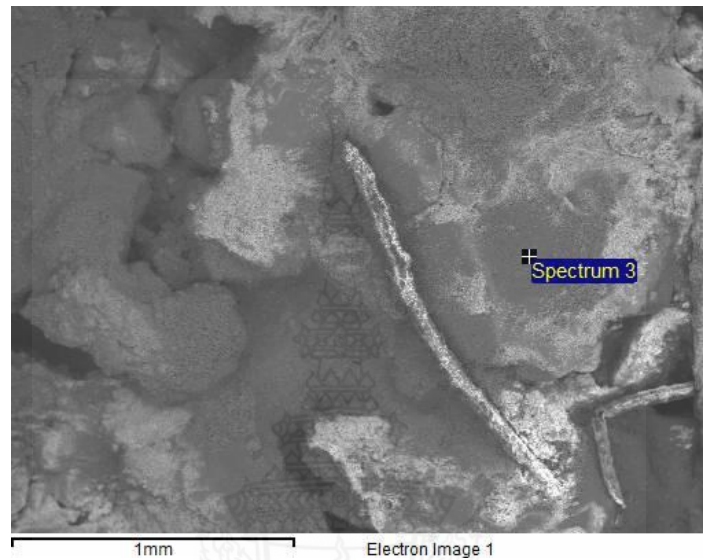
ตารางที่ 4.1 ส่วนประกอบทางกายภาพเส้นใยทางมะพร้าว (Faris M. AL-Oqla, Mohd S. Salit 2017)

ลักษณะสมบัติ	เส้นใยทางมะพร้าว
Density (g/cm ³)	1.15-1.46
Length (mm)	20-150
Diameter (um)	10-460
Specific modulus (approx.)	4
Annual world production (10 ³ ton)	100
Elongation to break (%)	15-51.4
Cellulose (wt%)	32-43.8
Lignin (wt%)	40-45
Thermal conductivity (W/m K)	0.047

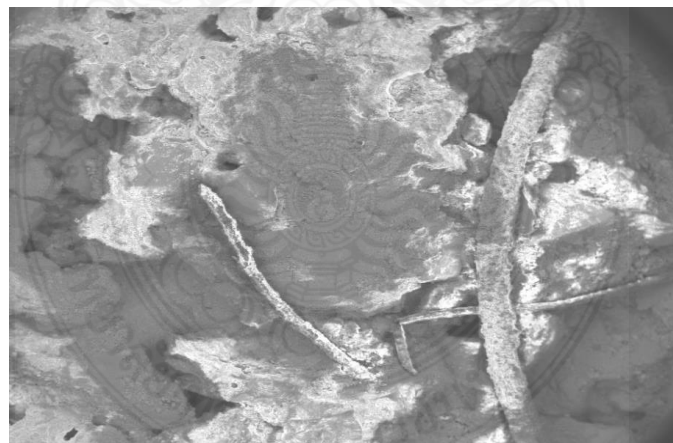
ในการช่วยพัฒนาคุณสมบัติด้านความต้านทานแรงอัดให้กับผลิตภัณฑ์จำพวกคอนกรีตหรือแผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้งได้ อย่างไรก็ตาม วัสดุปอซโซลานที่เหมาะสมสำหรับทำปฏิกิริยาปอซโซลานิกตามมาตรฐาน ASTM C 618 (ASTM, 2012) ต้องเป็นวัสดุที่มีความละเอียดมาก (ผ่านตะแกรงเบอร์ 325) แต่สำหรับทางมะพร้าวเหลือทิ้งที่นำมาใช้ในโครงการนี้จะมีขนาดปะปนกัน โดยทั้งหมดจะเป็นทางมะพร้าวที่มีขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ซึ่งใหญ่กว่าที่มาตรฐานกำหนด แต่ด้วยลักษณะของเส้นใยทางมะพร้าวส่วนใหญ่จะมีขนาดค่อนข้างใหญ่ หากทำการแยกให้มีเฉพาะทางมะพร้าวขนาดเล็ก จะทำให้ไม่สามารถนำทั้งหมดมาใช้ประโยชน์ได้ (ปริมาณทางมะพร้าวที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 325 มีเพียงร้อยละ 5.61 ของปริมาณทางมะพร้าวที่ย่อยแล้วทั้งหมด)

4.2 ภาพขยายของทางมะพร้าวเหลือทิ้งและแผ่นผนังคอนกรีต

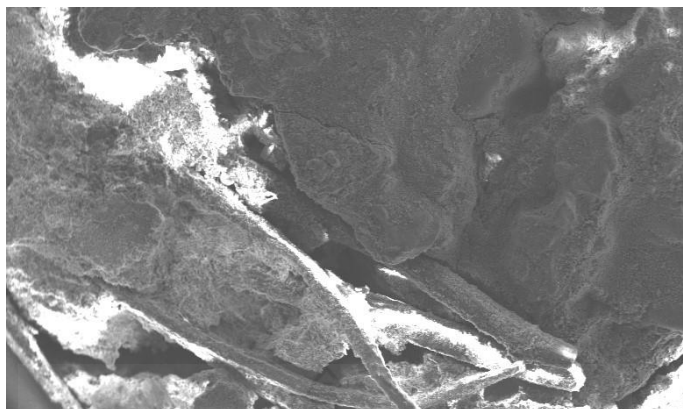
ลักษณะของส่วนแผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้งจากภาพขยายของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.1 ถึง 4.3



รูปที่ 4.1 ภาพขยายทางมะพร้าวในเนื้อแผ่นผนังคอนกรีตจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด



รูปที่ 4.2 ภาพขยายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้งเกาะตัว ที่กำลังขยาย 50 เท่า



รูปที่ 4.3 ภาพขยายคอนกรีตน้ำหนักเบาผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้งจากกล่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 100 เท่า

จากรูปที่ 4.1 4.2 และ 4.3 แสดงภาพขยายทางมะพร้าวเหลือทิ้งจากกล่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 50 และ 100 เท่า พบว่า ทางมะพร้าวเหลือทิ้งผสมในเนื้อของแผ่นผนังคอนกรีตมีลักษณะขรุขระ พื้นผิวมีช่องว่าง เมื่อผสมเข้ากับปูนซีเมนต์ และน้ำแล้ว จะสามารถยึดเกาะเป็นรูปทรงต่าง ๆ ได้ดี โดยไม่มีการหลุดร่อนแผ่นผนังคอนกรีต ดังรูปที่ 4.3 และผลการพิจารณาลักษณะโดยทั่วไปของแผ่นผนังคอนกรีตในหัวข้อ 4.3

4.3 ลักษณะโดยทั่วไปของแผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้ง

ลักษณะโดยทั่วไปของแผ่นผนังคอนกรีตทุกก้อนตามที่มาตรฐาน มอก.2226 กำหนดจะต้องแข็งแรง ปราศจากรอยแตกร้าว และมีพื้นผิวที่เหมาะสมต่อการยึดเกาะของปูนฉาบ ซึ่งผลการพิจารณาลักษณะโดยทั่วไปของแผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้ง ผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบลักษณะทั่วไปแผ่นผนังคอนกรีตน้ำหนักเบาผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้ง

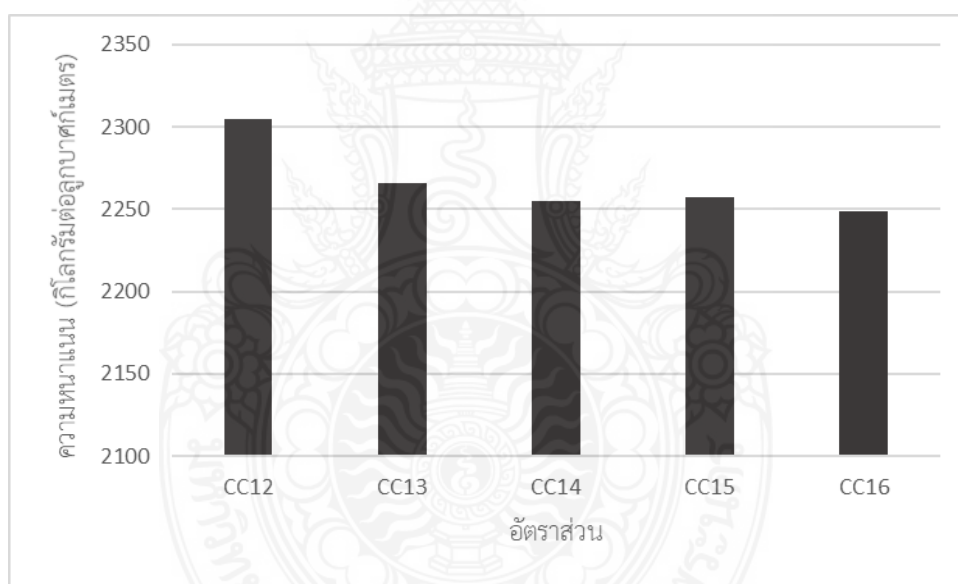
สูตร	อัตราส่วน	ลักษณะทั่วไปเมื่อขึ้นรูปแล้ว
CC12	1:0.12	ผ่าน
CC13	1:0.13	ผ่าน
CC14	1:0.14	ผ่าน
CC15	1:0.15	ผ่าน
CC16	1:0.16	ผ่าน

จากรูปที่ 4.4 ถึง 4.5 พบว่าแผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้งทุกอัตราส่วนมีลักษณะสมบูรณ์ ไม่มีรอยบิ่นหรือร้าว และส่วนผิวของแผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้งทั้งหมดมีความ

หยาบพอควรแก่การจับยึดของปูนฉาบหรือปูนแต่งได้ดี จากผลการพิจารณาดังกล่าวแสดงว่า การผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้งลงในแผ่นผนังคอนกรีต ไม่ส่งผลต่อคุณลักษณะที่ต้องการด้านลักษณะโดยทั่วไปของแผ่นผนังคอนกรีต ตามที่มาตรฐาน มอก.2226 เรื่องแผ่นผนังคอนกรีตไม่รับน้ำหนักกำหนด

4.4 ความหนาแน่นของแผ่นผนังคอนกรีต

ความหนาแน่นของแผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้ง เป็นคุณสมบัติที่แสดงถึงน้ำหนักของแผ่นผนังคอนกรีต โดยแผ่นผนังคอนกรีตที่มีความหนาแน่นสูง จะมีน้ำหนักต่อก้อนมาก และแผ่นผนังคอนกรีตมีความหนาแน่นต่ำ ก็จะมีน้ำหนักต่อก้อนน้อยตามไปด้วยซึ่งการทดสอบน้ำหนักต่อก้อนเฉลี่ยและความหนาแน่นของแผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้ง ทุกอัตราส่วนสามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.4 ทั้งนี้แผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้ง ในปริมาณมากจะมีแนวโน้มของน้ำหนักเบาว่าแผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้งน้อยโดยผลการทดสอบค่าความหนาแน่นของแผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้ง แต่ละอัตราส่วนได้ มีดังรูปที่ 4.4



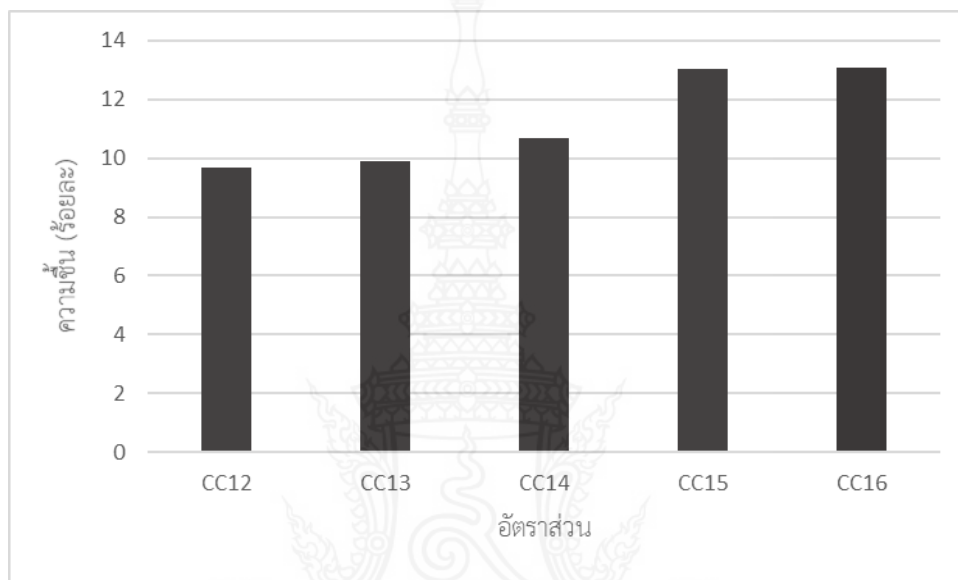
รูปที่ 4.4 ผลการทดสอบความหนาแน่นของแผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้ง

จากรูปที่ 4.4 พบว่า แผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้ง อัตราส่วน CC12 มีค่าความหนาแน่นสูงที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน CC13, CC14, และ CC15 มีค่าความหนาแน่นต่ำที่สุดตามลำดับ โดยทั้งหมดมีแนวโน้มต่ำกว่าคอนกรีตและแผ่นผนังคอนกรีตทั่วไป (คอนกรีตทั่วไป 2,400 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และแผ่นผนังคอนกรีตทั่วไป 1,900 – 2,100 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ซึ่งเป็นผลมาจากลักษณะของทางมะพร้าวที่มีช่องว่างภายในเนื้อ (ซิวาลย์, 2540; ปราโมทย์ และกิตติพงษ์, 2557) ดังเห็นได้จากภาพขยายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ในรูปที่ 4.1 และ

4.2 นอกจากนี้ ในขณะที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และหินฝุ่น เป็นวัสดุที่มีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 3.15 และ 2.72 ตามลำดับ (ชัย และวีรชาติ, 2555; ปริญา และชัย, 2555; ดนุพล, 2553)

4.5 การดูดซึมน้ำและการหดตัวแห้งของแผ่นผนังคอนกรีต

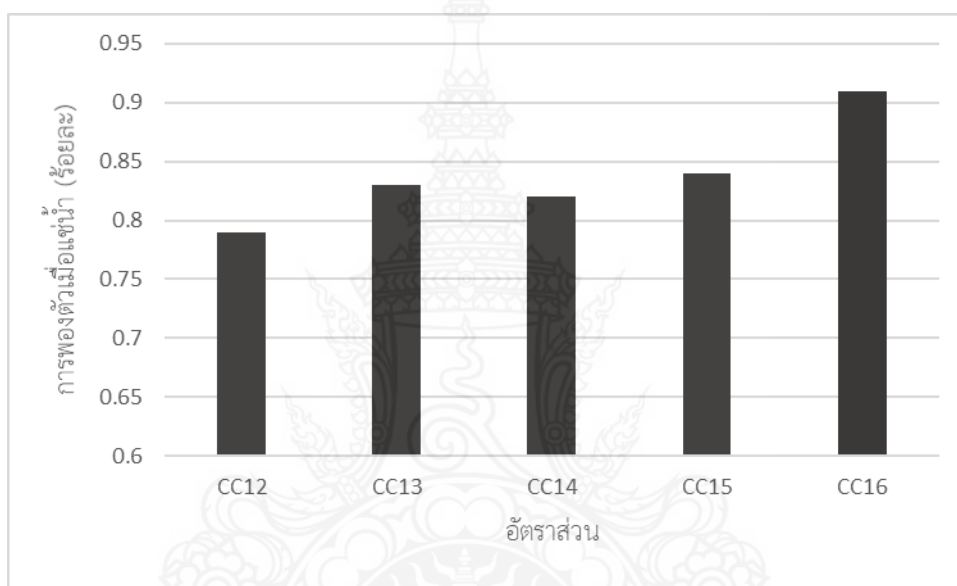
แผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้ง ทั้ง 5 อัตราส่วน มีค่าการดูดซึมน้ำหรือค่าการดูดกลืนน้ำแตกต่างกัน โดยสามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ผลการทดสอบความชื้นของแผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้ง

ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้ง ในรูปที่ 4.5 พบว่า ปริมาณทางมะพร้าวมีผลต่อการดูดซึมน้ำของแผ่นผนังคอนกรีตอย่างชัดเจนเช่นเดียวกับน้ำหนักต่อก้อนและสมบัติด้านความหนาแน่นที่ความพรุนและขนาดของทางมะพร้าวมีผลต่อสมบัติดังกล่าวซึ่งแผ่นผนังคอนกรีตผสมแกลบในปริมาณมาก จะมีค่าการดูดซึมน้ำสูงกว่าแผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้งน้อย โดยแผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้ง อัตราส่วน CC16 มีค่าการดูดซึมน้ำสูงที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน CC15, CC14, CC13 และ CC12 มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำที่สุด ตามลำดับเป็นผลมาจากลักษณะของทางมะพร้าวที่มีความเหนียวสูง (รูปที่ 4.1 และ 4.2) จะทำให้เกิดการดูดซึมน้ำเข้าไปในเนื้อทางมะพร้าวได้ง่าย ซึ่งเป็นลักษณะเช่นเดียวกันกับการผสมชีวมวลชนิดอื่น ๆ (ชัย และวีรชาติ, 2555; ปราโมทย์ และกิตติพงษ์, 2557) ทั้งนี้ การดูดซึมน้ำเป็นสมบัติของแผ่นผนังคอนกรีตที่แสดงถึงความสามารถในการกอบ-ฉาบของแผ่นผนังคอนกรีต โดยแผ่นผนังคอนกรีตที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในงานก่อสร้างอาคารควรมีค่าการดูดซึมน้ำที่ต่ำเนื่องจากแผ่นผนังคอนกรีตที่มีค่าการดูดซึมน้ำสูงจะมีผลต่อปัญหาการแตกร้าวของปูนกอบ-ฉาบ เพราะการสูญเสียน้ำจากปูนมอร์ตาร์ (ปูนซีเมนต์ ผสมทราย และน้ำ)

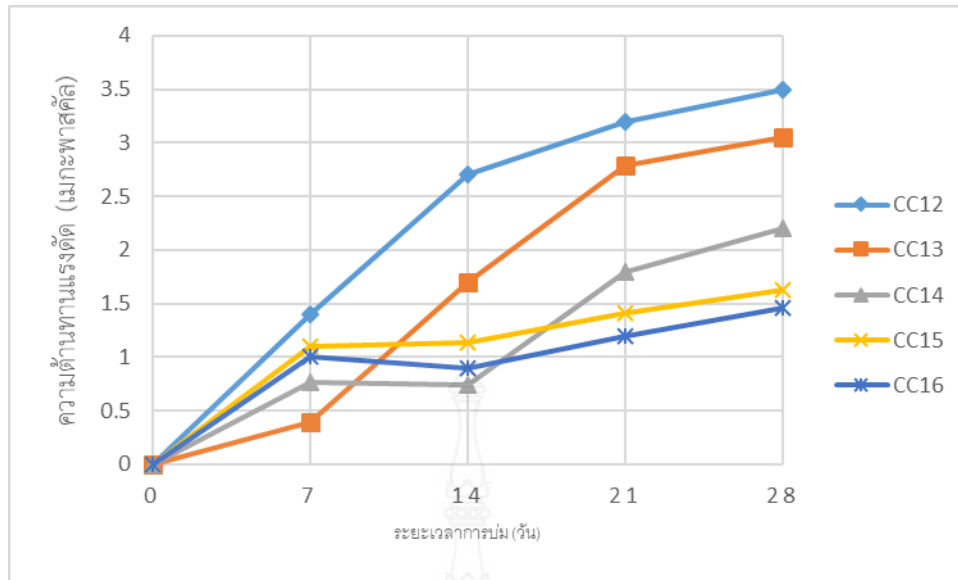
ไปยังคอนกรีตมาก ทำให้ปฏิกิริยาไฮเดรชัน (Hydration Reaction) ของปูนซีเมนต์และน้ำไม่สมบูรณ์ เกิดเป็นรอยร้าวตั้งแต่ขนาดเล็กที่มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ไปจนถึงรอยร้าวขนาดใหญ่ที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (ปริญญา และชัย, 2555) ทั้งนี้ การดูดซึมน้ำตามมาตรฐานของแผ่นผนังคอนกรีตชนิดไม่รับน้ำหนัก (มอก. 2226) ต้องไม่เกิน ร้อยละ 14 โดยน้ำหนัก เมื่อแผ่นผนังคอนกรีตมีค่าการหดตัวมากกว่า ร้อยละ 0.045 ดังรูปที่ 4.6 รวมทั้ง มีความชื้นสัมพัทธ์รายปีเฉลี่ยน้อยกว่า ร้อยละ 50 (เป็นค่าการดูดซึมน้ำที่กำหนดไว้ต่ำที่สุดของมาตรฐาน) (สมอ., 2533) เห็นได้ว่า แผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้งทุกอัตราส่วน ยังคงมีค่าการดูดซึมน้ำเป็นไปตามที่มาตรฐานกำหนด สามารถนำไปใช้ก่อสร้างเป็นผนังก่อ-ฉาบได้โดยไม่เกิดปัญหาการแตกร้าวที่ปูนก่อ-ฉาบ



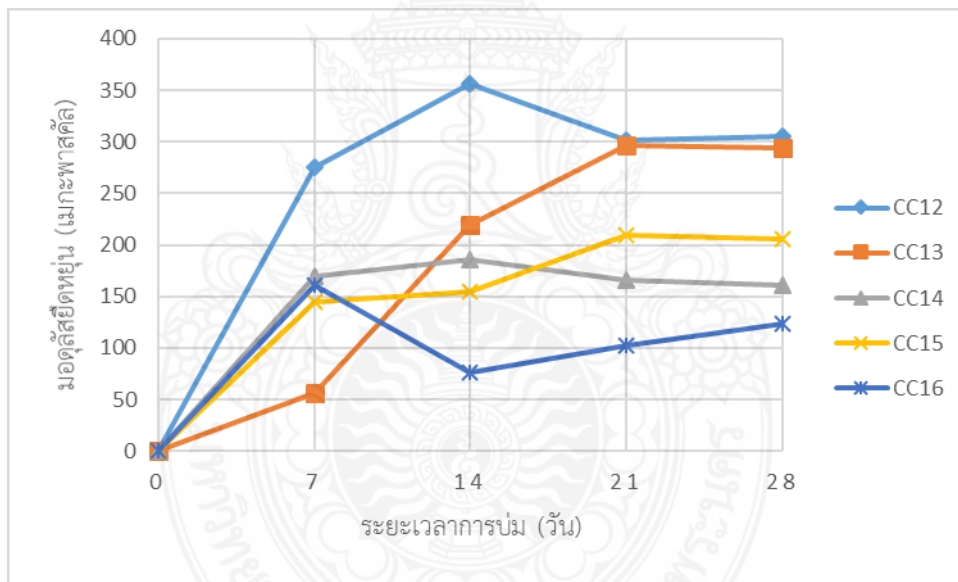
รูปที่ 4.6 ผลการทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำแผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้งที่อายุบ่ม 28 วัน

4.6 ความต้านทานแรงดัดของคอนกรีต

สำหรับความต้านทานแรงดัดหรือโมดูลัสการแตกหักของแผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้งเป็นคุณสมบัติหนึ่งที่มีประโยชน์ต่อการนำมาใช้งาน โดยเฉพาะการนำไปก่อสร้างเป็นผนังซึ่งมีระดับหรือส่วนฐานรองรับผนังไม่เท่ากันซึ่งผลการทดสอบดังกล่าวสามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.7 และ 4.8



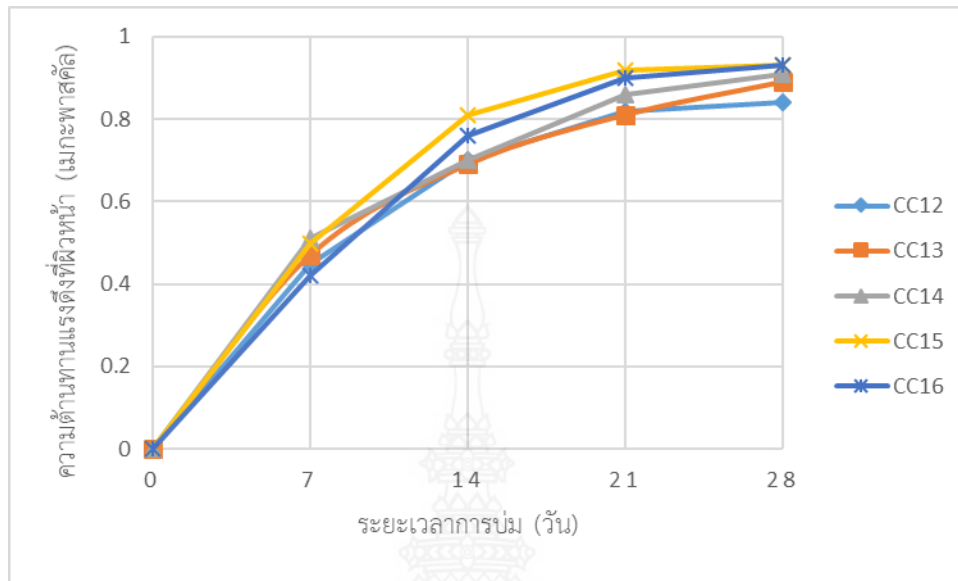
รูปที่ 4.7 ผลการทดสอบแรงดัดของแผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้ง



รูปที่ 4.8 ผลการทดสอบโมดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้ง

จากรูปที่ 4.7 และ 4.8 พบว่า ค่าแรงดัดและค่าโมดูลัสยืดหยุ่นหรือความต้านทานแรงดัดของแผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้ง มีแนวโน้มเช่นเดียวกับค่าความต้านทานแรงอัด กล่าวคือ เมื่อแผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้งเพิ่มขึ้น จะทำให้ความสามารถในการรับแรงดัดลดลง ซึ่งก็เป็นผลมาจากลักษณะของทางมะพร้าวเช่นเดียวกับคุณสมบัติอื่น ๆ

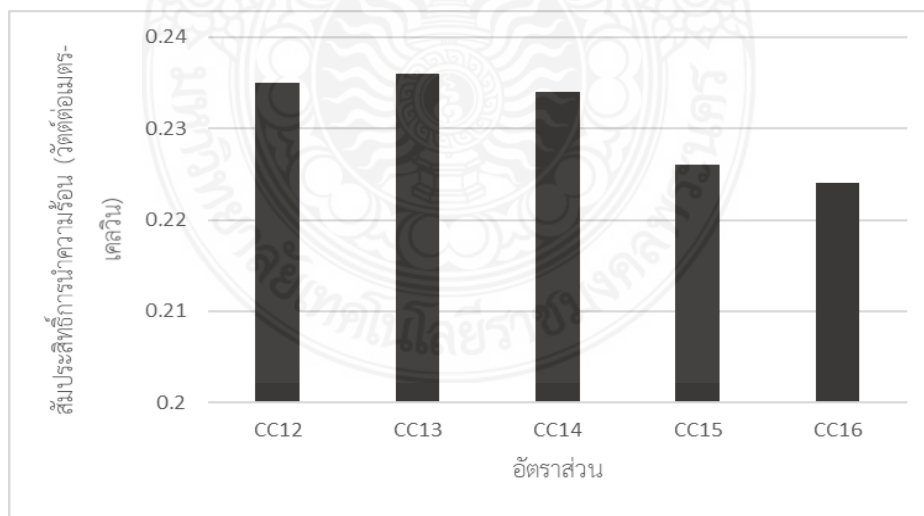
4.7 ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากผิวหน้าของแผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าว



รูปที่ 4.9 ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าว

4.8 สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีต

ความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนของแผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้ง สามารถวัดค่าได้ด้วยสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (K) ซึ่งสามารถสรุปผลได้ ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 ผลการทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้ง

จากการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้งที่อัตราส่วนต่าง ๆ รวม 5 อัตราส่วน ดังรูปที่ 4.10 พบว่า ทางมะพร้าวที่ผสมลงในคอนกรีตมีผลต่อการ

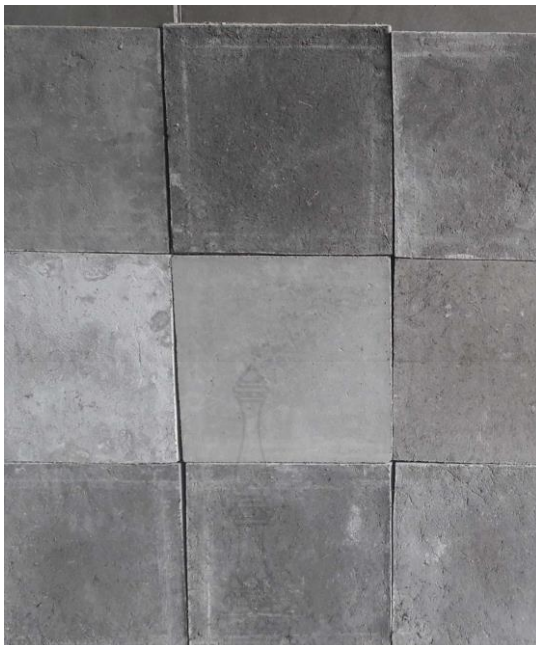
ลดลงของค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน หรือกล่าวได้ว่าทางมะพร้าวมีผลทำให้คอนกรีตบล็อกดังกล่าวมีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีขึ้น เนื่องจากทางมะพร้าวเหลือทิ้งเป็นวัสดุที่มีความพรุนของเนื้อหรือช่องว่างจำนวนมาก ซึ่งเป็นลักษณะของวัสดุที่มีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี (ธัญชัย และคณะ, 2549; ปราโมทย์ และกิตติพงษ์, 2557) โดยแผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้ง อัตราส่วน CC16 ซึ่งมีปริมาณทางมะพร้าวมากที่สุด เป็นคอนกรีตบล็อกที่มีสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน CC15, CC14, CC13 และอัตราส่วน CC12 ซึ่งมีปริมาณทางมะพร้าวน้อยที่สุด เป็นแผ่นผนังคอนกรีตที่มีสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสูงที่สุดตามลำดับ

4.9 การใช้งานจริงของแผ่นผนังคอนกรีต

จากการคัดเลือกแผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้ง อัตราส่วน CC13 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่มีคุณสมบัติผ่านตามมาตรฐาน มอก.2226 เรื่องแผ่นผนังคอนกรีตไม่รับน้ำหนัก กำหนดมาทำการทดลองก่อสร้างเป็นผนังอาคารเพื่อทดสอบการยึดติด ซึ่งเป็นวิธีการใช้งานแผ่นผนังคอนกรีตที่นิยมมากที่สุดเก็บข้อมูลการก่อสร้างทุกขั้นตอนพร้อมทั้งพิจารณาการแตกร้าวของปูนฉาบที่ฉาบลงบนแผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้งซึ่งสามารถสรุปผลการใช้งานได้ ดังรูปที่ 4.11 ถึง 4.12



รูปที่ 4.11 แผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้งที่ทดสอบยึดติดด้วยสกรู



รูปที่ 4.12 ทดสอบการยึดผนังเรียงตัวของแผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้ง

จากรูปที่ 4.11 ถึง 4.12 พบว่า แผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้ง อัตราส่วน CC13 สามารถนำใช้ก่อสร้างเป็นผนังอาคารได้ดีเช่นเดียวกับแผ่นผนังคอนกรีตทั่วไป โดยผิวที่ขรุขระของแผ่นผนังคอนกรีตมีส่วนช่วยให้การยึดเกาะของปูนฉาบมีความแน่นหนาดี (สมอ., 2533) ส่วนค่าการดูดซึมน้ำหรือการดูดกลืนน้ำของแผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้ง ที่ต่ำก็ทำให้ผนังที่ก่อด้วยคอนกรีตบล็อกนี้ไม่เกิดปัญหาการแตกร้าวของปูนฉาบและได้ผนังที่มีความเรียบและสวยงาม สำหรับความต้านทานแรงอัดของแผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้ง นี้ก็มีค่าสูงมาก เพียงพอต่อการใช้งานและรับน้ำหนักโครงสร้างผนังได้ดี ตลอดจนการแบ่งแผ่นผนังคอนกรีตให้มีขนาดเล็กลงก็สามารถทำได้โดยการใช้ค้อนทุบเช่นเดียวกับแผ่นผนังคอนกรีตทั่วไป ทั้งหมดนี้แสดงให้เห็นว่า แผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้ง อัตราส่วน CC13 มีแนวโน้มนำไปสู่การนำไปประยุกต์ใช้เป็นผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ในส่วนของผลิตภัณฑ์แผ่นผนังคอนกรีตไม่รับน้ำหนักที่ผ่านตามมาตรฐาน มอก.2226 มอก.878-2537 ได้ดี

4.10 บทควมวิจัยเพื่อเผยแพร่

ภายหลังจากส่งเล่มรายงานการวิจัยแล้วขั้นตอนถัดไปเขียนบทความวิจัยและนำบทความวิจัยเพื่อเผยแพร่สู่กลุ่มเป้าหมายผ่านทางวารสารหรืองานประชุมวิชาการ ระดับชาติหรือนานาชาติ

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากผลการดำเนินงานโครงการ “การพัฒนาแผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้งเป็นมวลรวมน้ำหนักเบาใน ” ที่ผ่านมา ทำให้สรุปผลและข้อเสนอแนะได้ ดังนี้

5.1 สรุปผล

จากวัตถุประสงค์ของโครงการ สามารถสรุปผลการดำเนินงานแบ่งเป็นข้อ ๆ ได้ ดังนี้

5.1 แผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้ง สามารถใช้ขั้นตอนการผลิตและเครื่องจักรได้เช่นเดียวกับแผ่นผนังคอนกรีตทั่วไป แต่จะมีขั้นตอนการคัดขนาดทางมะพร้าวเหลือทิ้งเพิ่มเข้ามา โดยเริ่มจากการนำทางมะพร้าวเหลือทิ้งมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 จากนั้น ผสมเข้ากับปูนซีเมนต์ หินฝุ่น และนำด้วยเครื่องผสมคอนกรีตจนเข้ากัน แล้วจึงอัดขึ้นรูปเป็นแผ่นผนังคอนกรีตด้วยเครื่องอัดแผ่นผนังคอนกรีตแบบสั้นเขย่า บ่มทิ้งไว้ 28 วัน ได้คอนกรีตที่มีคุณสมบัติตามที่มาตรฐาน มอก.2226 เรื่องแผ่นผนังคอนกรีตไม่รับน้ำหนักตามมาตรฐาน

5.2 อัตราส่วนของทางมะพร้าวเหลือทิ้งที่เหมาะสมในการผลิตคอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบาเพื่อการประหยัดพลังงานคือ อัตราส่วน CC13 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่มีปริมาณของทางมะพร้าวสูงที่สุด ในขณะที่ยังมีคุณสมบัติผ่านตามที่มาตรฐาน มอก.878 กำหนด โดยอัตราส่วนผสม ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่1: หินฝุ่น: ทางมะพร้าวเหลือทิ้ง: น้ำ เท่ากับ 1: 6.7: 0.3: 0.6 และมีคุณสมบัติได้แก่ ค่าความหนาแน่น 1,568.19 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าการดูดซึมน้ำ ร้อยละ 13.39 การหดตัวแห้ง ร้อยละ 0.787 ความต้านทานแรงอัด 2.95 เมกะพาสคัล ความต้านทานแรงดัด 1.76 เมกะพาสคัลสัมประสิทธิ์การนำความร้อน 0.319 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน

5.3 สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกเมื่อมีการผสมทางมะพร้าวพบว่า ปริมาณทางมะพร้าวที่เพิ่มขึ้น สามารถช่วยลดน้ำหนักต่อก้อนหรือความหนาแน่นของแผ่นผนังคอนกรีตลง เพิ่มความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน ซึ่งเป็นการพัฒนาแผ่นผนังคอนกรีตให้มีน้ำหนักเบาและช่วยประหยัดพลังงานภายในอาคารได้ดี อย่างไรก็ตาม ปริมาณของทางมะพร้าวที่เพิ่มขึ้น กลับมีผลต่อค่าการดูดซึมน้ำที่สูงขึ้น และค่าความต้านทานแรงอัดและดัดที่ต่ำลง

5.4 แผ่นผนังคอนกรีตผสมทางมะพร้าวเหลือทิ้ง อัตราส่วน CC13 สามารถใช้ก่อสร้างเป็นผนังได้เช่นเดียวกับคอนกรีตบล็อกทั่วไป โดยสามารถก่อ-ฉาบได้โดยไม่มีปัญหาการแตกร้าว พื้นผิวยึดเกาะกับปูนฉาบได้ดี ทำให้ฉาบง่าย เรียบ และสวยงาม รวมทั้ง สามารถทุบแบ่งเป็นก้อนขนาดเล็กได้แบบคอนกรีตบล็อกที่ไม่มีส่วนผสมของทางมะพร้าวเหลือทิ้ง

5.2 ข้อเสนอแนะ


ในการศึกษาวิจัยต่อไป ควรมีการพัฒนาแผ่นผนังคอนกรีตให้มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำ และมีความต้านทานแรงอัดสูงแผ่นผนังคอนกรีตทั่วไปเพื่อให้แผ่นผนังคอนกรีตดังกล่าว สามารถผสมทางมะพร้าวได้มากขึ้น และยังคงผ่านตามที่มาตรฐาน มอก.878 มอก.2226 เรื่องแผ่นผนังคอนกรีตไม่รับน้ำหนักกำหนด



เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. 2539. ไม้อัดซีเมนต์. อุตสาหกรรมสาร 39: 34 - 38.
- กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. 2544. ไม้อัดซีเมนต์. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.
- ก้องนภา ถิ่นวัฒนากุลฐานันตร์หล่วนพานิช พิชัย มีคุณ และอิสรพงษ์ อังฉกรรจ์. 2553. การศึกษาคอนกรีตบล็อกกาบดินขาวที่ผสมเส้นใยเปลือกทุเรียน เส้นใยต้นข้าวโพด และกากมะพร้าว. ปริญญาานิพนธ์ระดับปริญญาตรี. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- ครองศักดิ์ ลุนหล้า สยาม ดวงจันทร์โชติ และอัสนีย์ เวียงเงิน. 2553. การทดสอบแรงอัดตามแนวแกนสำหรับตัวอย่างคอนกรีตที่เสริมด้วยเฟอร์โรซีเมนต์. ปริญญาานิพนธ์หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ณัฐนนท์ รัตน์ไชย และประชุม คำพุ่ม. 2552. การแยกเส้นใยไม้ไผ่เพื่อส่งเสริมให้มีการผลิตเป็นสินค้าส่งออกของกลุ่มจังหวัดภาคกลางตอนบน. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. ชุดโครงการกลุ่ม “อุตสาหกรรม การเกษตร อาหาร สิ่งทอ พลังงานทดแทน การขนส่ง และโลจิสติก”. สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ).
- ธัญชัย ปศุณวรรกิจ พันธุดา พุฒิไพโรจน์ วรธรรม อุ่นจิตติชัย และพรรณจิรา ทิศาวิภาต. 2549. ประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของฉนวนอาคารจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. วารสารวิจัยและสาระสถาปัตยกรรม/การผังเมือง 3(4): 119 - 126.
- ธวัช จิรายุส. 2535. การจับยึดพอร์ตแลนด์ซีเมนต์ของไม้ยูคาลิปตัส. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฉบับที่ 7 เดือน ม.ค.-เม.ย.2535. สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้. หน้า 85.
- นิคม แหลมสัก. 2546. เอกสารประกาศโฆษณาอนุมัติบัตรเลขที่ 1470 เรื่องกรรมวิธีการทำแผ่นขึ้นไม้อัดจากทางใบปาล์มน้ำมันและแผ่นขึ้นไม้อัดที่ได้จากกรรมวิธีนี้ ยื่นคำขอวันที่ 3 ตุลาคม 2546. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- บริษัท วิบูลย์พัฒนาอุตสาหกรรม จำกัด. 2553. แผ่นไม้อัดซีเมนต์. รายงานผลการวิจัยทุนรัชดาภิเษกสมโภช. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.
- ประชุม คำพุ่ม กิตติพงษ์ สุวีโร และสมพิศ ดีบุญโน. 2552. การใช้เส้นใยจากขยะเปลือกทุเรียนเป็นวัสดุผสมในมอร์ตาร์น้ำหนักเบา. วารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย 23(2): 79 - 88.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.). 2525. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องแผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์ชนิดใช้งานทั่วไป (มอก. 442). สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ.

- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.). 2530. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องไม้สักแปรรูป (มอก. 422). สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.). 2537. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูง (มอก. 878). สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2530. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก 2530/31. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.). 2547. โครงการพัฒนาวัสดุมวลเบาจากเส้นใยมะพร้าว ชุดโครงการวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีมะพร้าว เครือข่ายการวิจัยภาคกลางตอนล่าง สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา. กรุงเทพฯ.
- Asasutjarit, C., Hirunlabh, J., Khedari, J., Charoenvai, S., Zeghamati, B., and Shin, U. C. 2007. Development of coconut coir-based lightweight cement board. Construction and Building Materials 21(2): 277–288.
- Stack Overflow Company. 2015. Name for the stick running through the small and narrow leaf of a big coconut leaf. [Online] Available on: <http://english.stackexchange.com/questions/188960/name-for-the-stick-running-through-the-small-and-narrow-leaf-of-a-big-coconut-le/> (10 July 2016).
- Faris M. AL-Oqla, Mohd S. Salit, Materials Selection for Natural Fiber Composites, Woodhead Publishing, Elsevier Ltd., 2017.



ภาคผนวก

- ก มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.878-2537
- ข มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.2226-2548



ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 1999 (พ.ศ. 2537)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง แก้ไขมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

แผ่นชั้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง (แก้ไขครั้งที่ 1)

โดยที่เป็นการสมควรแก้ไขเพิ่มเติมมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นชั้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง มาตรฐานเลขที่ มอก.878-2532

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

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

“5.2 การทำ

ใช้เครื่องจักรย่อยไม้ออกเป็นชั้นไม้แยกชั้น ไม้ให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ นำไปผสมกับปูนซีเมนต์ แล้วนำไปโรยและอัดเป็นแผ่นในแบบ โดยทิ้งไว้ให้ปูนซีเมนต์ก่อตัวจึงถอดแบบออก หากใส่สารผสมเพิ่มเติมไม่ทำให้ความแข็งแรงหรือความคงทนของแผ่นชั้นไม้อัดซีเมนต์เสียไป”

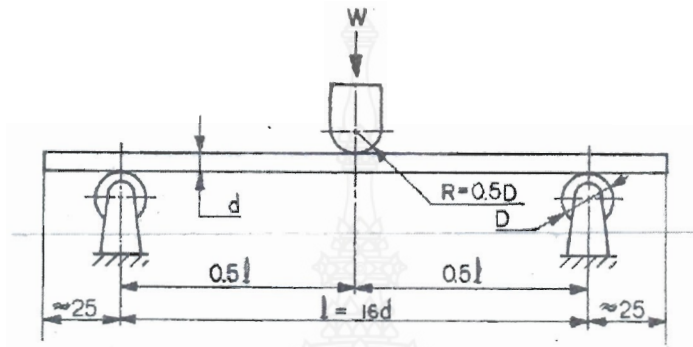
3. ให้ยกเลิกความในข้อ 6.4 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

“6.4 สภาพนำความร้อน

ต้องมีค่าเฉลี่ยไม่เกิน 0.25 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน

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

4. ให้ยกเลิกความในข้อ 9.3.1.2 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน
“9.3.1.2 ไมโครมิเตอร์ ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 มิลลิเมตร สำหรับวัดความหนา”
5. ให้เพิ่มความต่อไปนี้เป็นข้อ 9.3.1.3
“9.3.1.3 เวอร์เนียแคลิเปอร์สที่วัดได้ละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตรสำหรับวัดความกว้างและความยาว”
6. ให้ยกเลิกรูปที่ 4 และให้ใช้รูปต่อไปนี้แทน



รูปที่ 4 การทดสอบความต้านแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่น
(ข้อ 9.6.1.2)

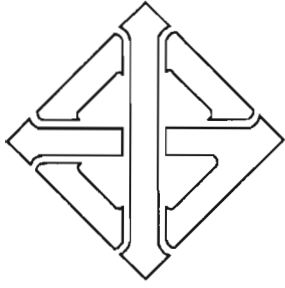
ทั้งนี้ ตั้งแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 4 ตุลาคม พ.ศ. 2537

พลตรี สนั่น ขจรประศาสน์

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 111 ตอนที่ 87 ง
วันที่ 1 พฤศจิกายน พุทธศักราช 2537



มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก. 878 – 2532

แผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง

CEMENT BONDED PARTICLEBOARDS : HIGH DENSITY



สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม

UDC 691.328.41:674.821

ISBN 974-8126-75-7

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
แผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง

มอก. 878 – 2532

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0 2202 3300

ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเล่ม 106 ตอนที่ 137
วันที่ 24 สิงหาคม พุทธศักราช 2532

คณะกรรมการวิชาการคณะที่ 120
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นอัดสำหรับการก่อสร้าง

ประธานกรรมการ

นายวรรณะ มณี

ผู้แทนสมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์

กรรมการ

นายสุธี หาญสงคราม

ผู้แทนกรมป่าไม้

นายสมศักดิ์ พัฒนประภาพันธุ์

ผู้แทนกรมโยธาธิการ

นายยงยุทธ ศรีเมฆรัตน์

ผู้แทนสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

นายสุทธิศักดิ์ สำเร็จประสงค์

ผู้แทนสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ

นายอรุณ พุฒยางกูร

ผู้แทนวิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา

นายฝั่งผาย สุนทรภักย์

วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ

นายพลสินธุ์ อาชวาคม

ผู้แทนกรมการค้าต่างประเทศ

นายวิจิตร กฤษณบำรุง

ผู้แทนคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นายอำนาจ พานิชกุล

ผู้แทนวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์

นายอภิรักษ์ รัตนันท์

-

ผู้แทนบริษัท ศรีมหาราชา จำกัด

ร.ต. อุทัย สินธุประมา

ผู้แทนบริษัท ไม้อัดไทย จำกัด

นายวิชัย ภูษิตวิทย์

นายชูชาติ บุญศิริ

ผู้แทนบริษัท ไทยชิปบอร์ด จำกัด

ร.ท. จลอง ขุนพรหม

ผู้แทนบริษัท สตราไมต์บอร์ด จำกัด

นายก่อเกียรติ แยมมีศรี

ผู้แทนบริษัท เซลโลกริตไทย จำกัด

นายนิสสิต บุญ-หลง

ผู้แทนบริษัท ไทยทักษิณป่าไม้ จำกัด

กรรมการและเลขานุการ

นายสมคิด แสงนิล

ผู้แทนสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ปัจจุบันมีการทำแผ่นชั้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง ขึ้นได้เองภายในประเทศ โดยนำไปใช้ในงานก่อสร้างทั่ว ๆ ไป และส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศ ดังนั้นเพื่อเป็นการส่งเสริมอุตสาหกรรมประเภทนี้และเพื่อประโยชน์แก่ผู้ใช้ จึงกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นชั้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง ขึ้น มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ กำหนดขึ้นโดยอาศัยเอกสารต่อไปนี้เป็นแนวทาง

ISO 8335 : 1987

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



คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้พิจารณามาตรฐานนี้แล้ว เห็นสมควรเสนอรัฐมนตรีประกาศตาม มาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511



ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 1516 (พ.ศ. 2532)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

แผ่นซีดีไอดีซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง

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

ประกาศ ณ วันที่ 3 สิงหาคม พ.ศ. 2532

บรรหาร ศิลปอาชา

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

แผ่นชั้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง

1. ขอบข่าย

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

2. บทพิเศษ

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

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

3. แบบและสัญลักษณ์

- 3.1 แผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ แบ่งออกเป็น 2 แบบ ตามลักษณะพื้นผิว คือ
- 3.1.1 แบบผิวขัดเรียบ มีสัญลักษณ์ SAN
- 3.1.2 แบบผิวไม่ขัด มีสัญลักษณ์ UNS

4. ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

- 4.1 ความกว้างและความยาว ให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ที่ฉลาก โดยจะมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกินค่าที่กำหนดในตารางที่ 1
- หมายเหตุ 1. ความกว้างที่แนะนำ คือ 600 900 และ 1 200 มิลลิเมตร
2. ความยาวที่แนะนำ คือ 1 200 1 800 และ 2 400 มิลลิเมตร
- การวัดให้ปฏิบัติตามข้อ 9.2
- 4.2 ความหนา ให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ที่ฉลากแต่ต้องไม่น้อยกว่า 6 มิลลิเมตร โดยจะมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกินค่าที่กำหนดในตารางที่ 1
- การวัดให้ปฏิบัติตามข้อ 9.2
- 4.3 ความแตกต่างของเส้นทแยงมุมทั้ง 2 เส้น จะมีได้ไม่เกินร้อยละ 0.25 ของเส้นสั้น
- การวัดให้ปฏิบัติตามข้อ 9.2
- 4.4 ความตรงของขอบแต่ละด้านจะคลาดเคลื่อนไปจากแนวตรง ได้ไม่เกิน 3.0 มิลลิเมตร
- การวัดให้ปฏิบัติตามข้อ 9.2

ตารางที่ 1 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน
(ข้อ 4.1และข้อ 4.2)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

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

5. ส่วนประกอบและการทำ

5.1 ส่วนประกอบ

5.1.1 ชันไม้

5.1.2 ปูนซีเมนต์

ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 1 ข้อกำหนดคุณภาพ มาตรฐานเลขที่ มอก. 15 เล่ม 1

5.2 การทำ

ใช้เครื่องจักรย่อยไม้ออกเป็นชันไม้ แยกชันไม้ให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ นำไปผสมกับปูนซีเมนต์ แล้วนำไปโรย และอัดเป็นแผ่นโดยทิ้งไว้ให้ปูนซีเมนต์ก่อตัวจึงถอดแบบออก หากใส่สารผสมเพิ่มเติมไม่ทำให้ความแข็งแรง หรือความคงทนของแผ่นชันไม้อัดซีเมนต์เสียไป

6. คุณลักษณะที่ต้องการ

6.1 ลักษณะทั่วไป

แผ่นชันไม้อัดซีเมนต์ต้องมีความหนา ความแน่น และความเรียบสม่ำเสมอทั้งแผ่น ขอบจะต้องตั้งได้ จากกับริบนาบผิว

การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

6.2 ความหนาแน่นความหนาแน่น

ความหนาแน่นเฉลี่ยต้องอยู่ในช่วง 1 100 ถึง 1 300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 9.3

6.3 ความชื้น

ความชื้นเฉลี่ยต้องอยู่ในช่วงร้อยละ 9 ถึงร้อยละ 15

การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 9.4

6.4 สภาพนำความร้อน

ต้องมีค่าเฉลี่ยไม่เกิน 0.155 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน

การทดสอบให้ปฏิบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีทดสอบสมบัติการเป็นฉนวนกันความร้อน (ในกรณีที่ยังไม่มีการประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าว ให้เป็นไปตาม BS 874)

6.5 คุณลักษณะที่ต้องการอื่น ๆ

ให้เป็นไปตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณลักษณะที่ต้องการอื่นๆ
(ข้อ 6.5)

รายการ ที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด	วิธีทดสอบ ตาม
1	การพองตัวเมื่อแช่น้ำ ร้อยละ ไม่เกิน	2	ข้อ 9.5
2	ความต้านแรงดัด เมกะพาสคัล ไม่น้อยกว่า	9	ข้อ 9.6
3	มอดุลัสยืดหยุ่น เมกะพาสคัล ไม่น้อยกว่า	3 000	ข้อ 9.6
4	ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า เมกะพาสคัล ไม่น้อยกว่า		ข้อ 9.7

7. เครื่องหมายและฉลาก

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

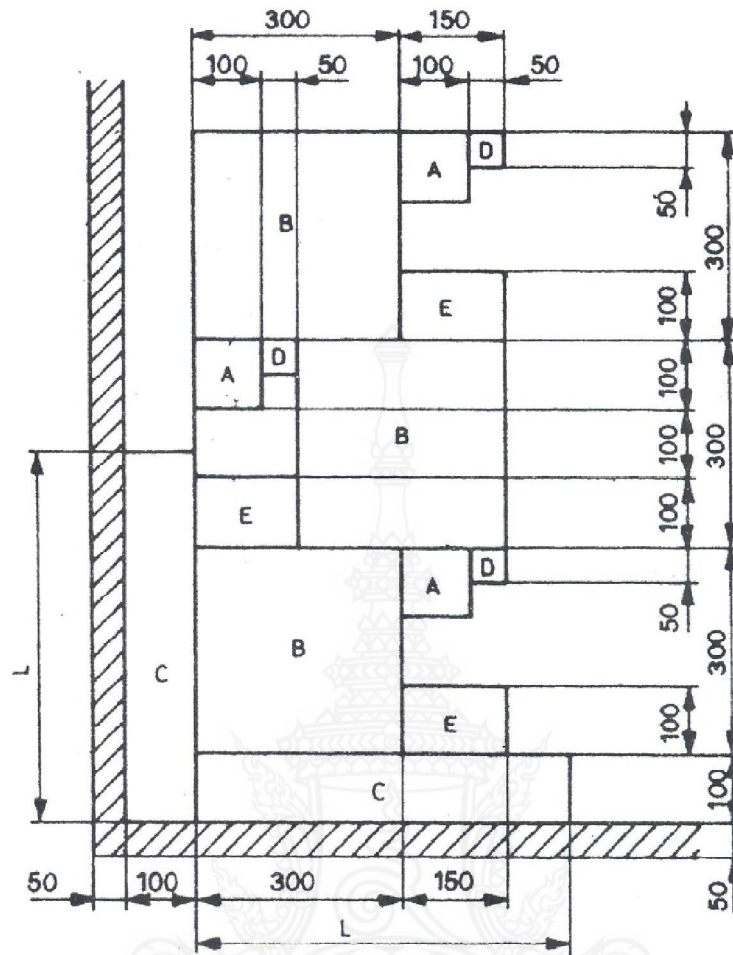
8. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

- 8.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ที่มีแบบและความหนาระบุเดียวกัน ทำโดยกรรมวิธีเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน
- 8.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้
- 8.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบขนาด และลักษณะทั่วไป
- 8.2.1.1 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน ตามจำนวนที่กำหนดในตารางที่ 3
- 8.2.1.2 จำนวนตัวอย่างที่ไม่เป็นไปตามข้อ 4. และข้อ 6.1 ต้องไม่เกินเลขจำนวนที่ยอมรับ ที่กำหนดในตารางที่ 3 จึงจะถือว่าแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์รุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตารางที่ 3 แผนการชักตัวอย่างสำหรับการทดสอบขนาดและลักษณะทั่วไป
(ข้อ 8.2.1)

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

- 8.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบความหนาแน่น ความชื้น สภาพนำความร้อน และคุณลักษณะที่ต้องการอื่น ๆ
- 8.2.2.1 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่ม จากแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ที่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในเรื่องขนาด และลักษณะทั่วไปแล้ว มาจำนวน 5 แผ่น แต่ละแผ่นให้ตัดเป็นชิ้นทดสอบตามรูปที่ 1
- ชิ้นทดสอบ A สำหรับทดสอบความหนาแน่น และความชื้น จำนวน 3 ชิ้น
 - ชิ้นทดสอบ B สำหรับทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ จำนวน 3 ชิ้น
 - ชิ้นทดสอบ C สำหรับทดสอบความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น จำนวน 2 ชิ้น
 - ชิ้นทดสอบ D สำหรับทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า จำนวน 3 ชิ้น
 - ชิ้นทดสอบ E สำหรับการทดสอบสภาพนำความร้อน จำนวน 3 ชิ้น



L = 16 เท่าของความหนาระบุ (ตัวเลขที่ได้ให้ปัดเป็นเลขจำนวนเต็มของ 10 มิลลิเมตรที่ใกล้เคียง) บวกด้วย 25 มิลลิเมตร

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 1 ตำแหน่งและการตัดขึ้นทศสอบ
(ข้อ 8.2.2.1)

8.2.2.2 ตัวอย่างทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 6.2 ข้อ 6.3 ข้อ 6.4 และข้อ 6.5 ทุกรายการ จึงจะถือว่าแผ่นชั้นไม้อัดซีเมนต์รูนนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

8.3 เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างแผ่นชั้นไม้อัดซีเมนต์ต้องเป็นไปตามข้อ 8.2.1.2 และ ข้อ 8.2.2.2 ทุกข้อ จึงจะถือว่าแผ่นชั้นไม้อัดซีเมนต์รูนนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

9. การทดสอบ

9.1 การปรับภาวะขึ้นทดสอบ

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

9.2 ขนาด

9.2.1 ความกว้างและความยาว

ใช้สายวัดโลหะที่วัดได้ละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร วัดที่จุดลึกเข้าไปจากขอบของแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ ประมาณ 100 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 2

9.2.2 ความหนา

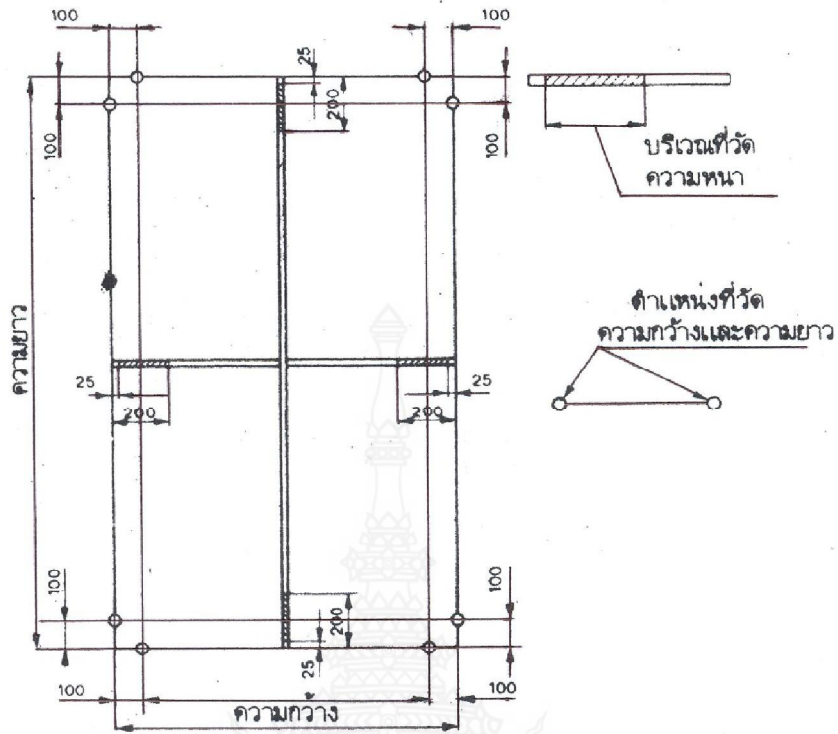
ใช้ไมโครมิเตอร์ ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 มิลลิเมตร ซึ่งมีส่วนของแป้นวัดเรียบและขนานกัน และมีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร วัดที่บริเวณกึ่งกลางของขอบของแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ทั้ง 4 ด้าน และให้ลึกเข้าไปจากขอบประมาณ 25 ถึง 200 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 2

9.2.3 ความแตกต่างของเส้นทแยงมุม

ใช้สายวัดตามข้อ 9.2.1 วัดหาความแตกต่างของเส้นทแยงมุม

9.2.4 ความตรงของขอบ

ชิงเส้นด้ายให้ตึงระหว่างมุมที่ขอบเดียวกัน ของแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ แล้ววัดระยะที่คลาดเคลื่อนจากแนวเส้นด้ายมากที่สุดของขอบทั้ง 4 ด้าน



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 2 ตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาว และความหนาของแผ่นชั้นไม้อัดซีเมนต์
(ข้อ 9.2.1 และข้อ 9.2.2)

9.3 ความหนาแน่น

9.3.1 เครื่องมือ

9.3.1.1 เครื่องชั่ง ที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม

9.3.1.2 ไมโครมิเตอร์ ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร

9.3.2 วิธีทดสอบ

9.3.2.1 ชั่งชั้นทดสอบให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนถึง 0.1 กรัม

9.3.2.2 วัดความกว้างและความยาวของชั้นทดสอบขนาดกับขอบให้ละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร ตามรูปที่ 3 แล้วหาค่าเฉลี่ย

9.3.2.3 วัดความหนา 4 ตำแหน่ง ตามรูปที่ 3 แล้วหาค่าเฉลี่ย

9.3.3 วิธีคำนวณ

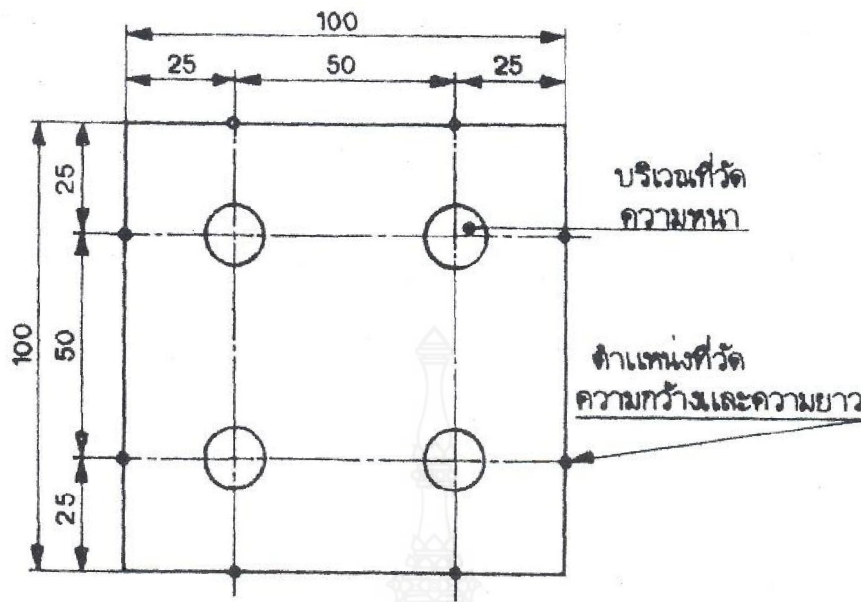
หาค่าความหนาแน่นจากสูตร

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

กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

9.3.4 การรายงานผล

รายงานค่าความหนาแน่นของชั้นทดสอบแต่ละชั้นและค่าเฉลี่ย



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

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

9.4 ความชื้น

9.4.1 เครื่องมือ

- 9.4.1.1 เครื่องชั่ง ที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.01 กรัม
- 9.4.1.2 เตอบ ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 130 ± 2 องศาเซลเซียส
- 9.4.1.3 เดซิกเคเตอร์

9.4.2 วิธีทดสอบ

- 9.4.2.1 ชั่งชิ้นทดสอบซึ่งผ่านการทดสอบตามข้อ 9.3 แล้ว ให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนถึง 0.01 กรัม เป็นน้ำหนักก่อนอบ
- 9.4.2.2 อบชิ้นทดสอบในเตอบที่อุณหภูมิ 103 ± 2 องศาเซลเซียส จนมีน้ำหนักคงที่ คือน้ำหนักชิ้นทดสอบที่ชั่ง 2 ครั้งห่างกัน 6 ชั่วโมง ต่างกันไม่เกินร้อยละ 0.1
- 9.4.2.3 นำมาใส่ในเดซิกเคเตอร์ ปลอ่ยไว้ให้เย็น
- 9.4.2.4 ชั่งชิ้นทดสอบ เป็นน้ำหนักอบแห้ง

9.4.3 วิธีคำนวณ

หาค่าความชื้นจากสูตร

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

ร้อยละ

9.4.4 การรายงานผล

รายงานค่าความชื้นของชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นและค่าเฉลี่ย

9.5 การพองตัวเมื่อแช่น้ำ

9.5.1 เครื่องมือ

ไมโครมิเตอร์ ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 มิลลิเมตร

9.5.2 วิธีทดสอบ

9.5.2.1 ทำเครื่องหมายตำแหน่งที่วัดความหนาตามรูปที่ 3 วัดความหนาของชั้นทดสอบ 4 ตำแหน่ง แล้วหาค่าเฉลี่ยเป็นความหนาก่อนแช่น้ำ

9.5.2.2 แช่ชั้นทดสอบในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิห้อง โดยตั้งให้แต่ละชิ้นห่างจากกัน ให้ขอบบนอยู่ใต้อัตระดับผิวน้ำประมาณ 25 มิลลิเมตร ชั้นทดสอบต้องตั้งได้ฉากกับผิวน้ำ และห่างจากผนังและก้นภาชนะที่ใส่น้ำไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร

9.5.2.3 เมื่อแช่ชั้นทดสอบครบ 24 ชั่วโมง นำชั้นทดสอบขึ้นมาซับน้ำที่ผิวออกให้หมดด้วยผ้าหมาดแล้วปล่อยให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง โดยวางให้ขอบด้านใดด้านหนึ่งอยู่บนแผ่นวัสดุที่ไม่ดูดซึมน้ำ เช่น พลาสติก กระดาษ

9.5.2.4 เมื่อปล่อยให้ชั้นทดสอบไว้ครบ 2 ชั่วโมงแล้ว นำชั้นทดสอบมาวัดความหนาตามตำแหน่งเดิม แล้วหาค่าเฉลี่ยเป็นความหนาหลังแช่น้ำ

9.5.3 วิธีคำนวณ

หาค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำจากสูตร

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

9.5.4 การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยการพองตัวเมื่อแช่น้ำเป็นร้อยละ

9.6 ความต้านแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่น

9.6.1 เครื่องมือ

9.6.1.1 เครื่องกด ซึ่งวัดแรงกดได้ละเอียดถึง 5 นิวตัน หรือร้อยละ 5 ของแรงกดสูงสุดที่ชั้นทดสอบรับได้ หัวกดต้องมีปลายส่วนที่ใช้กดเป็นรูปครึ่งวงกลมมีรัศมี 10 ถึง 30 มิลลิเมตร และมีความยาวไม่น้อยกว่าความกว้างของชั้นทดสอบ

9.6.1.2 แท่นรองรับ ต้องมีลักษณะหน้าตัดเป็นรูปวงกลม หรือรูปครึ่งวงกลม มีรัศมี 10 ถึง 30 มิลลิเมตร ความยาวไม่น้อยกว่าความกว้างของชั้นทดสอบ

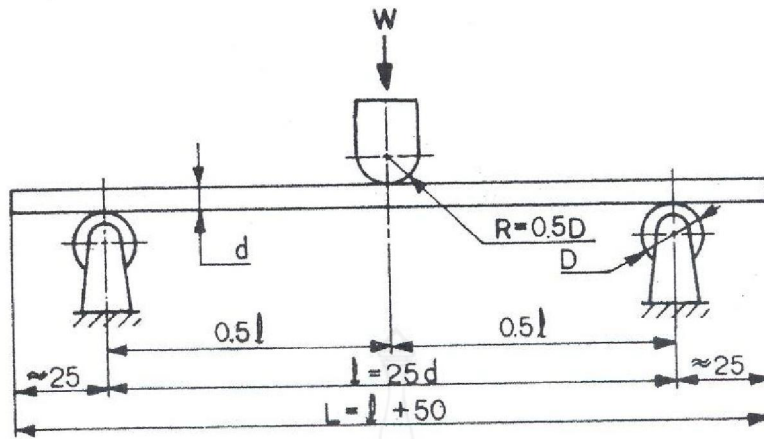
9.6.1.3 มาตรการแอนตัว ซึ่งอ่านค่าได้ละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร

9.6.2 วิธีทดสอบ

9.6.2.1 วางชั้นทดสอบลงบนแท่นรองรับซึ่งมีระยะห่าง 16 เท่าของความหนาของชั้นทดสอบ (ตัวเลขที่ได้ให้ปัดเป็นเลขจำนวนเต็มของ 10 มิลลิเมตรที่ใกล้เคียง) ตามรูปที่ 4 ให้ปลายชั้นทดสอบยื่นออกไปจากจุดที่รองรับประมาณข้างละ 25 มิลลิเมตร เท่า ๆ กัน

9.6.2.2 ให้แรงกดบนจุดกึ่งกลางของชั้นทดสอบ โดยมีอัตราการเพิ่มแรงกดอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มกดจนกระทั่งชั้นทดสอบหัก ต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที และไม่เกิน 120 วินาที

9.6.2.3 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดกับค่าการแอนตัว



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 4 การทดสอบความต้านแรงคัตและมอดูลัสยืดหยุ่น
(ข้อ 9.6.2.1)

9.6.3 วิธีคำนวณ

9.6.3.1 หาค่าความต้านแรงคัตจากสูตร

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

เมื่อ f คือ ความต้านแรงคัต เป็นเมกะพาสคัล

W คือ แรงกดสูงสุดที่ชั้นทดสอบรับได้ เป็นนิวตัน

l คือ ระยะห่าง ระหว่างจุดศูนย์กลางของแท่นรองรับ เป็นมิลลิเมตร

b คือ ความกว้างของชั้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

d คือ ความหนาเฉลี่ยของชั้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

9.6.3.2 หาค่ามอดูลัสยืดหยุ่นจากสูตร

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

เมื่อ f คือ มอดูลัสยืดหยุ่น เป็นเมกะพาสคัล

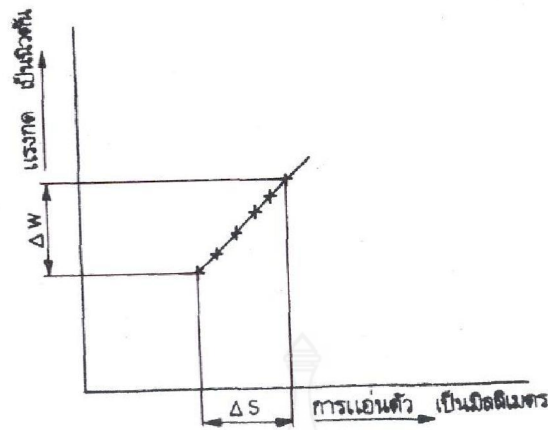
l คือ ระยะห่าง ระหว่างจุดศูนย์กลางของแท่นรองรับ เป็นมิลลิเมตร

ΔW คือ แรงกดที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง ตามรูปที่ 5 เป็นนิวตัน

b คือ ความกว้างของชั้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

d คือ ความหนาเฉลี่ยของชั้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

ΔS คือ ระยะแอนต์ตัวที่เพิ่มขึ้น ในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง ตามรูปที่ 5 เป็นมิลลิเมตร



รูปที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดกับการเอนตัว
(ข้อ 9.6.3.2)

9.6.4 การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของความต้านแรงตัดและมอดูลัสยืดหยุ่น

9.7 ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

9.7.1 เครื่องมือ

9.7.1.1 เครื่องดึง ซึ่งสามารถให้แรงดึงเพื่อแยกชิ้นทดสอบออกในเวลาไม่น้อยกว่า 30 วินาทีและไม่เกิน 120 วินาที

9.7.1.2 แผ่นดึงซึ่งทำด้วยไม้หรือโลหะที่เหมาะสม ขนาดไม่น้อยกว่า 50 มิลลิเมตร × 50 มิลลิเมตร ความหนาตามความเหมาะสม

9.7.2 วิธีทดสอบ

9.7.2.1 ติดผิวหน้าทั้งสองของชิ้นทดสอบกับแผ่นดึง โดยใช้กาวสังเคราะห์ที่มีแรงยึดมากกว่าแรงยึดในตัวชิ้นทดสอบ

9.7.2.2 นำชิ้นทดสอบที่เตรียมได้แล้วนี้ไปเข้าเครื่องดึง ดึงให้ชิ้นทดสอบแยกออกจากกันซึ่งปกติจะแยกในชั้นไส้ อัตราการเพิ่มแรงดึงต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มดึงจนกระทั่งชิ้นทดสอบแยกออกจากกันต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที และไม่เกิน 120 วินาที

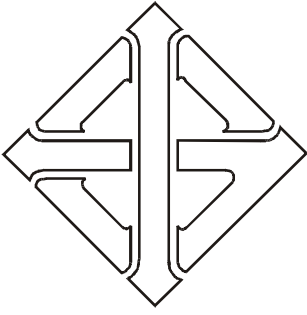
9.7.3 วิธีคำนวณ

หาค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าจากสูตร

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

9.7.4 การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า



มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก. 2226 – 2548

แผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูป

PRECAST CONCRETE WALL PANELS



สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม

ICS 91.060.10

ISBN 974-9903-60-9

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูป

มอก. 2226 – 2548

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0 2202 3330

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 122 ตอนที่ 98ง
วันที่ 10 พฤศจิกายน พุทธศักราช 2548

คณะกรรมการวิชาการคณะที่ 942
มาตรฐานแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปแบบใช้มวลผสมคละน้ำหนักเบา

ประธานกรรมการ

นายบุญดวง สารศักดิ์

กรุงเทพมหานคร

กรรมการ

นายวีระพันธ์ อุปถัมภ์กุล

กรมโยธาธิการและผังเมือง

นายวัฒนา บุญล้ำ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

รศ.บุญไชย สถิตมั่นในธรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นายศิริวุฒิ ศศิบุตร

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

นายพิชิต เจนบรรจง

นายสุรศักดิ์ กิตติวิบูลย์

การเคหะแห่งชาติ

นายสมชัย หอมสิทธิเดช

บริษัท ผลิตภัณฑ์คอนกรีตซีแพค จำกัด

นายวีระ อมรศิลป์ชัย

นายวุฒิชัย ปริศวงศ์

บริษัท ทีจี. แอ็ดวานซ์ คอนกรีต จำกัด

นางสาวพรรณเพ็ญแข นกเพชร

กรรมการและเลขานุการ

นางสาวรัตนา ตรีรัตนภรณ์

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ปัจจุบันมีการทำและใช้แผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปในงานก่อสร้างอาคารกันมากขึ้น หากผลิตภัณฑ์มีคุณภาพไม่เหมาะสมอาจทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้ได้ ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยในการใช้งานและเป็นแนวทางในการทำ จึงกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปขึ้น

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดขึ้นโดยใช้ข้อมูลจากผู้ทำภายในประเทศและเอกสารต่อไปนี้เป็นแนวทาง

American Concrete Institute	Guide for Precast Concrete Wall Panels
(ACI) 533R-93	
BS 5234 : Part 2 :1992	Partitions (including matching linings) Part 2. Specification for performance requirements for strength and robustness including method of test
DIN 1045-1988	Structural use of concrete – Design and construction
มอก.15	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์
เล่ม 1-2547	ข้อกำหนดคุณภาพ
มอก.80-2517	ปูนซีเมนต์ผสม
มอก.409-2525	วิธีทดสอบความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีต
มอก.566-2528	มวลผสมคอนกรีต
มอก.733-2530	สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีต
มอก.1736	การทดสอบคอนกรีต-ชั้นทดสอบ
เล่ม 1-2542	การชักตัวอย่างคอนกรีตสด
เล่ม 2-2542	การหล่อและการบ่มชั้นทดสอบ
มอก.1840-2542	การทดสอบคอนกรีต-มิติ เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของชั้นทดสอบ และความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน
มอก.2135-2545	เก้าอี้ลอยจากถ่านหินใช้เป็นวัสดุผสมคอนกรีต

คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้พิจารณามาตรฐานนี้แล้ว เห็นสมควรเสนอรัฐมนตรีประกาศตาม มาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511



ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 3380 (พ.ศ. 2548)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

แผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูป

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูป มาตรฐานเลขที่ มอก. 2226-2548 ไว้ ดังมีรายการละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ประกาศ ณ วันที่ 22 มิถุนายน พ.ศ. 2548

วัฒนา เมืองสุข

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูป

1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ครอบคลุมเฉพาะแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปทำจากมวลผสมและวัสดุประสาน ใช้เป็นผนังกันห้องภายในและภายนอกอาคาร

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มีดังต่อไปนี้

- 2.1 ร่อง หมายถึง ส่วนของแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปด้านข้างที่อยู่ต่ำกว่าพื้นผิวด้านข้างสำหรับให้ลื่นของแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปข้างเคียงยื่นเข้ามาเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของรอยต่อ
- 2.2 ลื่น หมายถึง ส่วนของแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปด้านข้างที่ยื่นเลยพื้นที่ผิวด้านข้าง สำหรับแทรกไปในร่องของแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปข้างเคียงเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของรอยต่อ
- 2.3 เปลือก (shell) หมายถึง ผนังนอกของแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปแบบภาคตัดขวางกลวง
- 2.4 ผนังกันโพรง (web) หมายถึง ผนังภายในที่แบ่งโพรงในแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปแบบภาคตัดขวางกลวง
- 2.5 ความต้านแรงอัด หมายถึง ความเค้นอัดสูงสุดที่แท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอกหรือรูปลูกบาศก์มาตรฐานสามารถรับได้ โดยปกติกำหนดให้ทดสอบเมื่อคอนกรีตมีอายุ 28 วัน
- 2.6 พื้นที่ภาคตัดขวางของแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูป หมายถึง พื้นที่หน้าตัดเฉพาะที่เป็นเนื้อคอนกรีตทั้งหมดของแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปในแนวตั้งฉากกับความยาว

3. แบบ

แผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปแบ่งตามลักษณะการขึ้นรูปเป็น 2 แบบ คือ

- 3.1 แบบภาคตัดขวางตัน (solid panel)
- 3.2 แบบภาคตัดขวางกลวง (hollow-core panel)

4. ประเภท

แผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปแบ่งตามลักษณะการใช้งานเป็น 4 ประเภท คือ

- 4.1 ประเภท 1 ใช้สำหรับอาคารที่อยู่อาศัย (light duty) สัญลักษณ์ LD
- 4.2 ประเภท 2 ใช้สำหรับอาคารสำนักงาน (medium duty) สัญลักษณ์ MD
- 4.3 ประเภท 3 ใช้สำหรับอาคารสาธารณะและอาคารอุตสาหกรรม (heavy duty) สัญลักษณ์ HD
- 4.4 ประเภท 4 ใช้สำหรับอาคารอุตสาหกรรมหนัก (severe duty) สัญลักษณ์ SD

5. มิติและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

5.1 มิติ

5.1.1 ความกว้างและความยาว

ให้เป็นไปตามที่ผู้ทำกำหนดไว้ในแบบ (drawing) เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนให้เป็นไปตามตารางที่ 1 การทดสอบให้เป็นไปตามข้อ 11.1.1

5.1.2 ความหนาของแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูป

ให้เป็นไปตามที่ผู้ทำกำหนดไว้ในแบบ เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนให้เป็นไปตามตารางที่ 1 การทดสอบให้เป็นไปตามข้อ 11.1.2

5.1.3 พื้นที่ภาคตัดขวางของแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูป

ให้เป็นไปตามที่ผู้ทำกำหนดไว้ในแบบ โดยพื้นที่ภาคตัดขวางของแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปต้องมีค่าไม่น้อยกว่าร้อยละ 85 ของค่าที่กำหนดไว้ในแบบ การทดสอบให้เป็นไปตามข้อ 11.1.3

5.1.4 เปลือกและผนังกันโพรง

ความหนาของเปลือกและผนังกันโพรงต้องมีขนาดไม่น้อยกว่าหนึ่งในสิบของระยะช่องว่างระหว่างผนังกันโพรงที่มีค่ามากที่สุด และต้องไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้ในแบบ การทดสอบให้เป็นไปตามข้อ 11.1.4

ตารางที่ 1 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

(ข้อ 5.1.1 และ ข้อ 5.1.2)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

มิติ	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน
ความหนา	± 6
ความกว้าง	± 6
ความยาว	± 12

6. วัสดุ

- 6.1 วัสดุประสาน
- 6.1.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ให้เป็นไปตาม มอก.15 เล่ม 1 หรือ
- 6.1.2 ปูนซีเมนต์ผสม ให้เป็นไปตาม มอก.80
- 6.2 มวลผสม ให้เป็นไปตาม มอก.566
- 6.3 ถ้าวางจากถ่านหินใช้เป็นวัสดุผสมคอนกรีต (ถ้ามี) ให้เป็นไปตาม มอก.2135
- 6.4 สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีต (ถ้ามี) ให้เป็นไปตาม มอก.733
- 6.5 น้ำ ต้องสะอาด ปราศจากน้ำมัน กรด ต่าง และสารอื่นๆ ที่อาจทำให้คุณภาพของคอนกรีตต่ำลง
- 6.6 วัสดุผสมเพิ่มที่ใช้เพื่อให้ได้คุณลักษณะเฉพาะที่ต้องการ

7. คุณลักษณะที่ต้องการ

- 7.1 ลักษณะทั่วไป
- 7.1.1 ต้องไม่แตกร้าว ไม่บิดเบี้ยว
- 7.1.2 ต้องไม่มีตำหนิ หรือรอยร้าว ที่มีผลเสียต่อการใช้งาน
การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ
- 7.2 ความต้านแรงอัดของคอนกรีต
ให้เป็นไปตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าความต้านแรงอัด
(ข้อ 7.2)

แ่งคอนกรีต	หน่วยเป็นเมกะพาสคัล	
	ความต้านแรงอัด	
	แต่ละก้อน ไม่น้อยกว่า	เฉลี่ย ไม่น้อยกว่า
รูปลูกบาศก์	16	21
รูปทรงกระบอก	12	16

การทดสอบให้เป็นไปตาม มอก.409 โดยการชักตัวอย่างให้เป็นไปตาม มอก.1736 เล่ม 1 การหล่อและการบ่มให้เป็นไปตาม มอก.1736 เล่ม 2 หรือตามกรรมวิธีการผลิตของผู้ทำ มิติและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของแ่งคอนกรีตให้เป็นไปตาม มอก.1840

7.3 ความตรง

แผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปเมื่อวางตามลักษณะการใช้งานจริง ต้องตรง ถ้าโก่งจะผิดไปจากแนวตรงด้านข้างได้ไม่เกิน $L/480$ แต่ต้องไม่เกิน 19 มิลลิเมตร

การทดสอบให้เป็นไปตามข้อ 11.2

7.4 การดูดซึมน้ำ

การดูดซึมน้ำของแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปต้องไม่เกินร้อยละ 14 โดยน้ำหนัก การทดสอบให้เป็นไปตามข้อ 11.3

7.5 ความแข็งแรงและความทนทาน

7.5.1 ความแข็ง

เมื่อทดสอบตาม BS 5234 : part 2 Annex A แล้วค่าการโก่งตัวสูงสุดและการโก่งตัวคงค้าง ต้องเป็นไปตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าการโก่งตัว

(ข้อ 7.5.1)

รายการ	หน่วยเป็นมิลลิเมตร			
	LD	MD	HD	SD
การโก่งตัวสูงสุด ไม่เกิน	25	20	15	10
การโก่งตัวคงค้าง ไม่เกิน	5	3	2	1

7.5.2 ความทนการกระแทก

7.5.2.1 ความทนการกระแทกจากวัสดุแข็งขนาดเล็ก

- (1) เมื่อทดสอบตาม BS 5234 : part 2 Annex B โดยใช้พลังงานกระแทกตามที่กำหนดในตารางที่ 4 แล้วต้องไม่เกิดรอยร้าวที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูป มุมเหวี่ยงและความสูงตกกระแทก ให้เป็นไปตามภาคผนวก ข.1 ตารางที่ ข.1
- (2) เมื่อทดสอบตาม BS 5234 : part 2 Annex D โดยใช้พลังงานกระแทกตามที่กำหนดในตารางที่ 4 แล้วต้องไม่เกิดการกระแทกที่ผิวหน้าแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูป มุมเหวี่ยงและความสูงตกกระแทก ให้เป็นไปตามภาคผนวก ข.1 ตารางที่ ข.2

7.5.2.2 ความทนการกระแทกจากวัสดุนุ่มขนาดใหญ่

- (1) เมื่อทดสอบตาม BS 5234 : part 2 Annex C โดยใช้พลังงานกระแทกตามที่กำหนดในตารางที่ 4 แล้วค่าการโก่งตัวสูงสุดต้องไม่เกิน 2 มิลลิเมตร มุมเหวี่ยงและความสูงตกกระแทก ให้เป็นไปตามภาคผนวก ข.2 ตารางที่ ข.3
- (2) เมื่อทดสอบตาม BS 5234 : part 2 Annex E โดยใช้พลังงานกระแทกตามที่กำหนดในตารางที่ 4 แล้วแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปต้องไม่แตกหัก หรือมีการแยกตัวของระบบผนัง มุมเหวี่ยงและความสูงตกกระแทก ให้เป็นไปตามภาคผนวก ข.2 ตารางที่ ข.4

ตารางที่ 4 พลังงานกระแทก
(ข้อ 7.5.2)

รายการ ที่	คุณลักษณะ	หน่วยเป็นนิวตันเมตร			
		ประเภท			
		LD	MD	HD	SD
1	ความทนการกระแทกจากวัสดุแข็งขนาดเล็ก				
	พลังงานกระแทกที่ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายของผิวหน้า	3	3	6	10
	พลังงานกระแทกที่ไม่ก่อให้เกิดการกระเทาะของผิวหน้า	-	5	15	30
2	ความทนการกระแทกจากวัสดุนุ่มขนาดใหญ่ ¹⁾				
	พลังงานกระแทกที่ทำให้เกิดการโค้งตัวสูงสุด	20	20	40	100
	พลังงานกระแทกที่ทำให้เกิดการแตกหัก	60	60	120	120

หมายเหตุ ¹⁾ อาจใช้ทรายบรรจุในถุงกรวยกันกลมได้

8. การบรรจุ

- 8.1 ให้เรียงแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปบนที่รองรับ และมัดเข้าด้วยกันทั้งชุดอย่างเหมาะสม เพื่อป้องกันมิให้เกิดความเสียหายที่จะเป็นผลเสียต่อการใช้งาน การเก็บรักษา และการขนส่ง

9. เครื่องหมายและฉลาก

- 9.1 ที่แผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปทุกมัดต้องมีป้ายที่ไม่ฉีกขาดและไม่หลุดง่ายผูกติดอยู่ และที่ป้ายนั้นอย่างน้อยต้องแจ้งรายละเอียดดังต่อไปนี้
- (1) คำว่า “แผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูป”
 - (2) สัญลักษณ์แสดงประเภท
 - (3) ความสูง ความกว้าง ความหนา เป็น มิลลิเมตร
 - (4) เดือน ปี ที่ทำ
 - (5) จำนวนที่บรรจุ
 - (6) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน
- ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

10. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

10.1 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสินให้เป็นไปตามภาคผนวก ก.

11. การทดสอบ

11.1 มิติ

11.1.1 ความกว้างและความยาว

11.1.1.1 เครื่องมือ

เครื่องมือที่ละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร

11.1.1.2 วิธีทดสอบ

ใช้เครื่องมือตามข้อ 11.1.1.1 วัดความกว้างและความยาวของตัวอย่าง ดังนี้

(1) ความกว้าง

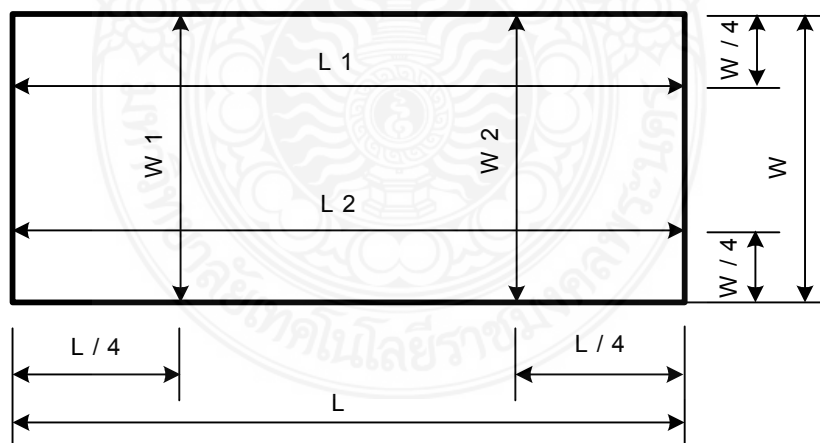
ให้วัดความกว้าง (W) ของแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปที่ตำแหน่งห่างจากขอบเป็นระยะหนึ่งในสี่ของความยาว ดังรูปที่ 1

(2) ความยาว

ให้วัดความยาว (L) ของแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปที่ตำแหน่งห่างจากขอบเป็นระยะหนึ่งในสี่ของความกว้าง ดังรูปที่ 1

11.1.1.3 การรายงานผล

ให้รายงานผลทุกค่าที่วัดได้เป็นจำนวนเต็ม เป็นมิลลิเมตร



รูปที่ 1 ตำแหน่งวัดความกว้างและความยาว
(ข้อ 11.1.1.2)

11.1.2 ความหนา

11.1.2.1 เครื่องมือ

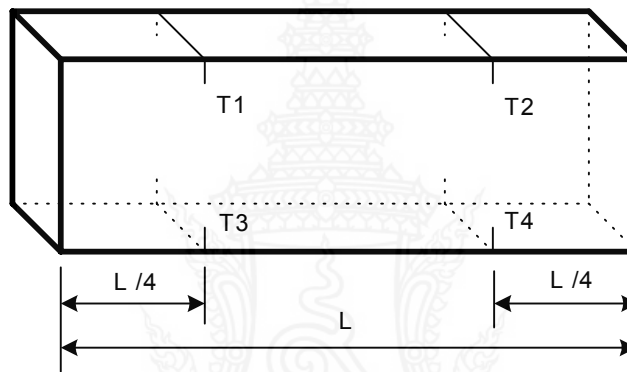
เครื่องวัดที่ละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร

11.1.2.2 วิธีทดสอบ

ใช้เครื่องวัดความหนา (T) ของตัวอย่างที่ตำแหน่งห่างจากขอบด้านยาวของชิ้นทดสอบที่ระยะหนึ่งในสี่ของความยาว (L) โดยสอดเครื่องวัดเข้าจนสุด ดังรูปที่ 2

11.1.2.3 การรายงานผล

ให้รายงานผลทุกค่าที่วัดได้เป็นจำนวนเต็ม เป็นมิลลิเมตร และให้รายงานค่าน้อยที่สุดของความหนาเป็นความหนาของแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูป



รูปที่ 2 ตำแหน่งวัดความหนา
(ข้อ 11.1.2.2)

11.1.3 พื้นที่ภาคตัดขวางของแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูป

11.1.3.1 เครื่องมือ

- (1) เครื่องวัดที่ละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร
- (2) เครื่องวัดที่ละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร

11.1.3.2 วิธีทดสอบ

ใช้เครื่องมือตามข้อ 11.1.3.1(1) วัดขนาดมิติหน้าตัดภายนอกของแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปและใช้เครื่องมือตามข้อ 11.1.3.1(2) วัดขนาดของโพรงโดยวัดทุกค่า

11.1.3.3 การรายงานผล

ให้รายงานค่าพื้นที่ภาคตัดขวางของแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูป เป็นร้อยละ โดยคำนวณจากสูตร

$$\text{พื้นที่ภาคตัดขวางของแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูป} = \frac{\text{พื้นที่หน้าตัดภายนอก} - \text{พื้นที่โพรงทั้งหมด}}{\text{พื้นที่ภาคตัดขวางของแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปตามแบบ}} \times 100$$

ร้อยละ

11.1.4 เปลือกและผนังกันโพรง

11.1.4.1 เครื่องมือ

เครื่องวัดที่ละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร

11.1.4.2 วิธีทดสอบ

ใช้เครื่องมือตามข้อ 11.1.4.1 วัดมิติเปลือก ผนังกันโพรงทั้งสองด้าน โดยวัดทุกค่า

11.1.4.3 การรายงานผล

ให้รายงานค่ามิติของเปลือกและผนังกันโพรงที่มีค่าน้อยที่สุด ทั้งสองด้านเป็นจำนวนเต็ม เป็น มิลลิเมตร

11.2 ความตรง

11.2.1 การเตรียมตัวอย่าง

วางตัวอย่างบนแท่นธารโดยให้ด้านกว้างของแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปพาดบนแท่นธารไม่เกิน 100 มิลลิเมตร ในแต่ละด้าน ดังรูปที่ 3

11.2.2 เครื่องมือ

11.2.2.1 เครื่องวัดที่ละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร

11.2.2.2 สายเอ็นที่ยาวไม่น้อยกว่าความยาวของตัวอย่าง และไม่มีรอยต่อ

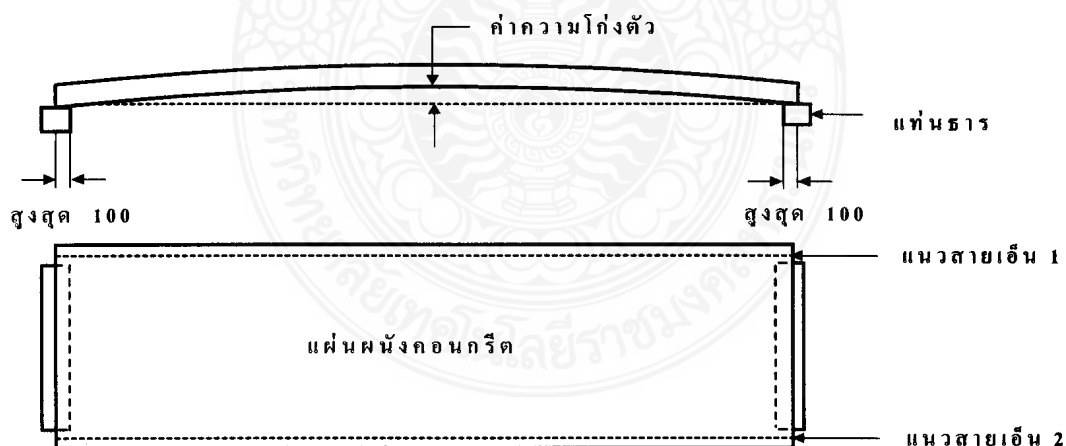
11.2.3 วิธีทดสอบ

11.2.3.1 ซึงสายเอ็นระหว่างปลายแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปทั้งสองด้านให้ตึง ดังรูปที่ 3

11.2.3.2 วัดระยะห่างสูงสุดระหว่างผิวตัวอย่างกับสายเอ็นเป็นค่าความโก่งตัว

11.2.4 การรายงานผล

ให้รายงานค่าความโก่งตัวสูงสุดเป็นจำนวนเต็ม เป็นมิลลิเมตร



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 3 การทดสอบความตรง
(ข้อ 11.2.1 และข้อ 11.2.3.1)

11.3 การดูดซึมน้ำ

11.3.1 การเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างแห้งคอนกรีตรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร สูง 300 มิลลิเมตร หรือตัวอย่างแห้งคอนกรีตรูปลูกบาศก์ขนาด 150 มิลลิเมตร ที่ใช้ในการทดสอบต้องมีอายุไม่น้อยกว่า 28 วัน โดยเตรียมตัวอย่างตามกรรมวิธีการผลิตของผู้ทำ มิติและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของแห้งคอนกรีตให้เป็นไปตาม มอก.1840

11.3.2 เครื่องมือ

11.3.2.1 เครื่องวัดที่ละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร

11.3.2.2 เครื่องชั่งที่ละเอียดถึง 0.1 กรัม

11.3.2.3 ตู้บที่ควบคุมอุณหภูมิได้ที่ (110 ± 5) องศาเซลเซียส

11.3.3 วิธีทดสอบ

11.3.3.1 อบแห้งคอนกรีตให้แห้งในตู้บที่อุณหภูมิ (110 ± 5) องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักที่สูญหายภายใน 24 ชั่วโมง น้อยกว่าร้อยละ 0.1 ปลอ่ยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วชั่ง

11.3.3.2 นำแห้งคอนกรีตจากข้อ 11.3.3.1 จุ่มในน้ำให้ระดับน้ำสูงเท่ากับครึ่งหนึ่งของความสูงแห้งคอนกรีตเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำแห้งคอนกรีตจุ่มในน้ำให้ท่วมแห้งคอนกรีตเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยอุณหภูมิของน้ำอยู่ที่อุณหภูมิห้อง ยกแห้งคอนกรีตขึ้นจากน้ำแล้วเช็ดผิวให้แห้งด้วยผ้าชื้น แล้วชั่ง

11.3.4 การรายงานผล

ให้รายงานค่าการดูดซึมน้ำของตัวอย่าง แต่ละค่าเป็นร้อยละ จากสูตร

$$\text{การดูดซึมน้ำ} = \frac{\text{มวลแห้งคอนกรีตอิ่มตัวด้วยน้ำ} - \text{มวลแห้งคอนกรีตหลังการอบแห้ง}}{\text{มวลแห้งคอนกรีตหลังการอบแห้ง}} \times 100$$

ร้อยละโดยน้ำหนัก

ภาคผนวก ก.

การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

(ข้อ 10.1)

- ก.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึงแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปประเภทเดียวกัน ที่มีรูปร่างและภาคตัดขวางเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน
- ก.2 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการ
- ก.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบมิติ ลักษณะทั่วไป และความตรง
- ก.2.1.1 ให้ชักตัวอย่างแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปจากรุ่นเดียวกันจำนวน 3 แผ่น
- ก.2.1.2 ตัวอย่างทั้ง 3 แผ่น ต้องเป็นไปตาม ข้อ 5.1 ข้อ 7.1 และข้อ 7.3 จึงจะถือว่าแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด
- ก.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบความต้านแรงอัด และการดูดซึมน้ำ
- ก.2.2.1 ให้ชักตัวอย่างคอนกรีตที่ใช้ทำแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปจากรุ่นเดียวกัน ทำแท่งทดสอบความต้านแรงอัด จำนวน 3 แท่ง และทำแท่งทดสอบการดูดซึมน้ำ จำนวน 3 แท่ง
- ก.2.2.2 ตัวอย่างทุกแท่งต้องเป็นไปตาม ข้อ 7.2 และ ข้อ 7.4 จึงจะถือว่าแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด
- ก.2.3 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับความแข็งแรงและความทนทาน
- ก.2.3.1 ให้ชักตัวอย่างแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปจากรุ่นเดียวกันให้เพียงพอในการประกอบผนัง
- ก.2.3.2 ตัวอย่างตาม ข้อ ก.2.3.1 ต้องเป็นไปตามข้อ 7.5 จึงจะถือว่าแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด
- ก.2.4 เกณฑ์ตัดสิน
- ตัวอย่างแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปต้องเป็นไปตามข้อ ก.2.1.2 ข้อ ก.2.2.2 และข้อ ก.2.3.2 จึงจะถือว่าแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

ภาคผนวก ข.

มุมเหวี่ยงและความสูงตกกระแทกสำหรับการทดสอบความทนการกระแทก
(ข้อ 7.5.2)

ข.1 ความทนการกระแทกจากวัสดุแข็งขนาดเล็ก

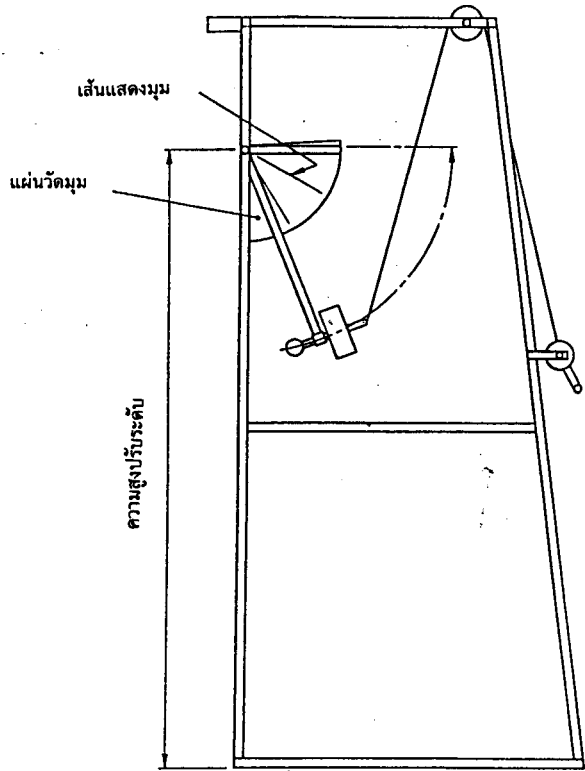
ตารางที่ ข.1 มุมเหวี่ยงและความสูงตกกระแทกสำหรับการทดสอบความทนการกระแทก
ตาม BS 5234 part 2 Annex B
(ข้อ 7.5.2.1(1))

พลังงานกระแทก นิวตัน เมตร	ความสูงตกกระแทก มิลลิเมตร	มุมเหวี่ยง องศา
3	100	33.6
6	200	48.2
10	330	63.6

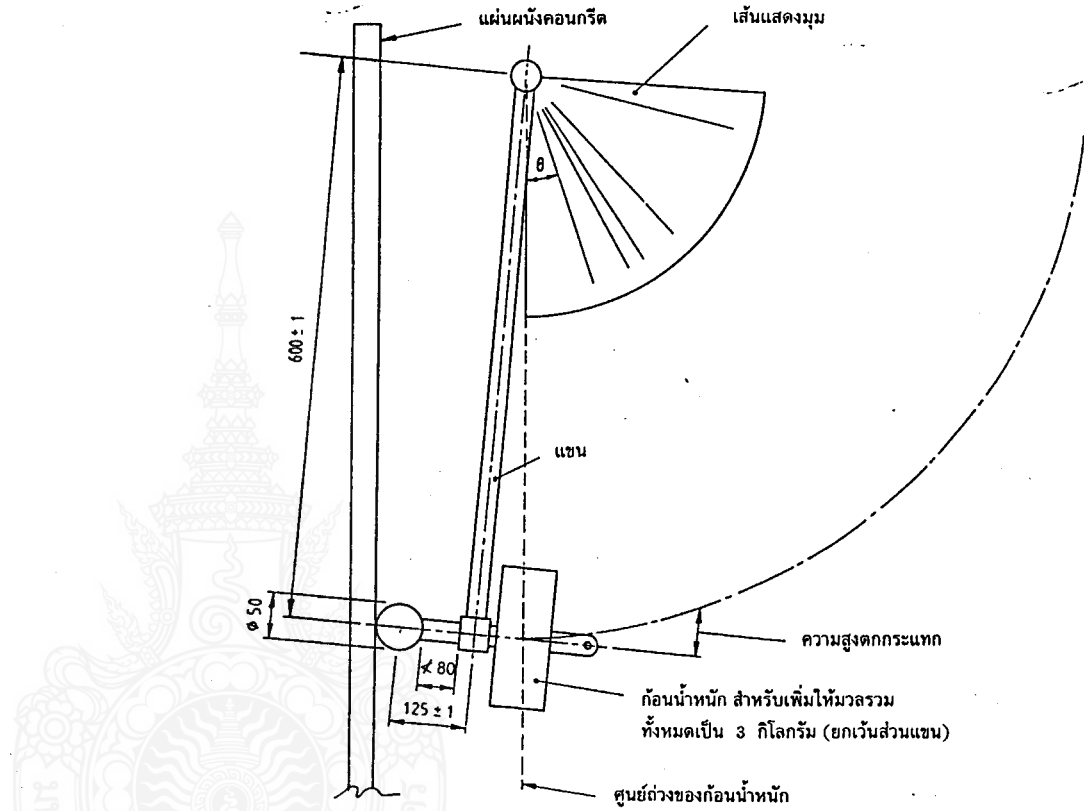
ตารางที่ ข.2 มุมเหวี่ยงและความสูงตกกระแทกสำหรับการทดสอบความทนการกระแทก
ตาม BS 5234 part 2 Annex D
(ข้อ 7.5.2.1(2))

พลังงานกระแทก นิวตัน เมตร	ความสูงตกกระแทก มิลลิเมตร	มุมเหวี่ยง องศา
5	170	43.8
15	500	80.4
30	1 000	131.8

หมายเหตุ หัวกระแทก และโครงยึดหัวกระแทก ดังรูป ข.1



(1) โครงยึดหัวกระแทก



(2) หัวกระแทก

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

หมายเหตุ ในขณะที่หยุดนิ่งแขนต้องทำมุมกับแนวตั้งไม่มากกว่า 5 องศา

รูปที่ ข.1 การทดสอบความทนทานการกระแทกจากวัสดุแข็งขนาดเล็ก

(ข้อ 7.5.2.1)

ข.2 ความทนการกระแทกจากวัสดุนุ่มขนาดใหญ่

ตารางที่ ข.3 มุมเหวี่ยงและความสูงตกกระแทกสำหรับการทดสอบความทนการกระแทก

ตาม BS 5234 part 2 Annex C

(ข้อ 7.5.2.2(1))

พลังงานกระแทก นิวตัน เมตร	ความสูงตกกระแทก มิลลิเมตร	มุมเหวี่ยง ไม่เกิน องศา
20	41	65
40	82	
100	204	

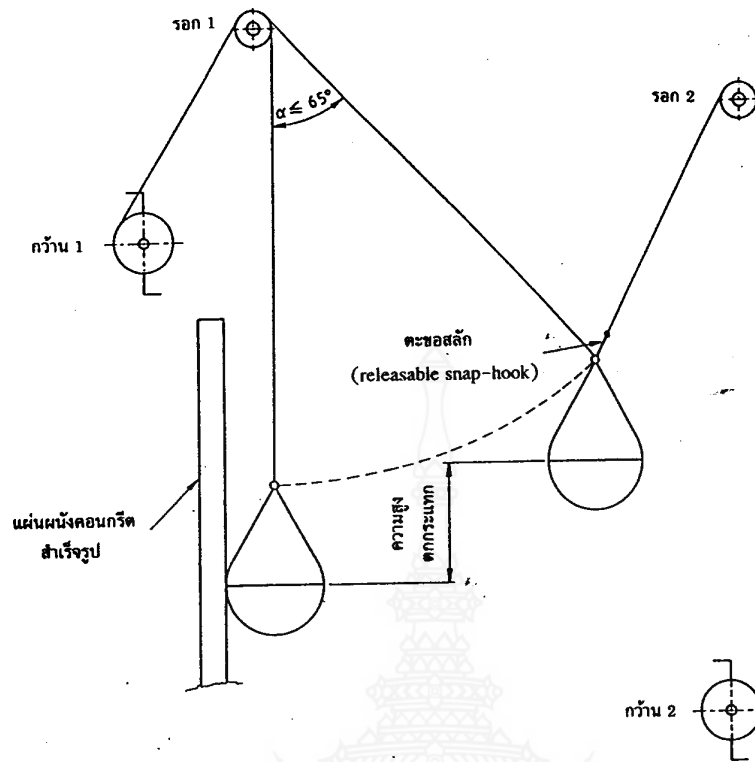
ตารางที่ ข.4 มุมเหวี่ยงและความสูงตกกระแทกสำหรับการทดสอบความทนการกระแทก

ตาม BS 5234 part 2 Annex E

(ข้อ 7.5.2.2(2))

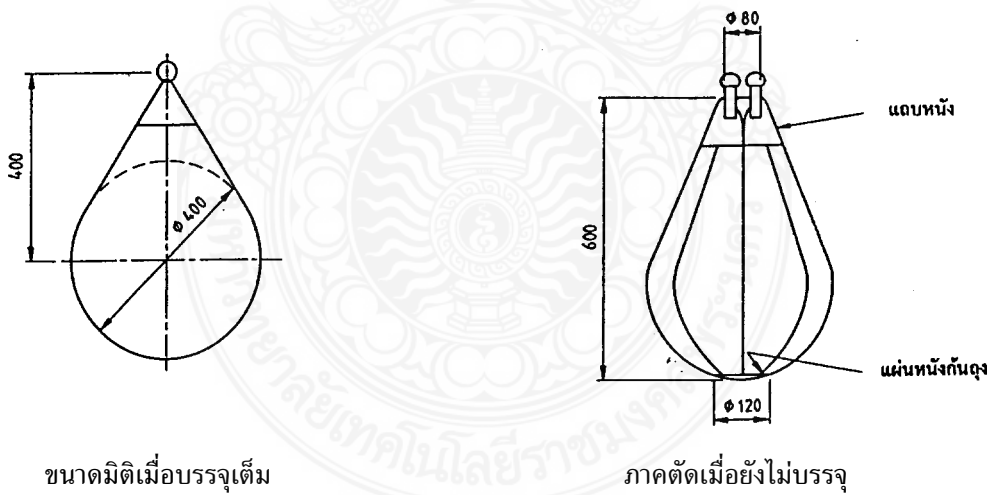
พลังงานกระแทก นิวตัน เมตร	ความสูงตกกระแทก มิลลิเมตร	มุมเหวี่ยง ไม่เกิน องศา
60	122	65
120	245	

หมายเหตุ ตำแหน่งการทดสอบ และวัสดุนุ่มขนาดใหญ่ ดังรูปที่ ข.2



หมายเหตุ รอกต้องตั้งอยู่ในระนาบที่ตั้งฉากกับแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูป

(1) ตำแหน่งการทดสอบ



ขนาดมิติเมื่อบรรจุเต็ม

ภาคตัดเมื่อยังไม่บรรจุ

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

(2) วัสดุหนักขนาด 50 กิโลกรัม

รูปที่ ข.2 การทดสอบความทนการกระแทกจากวัสดุหนักขนาดใหญ่

(ข้อ 7.5.2.2)