



## รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

### เรื่อง

การใช้ประโยชน์เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายเป็นมวลรวมในแผ่นซีเมนต์บอร์ด  
สำหรับผนังอาคารถอดประกอบ

Utilization of Vesicular Basalt Fragment as Aggregate in Cement Board  
for Knockdown Building Wall

### คณะผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล  
ว่าที่ร้อยเอก ดร.กิตติพงษ์ สุวีโร

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณประจำปี 2560  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงขำย โดยใช้ อัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1: ทรายละเอียด: หินบะซอลต์เนื้อโพรงขำย: สารโซเดียมซิลิเกต: น้ำประปา จำนวน 5 อัตราส่วน เท่ากับ 1: 2: 0: 0.03: 0.5, 1: 2: 2: 0.03: 0.5, 1: 2: 4: 0.03: 0.55, 1: 2: 6: 0.03: 0.6 และ 1: 2: 8: 0.03: 0.65 โดยน้ำหนัก ขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยเครื่องอัด ทดสอบ คุณสมบัติตามมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง จากผลการทดสอบ พบว่า อัตราส่วน 1: 2: 4: 0.03: 0.55 เป็นอัตราส่วนแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงขำยที่เหมาะสมที่สุด แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่พัฒนาขึ้นนี้ สามารถนำเศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงขำยมาใช้เป็นวัสดุ ก่อสร้างที่มีน้ำหนักเบา แข็งแรง เป็นฉนวนป้องกันความร้อน และทนความชื้นได้ดี

**คำสำคัญ:** แผ่นซีเมนต์บอร์ด; เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงขำย; ฉนวนป้องกันความร้อน; อาคารถอดประกอบ

## Abstract

This research aims to develop the cement board from vesicular basalt fragment. The 5 ratios of Portland cement type1: fine sand: vesicular basalt fragment: sodium silicate: tap water are equal to 1: 2: 0: 0.03: 0.5, 1: 2: 2: 0.03: 0.5, 1: 2: 4: 0.03: 0.55, 1: 2: 6: 0.03: 0.6 and 1: 2: 8: 0.03: 0.65 by weight. The cement boards were produced by compression machine. The property tests of cement-bonded fiberboard followed the TIS. 878-1994 standard (cement bonded particle board: high density). From the results, 1: 2: 4: 0.03: 0.55 is the most suitable ratio of cement board from coconut shell ash. This developed cement boards can apply the vesicular basalt fragment to use as the construction materials with light-weight, high strength, good thermal insulation, and moisture protection properties.

**Keywords:** cement board; vesicular basalt fragment; thermal insulation; knockdown Building

## สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
สารบัญ	ข
สารบัญรูป	ง
สารบัญตาราง	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	4
2.1 แผ่นซีเมนต์บอร์ด	4
2.2 ประเภทของแผ่นซีเมนต์บอร์ด	4
2.3 มาตรฐานแผ่นซีเมนต์บอร์ด	6
2.4 หินปะชอลต์	7
2.5 คอนกรีต	13
2.6 การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต	16
2.7 การผสม การลำเลียง การเท และการบ่มคอนกรีต	17
2.8 กรอบแนวความคิด	18
2.9 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง	19
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	22
3.1 วัสดุและอุปกรณ์	22
3.2 การออกแบบส่วนผสม	24
3.3 การขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ด	25
3.4 การทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นซีเมนต์บอร์ด	27
บทที่ 4 ผลการวิจัย	32
4.1 ลักษณะทั่วไป	32
4.2 ความหนาแน่น	32
4.3 ความชื้น	33
4.4 สภาพนำความร้อน	34
4.5 การพองตัวเมื่อแช่น้ำ	35
4.6 ความต้านทานแรงดัด	36
4.7 มอดุลัสยืดหยุ่น	37
4.8 ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	38
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	41
5.1 สรุปผล	41
5.2 ข้อเสนอแนะ	41

## สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
เอกสารอ้างอิง	42
ภาคผนวก	44
ก มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.878-2537	
ข บทความสำหรับเผยแพร่	
ค หนังสือรับรองการนำไปใช้ประโยชน์	

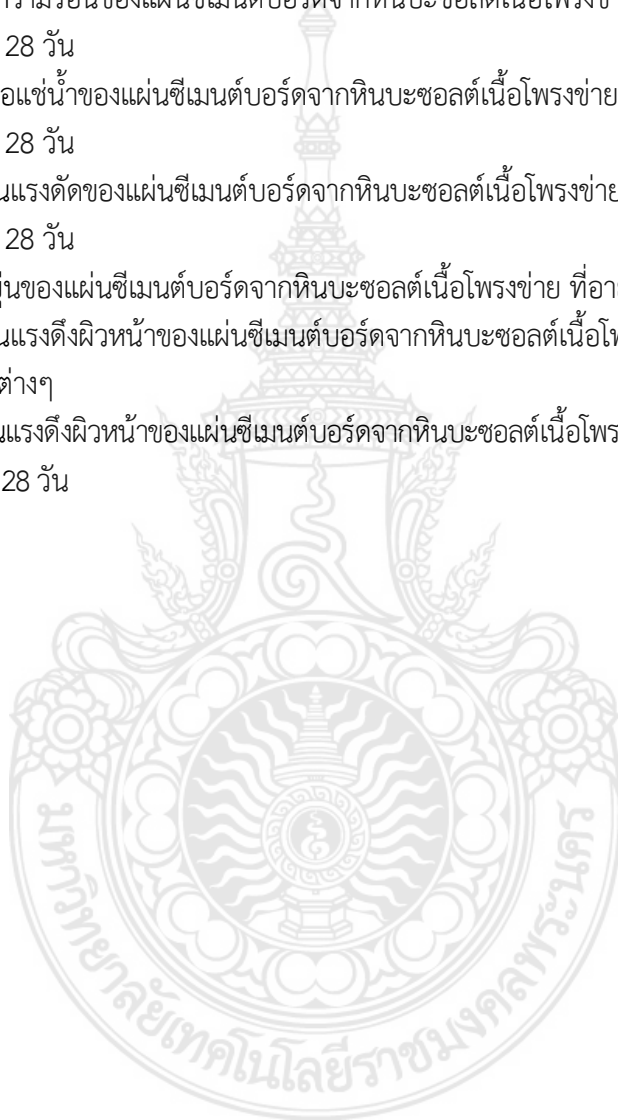


## สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	หินบะซอลต์โพรงข่าย เขากระโดง บ้านเขากระโดง ตำบลเสม็ด อำเภอเมืองบุรีรัมย์	1
2.1	หินตะกักรันภูเขาไฟ (scoria) สีเทาดำ เขากระโดง ตำบลเสม็ด อำเภอเมืองบุรีรัมย์	8
2.2	หินบะซอลต์แบบปาฮอยฮอย เขากระโดง ตำบลเสม็ด อำเภอเมืองบุรีรัมย์	8
2.3	หินบะซอลต์แสดงลำดับชั้นของการไหลของลาวาอย่างน้อย 4 ครั้ง บริเวณบ่อ เหมือนหินนิลทิสส์ ตำบลเสม็ด อำเภอเมืองบุรีรัมย์	8
2.4	ลักษณะหินบะซอลต์ไหลบริเวณวัดป่าบำรุงธรรม ตำบลเขาคอก อำเภอประโคนชัย	9
2.5	โครงสร้างรูปเสาเหลี่ยมขนาดใหญ่บริเวณเหมืองหินของ บริษัท black sea 1994 จำกัด ตำบลเจริญสุข อำเภอเฉลิมพระเกียรติ	9
2.6	แหล่งหินบะซอลต์เขากระโดง (ก) ภาพมุมกว้างหน้าเหมืองในพื้นที่อำเภอเมือง (ข) ลักษณะปากปล่องภูเขาไฟกระโดง (ค) ลักษณะการไหลของลาวาคัลายรั้วเชือกบิด เรียกว่า ลาวาปาฮอยฮอย (pahoehoe flow)	11
2.7	แหล่งหินบะซอลต์ อำเภอเฉลิมพระเกียรติ (ก) ภาพมุมกว้างหน้าเหมืองในพื้นที่อำเภอ เฉลิมพระเกียรติ (ข) และ (ค) ลักษณะแนวแตกเสาเหลี่ยมของหินบะซอลต์ (columnar joint)	11
2.8	องค์ประกอบของคอนกรีต	15
2.9	กรอบแนวความคิดของแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ใช้เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายเป็นมวลรวม	19
3.1	การขนส่งเศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายจากจังหวัดบุรีรัมย์	22
3.2	กองเศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย	22
3.3	การพรมน้ำให้กับกองเศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายก่อนการนำไปใช้	23
3.4	เครื่องอัดแผ่นซีเมนต์บอร์ดขนาด 30x30x1.5 เซนติเมตร	23
3.5	แบบหล่อแผ่นซีเมนต์บอร์ดขนาด 30x30x1.5 เซนติเมตร	23
3.6	โต๊ะสั่นเขย่าพร้อมแบบหล่อแผ่นซีเมนต์บอร์ดขนาด 60x120x1.5 เซนติเมตร	24
3.7	เครื่องย่อยหินพร้อมตะแกรงคัดขนาด	24
3.8	การตรวจสอบเคมีสำหรับแรงการก่อตัว	25
3.9	การผสมทรายและเศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายด้วยเครื่องผสมคอนกรีต	26
3.10	การผสมปูนซีเมนต์ลงในส่วนผสมด้วยเครื่องผสมคอนกรีต	26
3.11	การเทส่วนผสมลงในแบบหล่อ	26
3.12	การอัดขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยเครื่องอัดแบบสั่นเขย่า	27
3.13	การอัดขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยโต๊ะสั่นเขย่า	27
3.14	การชั่งน้ำหนักแผ่นซีเมนต์บอร์ดเพื่อหาความหนาแน่น	28
3.15	การอบแผ่นซีเมนต์บอร์ดในตู้อบเพื่อหาความชื้น	28
3.16	การชั่งน้ำหนักแผ่นซีเมนต์บอร์ดเพื่อหาความชื้น	28
3.17	การแช่แผ่นซีเมนต์บอร์ดลงในถังน้ำเพื่อทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ	29
3.18	การเข้ดน้ำรอบแผ่นซีเมนต์บอร์ดเพื่อเตรียมวัดการพองตัวเมื่อแช่น้ำ	29
3.19	การวัดความหนาและขนาดของแผ่นซีเมนต์บอร์ดเพื่อหาค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำ	29
3.20	การนำแผ่นซีเมนต์บอร์ดใส่เครื่อง UTM เพื่อทดสอบความต้านทานแรงดัด	30
3.21	การทดสอบความต้านทานแรงดัดของแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยเครื่อง UTM	30

## สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.22	การตัดแผ่นซีเมนต์บอร์ดสำหรับทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	30
3.23	การติดตั้งชิ้นส่วนแผ่นซีเมนต์บอร์ดสำหรับทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากที่ผิวหน้าด้วยเครื่อง UTM	31
4.1	ความหนาแน่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย ที่อายุการบ่ม 28 วัน	33
4.2	ความชื้นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย ที่อายุการบ่ม 28 วัน	34
4.3	สภาพการนำความร้อนของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย ที่อายุการบ่ม 28 วัน	35
4.4	การพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย ที่อายุการบ่ม 28 วัน	36
4.5	ความต้านทานแรงดัดของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย ที่อายุการบ่ม 28 วัน	37
4.6	มอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย ที่อายุการบ่ม 28 วัน	38
4.7	ความต้านทานแรงดึงผิวหน้าของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย ที่อายุการบ่มต่างๆ	39
4.8	ความต้านทานแรงดึงผิวหน้าของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย ที่อายุการบ่ม 28 วัน	39



## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณลักษณะที่ต้องการอื่นๆ ของแผ่นซีเมนต์	7
2.2	ข้อมูลการผลิตหินบะซอลต์เพื่อก่อสร้างในจังหวัดบุรีรัมย์	12
2.3	ประทานบัตรเหมืองหินบะซอลต์ในเขตจังหวัดบุรีรัมย์	12
2.4	ปริมาณน้ำที่เหมาะสมในส่วนผสมคอนกรีต	16
2.5	ปริมาณส่วนละเอียดในคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร	17
3.1	อัตราส่วนผสมของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเศษหินบะซอลต์เนื้อโพร่งขายเบื้องต้น	25
3.2	อัตราส่วนผสมของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเศษหินบะซอลต์เนื้อโพร่งขาย	25
4.1	ลักษณะทั่วไปของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพร่งขาย ที่อายุการป่ม 28 วัน	32



## บทที่ 1 บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

หินบะซอลต์ (basalt) เป็นหินอัคนีผุเนื้อละเอียดมีสีเทาถึงดำ น้ำตาลแกมแดง ม่วงปนดำ เกิดจากหินหนืด ขึ้นมาเย็นตัวบนพื้นโลกอาศัยรอยแตกของเปลือกโลกหรือปล่องภูเขาไฟ ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของบรรดาเกาะในมหาสมุทรและส่วนประกอบทั่วไปในภาคพื้นทวีปเช่นกัน องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ ได้แก่ ซิลิกา อะลูมินา เหล็ก แคลไซต์ แมกนีไซต์ และที่สำคัญรองลงมาได้แก่ โซดา โพแทสเซียม ไททานเนียม แมงกานีส และฟอสฟอรัส หรือพิจารณาชนิดแร่ปริมาณชนิดต่างๆ ได้แก่ เฟลด์สปาร์ แพลจิโอเคลส และไพรอกซีน บางครั้งยังมีแร่โอไรต์ แนนีไทต์ โอลิวีน และแร่ชนิดอื่นๆ เป็นแร่สำคัญอันดับรองปนอยู่ด้วย (دنุพล, 2553) ในประเทศไทยมีปริมาณแหล่งหินบะซอลต์สำรองที่มีศักยภาพ (potential reserve) 42,252.8 ล้านตัน (ยงยุทธ และคณะ, 2551) โดยหินบะซอลต์พบเป็นหินต้นกำเนิดแร่พลอยในจังหวัดกาญจนบุรี แพร่ ลำปาง ศรีสะเกษ จันทบุรี และตราด ส่วนหินบะซอลต์ไม่ให้พลอย พบในจังหวัดเชียงราย ลำปาง เพชรบูรณ์ ลพบุรี นครราชสีมา ชลบุรี สระบุรี อุทัยธานี บุรีรัมย์ อุบลราชธานี และสุรินทร์ ในลักษณะภูเขาไฟดับสนิทแล้ว หินบะซอลต์แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ กิ่งแอลคาไล และแอลคาไล กลุ่มกิ่งแอลคาไล ประกอบด้วย หินบะซอลต์ป็นโทลิอิต และหินบะซอลต์แคลก์-แอลคาไล ส่วนกลุ่มแอลคาไล คือ หินบะซอลต์แอลคาไล และหินบะซอลต์แอลคาไลโอลิวีน (دنุพล, 2552)

ปัจจุบัน มีการใช้หินบะซอลต์ป็นโทลิอิต หรือหินไดอะเบส (diabase) ที่มีขนาดใหญ่มาใช้เป็นหินก่อสร้าง เพราะมีความหนักสูงและมีแนวโน้มการตกผลึกตามธรรมชาติต่ำ ทั้งนี้ การนำหินบะซอลต์ดังกล่าวมาใช้งาน ต้องคัดเศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย (vesicular basalt) ออก เนื่องจากเศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย เป็นเศษหินสีเทาดำถึงดำ ขนาดเม็ดหินค่อนข้างละเอียด และมีรูพรุนมาก ทำให้ไม่สามารถนำมาใช้เป็นหินก่อสร้างได้ โดยเศษหินชนิดนี้พบมากบริเวณปากปล่องภูเขาไฟที่มีลักษณะการไหลของลาวาแบบลอนคลื่นหรือปายออยฮอย (pahoehoe) ซึ่งเป็นบริเวณที่มีปริมาณซิลิกาค่อนข้างต่ำจึงมีความหนืดน้อย ทำให้ไหลปกคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง เมื่อเปิดหน้าดินลึกลงไปเพื่อทำเหมืองหิน จะพบชั้นของเศษหินบะซอลต์โพรงข่ายนี้ มีความหนาตั้งแต่ 0.5 – 5 เมตร ทั่วประเทศ (กรมทรัพยากรธรณี, 2553)



รูปที่ 1.1 หินบะซอลต์โพรงข่าย เขากระโดง บ้านเขากระโดง ตำบลเสม็ด อำเภอเมืองบุรีรัมย์

เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย จึงเป็นเศษหินที่มีปริมาณมาก แต่มีมูลค่าต่ำ และไม่ถูกนำมาใช้ประโยชน์เท่าที่ควร เนื่องจากการใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่ จะเป็นการนำไปถมที่ดินเท่านั้น ซึ่งเป็นการใช้



ทรัพยากรธรรมชาติที่ไม่คุ้มค่า จึงควรมีการนำเศษหินดังกล่าวมาศึกษา วิจัย และพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงขึ้น ทั้งนี้ จากการพิจารณาลักษณะของเศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายที่ละเอียด และน้ำหนักเบา ทำให้เห็นว่า เหมาะสมสำหรับนำไปใช้เป็นมวลรวมของผลิตภัณฑ์แผ่นซีเมนต์บอร์ด ซึ่งกำลังได้รับความนิยมอย่างมาก เพราะเป็นวัสดุก่อสร้างจำพวกผนังที่สำคัญของอาคารถอดประกอบ (knockdown wall) ที่มีอัตราการขยายตัวเพิ่มขึ้นกว่าปีละ 200% โดยในปี 2554 อาคารถอดประกอบมีมูลค่าตลาดรวมมากกว่า 6,000 ล้านบาท (ประชาชาติธุรกิจออนไลน์, 2557) เดิมทีแผ่นซีเมนต์บอร์ดมีการใช้ใยหินเป็นมวลรวมชนิดหลัก ซึ่งเป็นวัสดุที่อันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ และภายหลังมีการเปลี่ยนมาใช้หินไม่แทนแต่ก็ได้แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีลักษณะและสมบัติไม่เหมาะกับการนำมาใช้เป็นผนังของอาคารถอดประกอบ เพราะมีการพองตัวและโก่งตัวสูง โครงการการใช้ประโยชน์เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายเป็นมวลรวมในแผ่นซีเมนต์บอร์ดสำหรับผนังอาคารถอดประกอบ จึงเป็นการพัฒนาสมบัติของแผ่นซีเมนต์ให้มีความแข็งแรงตามต้องการ

ดังนั้น การใช้ประโยชน์เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายเป็นมวลรวมในแผ่นซีเมนต์บอร์ดสำหรับผนังอาคารถอดประกอบ จึงเป็นโครงการที่นำทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่มากทั่วประเทศ และไม่ถูกนำไปใช้ประโยชน์เท่าที่ควร มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความต้องการและมูลค่าสูง ซึ่งทำให้ผู้ประกอบการ ชุมชนท้องถิ่น และผู้บริโภคได้รับประโยชน์จากเศษหินและผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ตลอดจนเป็นการหาวัสดุสำหรับทดแทนทรัพยากรธรรมชาติที่กำลังจะหมดไปอีกด้วย

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ใช้เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายเป็นมวลรวม สำหรับใช้ก่อสร้างผนังของอาคารถอดประกอบ

1.2.2 เพื่อส่งเสริมให้มีการนำเศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายมาใช้ประโยชน์เป็นวัสดุก่อสร้าง

## 1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 ใช้เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายจากเหมืองหิน จังหวัดบุรีรัมย์

1.3.2 ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.15 ล.1-2547 เรื่อง ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 1 ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพ (สมอ., 2547)

1.3.3 ใช้ทรายละเอียด จากทรายแม่น้ำ

1.3.4 ใช้สารแคลเซียมคลอไรด์ ( $\text{CaCl}_2$ ) สารอลูมิเนียมซัลเฟต ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) และสารโซเดียมซิลิเกต ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) เป็นสารเร่งการก่อตัวของปูนซีเมนต์

1.3.5 ออกแบบอัตราส่วนในการพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ใช้เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายเป็นมวลรวม จำนวนไม่น้อยกว่า 5 อัตราส่วน

1.3.6 ทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ใช้เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายเป็นมวลรวม ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.878-2537 เรื่อง แผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537) เนื่องจากไม่มีมาตรฐานแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ใช้เศษหินเป็นส่วนประกอบ และมาตรฐานนี้มีแนวทางการใช้งานผลิตภัณฑ์ที่ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่ดำเนินการพัฒนา

1.3.7 ปัจจัยที่ดำเนินการศึกษาในโครงการ ได้แก่

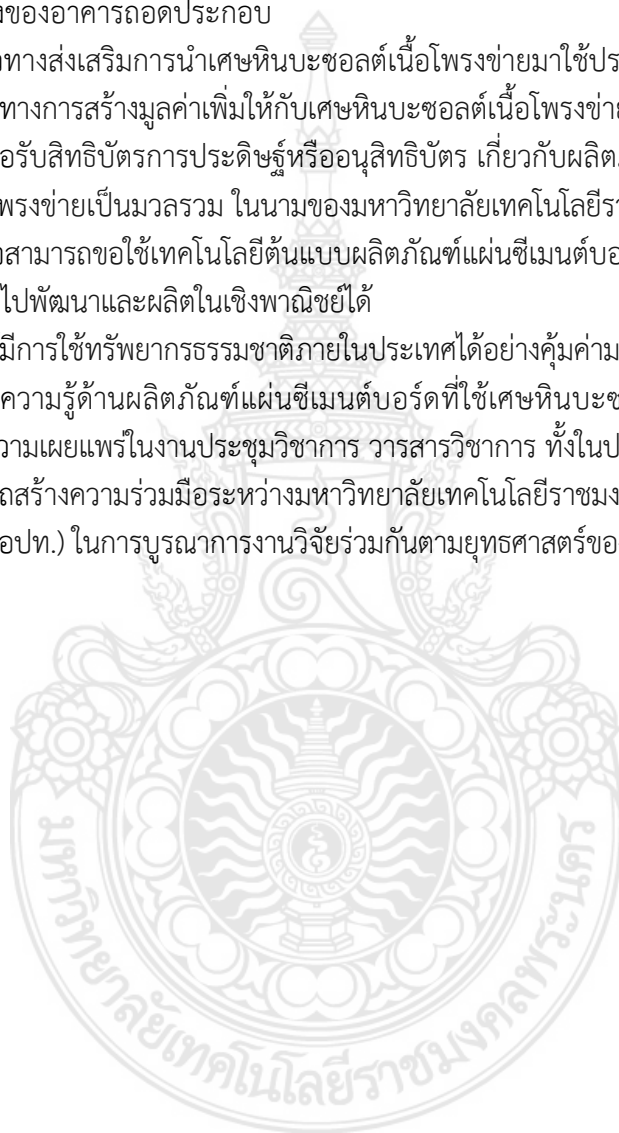
1) ขนาดคละของเศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายที่เหมาะสมสำหรับผลิตแผ่นซีเมนต์บอร์ด

2) ชนิดสารเร่งการก่อตัวของแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่เหมาะสมกับการใช้เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายเป็นมวลรวม

- 3) กระบวนการผลิตแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ใช้เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายเป็นมวลรวมที่เหมาะสม
- 4) อัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับผลิตแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีเศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายเป็นมวลรวม

#### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ได้ต้นแบบผลิตภัณฑ์แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ใช้เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายเป็นมวลรวมสำหรับใช้ก่อสร้างผนังของอาคารถอดประกอบ
- 1.4.2 ได้แนวทางส่งเสริมการนำเศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายมาใช้ประโยชน์เป็นวัสดุก่อสร้าง
- 1.4.3 ได้แนวทางการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย
- 1.4.4 ได้คำขอรับสิทธิบัตรการประดิษฐ์หรืออนุสิทธิบัตร เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ใช้เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายเป็นมวลรวม ในนามของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- 1.4.5 ผู้สนใจสามารถขอใช้เทคโนโลยีต้นแบบผลิตภัณฑ์แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ใช้เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายเป็นมวลรวมไปพัฒนาและผลิตในเชิงพาณิชย์ได้
- 1.4.6 ช่วยให้มีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติภายในประเทศได้อย่างคุ้มค่ามากที่สุด
- 1.4.7 ต้องค์ความรู้ด้านผลิตภัณฑ์แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ใช้เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายเป็นมวลรวมสำหรับเขียนบทความเผยแพร่ในงานประชุมวิชาการ วารสารวิชาการ ทั้งในประเทศและต่างประเทศ
- 1.4.8 สามารถสร้างความร่วมมือระหว่างมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และองค์กรการปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) ในการบูรณาการงานวิจัยร่วมกันตามยุทธศาสตร์ของประเทศ



## บทที่ 2

### ทบทวนวรรณกรรม

โครงการการใช้ประโยชน์เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายเป็นมวลรวมในแผ่นซีเมนต์บอร์ดสำหรับผนังอาคารถอดประกอบ ได้มีการทบทวนวรรณกรรม ทฤษฎี สมมติฐาน และกรอบแนวความคิดที่ใช้ ซึ่งสามารถสรุปได้ ดังต่อไปนี้

#### 2.1 แผ่นซีเมนต์บอร์ด

แผ่นซีเมนต์บอร์ด (cement board) เป็นวัสดุก่อสร้างที่มีลักษณะเป็นแผ่นบาง ใช้สำหรับทำเป็นผนังหรือพื้น ในอดีตมีการใช้หิน แผ่นผนังไม้เทียมที่มีส่วนผสมจากเศษไม้และปูนซีเมนต์ หรือที่เรียกว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ด หรือ แผ่นซีเมนต์บอร์ด และแผ่นไม้อัดซีเมนต์ (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2544) ถือกำเนิดมาจากแนวความคิดที่จะใช้ประโยชน์จากเศษไม้ที่เหลือจากอุตสาหกรรมไม้อัดและการตัดไม้ซุงจากป่าออกมาใช้ประโยชน์จะมีเศษไม้ ปลายไม้เหลือไว้ในป่าอย่างน้อยครึ่งหนึ่งของปริมาณที่ตัดออกมา และเมื่อนำไม้ซุงมาแปรรูปในโรงเลื่อยก็จะเหลือปริมาณไม้แปรรูปประมาณ ร้อยละ 50 ของไม้ซุงที่เข้าแปรรูป จึงได้คิดวิธีที่นำเศษไม้จำนวนมากเหล่านี้มาเป็นวัตถุดิบ โดยงานวิจัยแผ่นไม้อัดสารแร่ กลุ่มวิจัยพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ได้ค้นคว้าวิจัยเพื่อหาแนวทางในการนำเศษไม้และไม้โตเร็ว โดยเฉพาะยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส มาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า “แผ่นวัสดุที่ทำจากไม้ wood base panel” ซึ่งได้แก่ ไม้อัด (plywood) แผ่นไม้อัด (particle board) แผ่นซีเมนต์บอร์ด (block board) และผลิตภัณฑ์ไม้อัดสารแร่ (mineral bonded panel products) ซึ่งสามารถแบ่งประเภทของผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ออกได้วัตถุดิบและสารเชื่อม ประเภทที่ได้จากสารแร่ (inorganic binder) หลายชนิดด้วยกัน เช่น แผ่นไม้อัดยิปซัม เป็นต้น สำหรับผลิตภัณฑ์ไม้อัดซีเมนต์นั้น มีคุณสมบัติพิเศษรวมกันทั้งของไม้และซีเมนต์ กล่าวคือ ทนน้ำทนไฟ ทนปลวกและแมลง สามารถตกแต่งได้เช่น การตัด การเจาะ ได้เช่นเดียวกับไม้ โดยไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษ การฉาบผิวของผลิตภัณฑ์ไม้อัดซีเมนต์กระทำได้โดยวิธีธรรมดา เช่น การลงแล็กเกอร์ การฉาบผิวด้วยสี หรือน้ำมันต่างๆ การปะหน้าด้วยฟิวซี หรือแผ่นไม้บางวีเนียร์ เป็นต้น อีกทั้งยังสามารถใช้เครื่องมือธรรมดาตกแต่งได้ จึงสามารถนำไปใช้ทำบังใบ มนขอบทำลิ้นได้ นอกจากนี้ บริษัท bison werke จำกัด ในสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมันได้พัฒนาวิธีที่เรียกว่า “การพับ” (folding) โดยใช้ใบมีดของเครื่องจักรเซาะผลิตภัณฑ์ไม้อัดซีเมนต์เป็นร่อง ให้ตัวร่องเป็นมุมฉากแล้วหักพับเป็นมุมเหลี่ยมต่างๆ ได้ เช่นในลักษณะตัว L ตัว C ตัว U และตัว T เป็นต้น โดยการใช้กาวอีพ็อกซีให้แน่น ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการก่อสร้างได้กว้างมากขึ้น (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2539)

#### 2.2 ประเภทของแผ่นซีเมนต์บอร์ด

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

1) อุตสาหกรรมแผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์ หรือมีชื่อเรียกกันในวงการป่าไม่ว่า wood-wood board หรือว่า wood-wood cement slabs ซึ่งเขียนเป็นตัวย่อว่า W.W.S. และมีชื่อเรียกตามมาตรฐาน มอก.442-2525 ว่า “แผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์ชนิดใช้งานทั่วไป” (สมอ., 2525) อุตสาหกรรมประเภทนี้เกิดขึ้นในประเทศไทยมาร่วม 26 ปีเศษแล้ว โดยมีวิธีการผลิตจากการนำไม้ท่อน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นไม้ท่อนซุง

ที่มีลักษณะดงาม และกลมมาทอนเป็นท่อนสั้นๆ ประมาณ 40-50 ซม. ฝาท่อนนั้นเป็น 2 ซีก แล้วขูดซีกของท่อนซุงด้วยเครื่องทำฝอยไม้ (wood-wood machine) ฝอยที่ขูดออกมาจะเป็นลักษณะซี่กบบางๆ กว้างราว 4-5 มม. หนา 0.2-1 มม. ยาวประมาณ 50 ซม. ต่อจากนั้นนำไปผสมกับซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ วัตถุประสงค์บางอย่างละลาย แล้วนำไปเข้าแบบอัดเป็นแผ่น มีความหนาตั้งแต่ 0.5 นิ้วถึง 4 นิ้ว ส่วนความกว้าง ความยาวของแผ่นเส้นฝอยอัดซีเมนต์นั้น โดยมากใช้ขนาดมาตรฐาน 1x2 เมตร นำไปผึ่งให้ซีเมนต์แห้งจะมีความยืดหดตัวน้อย สามารถกันเสียง และเป็นฉนวนกันความร้อนความหนาวได้ดี เหมาะสำหรับทำฝ้าเพดาน และฝากั้นห้อง คุณสมบัติพิเศษคือสามารถขูดเป็นผงได้เนื่องจากมีผิวที่หยาบเกาะยึดปูนฉาบได้ดี จึงสามารถนำไปทำฝ้าห้องได้ทั้งภายนอกและภายในอาคาร แต่สิ่งที่ควรระวังคือไม้ที่นำมาขูดทำเส้นไม้ (wood-wood) จะต้องมีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะยึดเกาะซีเมนต์ได้ โดยที่ไม้เหล่านั้นจะต้องไม่มีปริมาณสารแทรกเช่น น้ำตาล ไขมัน น้ำมัน (resin) เป็นต้น มากเกินควร เพราะสารเหล่านี้จะเป็นตัวการขัดขวางปฏิกิริยาแข็งตัวของไม้กับซีเมนต์ ไม้ที่เหมาะสมจะนำมาเป็นวัตถุดิบได้แก่ ไม้ก่อ มะอ้าแดง อินทนิล ไม้สน และยูคาลิปตัส ฯลฯ สำหรับในต่างประเทศในทวีปยุโรปสามารถนำไม้เนื้ออ่อนชนิดต่างๆ มาผลิตแผ่นฝอยอัดซีเมนต์ โดยใช้น้ำยาเคมีช่วย อย่างไรก็ตามแผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์ในประเทศไทยยังไม่ก้าวหน้าเท่าที่ควร เนื่องจากต้นทุนการดำเนินงานสูง วัตถุดิบหลักคือซีเมนต์และไม้ ซึ่งต้องเลือกชนิดยึดเกาะกับซีเมนต์ และเลือกท่อนโตเปลาตรง เพื่อจะขูดได้ฝอยไม้เส้นยาว ทำให้วัตถุดิบมีราคาสูง ซึ่งผู้ประกอบการสามารถแก้ไขปัญหาได้โดยปลูกสร้างสวนป่าเอง เพื่อจะมีไม้ชนิดที่ต้องการมาป้อนเป็นวัตถุดิบอย่างสม่ำเสมอและร่วมทุนกับบริษัทที่ผลิตปูนซีเมนต์ปัจจุบันนี้เป็นที่นิยมใช้กันมากในประเทศออสเตรเลีย และสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน (บริษัท วิทยาลัยวัฒนธรรม จำกัด, 2553) องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติได้ทำการสำรวจพบว่า ในปี 21 ทั่วโลกมีปริมาณการผลิตแผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์ราว 7.6 ล้านลูกบาศก์เมตร และคาดคะเนต่อไปว่าอัตราการใช้แผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์ของโลกจะเติบโตสูงขึ้นไปถึง 15.0 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยที่แผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์จะเป็นที่นิยมนำมาใช้ทำองค์ประกอบอาคารทั่วไปและอาคารสำเร็จรูปมากขึ้นในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา การคาดคะเนนี้ อาศัยพื้นฐานจากการคาดการณ์ว่า บรรดาบ้านราคาถูกสำหรับผู้มีรายได้น้อยทั่วโลกจะเพิ่มขึ้นราวปีละ 1 ล้านหลังทุกปี และบ้านเหล่านี้จะหันมาใช้แผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์กันมากขึ้น เพราะมีราคาถูกและยังมีคุณสมบัติที่ดีหลายประการคือ ทนไฟ ทนปลวก เชื้อรา สามารถขูดแต่งได้ และมีความทนทานสูงอีกด้วย โดยส่วนประกอบของแผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์ใน 1 ลูกบาศก์เมตรประกอบด้วยเส้นไม้ 120-140 กิโลกรัม ซีเมนต์ 240-250 กิโลกรัม น้ำ 120-140 ลิตร และเกลือ 3-35 กิโลกรัม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความหนาของแผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์ที่ใช้จะต้องเป็นซีเมนต์ชนิดปอร์ตแลนด์ 350 หรือ 450 ทั้งนี้ควรใช้น้ำสะอาดและเกลือจะเป็นตัวเร่งให้แผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์แห้งเร็วขึ้นปกติแผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์แผ่นหนึ่งจะมีขนาดมาตรฐานตามที่ระบุไว้ใน มอก. 422-2530 เรื่องไม้สักแปรรูป (สมอ., 2530)

2) อุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ (cement-bonded particle-boards) ขึ้นไม้สับ (wood chip) ที่ใช้เป็นวัตถุดิบ สำหรับอุตสาหกรรมนี้เป็นวัตถุดิบเช่นเดียวกับวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ดโดยทั่วไป คุณสมบัติของไม้ที่ต้องเลือกคือจะต้องเป็นไม้สับที่บางและยาว ซึ่งจะทำให้แผ่นผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีขึ้น ขนาดของแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ โดยทั่วไปมี 2 ขนาดคือ 1,250x2,240 มม. และขนาด 1,250x2,800 มม. ส่วนความหนานั้นมีตั้งแต่ 8-40 มม. ความแน่น (density) สูงสุด 1,250 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ถ้าส่วนผสมระหว่างขึ้นไม้สับกับซีเมนต์เป็นอัตราส่วน 1:2:75 โดยน้ำหนัก การจะลดความหนาแน่นให้ต่ำลงสามารถทำได้ด้วยการลดอัตราส่วนผสมของซีเมนต์ลง แต่จะทำให้อัตราการทนไฟต่ำลงและทำให้การพองตัวเมื่อถูกน้ำเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามแผ่นขึ้นไม้สับอัดซีเมนต์ที่ลดความหนาแน่นโดยวิธีลดอัตราส่วนผสมของซีเมนต์นั้นอาจนำไปใช้ทำฝ้ากั้นห้องทำเพดานและทำส่วนประกอบของ

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

3) อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ (cement-bonded fiber board) อุตสาหกรรมประเภทนี้เป็นเรื่องที่น่าสนใจจะศึกษาค้นคว้าผลิตออกมาเป็นรูปแบบอุตสาหกรรม เพราะมีกรรมวิธีการผลิต เช่นเดียวกับแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ มีข้อแตกต่างเพียงใช้เส้นใยจากไม้แทนที่จะเป็นขึ้นไม้ การผลิตควรจะสร้างเป็นโรงงานผนวกกับโรงงานไม้อัดแผ่นเรียบ (fiber-board) เนื่องจากอุตสาหกรรมวัตถุดิบสำคัญของอุตสาหกรรมนี้ คือเส้นใยไม้ ซึ่งโรงงานไฟเบอร์บอร์ดต้องผลิตอยู่แล้ว ในอนาคตเส้นใยที่ได้จากไม้ยูคาลิปตัส ความลาดดูเลนซิล และพืชการเกษตรที่มีความสำคัญมากดังเช่น ปาล์มน้ำมันอาจเป็นสิ่งทดแทนเส้นใยที่ได้จากแร่ใยหิน (asbestos) เพราะได้มีกฎหมายห้ามใช้ในผลิตภัณฑ์ก่อสร้างเนื่องจากมลพิษในสภาพแวดล้อม และอุตสาหกรรมนี้ยังไม่มีผลิตออกมาเป็นสินค้าจึงเป็นเรื่องที่ศึกษาทดลองตลอดจนถึงการศึกษาการผลิตอิฐบล็อกด้วยไฟเบอร์ผสมซีเมนต์และขึ้นไม้สับผสมซีเมนต์ด้วย

### 2.3 มาตรฐานแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์

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

#### 1) ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐาน

1.1) แผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง หรือแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นแผ่น ทำจากขึ้นไม้และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 1,100 ถึง 1,300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

1.2) ขึ้นไม้ หมายถึง ขึ้นหรือส่วนของเนื้อไม้หรือวัสดุลิกโนเซลลูโลส (ligno-cellulosic material) อื่นๆ ที่ถูกย่อยด้วยเครื่องจักร ขึ้นไม้อาจมีลักษณะต่างๆ อย่างใดอย่างหนึ่ง ดังนี้

- เกล็ด (flake) หมายถึง ขึ้นไม้บางๆ มีทิศทางของเส้นขนานกับผิว ได้จากการใช้ใบมีดตัดขนานกับแนวของเส้นไม้ แต่ทำมุมกับแนวแกนของเส้นใย

- เกล็ดใหญ่ (wafer) หมายถึง ขึ้นไม้ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเกล็ด แต่มีความกว้างและความหนามากกว่า

- แฉก (strand) หมายถึง ขึ้นไม้ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเกล็ด แต่มีความยาวมากเมื่อเทียบกับความกว้าง และมีความหนาสม่ำเสมอตลอดความยาวของแฉก

- ชีกบ (planer shaving) หมายถึง ขึ้นไม้ที่มีรูปร่างเป็นแผ่นขนาดเล็ก มีความหนาไม่เท่ากัน คือ หนาที่ปลายด้านหนึ่ง ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งจะบาง มีลักษณะเป็นแฉกขนนก และมักโค้งงอด้วย ซึ่งได้จากการไสไม้ด้วยเครื่องไสไม้ชนิดหัวตัดหมุน (rotary cutterhead)

- แท่ง (splinter or sliver) หมายถึง ขึ้นไม้ที่มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมเมื่อมองทางหน้าตัด และมีความยาวตามแนวเส้นไม้น้อยกว่า 4 เท่าของความหนา

- เม็ด (granule) หมายถึง ขึ้นไม้ที่มีลักษณะคล้ายขี้เลื่อย ซึ่งมีความกว้าง ความยาว และความหนาเกือบเท่ากัน

- ลักษณะอื่นๆ ซึ่งเหมาะสำหรับทำแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์

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

#### 2) ส่วนประกอบและการทำ

##### 2.1) ส่วนประกอบ

- ขึ้นไม้

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

### 2.2) การทำ

ใช้เครื่องจักรย่อยไม้ออกเป็นชิ้นไม้ แยกชิ้นไม้ให้ได้ขนาดตามต้องการ นำไปผสมกับปูนซีเมนต์ แล้วนำไปโรยและอัดเป็นแผ่นโดยทิ้งไว้ให้ปูนซีเมนต์ก่อตัวแล้วจึงถอดแบบออก ทารใส่สารผสมเพิ่มต้องไม่ทำให้ความแข็งแรงหรือความคงทนของแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์เสียไป

### 3) คุณลักษณะที่ต้องการ

#### 3.1) ลักษณะทั่วไป

แผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ต้องมีความหนา ความแน่น และความเรียบสม่ำเสมอขึ้นตลอดทั้งแผ่น 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) คุณลักษณะที่ต้องการอื่นๆ ดังตารางที่ 2.1

**ตารางที่ 2.1** คุณลักษณะที่ต้องการอื่นๆ ของแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์

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 หินบะซอลต์

หินบะซอลต์ (basalt) เป็นหินอัคนีผุเนื้อละเอียด ส่วนมากมีสีเทาถึงดำ น้ำตาลแกมแดง ม่วงปนดำ เกิดจากหินหนืด ขึ้นมาเย็นตัวบนพื้นโลกอาศัยรอยแตกของเปลือกโลกหรือปล่องภูเขาไฟ ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของบรรดาเกาะในมหาสมุทรและส่วนประกอบทั่วไปในภาคพื้นทวีปเช่นกัน (ตุนพล, 2553) องค์ประกอบทางเคมีออกไซด์ที่สำคัญ ได้แก่ ซิลิกา อะลูมินา เหล็ก แคลไซต์ แมกนีไซต์ และที่สำคัญรองลงมาได้แก่ โซดา โพแทสเซียม ไททานเนียม แมงกานีส และฟอสฟอรัส หรือพิจารณาชนิดแร่ปริมาณชนิดต่างๆ ได้แก่ เฟลด์สปาร์ แพลจิโอเคลส และไพรอกซีน ปกติแร่อ็อกไซด์ (augite) เป็นแร่สำคัญอันดับรอง บางครั้งยังปรากฏว่ามีแมกนีไทต์ โอลิวีน (olivine) และแร่รองชนิดอื่นๆ ปนอยู่ด้วย (ตุนพล, 2552) หินบะซอลต์ในประเทศไทย พบเป็นหินต้นกำเนิดแร่พลอยในจังหวัดกาญจนบุรี แพร่ ลำปาง ศรีสะเกษ จันทบุรี และตราด ส่วนหินบะซอลต์ ไม้ให้พลอยพบในจังหวัดเชียงราย ลำปาง เพชรบูรณ์ ลพบุรี นครราชสีมา ชลบุรี สระบุรี อุทัยธานี บุรีรัมย์ อุบลราชธานี และสุรินทร์ ในลักษณะภูเขาไฟดับสนิทแล้ว หินบะซอลต์แยกออกสองกลุ่มใหญ่คือ กังแอลคาไล และแอลคาไล กลุ่มแรกประกอบด้วยหินบะซอลต์ปโทไลอิต์และหินบะซอลต์แคลก์-แอลคาไล (tholeiitic and calc-alkaline basalts) ส่วนกลุ่มที่สองคือ หินบะซอลต์แอลคาไลและหินบะซอลต์แอกคาไล โอลิวีน จวบถึงปัจจุบันหินก่อสร้างส่วนมากใช้หินบะ

ซอลต์ ปนโทไลต์หรือหินไดอะเบส (diabase) เนื่องจากมีความหนืดสูงกว่า จึงมีลักษณะแนวโน้มลดการตกผลึกตามธรรมชาติ ในอีกด้านหนึ่งหินบะซอลต์แอลคาไลน์มีความหนืดต่ำเหมาะสมกับการผลิตวัสดุเซรามิกอบผลึกและแก้วเซรามิกส่วนใหญ่ นำหินมาใช้งานก่อสร้าง โดยคัดหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย (vesicular basalt) และตะกรันภูเขาไฟ (scoria) ออก



รูปที่ 2.1 หินตะกรันภูเขาไฟ (scoria) สีเทาดำ เขาระโดง ตำบลเสม็ด อำเภอเมืองบุรีรัมย์



รูปที่ 2.2 หินบะซอลต์แบบปายออยฮอย เขาระโดง ตำบลเสม็ด อำเภอเมืองบุรีรัมย์



รูปที่ 2.3 หินบะซอลต์แสดงลำดับชั้นของการไหลของลาวาอย่างน้อย 4 ครั้ง บริเวณบ่อเหมืองหินนิสิทสวัสดี ตำบลเสม็ด อำเภอเมืองบุรีรัมย์





รูปที่ 2.4 ลักษณะหินบะซอลต์ไหลบริเวณวัดป่าบำรุงธรรม ตำบลเขาคอก อำเภอประโคนชัย



รูปที่ 2.5 โครงสร้างรูปเสาเหลี่ยมขนาดใหญ่บริเวณเหมืองหินของ บริษัท black sea 1994 จำกัด ตำบลเจริญสุข อำเภอเฉลิมพระเกียรติ

อุตสาหกรรมการผลิตหินเพื่อการก่อสร้างชนิดนี้มีมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างซึ่งขาดแคลนหินก่อสร้างชนิดอื่น ประเทศไทยมีปริมาณแหล่งหินบะซอลต์สำรองพิสูจน์ (proven reserve) 152.8 ล้านตัน และมีแหล่งหินศักยภาพ (potential reserve) 42,252.8 ล้านตัน (ยังยุทธ และคณะ, 2551) การโม่หินบะซอลต์ทำให้ได้มวลรวมขนาดต่าง ๆ สำหรับงานก่อสร้างโดยเฉพาะมวลรวมละเอียด ที่ปนกับหินฝุ่นส่วนบนที่เหลือ คงเหลืออยู่มาก เนื่องจากมีปริมาณการใช้น้อย ที่เรียกว่า หินเกล็ดและหินฝุ่น (quarry dust) หินเกล็ดมีขนาดประมาณ 5-10 มิลลิเมตร ในขณะที่หินฝุ่นมีขนาดเล็กตั้งแต่ 5 มิลลิเมตรลงมา ก่อนหน้านี้ได้มีการศึกษานำหินคงเหลือมาใช้ประโยชน์หลายประการ อาทิ เช่น ปูแก้ดินฤทธิ์เป็นกรด การผลิตอิฐและกระเบื้องเซรามิก (El-Mahllawy, 2008; El-Alfi et al., 1999; El-Alfi et al., 2004; Youssef et al., 2004) และในการผลิตเซรามิกแก้ว (Yilmaz et al., 1996; Abdel et al., 2007; Karamanov et al., 2007)

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนใต้มีแหล่งหินปูนอยู่เฉพาะทางด้านตะวันตกของจังหวัดนครราชสีมา ทำให้ขาดแคลนหินปูนที่จะนำมาใช้ในการก่อสร้าง จึงจำเป็นต้องใช้หินบะซอลต์ที่มีอยู่ในพื้นที่ทดแทน โดยทั่วไปหินบะซอลต์จะมีคุณสมบัติทางกลศาสตร์ดีกว่าหินปูน ทั้งด้านความคงทน และความแข็งแรง แต่ใน ทางกลับกันคุณสมบัติดังกล่าว กลับส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้น เนื่องจากอายุการใช้งานของเครื่องจักรที่ใช้ที่สั้นลง พื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์พบว่ามีแหล่งหินภูเขาไฟที่เป็นหินบะซอลต์อยู่ 3 แหล่ง ได้แก่ แหล่งหินบะซอลต์ เขากระโดง แหล่งหินบะซอลต์เขาพระอังคาร และแหล่งหินบะซอลต์เขาพนมรุ้ง ปัจจุบันมีการเปิดทำเหมืองหินบะซอลต์เพื่ออุตสาหกรรมก่อสร้างเพียง 2 แหล่ง ดังนี้



1) แหล่งหินบะซอลต์เขากระโดง ครอบคลุมเนื้อที่รวม 68.7 ตารางกิโลเมตร ลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาขนาดเล็กและที่ราบเชิงเขา ความสูงของพื้นที่เฉลี่ย 180 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง อยู่ในแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1:50,000 ลำดับชุด L7017 ระวังจังหวัดบุรีรัมย์ (5638 IV) ลักษณะธรณีวิทยาแหล่งแร่ของแหล่งบะซอลต์ แบ่งได้ 5 ชั้น เรียงลำดับจากบนลงล่าง ประกอบด้วย ชั้นบนเป็นตะกอนดินทราย ยุคควอเทอร์นารี หนาประมาณ 5 เมตร ชั้นที่สองเป็นหินบะซอลต์เนื้อโพรงชาย เนื้อหินฟูสีน้ำตาลแดงถึงเทาแดง หนาประมาณ 5 เมตร ชั้นที่สามเป็นหินบะซอลต์สีเทาดำ รูพรุนน้อย รอยแตกน้อย หนาประมาณ 10 เมตร ชั้นที่สี่เป็นหินบะซอลต์สีเทาดำเนื้อแน่น รอยแตกน้อย หนาประมาณ 10 เมตร และชั้นล่างสุดเป็นดินสีแดงปนถ้ำภูเขาไฟ ความหนาแน่นโดยประมาณของหินบะซอลต์แหล่งนี้อยู่ระหว่าง 25-35 เมตร หินบะซอลต์บางบริเวณแสดงแนวแตกแบบแยกเป็นกาบมัน (exfoliation joints) และ/หรือ แสดงลักษณะการไหลของลาวาคลายคลื่นหรือเกลียวเชือก การหาอายุของหินบะซอลต์บริเวณเขากระโดงโดยวิธีโพแทสเซียม-อาร์กอน (K/Ar) ได้อายุ  $0.92 \pm 0.30$  ล้านปี (กรมทรัพยากรธรณี, 2553) ปริมาณสำรองของหินบะซอลต์จากแหล่งนี้ คำนวณโดยใช้ความหนาเฉลี่ยของหินบะซอลต์ 25 เมตร ค่าความหนาแน่นของหินบะซอลต์ 2.5 เมตริกตันต่อลูกบาศก์เมตร ค่าสัมประสิทธิ์แปรผัน (K) ของหินบะซอลต์ร้อยละ 90 (0.9) หรือหักปริมาณเนื้อหินที่ไม่ได้คุณภาพ รอยแตก เนื้อดินในเนื้อหินออกร้อยละ 10 จะได้ปริมาณทรัพยากรหินสำรองมีศักยภาพเป็นไปได้ของหินบะซอลต์เพื่ออุตสาหกรรมก่อสร้างเท่ากับ 3,864 ล้านเมตริกตัน ปัจจุบันมีปริมาณหินที่ใช้ไปแล้ว 30.26 ล้านเมตริกตัน คงเหลือปริมาณสำรองของหินบะซอลต์ 3,834 ล้านเมตริกตัน

2) แหล่งหินบะซอลต์เขาพระอังคาร อยู่บริเวณด้านทิศตะวันออกของอำเภอนางรอง และด้านตะวันตกของอำเภอเฉลิมพระเกียรติ ลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขารูปฝ่าชีคว่ำ ฐานกว้างและที่ลาดเชิงเขา ความสูงของพื้นที่ประมาณ 200-220 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง ครอบคลุมพื้นที่ 103.3 ตารางกิโลเมตร อยู่ในแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1:50,000 ลำดับชุด L7018 ระวังนางรอง (5538II) ลักษณะธรณีวิทยาแหล่งแร่ของแหล่งหินบะซอลต์เขาพระอังคาร แบ่งได้ 6 ชั้นจากบนลงล่างประกอบด้วย ชั้นบนสุดเป็นตะกอนดินทราย อายุควอเทอร์นารี ชั้นที่สองเป็นหินบะซอลต์เนื้อโพรงชาย เนื้อหินฟู สีน้ำตาลแดงถึงเทาแดง หนาประมาณ 6 เมตร ชั้นที่สามเป็นหินบะซอลต์สีเทาดำ รูพรุนน้อย รอยแตกน้อย หนาประมาณ 3 เมตร ชั้นที่สี่เป็นหินบะซอลต์สีเทาดำถึงดำ เนื้อดอก (porphyritic texture) แน่น รอยแตกน้อย หนาประมาณ 9 เมตร ชั้นที่ห้าพบดินปนทราย หนาประมาณ 6 เมตร และชั้นล่างสุดเป็นดินดานสีเทา ความหนาแน่นโดยประมาณของหินบะซอลต์แหล่งนี้ระหว่าง 18-21 เมตร หินมักแสดงการแตกคล้ายเสาเหลี่ยม (columnar joints) อย่างชัดเจน



รูปที่ 2.6 แหล่งหินบะซอลต์เขากระโดง (ก) ภาพมุมกว้างหน้าเหมืองในพื้นที่อำเภอเมือง  
(ข) ลักษณะปากปล่องภูเขาไฟกระโดง (ค) ลักษณะการไหลของลาวาคลายรีวเชือกบิด  
เรียกว่า ลาวาปาสอยสอย (pahoehoe flow) (กรมทรัพยากรธรณี, 2553)



รูปที่ 2.7 แหล่งหินบะซอลต์ อำเภอเฉลิมพระเกียรติ (ก) ภาพมุมกว้างหน้าเหมืองในพื้นที่อำเภอ  
เฉลิมพระเกียรติ (ข) และ (ค) ลักษณะแนวแตกเสาเหลี่ยมของหินบะซอลต์ (columnar joint)  
(กรมทรัพยากรธรณี, 2553)

ปริมาณสำรองของหินบะซอลต์เขาพระอังคาร คำนวณโดยใช้ความหนาเฉลี่ยของหินบะซอลต์ 20 เมตร ค่าความหนาแน่นของหินบะซอลต์ 2.5 เมตริกตันต่อลูกบาศก์เมตร ค่าสัมประสิทธิ์แปรผัน (K) ของหินบะซอลต์ร้อยละ 90 (0.9) จะได้ปริมาณทรัพยากรหินบะซอลต์สำรองมีศักยภาพเป็นไปได้จำนวน 4,558 ล้านเมตริกตัน ปัจจุบันถูกนำไปใช้ประโยชน์แล้ว 12.03 ล้านเมตริกตัน คงเหลือปริมาณสำรองของหินบะซอลต์ 4,546 ล้านเมตริกตัน สำหรับแหล่งหินบะซอลต์เขาพนมรุ้ง เนื่องจากไม่มีการเปิดทำเหมือง จึงทำให้ไม่มีข้อมูลธรณีวิทยาแหล่งหิน และความหนาเฉลี่ยของหินบะซอลต์ แต่หากทำการคำนวณเบื้องต้นโดยใช้ปัจจัยเช่นเดียวกับเขาพระอังคาร จะได้ปริมาณทรัพยากรหินสำรองมีศักยภาพเป็นไปได้ของ หินบะซอลต์ เท่ากับ 4,573 ล้านเมตริกตัน กล่าวโดยสรุป พื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์มีปริมาณ

ทรัพยากรแร่สำรองมีศักยภาพเป็นไปได้ของหินบะซอลต์จากทั้งสามแหล่งข้างต้นรวมกันประมาณ 12,996 ล้านเมตริกตัน และจากข้อมูลสถิติการผลิตหินบะซอลต์เพื่ออุตสาหกรรมก่อสร้างในเขตจังหวัดบุรีรัมย์ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547-2552 ซึ่งผลิตในอัตราเฉลี่ยปีละ 3,314,422 เมตริกตัน จึงสามารถสรุปได้ว่าจังหวัดบุรีรัมย์จะมีหินบะซอลต์เพียงพอต่อความต้องการใช้ทั้งในเขตจังหวัดบุรีรัมย์และจังหวัดใกล้เคียงได้อีกหลายสิบปี ปัจจุบันในพื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์มีประทานบัตรเหมืองแร่ชนิดหินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่ออุตสาหกรรมก่อสร้างรวม 16 แปลง

**ตารางที่ 2.2** ข้อมูลการผลิตหินบะซอลต์เพื่อก่อสร้างในจังหวัดบุรีรัมย์ (กรมทรัพยากรธรณี, 2553)

ลำดับ	ปี (พ.ศ.)	ปริมาณหิน (เมตริกตัน)	ค่าภาคหลวงแร่ (บาท)
1	2547	3,223,591.8	12,894,367.20
2	2548	3,766,461.4	15,065,845.57
3	2549	3,399,258.4	13,597,033.60
4	2550	3,006,669.6	12,026,678.24
5	2551	2,981,055.8	13,302,800.84
6	2552	3,509,501.0	18,951,305.30

**ตารางที่ 2.3** ประทานบัตรเหมืองหินบะซอลต์ในเขตจังหวัดบุรีรัมย์ (กรมทรัพยากรธรณี, 2553)

ลำดับ	ประทานบัตรเลขที่	ชื่อผู้ถือประทานบัตร	ที่ตั้งประทานบัตร
1	27271/15204	หจก. กริชมีชัย (บุรีรัมย์รัชดา รับช่วง)	ต.สวายจิก อ.เมืองบุรีรัมย์
2	27272/15205	หจก. กริชมีชัย (บุรีรัมย์รัชดา รับช่วง)	ต.สวายจิก อ.เมืองบุรีรัมย์
3	27275/15472	หจก. จิบยงลังการช่างบุรีรัมย์ (หินเพชร รับช่วง)	ต.สวายจิก อ.เมืองบุรีรัมย์
4	27259/15324	หจก. นางรองศิลาทิพย์ (นางรองศิลาทอง รับช่วง)	ต.ถาวร อ.เฉลิมพระเกียรติ
5	27262/15369	บริษัท นิสิตส์สวีส์ จำกัด	ต.เสม็ด และ ต.อิสาน อ.เมืองบุรีรัมย์
6	27264/15242	บริษัท บุรีรัมย์ นวัตกรรม จำกัด	ต.อิสาน และ ต.สวายจิก อ.เมืองบุรีรัมย์
7	27253/15240	บริษัท แบล็กซี จำกัด	ต.เจริญสุข อ.เฉลิมพระเกียรติ
8	27273/15241	บริษัท แบล็กซี จำกัด	ต.เจริญสุข อ.เฉลิมพระเกียรติ
9	แปลงใหม่	บริษัท แบล็กซี จำกัด	ต.เจริญสุข อ.เฉลิมพระเกียรติ
10	27270/15611	บริษัท ศิลาเพชร จำกัด	ต.อิสาน อ.เมืองบุรีรัมย์
11	27268/15239	บริษัท สหชัย ศิลาทอง จำกัด	ต.สวายจิก อ.เมืองบุรีรัมย์
12	27261/15163	บริษัท ศิลาชัย บุรีรัมย์ (1991) จำกัด	ต.สวายจิก อ.เมืองบุรีรัมย์
13	27265/15279	หจก. หินบุรีรัมย์	ต.สวายจิก อ.เมืองบุรีรัมย์
14	27256/15375	บริษัท หินเพชร จำกัด	ต.สวายจิก อ.เมืองบุรีรัมย์
15	27267/15243	บริษัท หินราช จำกัด	ต.สวายจิก อ.เมืองบุรีรัมย์

## 2.5 คอนกรีต

คอนกรีต (concrete) คือ วัสดุก่อสร้างชนิดหนึ่งที่มีส่วนผสมของวัสดุประสาน (ปูนซีเมนต์ รวมถึงวัสดุปอซโซลาน) มวลรวม (ทราย หิน หรือกรวด) น้ำ และสารเคมีผสมเพิ่ม ผสมกันด้วยสัดส่วนที่พอเหมาะกับการใช้งานที่จะนำไปใช้ คอนกรีตที่ผสมเสร็จใหม่ ๆ ควรมีความชื้นเพียงพอที่จะนำไปเทให้ไหลลงในแบบหล่อได้ง่าย และเมื่อแข็งตัวแล้วจะมีลักษณะทนทานคล้ายหิน สามารถรับแรงได้ตามต้องการ ทั้งนี้วัสดุที่ใช้ในการผสมคอนกรีต (ซีซวาลย์, 2552; วินิต, 2527) ประกอบด้วย

### 1) ปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ (cement) นับได้ว่าเป็นวัสดุประสาน (binder material) หลักที่ใช้ในส่วนผสมคอนกรีต แม้ว่าปัจจุบันนี้จะมีวัสดุปอซโซลาน (pozzolan material) เช่น เถ้าลอยของถ่านหิน (fly ash) ซิลิกาฟูม (silica fume) ตะกรันเตาถลุงเหล็ก (Slag) หรือจ้าวกชี้เถ้าแกลบ (rice hush ash) มาเป็นวัสดุประสานแทนที่บางส่วนในปูนซีเมนต์ก็ตาม แต่วัสดุประสานหลักที่ใช้ผสมทำปูนซีเมนต์ก็ยังเป็นปูนซีเมนต์

สำหรับปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการบดปูนเม็ด (clinker) ซึ่งเป็นผลผลิตที่ได้จากการเผาส่วนผสมของออกไซด์ของธาตุแคลเซียม ซิลิกอนและอลูมินา เป็นส่วนใหญ่ โดยใช้อุณหภูมิในการเผาสูงประมาณ 1,500 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามปูนซีเมนต์ที่นำมาใช้ในงานก่อสร้างต้องได้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) หรือมาตรฐานสมาคมคอนกรีตอเมริกา (ACI) ซึ่งได้แบ่งปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ตามลักษณะใช้งานออกเป็น 5 ประเภท ดังนี้

(ก) ประเภทที่ 1 ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ธรรมดา (ordinary Portland cement or Standard Portland cement) เหมาะสำหรับใช้ในการทำคอนกรีต หรือผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมใดที่ไม่ต้องการคุณภาพพิเศษกว่าธรรมดา และสำหรับใช้ในการก่อสร้างตามปกติทั่วไป เช่น อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก สะพาน ถนน และผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปต่าง ๆ

(ข) ประเภทที่ 2 ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ดัดแปลง (modified Portland cement) สำหรับใช้ในการทำคอนกรีตหรือผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เกิดความร้อนและทนซัลเฟตได้ปานกลาง เหมาะกับงานจ้าวกงานก่อสร้างคลองส่งน้ำ งานคอนกรีตหยาบ (mass concrete) เช่น งานฐานรากขนาดใหญ่ เป็นต้น

(ค) ประเภทที่ 3 ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์แข็งตัวเร็ว (rapid hardening Portland cement) เป็นปูนซีเมนต์ที่ให้กำลังสูงในระยะแรก เพราะมีความละเอียดมากกว่าปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ธรรมดา เหมาะสำหรับงานคอนกรีตหล่อสำเร็จ (precast concrete) เพราะต้องการใช้งานเร็วหรือถอดแบบเร็ว เช่น เสาเข็มคอนกรีต เสาไฟฟ้าคอนกรีต เป็นต้น

(ง) ประเภทที่ 4 ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ความร้อนต่ำ (low heat Portland cement) สำหรับใช้งานในการก่อสร้างคอนกรีตหยาบ เช่น เขื่อนคอนกรีต เนื่องจากมีคุณสมบัติในการให้อุณหภูมิของคอนกรีตต่ำ

(จ) ประเภทที่ 5 ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ทนซัลเฟต (sulfate resistant Portland cement) เป็นปูนซีเมนต์ที่ต้านทานซัลเฟตได้สูง เหมาะสมสำหรับงานคอนกรีตที่อยู่ในที่มีการกระทำของเกลือซัลเฟต เช่น บริเวณน้ำ หรือดินที่มีสารซัลเฟต เป็นต้น

อย่างไรก็ตามมาตรฐาน ว.ส.ท. ได้แนะนำกรณีปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์บางประเภทสามารถใช้ปูนซีเมนต์ชนิดอื่นแทนได้ เช่น นำปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และใช้สารเคมีผสมเพิ่ม (chemical admixture) เพื่อปรับปรุงให้กำลังอัดสูงเร็ว แทนการใช้ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภทที่ 3 หรือใช้สารปอซโซลานผสมคอนกรีตทดแทนปูนซีเมนต์บางส่วน เพื่อลดความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน

ทดแทนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 4 หรือผสมสารปอซโซลานในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เพื่อต้านทานซัลเฟต แต่ทั้งนี้ควรทำการทดลองคุณสมบัติส่วนผสมให้ได้ตามต้องการก่อนใช้งาน

นอกจากนี้ยังมีปูนซีเมนต์ประเภทอื่นที่ผลิตขึ้นเพื่อให้เหมาะกับงานอื่น ได้แก่

ปูนซีเมนต์ผสม ได้จากการบดปูนเม็ดกับวัสดุผสม ได้แก่ จำพวกทรายซึ่งประกอบด้วยซิลิกา หรือหินปูนที่เชื่อมต่อการทำปฏิกิริยา ปริมาณวัสดุผสมที่ใช้ผสมประมาณ 20-30% โดยน้ำหนัก ทำให้ราคาถูกลง ระยะเวลาการก่อตัวช้าขึ้น และการหดตัวเมื่อแห้งน้อยลง แต่กำลังรับแรงอัดสูงสุดก็ลดลงด้วย ปูนซีเมนต์ชนิดนี้เหมาะสำหรับใช้เฉพาะในงานก่ออิฐ หรืองานฉาบเท่านั้น ไม่ควรนำมาใช้ผสมคอนกรีตสำหรับโครงสร้างหลัก เช่น เสา คาน ฐานราก และพื้น

ปูนซีเมนต์ขาว ใช้ผสมรวมกับแม่สีที่ไม่เกิดปฏิกิริยาทางเคมีกับปูนซีเมนต์ เหมาะสำหรับใช้งานที่ต้องการความสวยงามหรือทางด้านสถาปัตยกรรม เช่น ห้องน้ำ สระว่ายน้ำ หินขัด หินล้าง เป็นต้น กำลังรับแรงอัดของปูนซีเมนต์ชนิดนี้ที่ 28 วันต่ำกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 แต่ราคาแพงกว่า จึงไม่เหมาะในการนำมาใช้ในการก่อสร้างของโครงสร้างหลักและงานคอนกรีตทั่วไป

ปูนซีเมนต์ปอซโซลาน การใช้ปูนซีเมนต์ปอซโซลานในการผสมคอนกรีต ควรทำการทดสอบส่วนผสมและทดลองคุณสมบัติของคอนกรีตที่ได้ เพื่อเปรียบเทียบกับคุณสมบัติของคอนกรีตที่ต้องการก่อนใช้งานก่อสร้างจริง (ปริญญา และชัย, 2555)

รวมทั้งยังมีปูนทนไฟ ปูนยิบซั่มสำหรับก่อสร้าง ปูนโลม ปูนก่อ และปูนอลูมินา เป็นต้น

## 2) ทราย

ทราย (sand) เป็นส่วนผสมของคอนกรีตที่จัดไว้ในมวลรวมละเอียด (fine aggregate) มีขนาด 1-3 มม. ซึ่งเป็นตัวแทรกในมวลรวมหยาบ (coarse aggregate) หากไม่มีทรายเป็นตัวแทรกในช่องว่างระหว่างมวลรวมหยาบ ก็จะทำให้แรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตน้อยลง ซึ่งทำให้คอนกรีตมีกำลังรับแรงที่ต่ำลง ทรายที่ใช้ทำคอนกรีตในลักษณะและคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ได้แก่

- ทรายบก พบบนบกห่างจากทะเล จะไม่มีความเค็มติดอยู่
- ทรายแม่น้ำ พบตามลำห้วย ลำธาร และในแม่น้ำเก่าและใหม่
- ทรายทะเล พบตามชายทะเล หรือบนบกห่างจากทะเลแต่มีความเค็มติดอยู่
- ทรายที่ได้จากการโม่หินเป็นก้อนเล็กๆ หรือร้อนหิน

อย่างไรก็ตามคอนกรีตธรรมดาต้องการทรายที่มีลักษณะเป็นเหลี่ยมคม สะอาด ไม่มีกรดต่างหรือเกลือเจือปน และมีขนาดละเอียดที่เหมาะสม

## 3) หินหรือกรวด

หินหรือกรวด (rock or gravel) จัดเป็นพวกมวลรวมหยาบที่ใช้ผสมทำคอนกรีต เป็นวัสดุที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติที่มีความแข็งและทนทาน เหมาะสำหรับมาใช้ทำเป็นวัสดุผสมคอนกรีต ซึ่งควรมีลักษณะที่ มีความแข็งแรงดีพอ มีผิวขรุขระ หยาบและเหลี่ยม มีความสะอาดเพียงพอ และต้องมีขนาดละเอียดต่างๆ กัน เพื่อประสานกันได้ดีและมีช่องว่างน้อยที่สุด

ในประเทศไทยนิยมเรียกหินตามขนาดดังนี้ หินฝุ่นจะมีขนาดเล็กกว่า 1/2 นิ้ว หินหนึ่งมีขนาด 1/2 - 1 นิ้ว หินสองขนาด 1-2 นิ้ว หินสามขนาด 3-4 นิ้ว หินสี่มีขนาด 6-8 นิ้ว และหินใหญ่ 8-16 นิ้ว (ไม่นำมาผสมคอนกรีต)

## 4) น้ำ

น้ำ (water) เป็นสิ่งสำคัญในการใช้ผสมทำคอนกรีต ซึ่งบทบาทที่สำคัญต่องานคอนกรีต ได้แก่ การใช้น้ำทำหน้าที่เคลือบมวลรวมให้เปียกเพื่อปูนซีเมนต์จะได้เข้าเกาะโดยรอบและยึดติดกันได้ ทำหน้าที่หล่อลื่นให้ปูนซีเมนต์ ทรายและหินหรือกรวด มีความชื้นเหลว และสามารถไหลเข้าแบบได้ และที่สำคัญน้ำเป็นตัวทำปฏิกิริยาทางเคมีกับปูนซีเมนต์ ทำให้ปูนซีเมนต์เกิดเป็นเพสต์ มีความร้อนเกิดขึ้น และ

เมื่อแข็งตัวจะมีลักษณะเหมือนหิน นอกจากนี้ยังใช้น้ำในการบ่มคอนกรีต ปัญหาเรื่องคุณภาพของน้ำมักจะ ไม่เกิดขึ้น เนื่องจากน้ำใช้ส่วนใหญ่มีคุณภาพอยู่ในขั้นดี เช่น น้ำประปา กฎทั่วไปสำหรับน้ำในงานคอนกรีต คือ น้ำที่ดื่มได้ก็สามารถนำมาใช้งานได้ จำนวนน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตขึ้นอยู่กับส่วนผสมของคอนกรีต โดยมากกำหนดเป็นอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (w/c ratio)

#### 5) สารผสมเพิ่ม

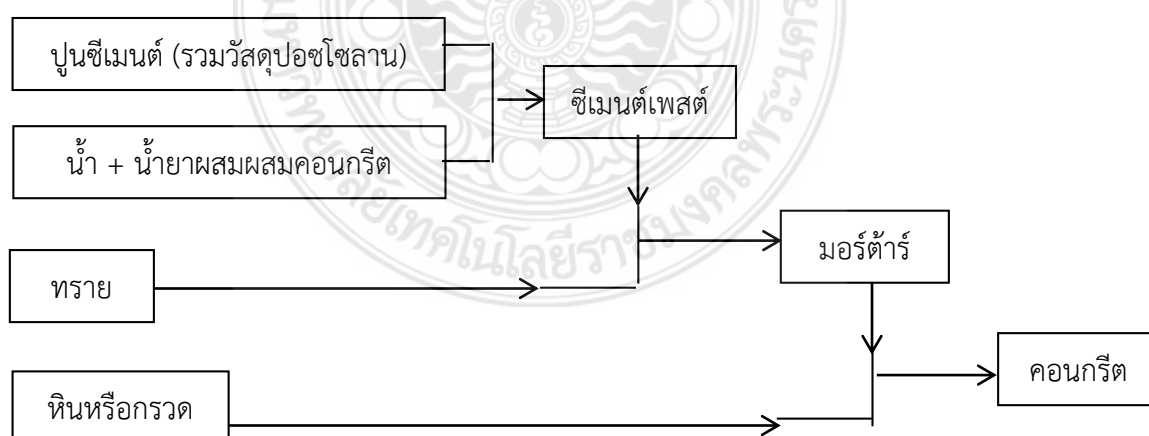
สารผสมเพิ่ม (admixtures) คือ วัสดุที่ไม่ใช่น้ำ ปูนซีเมนต์ และมวลรวม และใช้ผสมทำคอนกรีตเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติบางอย่าง สารผสมเพิ่มในคอนกรีตอาจแบ่งออกได้เป็น 3 จำพวก ได้แก่

(ก) แร่ผสมเพิ่ม (mineral admixtures) หมายถึง สารซึ่งเมื่อผสมคอนกรีตแล้วสามารถทำปฏิกิริยาปอซโซลานได้ เช่น เถ้าลอย ผงซิลิกา เถ้าภูเขาไฟ หรือหมายถึงสารซึ่งสามารถทำปฏิกิริยาไฮเดรชันเมื่อผสมน้ำ เช่น ตะกรันจากเตาถลุงเหล็ก หรือเถ้าลอยบางชนิด รวมถึงสารซึ่งทำให้เกิดการขยายตัวในขบวนการแข็งตัว (เช่น expansion admixture) สารซึ่งช่วยเปลี่ยนสีคอนกรีต สารซึ่งช่วยให้มีกำลังสูงเมื่อบ่มโดยเตาอบไอน้ำแรงดันสูง (เช่น ผงซิลิกา) และอื่นๆ เช่น โพลีเมอร์ และ Filter เป็นต้น

(ข) สารเคมีผสมเพิ่ม (chemical admixtures) หมายถึง สารที่ใช้ผสมคอนกรีต ไม่ว่าจะผสมในน้ำผสมคอนกรีตก่อนการผสมคอนกรีต หรือผสมในขณะที่ผสมคอนกรีต หรือผสมก่อนการเทคอนกรีต เพื่อเพิ่มคุณสมบัติบางประการของคอนกรีต เช่น เพิ่มความสามารถในการทำงาน เพิ่มกำลัง ลดน้ำ เพิ่มความต้านทานต่างๆ หน่วงการแข็งตัว หรือเร่งการแข็งตัว เป็นต้น

(ค) สารผสมเพิ่มอื่นๆ ที่ใช้เพิ่มคุณภาพคอนกรีตมีอีกหลายประเภท เช่น สารผสมเพิ่มเพื่อช่วยในการบ่มคอนกรีต สารผสมเพิ่มสำหรับลดการแยกตัวใต้น้ำ สารป้องกันการเกิดสนิมในเหล็กเสริม สารกันซึมและสารกักกระจายฟองอากาศ เป็นต้น

อย่างไรก็ตามเมื่อนำส่วนผสมต่างๆ ของคอนกรีตมาผสมกัน จะคงสภาพเหลวอยู่ช่วงเวลาหนึ่งพอที่จะนำไปเทลงในแบบหล่อที่มีรูปร่างตามต้องการ หลังจากนั้นจะแปรสภาพเป็นของแข็งมีความแข็งแรงและสามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้นตามอายุของคอนกรีตที่เพิ่มขึ้น องค์ประกอบที่นำมาผสมกันจะมีชื่อเรียกเฉพาะ ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 องค์ประกอบของคอนกรีต

## 2.6 การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต

โดยทั่วไปส่วนผสมคอนกรีตที่ดีจะใช้ปริมาณน้ำในส่วนผสมให้น้อยที่สุด โดยมีความสามารถในการเทได้พอเพียงกับลักษณะการทำงาน หรือโครงสร้างต่าง ๆ รวมทั้งมีคุณสมบัติอื่นตามต้องการ เช่น การรับแรง ความทนทาน และความทึบน้ำ เป็นต้น (ซัชวาลย์, 2552; วินิต, 2527)

### 1) อัตราส่วนน้ำตอปูนซีเมนต์

ในงานทั่วไปการเลือกใช้อัตราส่วนน้ำตอปูนซีเมนต์ (water to cement ratio, w/c) ขึ้นกับกำลังอัดของคอนกรีตที่ต้องการ แต่ในกรณีที่คำนึงถึงสภาวะแวดล้อมต่างๆ ที่จะมีผลต่อความทนทานของคอนกรีต เช่น คอนกรีตที่ต้องสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมซัลเฟต หรือคอนกรีตทึบน้ำ เป็นต้น ในลักษณะเช่นนี้ควรใช้อัตราส่วนน้ำตอปูนซีเมนต์ให้ต่ำ แม้ว่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ได้จะสูงกว่าค่าที่ออกแบบไว้ก็ตาม

### 2) ปริมาณน้ำในส่วนผสมคอนกรีต

ปริมาณน้ำในคอนกรีตไม่ควรใช้มากเกินไป ควรมีปริมาณพอเพียงต่อความสามารถในการเทได้ของคอนกรีต เพื่อป้องกันการเยิ้มมากของคอนกรีต มาตรฐาน ว.ส.ท. กำหนดปริมาณที่เหมาะสมที่ให้ค่ายุบตัวต่างๆ เมื่อใช้หินย่อยและทรายธรรมชาติในสภาพอิมตัวผิวแห้ง (saturated surface dry) ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ปริมาณน้ำที่เหมาะสมในส่วนผสมคอนกรีต

ค่ายุบตัว (ซม.)	ปริมาณน้ำตอปูนซีเมนต์หนึ่งลูกบาศก์เมตร (ลิตร)	
	หินขนาดใหญ่สุด 25 มม.	หินขนาดใหญ่สุด 20 มม.
7.5	170	180
10.0	180	190
12.5	190	200
15.0	200	210

### 3) ปริมาณปูนซีเมนต์

ปริมาณปูนซีเมนต์ในส่วนผสมคอนกรีตขึ้นกับอัตราส่วนน้ำตอปูนซีเมนต์ที่กำหนดในส่วนผสม ทั้งนี้ควรหลีกเลี่ยงการใช้ปริมาณปูนซีเมนต์ที่สูงเกินไป เนื่องจากจะทำให้เกิดความร้อนในคอนกรีตสูง และเกิดการหดตัวของคอนกรีตสูงด้วย

### 4) การเลือกใช้ขนาดโตสุดของมวลรวมหยาบ

มาตรฐาน ว.ส.ท. ได้กำหนดขนาดมวลรวมไว้ว่าขนาดโตสุดของมวลรวมหยาบต้องไม่โตกว่า 1/5 ของด้านแคบที่สุดของแบบหล่อคอนกรีต หรือต้องไม่โตกว่า 2/3 ของระยะช่องว่างน้อยที่สุดระหว่างเหล็กเสริมแต่ละเส้นหรือแต่ละมัด โดยให้ใช้ขนาดโตสุดของมวลรวมหยาบ 20 หรือ 25 มม. สำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไป และใช้ขนาดโตสุดของมวลรวมหยาบ 40 มม. สำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความหนามาก หรือคอนกรีตไม่เสริมเหล็ก

### 5) ปริมาณส่วนละเอียด

ปริมาณส่วนละเอียดในคอนกรีตหมายถึง ปริมาณปูนซีเมนต์ และปริมาณทราย มีผลต่อความสามารถเทได้และการแยกตัวของคอนกรีต มาตรฐาน ว.ส.ท. ได้ให้ปริมาณส่วนละเอียดที่เหมาะสมเมื่อใช้หินย่อยและทรายธรรมชาติในสภาพอิมตัวผิวแห้ง ดังตารางที่ 2.5



## ตารางที่ 2.5 ปริมาณส่วนละเอียดในคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร

ขนาดโผล่ของหิน (มม.)	ปริมาณส่วนละเอียด
25	380 ลิตร หรือร้อยละ 38
30	400 ลิตร หรือร้อยละ 40

### 2.7 การผสม การลำเลียง การเท และการบ่มคอนกรีต

#### 1) การผสมคอนกรีต

การผสมคอนกรีตให้มีคุณภาพดีและถูกหลักวิชามี 2 วิธี คือ

(ก) การผสมโดยปริมาตร เป็นการผสมคอนกรีตโดยการตวงส่วนผสมตามกำหนด จะได้สัดส่วนผสมของคอนกรีตที่แน่นอนและสม่ำเสมอสมควร เหมาะสำหรับงานก่อสร้างทั่วไปที่ไม่ต้องการกำลังอัดของคอนกรีตสูงมาก การตวงส่วนผสมควรตวงส่วนผสมด้วยถังมาตรฐาน ถังมาตรฐานที่ใช้กันทั่วไปทำด้วยไม้มีขนาดพอดีกับปูนซีเมนต์ 1 ถัง (50 กก.)

(ข) การผสมโดยน้ำหนัก เป็นการผสมคอนกรีตโดยการชั่งน้ำหนักของส่วนผสมตามกำหนด จะได้สัดส่วนผสมของคอนกรีตที่แน่นอนและสม่ำเสมอทุกครั้ง โดยเฉพาะงานก่อสร้างใหญ่ๆ ที่ต้องการกำลังอัดของคอนกรีตสูง การวัดส่วนผสมของคอนกรีตโดยน้ำหนักนี้ ไม่ต้องกังวลกรณีของการพองตัวของทราย เพราะทรายที่ชั่งโดยน้ำหนักนั้นไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงมากนัก

#### 2) การลำเลียงคอนกรีต

ในการลำเลียงคอนกรีตที่ผสมแล้วต้องคำนึงถึงสภาพการลำเลียงคอนกรีตว่าต้องระวังให้เนื้อคอนกรีตสม่ำเสมอ และไม่แยกตัวก่อนเทลงแบบ โดยป้องกันคอนกรีตจากสภาพแวดล้อม และภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิ ความร้อน และความชื้น เป็นต้น วิธีการการลำเลียงคอนกรีตที่เหมาะสมขึ้นกับสถานที่ผสมคอนกรีตและบริเวณที่จะทำคอนกรีต โดยควรเลือกวิธีที่ไม่ทำให้คอนกรีตแยกตัว มาตรฐาน ว.ส.ท. ได้แนะนำวิธีการลำเลียงคอนกรีตที่เหมาะสม ดังนี้

(ก) เมื่อที่ผสมคอนกรีตอยู่ในระดับเดียวกับบริเวณที่ต้องการเทคอนกรีต ควรใช้วิธีลำเลียงโดยคนงาน รถเข็น รถผสมคอนกรีต สายพานลำเลียง หรือคอนกรีตปั๊ม เป็นต้น

(ข) เมื่อที่ผสมคอนกรีตอยู่ในระดับสูงกว่าบริเวณที่ต้องการเทคอนกรีต ควรใช้วิธีลำเลียงโดยราง สายพานลำเลียง หรือคอนกรีตปั๊ม เป็นต้น

(ค) เมื่อที่ผสมคอนกรีตอยู่ในระดับต่ำกว่าบริเวณที่ต้องการเทคอนกรีต ควรใช้วิธีลำเลียงโดยใช้รถอก ใช้ลิฟท์ รถเข็น สายพานลำเลียง หรือคอนกรีตปั๊ม เป็นต้น

(ง) เมื่อที่ผสมคอนกรีตอยู่ห่างจากบริเวณที่ต้องการเทคอนกรีต ต้องใช้วิธีลำเลียงโดยรถโม้ชนคอนกรีตมาส่งที่หน่วยงาน และลำเลียงต่อไปสู่บริเวณที่ต้องการเทคอนกรีตด้วยวิธีอื่นที่เหมาะสม

#### 3) การเทคอนกรีต

การเทคอนกรีต ควรมีการวางแผนเพื่อให้สามารถเทได้อย่างต่อเนื่อง มีประสิทธิภาพที่สุด โดยไม่ก่อให้เกิดอุปสรรคต่องานที่ไม่เกี่ยวข้อง การเทคอนกรีตที่ดี คือการเทเพื่อให้คอนกรีตที่มีส่วนผสมสม่ำเสมอ ไม่มีการแยกตัว และไม่มีรูพรุน ในขณะที่กำลังเทคอนกรีตอยู่นั้นจำเป็นต้องทำคอนกรีตให้แน่น โดยทั่วถึง โดยใช้อุปกรณ์ที่ใช้มือ ใช้เครื่องเขย่า หรือจะใช้เครื่องตบแต่ง ทั้งนี้เพื่อให้ได้คอนกรีตที่แน่น มีการยึดหน่วงกับเหล็กเสริมดี และได้ผิวเรียบ

#### 4) การบ่มคอนกรีต

คอนกรีตจำเป็นต้องได้รับการบ่มทันทีหลังจากเสร็จสิ้นการเท และควรบ่มต่อไปจนกระทั่งคอนกรีตมีกำลังตามต้องการ หลักการของการบ่มที่ดีจะต้องสามารถป้องกันคอนกรีตไม่ให้เกิด



การสูญเสียความชื้นไม่ว่าจะด้วยความร้อนหรือลม ไม่ให้คอนกรีตร้อนหรือเย็นมากเกินไป ไม่ให้สัมผัสกับสารเคมีที่จะเป็นอันตรายต่อคอนกรีต และไม่ถูกชะล้างโดยน้ำฝนหลังจากเทคอนกรีตใหม่ๆ เป็นต้น วิธีการบ่มของคอนกรีตมีหลายวิธี อย่างไรก็ตามมาตรฐาน ว.ส.ท. ได้เสนอวิธีการบ่มคอนกรีตไว้ดังนี้

(ก) การบ่มเปียก ในกรณีทั่วไปคอนกรีตต้องได้รับการป้องกันจากการสูญเสียความชื้นจากแสงแดดและลมหลังจากเสร็จสิ้นการเทจนกระทั่งคอนกรีตเริ่มแข็งตัว และหลังจากที่คอนกรีตเริ่มแข็งตัวแล้ว ผิวหน้าของคอนกรีตที่สัมผัสกับบรรยากาศยังคงความเปียกชื้นอยู่ ซึ่งอาจทำได้ด้วยการปกคลุมด้วยกระสอบเปียกน้ำ ผ้าเปียกน้ำ หรือฉีบน้ำให้ชุ่ม เป็นต้น คอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ควรบ่มเปียกติดต่อกันอย่างน้อย 7 วัน ส่วนคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 3 ควรบ่มอย่างน้อย 3 วัน ในกรณีของคอนกรีตที่มีวัสดุปอซโซลานผสม ควรบ่มมากกว่า 7 วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของวัสดุปอซโซลานที่ใช้

(ข) การบ่มแบบควบคุมอุณหภูมิ การบ่มแบบควบคุมอุณหภูมิมีความจำเป็นต่องานบางประเภท โดยเฉพาะงานคอนกรีตทหาลา สำหรับงานคอนกรีตที่อยู่ในที่มีอุณหภูมิต่ำอาจจะต้องมีการควบคุมอุณหภูมิของคอนกรีตสด หรือต้องบ่มโดยการห่อหุ้มด้วยฉนวนความร้อน ส่วนงานคอนกรีตที่อยู่ในที่มีอุณหภูมิสูงมากหรืองานคอนกรีตทหาลา ซึ่งอาจเกิดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในคอนกรีตกับสิ่งแวดล้อมภายนอก การลดอุณหภูมิเริ่มต้นอาจทำได้หลายวิธี เช่น ลดอุณหภูมิของคอนกรีตเอง โดยใช้ทรายและหินที่มีอุณหภูมิต่ำ หรือใช้น้ำเย็นในการผสม เป็นต้น

(ค) การบ่มแบบแรงกำลั ง ในงานบางประเภท เช่น การผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป อาจมีความจำเป็นต้องใช้การบ่มแบบแรงกำลั ง เช่น บ่มไอน้ำหรือบ่มไอน้ำความดันสูง เป็นต้น

(ง) สารเคมีสำหรับการบ่ม โดยปกติสำหรับการบ่มโดยใช้สารเคมี จะใช้ต่อเมื่อไม่สามารถบ่มคอนกรีตบ่มแบบเปียกได้ สารเคมีสำหรับบ่มนั้น จะใช้ฉีกลงบนผิวหน้าของคอนกรีตที่ต้องการบ่ม โดยควรฉีดพ่นซ้ำมากกว่า 1 เทียว เพื่อให้แผ่นฟิล์มเคลือบผิวหน้าคอนกรีตมีความหนาเพียงพอ

## 2.8 กรอบแนวความคิด

จากทฤษฎีที่ผ่านมาของวัสดุสำหรับการพัฒนาแผ่นซีเมนต์ปอร์ตที่ใช้เศษหินบะชอลด์เนื้อโพรง ขายเป็นมวลรวมสำหรับเป็นผนังของอาคารถอดประกอบนั้น สามารถสรุปเป็นกรอบแนวความคิดได้ ดังรูปที่ 2.9



### รูปที่ 2.9 กรอบแนวความคิดของแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ใช้เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายเป็นมวลรวม

จากรูปที่ 2.9 แสดงให้เห็นถึงกรอบแนวความคิดในการพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ใช้เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายเป็นมวลรวม เพื่อให้มีสมบัติต่างๆ ตามมาตรฐาน มอก. 878-2537 เรื่องแผ่นซีเมนต์ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537) ซึ่งเป็นมาตรฐานสำหรับอ้างอิงในการพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดนี้ จากทฤษฎีแผ่นซีเมนต์บอร์ด ลักษณะของเศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย แนวทางการออกแบบและขึ้นรูปวัสดุที่มีปูนซีเมนต์เป็นส่วนประกอบหลัก ทำให้สามารถสรุปตัวแปรที่มีผลต่อสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ใช้เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายเป็นมวลรวม คือ อัตราส่วนผสม และกระบวนการขึ้นรูป

### 2.9 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ใช้เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายเป็นมวลรวม พอสังเขป สามารถสรุปได้ ดังนี้

1) สมพิศ และคณะ (2557) ได้นำเศษหินภูเขาไฟหรือหินบะซอลต์ที่เหลือจากการย่อยหินบะซอลต์เพื่อใช้ในการก่อสร้าง โดยเศษหินดังกล่าวมีขนาดระหว่าง 5 – 10 มิลลิเมตร นำมาผสมกับปูนซีเมนต์ประเภท 1 และน้ำประปา ในอัตราส่วนปูนซีเมนต์: เศษหินภูเขาไฟ: น้ำประปา เท่ากับ 1:6:0.4, 1:7:0.4, 1:8:0.4, 1:9:0.4, 1:10:0.4 และ 1:11:0.4 โดยน้ำหนัก แล้วอัดขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์บล็อกปูพื้นด้วยแบบหล่อ ขนาด 30x30x5 เซนติเมตร จากนั้นทดสอบตามมาตรฐาน มอก.378 – 2531 เรื่อง

กระเบื้องคอนกรีตปูพื้น ผลการทดสอบ พบว่า บล็อกปูพื้นที่มีเศษหินบะซอลต์ปริมาณมาก มีแนวโน้มความต้านทานแรงดัดตามขวาง และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนลดลง ในขณะที่การดูดซึมน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้บล็อกปูพื้นที่มีเศษหินภูเขาไฟน้อยกว่าอัตราส่วน 1:7:0.4 มีสมบัติผ่านตามที่มาตรฐานกำหนด

2) ธวัช (2535) ศึกษาการจับยึดพอร์ตแลนด์ซีเมนต์ของไม้ยูคาลิปตัสและทดลองทำแผ่นไม้อัดซีเมนต์จากไม้ยูคาลิปตัส คามาลเลน เริ่มจากการนำไม้ยูคาลิปตัส คามาลเลนซีเมนต์ที่ได้มาจากสถานีทดลองปลูกพรรณไม้ห้วยทา จังหวัดศรีสะเกษ ไม้ที่ใช้ทดลองอายุประมาณ 20 ปี นำไม้มาตัดเป็นแท่งเล็กๆ ขนาด  $200 \times 15 \times 5$  มิลลิเมตร เลือกลงแท่งไม้ที่มีเส้นตรงไม้บิด และส่วนปลายปราศจากตำหนิ เช่น ตา, รอยแตกกร้าว ฯลฯ แช่แท่งไม้ทดสอบที่ตัดดีแล้วในน้ำกลั่น และน้ำกลั่นที่มีสารเคมีผสมอยู่ ร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก สารละลายเคมีที่ใช้เปรียบเทียบกับ 3 ชนิด คือ อลูมิเนียมซัลเฟต ( $Al_2(SO_4)_3$ ) แคลเซียมคลอไรด์ ( $CaCl_2$ ) และโซเดียมซิลิเกต ( $Na_2SiO_3$ ) ปักแท่งไม้ทดสอบให้จมลงในส่วนผสมของซีเมนต์กับน้ำกลั่นที่เตรียมไว้ โดยมีอัตราส่วนผสมของพอร์ตแลนด์ซีเมนต์ 400 กรัม และน้ำกลั่น 160 มิลลิลิตร ภายในถ้วยกระดาษขนาด 200 มิลลิลิตร ระยะเวลาที่แช่แท่งไม้ในน้ำกลั่นหรือสารละลายประมาณ 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดจึงนำไม้ออกมาซับน้ำผิวหน้าออกให้แห้งพอหมาดๆ แล้วจึงปักไม้ลงในถ้วยที่บรรจุส่วนผสมในระดับลึก 50 มิลลิเมตร ให้ตั้งฉากกับผิวหน้าของซีเมนต์แต่ละถ้วย โดยใช้แบบที่ทำขึ้นจากเหล็กแต่ละถ้วย โดยใช้แบบที่ทำขึ้นจากเหล็กฉากมีรูเป็นตัวบังคับ หลังปล่อยให้ส่วนผสมซีเมนต์แข็งตัวภายในสภาวะอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จึงนำแบบถ้วยทดลองทั้งหมดไปทำการทดสอบการเกาะยึดระหว่างไม้ยูคาลิปตัส คามาลเลนซีเมนต์ โดยวิธี stick test method โดยการทดลองใช้สารเคมี 3 ชนิด คือ อลูมิเนียมซัลเฟต, แคลเซียมคลอไรด์, และโซเดียมซิลิเกต เป็นสารปรับปรุงคุณภาพผิวและซึมเข้าในเนื้อไม้เพื่อเร่งการแข็งตัวของซีเมนต์ และปรับปรุงการเกาะยึดโดยใช้สภาวะที่ไม่ได้ใช้สารเคมี (ใช้น้ำอย่างเดียว) เป็นการทดลองเปรียบเทียบ สามารถสรุปผลได้ว่าการใช้สารเคมีชนิดโซเดียมซิลิเกต และอลูมิเนียมซัลเฟต สามารถให้ค่าความแข็งแรงด้านแรงดึงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้และซีเมนต์เฉลี่ยสูงกว่าสภาวะทดลองที่ไม่ใช้สารเคมีเป็นตัวเปรียบเทียบ ตามลำดับ แต่การทดลองใช้สารเคมีชนิดแคลเซียมคลอไรด์ กลับให้ค่าความแข็งแรงเฉลี่ยต่ำกว่าการทดลองที่ไม่ใช้สารเคมี (ใช้น้ำอย่างเดียว)

3) ผกามาศ และภานุเดช (2557) ได้ศึกษาการใช้กากมะพร้าวและเส้นใยต้นข้าวโพดเป็นแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูง โดยใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์: ทรายละเอียด: กากมะพร้าวและเส้นใยต้นข้าวโพด: น้ำ: สารเร่งการก่อตัวของปูนซีเมนต์ (อลูมิเนียมซัลเฟต ( $Al_2(SO_4)_3$ ), แคลเซียมคลอไรด์ ( $CaCl_2$ ), โซเดียมซิลิเกต ( $Na_2SiO_3$ )) เท่ากับ 1: 0.2: 0.05: 0.3: 0.03 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนกากมะพร้าว: เส้นใยต้นข้าวโพด ทั้งหมด 5 อัตราส่วน คือ 0.0500: 0 (CN0), 0.0375: 0.0125 (CN25), 0.0250: 0.0250 (CN50), 0.0125: 0.0375 (CN75), และ 0: 0.0500 (CN100) โดยน้ำหนัก ทำการปรับปรุงเส้นใยทั้งหมดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น ร้อยละ 12 โดยอัตราส่วนเส้นใยต่อสารละลาย เท่ากับ 1: 10 ต้มในระบบเปิดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 – 3 ชั่วโมง ขึ้นรูปโดยการอัดส่วนผสมลงในแบบหล่อที่อุณหภูมิปกติ (30 – 35 องศาเซลเซียส) ใช้ความหนาแน่น 0.75 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร จากผลการทดสอบ พบว่า อัตราส่วน CN75 เป็นอัตราส่วนเหมาะสม สามารถผ่านมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง และมีสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล และความฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี โดยสารเร่งการก่อตัวของปูนซีเมนต์ที่เหมาะสมที่สุด คือ แคลเซียมคลอไรด์ ( $CaCl_2$ )

4) ครองศักดิ์ และคณะ (2553) ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมการรับแรงอัดตามแนวแกนสำหรับตัวอย่างคอนกรีตที่เสริมกำลังด้วยเฟอร์โรซีเมนต์ การศึกษานี้พิจารณาผลการเพิ่มของกำลังรับแรงอัดตามแนวแกนเปรียบเทียบกับชิ้นส่วนตัวอย่างที่เป็นคอนกรีตล้วน จากการทดสอบชิ้นส่วนคอนกรีตที่หุ้มด้วยเฟอร์โรซีเมนต์ขนาด  $15 \times 15 \times 30$  เซนติเมตร ทำการเปรียบเทียบกับชิ้นส่วนตัวอย่างที่เป็น

คอนกรีตล้วนซึ่งมีหน้าตัดเดียวกัน สามารถรับกำลังอัดตามแนวแกนได้น้อยกว่าชิ้นส่วนตัวอย่างที่เป็นคอนกรีตล้วน แต่เมื่อทำการเปรียบเทียบตัวอย่างคอนกรีตล้วนที่มีหน้าตัด  $15 \times 15$  เซนติเมตร เป็นตัวอย่างคอนกรีตล้วน ซึ่งมีหน้าตัด  $12 \times 12$  เซนติเมตร พบว่า ตัวอย่างที่หุ้มด้วยวัสดุเฟอร์โรซีเมนต์นั้น สามารถรับแรงอัดตามแนวแกนได้มากกว่าตัวอย่างคอนกรีตล้วนที่ถูกเปรียบเทียบมาเป็นหน้าตัด  $12 \times 12$  เซนติเมตร แต่อย่างไรก็ตาม พบว่า ยังมีปัญหาเรื่องการล่อในภายหลัง ซึ่งไม่สามารถรับกำลังอัดตามแนวแกนได้มากพอ ซึ่งองค์ประกอบของวัสดุเฟอร์โรซีเมนต์ก็มีผลต่อกำลังรับน้ำหนักตามแนวแกนของตัวอย่างที่นำมาเสริมกำลัง โดยหากนำมอร์ตาร์กำลังสูงมาใช้เป็นวัสดุเฟอร์โรซีเมนต์จะทำให้ตัวอย่างคอนกรีตสามารถรับกำลังอัดได้สูงขึ้น ส่วนลวดตะแกรงที่นำมาใช้เป็นวัสดุเฟอร์โรซีเมนต์นั้น จะเป็นตัวช่วยให้มอร์ตาร์ด้านนอกและตัวแกนคอนกรีตล้วนตรงกลางสามารถยึดเกาะกันได้ดีขึ้น แต่ลวดตะแกรง จะมีผลช่วยรับกำลังให้เพิ่มขึ้นของตัวคอนกรีตล้วนตรงกลาง ได้น้อยมาก เพราะลวดตะแกรงที่นำมาใช้นั้นสามารถยึดตัวได้มาก ตัวอย่างคอนกรีตที่เป็นแกนกลางจึงวิบัติก่อนที่ลวดตะแกรงจะช่วยในการโอบรัด



## บทที่ 3

### วิธีการวิจัย

การใช้ประโยชน์เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายเป็นมวลรวมในแผ่นซีเมนต์บอร์ดสำหรับผนังอาคาร ถอดประกอบ เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการทดลองที่ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและทำการทดสอบ ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และหน่วยงานภาครัฐอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

#### 3.1 วัสดุและอุปกรณ์

- 3.1.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1
- 3.1.2 ทรายละเอียด จากทรายบก
- 3.1.3 เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย จากจังหวัดบุรีรัมย์



รูปที่ 3.1 การขนส่งเศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายจากจังหวัดบุรีรัมย์



รูปที่ 3.2 กองเศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย



รูปที่ 3.3 การพรมน้ำให้กับกองเศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าก่อนการนำไปใช้

3.1.4 น้ำประปา

3.1.5 สารอลูมิเนียมซัลเฟต ( $Al_2(SO_4)_3$ )

3.1.6 สารแคลเซียมคลอไรด์ ( $CaCl_2$ )

3.1.7 สารโซเดียมซิลิเกต ( $Na_2SiO_3$ )

3.1.8 เครื่องผสมคอนกรีต

3.1.9 เครื่องอัดแผ่นซีเมนต์บอร์ด พร้อมแบบหล่อ ขนาด 30x30x1.5 เซนติเมตร



รูปที่ 3.4 เครื่องอัดแผ่นซีเมนต์บอร์ดขนาด 30x30x1.5 เซนติเมตร



รูปที่ 3.5 แบบหล่อแผ่นซีเมนต์บอร์ดขนาด 30x30x1.5 เซนติเมตร



### 3.1.10 โต๊ะสั่นเขย่า พร้อมแบบหล่อแผ่นซีเมนต์บอร์ดขนาด 60x120x1.5 เซนติเมตร



รูปที่ 3.6 โต๊ะสั่นเขย่าพร้อมแบบหล่อแผ่นซีเมนต์บอร์ดขนาด 60x120x1.5 เซนติเมตร

### 3.1.11 เครื่องย่อยหิน พร้อมตะแกรงสำหรับคัดขนาดเบอร์ 4 หรือ 4.76 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.7 เครื่องย่อยหินพร้อมตะแกรงคัดขนาด

### 3.1.12 เครื่องชั่งน้ำหนัก

### 3.1.13 ชุดทดสอบหาค่าความหนาแน่น ความชื้น และการพองตัวของเนื้อเนื้อ

### 3.1.14 เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal Testing Machine)

### 3.1.15 เครื่องทดสอบสภาพนำความร้อน ตาม ASTM C177

## 3.2 การออกแบบส่วนผสม

ออกแบบอัตราส่วนผสมของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย โดยใช้อัตราส่วนของคอนกรีตทั่วไป คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 1 ส่วน ทรายละเอียด 2 ส่วน และหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย 4 ส่วน พร้อมทั้งเลือกชนิดสารผสมเพิ่มสำหรับการก่อตัวเพิ่มเติม จำนวน 1 ชนิด จากจำนวน 3 ชนิด (สารอลูมิเนียมซิลิเกต สารแคลเซียมคลอไรด์ สารโซเดียมซิลิเกต) โดยพิจารณาผลการทดสอบคุณสมบัติด้านความต้านทานแรงดัด ที่ระยะเวลาการบ่ม 28 วัน และใช้ตัวอย่างทดสอบจำนวน 3 แผ่นต่ออัตราส่วนผสม ซึ่งพบว่า สารโซเดียมซิลิเกต มีความต้านทานแรงดัดสูงที่สุด รองลงมาคือ สารอลูมิเนียมซิลิเกต และสารแคลเซียมคลอไรด์ เท่ากับ 9.05, 8.96 และ 8.54 เมกะพาสคัล ตามลำดับ ดังตารางที่ 3.1 จากผลการทดสอบเบื้องต้นดังกล่าว จึงเลือกใช้สารโซเดียมซิลิเกตเป็นสารผสมเพิ่มในการออกแบบอัตราส่วนผสมอีกจำนวน 5 อัตราส่วนผสม โดยทำการปรับเพิ่มและลดปริมาณหินบะซอลต์ ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนผสมของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายเบื้องต้น

อัตราส่วน	ปูนซีเมนต์	ทรายละเอียด	หินบะซอลต์	สารอลูมิเนียมซัลเฟต	สารแคลเซียมคลอไรด์	สารโซเดียมซิลิเกต	น้ำประปา	ความต้านทานแรงตัด (MPa)
Al	1	2	4	0.03	-	-	0.55	8.54
Ca	1	2	4	-	0.03	-	0.55	8.96
Na	1	2	4	-	-	0.03	0.55	9.05

ตารางที่ 3.2 อัตราส่วนผสมของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย

อัตราส่วน	ปูนซีเมนต์	ทรายละเอียด	หินบะซอลต์	สารโซเดียมซิลิเกต	น้ำประปา
B0	1	2	0	0.03	0.50
B2	1	2	2	0.03	0.50
B4	1	2	4	0.03	0.55
B6	1	2	6	0.03	0.60
B8	1	2	8	0.03	0.65

### 3.3 การขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ด

3.3.1 ผสมสารเคมีสำหรับเร่งการก่อตัวของแผ่นซีเมนต์บอร์ดในปริมาณร้อยละ 3 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ ให้เข้ากับน้ำประปา ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 การผสมสารเคมีสำหรับเร่งการก่อตัว

3.3.2 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ทรายละเอียด เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย และน้ำประปาที่ผสมสารเร่งการก่อตัวแล้ว ให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมคอนกรีต ดังรูปที่ 3.9 และ 3.10





รูปที่ 3.9 การผสมทรายและเศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายด้วยเครื่องผสมคอนกรีต



รูปที่ 3.10 การผสมปูนซีเมนต์ลงในส่วนผสมด้วยเครื่องผสมคอนกรีต

3.3.3 เตรียมแบบหล่อที่ติดตั้งอยู่กับเครื่องอัดแผ่นซีเมนต์บอร์ด หรือโต๊ะสั่นเขย่า โดยการทาน้ำมันหล่อลื่น

3.3.4 เทส่วนผสมทั้งหมดลงในแบบหล่อ และขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ใช้เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายเป็นมวลรวมด้วยเครื่องอัดแผ่นซีเมนต์บอร์ด หรือโต๊ะสั่นเขย่า ดังรูปที่ 3.11 ถึง 3.13



รูปที่ 3.11 การเทส่วนผสมลงในแบบหล่อ



รูปที่ 3.12 การอัดขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยเครื่องอัดแบบสั่นเขย่า



รูปที่ 3.13 การอัดขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยโต๊ะสั่นเขย่า

3.3.5 ป่มแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ใช้เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายเป็นมวลรวม ด้วยกระสอบพรมน้ำตามระยะเวลาที่กำหนด ได้แก่ 7, 14, 21 และ 28 วัน สำหรับนำไปใช้ในการทดสอบ

#### 3.4 การทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นซีเมนต์บอร์ด

ทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมเศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายตามมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง โดยเป็นการนำมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ที่มีความใกล้เคียงกันในลักษณะของการใช้งานมาทำการทดสอบเทียบเคียง เพื่อหาสมบัติเบื้องต้น เนื่องจากปัจจุบันยังไม่มีมาตรฐานของผลิตภัณฑ์แผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมเศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายนี้โดยตรง ทั้งนี้ การทดสอบจะใช้จำนวนตัวอย่าง 5 ตัวอย่างต่อการทดสอบ ซึ่งการทดสอบตามมาตรฐาน มอก.878-2537 นี้ ประกอบด้วย

3.4.1 ลักษณะทั่วไป

3.4.2 ความหนาแน่น



รูปที่ 3.14 การชั่งน้ำหนักแผ่นซีเมนต์บอร์ดเพื่อหาความหนาแน่น

### 3.4.3 ความชื้น



รูปที่ 3.15 การอบแผ่นซีเมนต์บอร์ดในตู้อบเพื่อหาความชื้น



รูปที่ 3.16 การชั่งน้ำหนักแผ่นซีเมนต์บอร์ดเพื่อหาความชื้น

### 3.4.4 สภาพนำความร้อน



### 3.4.5 การพองตัวเมื่อแช่น้ำ



รูปที่ 3.17 การแช่แผ่นซีเมนต์บอร์ดลงในถังน้ำเพื่อทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ



รูปที่ 3.18 การเช็ดน้ำรอบแผ่นซีเมนต์บอร์ดเพื่อเตรียมวัดการพองตัวเมื่อแช่น้ำ



รูปที่ 3.19 การวัดความหนาและขนาดของแผ่นซีเมนต์บอร์ดเพื่อหาค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำ

### 3.4.6 ความต้านทานแรงดัด



รูปที่ 3.20 การนำแผ่นซีเมนต์บอร์ดใส่เครื่อง UTM เพื่อทดสอบความต้านทานแรงดัด



รูปที่ 3.21 การทดสอบความต้านทานแรงดัดของแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยเครื่อง UTM

### 3.4.7 มอดุลัสยืดหยุ่น

### 3.4.8 ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า



รูปที่ 3.22 การตัดแผ่นซีเมนต์บอร์ดสำหรับทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า



รูปที่ 3.23 การติดตั้งชิ้นส่วนแผ่นซีเมนต์บอร์ดสำหรับทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากที่ผิวหน้า  
ด้วยเครื่อง UTM



## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

จากการทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรง ข่าย ตามมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537) และ มาตรฐานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังต่อไปนี้

#### 4.1 ลักษณะทั่วไป

ผลการตรวจพินิจความหนา ความแน่น ความเรียบสม่ำเสมอ ความฉากของขอบ หรือลักษณะทั่วไปของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย ที่อายุการบ่ม 28 วัน ทั้งที่ไม่มีและมีหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย สามารถสรุปได้ ดังต่อไปนี้

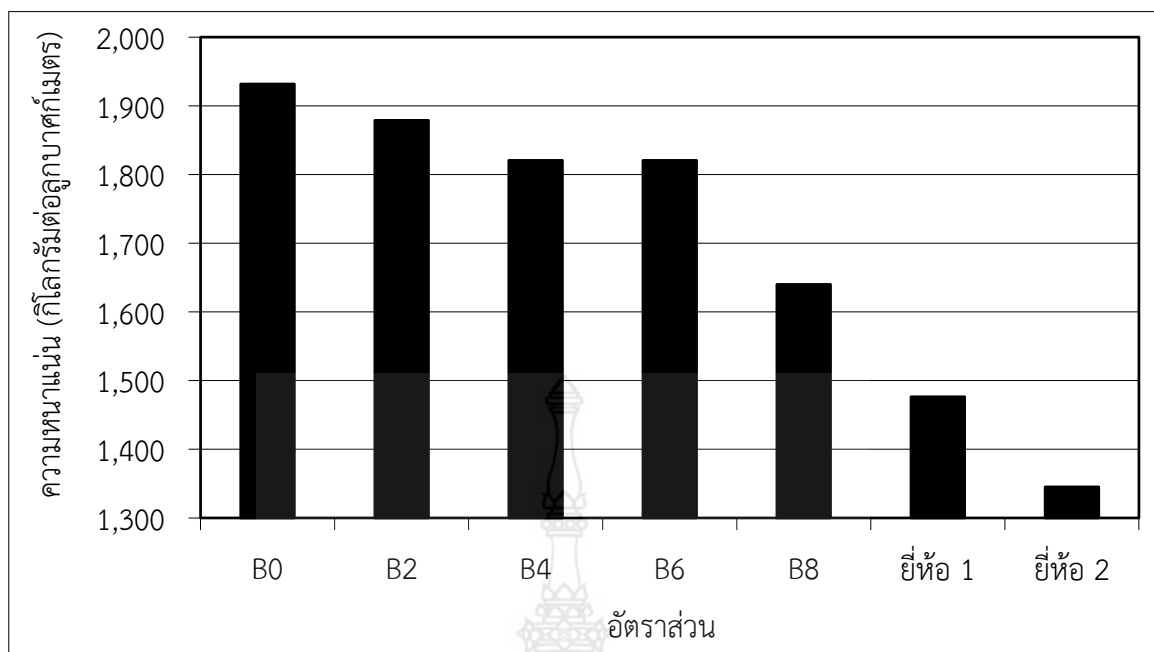
ตารางที่ 4.1 ลักษณะทั่วไปของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย ที่อายุการบ่ม 28 วัน

อัตราส่วน	ลักษณะทั่วไป
B0	ปกติ
B2	ปกติ
B4	ปกติ
B6	มีการบิ่นที่ขอบ
B8	แตกร้าวได้ง่าย
ยี่ห้อ 1	ปกติ
ยี่ห้อ 2	ปกติ

จากตารางที่ 4.1 พบว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย ทั้งที่ไม่มีผสมหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย และที่ผสมหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายไม่เกินอัตราส่วน B4 ทั้งขนาด 30x30x1.5 และ 60x120x1.5 เซนติเมตร สามารถผ่านตามที่มาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537) กำหนด คือ มีความหนา ความแน่น และความเรียบของแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่สม่ำเสมอ และบริเวณขอบมีความฉาก ส่วนการผสมหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายที่อัตราส่วน B6 และ B8 เนื้อของซีเมนต์บอร์ดจะมีความร่วน กล่าวคือ ปริมาณของหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายมีปริมาณมากเกินไปที่ปูนซีเมนต์จะเชื่อมประสานได้ทั้งหมด จึงทำให้แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ได้เกิดการบิ่นที่ขอบหรือเกิดการแตกร้าวได้ง่าย เมื่อพิจารณาแผ่นซีเมนต์: ความหนาแน่นสูงที่มีจำหน่ายในท้องตลาด จำนวน 2 ยี่ห้อ ก็พบว่าแผ่นซีเมนต์บอร์ดดังกล่าวก็มีลักษณะผ่านตามที่มาตรฐานกำหนด

#### 4.2 ความหนาแน่น

ความหนาแน่นเป็นการทดสอบที่มาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537) มีการกำหนด โดยสามารถแสดงให้เห็นถึงน้ำหนักของแผ่นซีเมนต์บอร์ดเมื่อต้องนำไปใช้งาน ซึ่งผลการทดสอบความหนาแน่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย ทั้ง 5 อัตราส่วน และแผ่นซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด จำนวน 2 ยี่ห้อ มีดังนี้



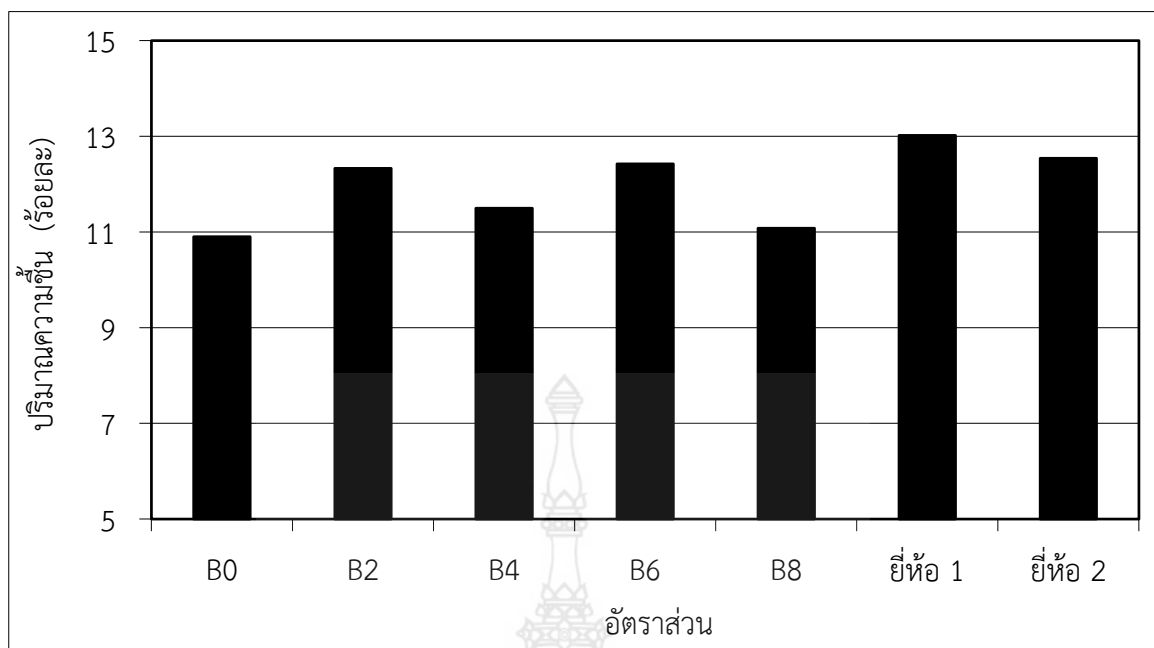
รูปที่ 4.1 ความหนาแน่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย ที่อายุการบ่ม 28 วัน

จากรูปที่ 4.1 พบว่า ความหนาแน่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ผสมและไม่ผสมหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย ทั้ง 5 อัตราส่วน มีความหนาแน่นเกินกว่าที่มาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537) กำหนด คือ มีค่าเกินกว่า 1,300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ส่วนแผ่นซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง ที่จำหน่ายในท้องตลาดก็มีค่าความหนาแน่นเกินกว่าที่มาตรฐานกำหนด เช่นเดียวกัน ทั้งนี้ ปริมาณหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายที่ผสมลงในแผ่นซีเมนต์บอร์ด มีผลทำให้ความหนาแน่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดลดลง ดังจะเห็นได้จากแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ไม่ผสมหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย (อัตราส่วน B0) เป็นอัตราส่วนที่มีความหนาแน่นมากที่สุด รองลงมาคือ แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายอัตราส่วน B2, B4, B6 และ B8 เป็นแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายที่มีความหนาแน่นต่ำที่สุด อย่างไรก็ตาม ความหนาแน่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายที่ลดต่ำลงก็ยังคงสูงกว่าแผ่นซีเมนต์: ความหนาแน่นสูงในท้องตลาด และที่มาตรฐาน มอก.878-2537 กำหนด ซึ่งเป็นผลมาจากความหนาแน่นของวัสดุเชื่อมประสานอย่างปูนซีเมนต์ที่มีค่าสูง เท่ากับ 3,100 ถึง 3,200 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ทราาย เท่ากับ 2,600 ถึง 2,700 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย เท่ากับ 2,000 ถึง 2,300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (Young, 1992) แตกต่างจากแผ่นซีเมนต์ทั่วไปที่มีส่วนผสมหลักเป็นซีเมนต์ ซึ่งมีความหนาแน่นเพียง 600 ถึง 1,100 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (Faherty et al., 1995)

#### 4.3 ความชื้น

ผลการทดสอบความชื้นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ผสมและไม่ผสมหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย และแผ่นซีเมนต์: ความหนาแน่นสูงในท้องตลาด สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.2



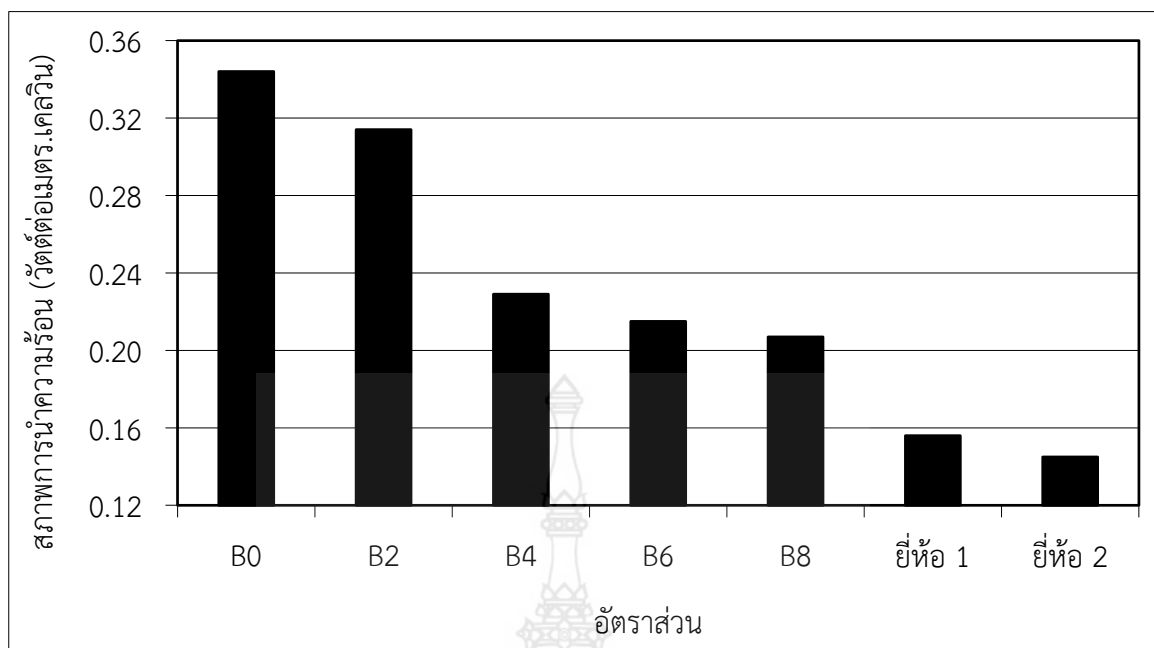


รูปที่ 4.2 ความชื้นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย ที่อายุการบ่ม 28 วัน

ผลการทดสอบความชื้นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย และแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูงในท้องตลาด ในรูปที่ 4.2 ทั้งหมด มีค่าอยู่ในช่วงที่มาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537) กำหนด คือ มีค่าความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 9 ถึง 15

#### 4.4 สภาพนำความร้อน

การทดสอบสภาพนำความร้อนของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย และแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูงในท้องตลาด ตามที่มาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง สามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังนี้



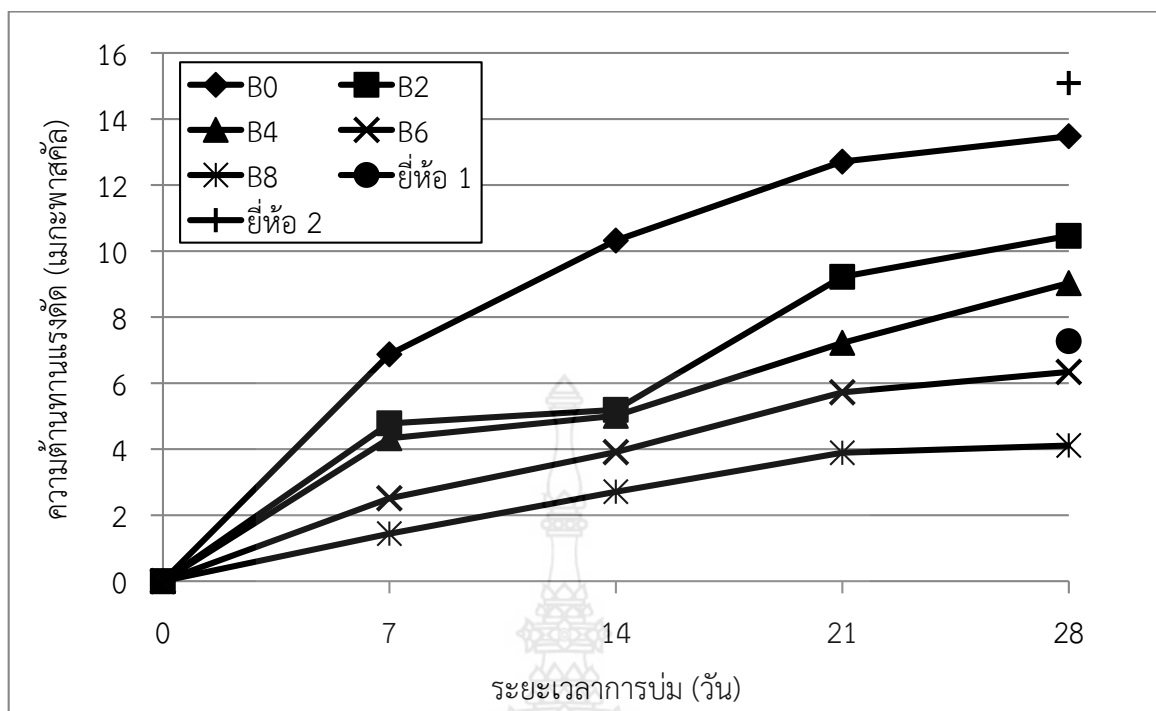
**รูปที่ 4.3** สภาพการนำความร้อนของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย ที่อายุการบ่ม 28 วัน

จากรูปที่ 4.3 พบว่า สภาพนำความร้อนหรือสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย อัตราส่วน B4, B6, B8 และแผ่นซีเมนต์บอร์ดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูงในท้องตลาด มีค่าผ่านตามที่มาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นซีเมนต์: ความหนาแน่นสูงกำหนดคือ มีสภาพนำความร้อน ไม่เกินกว่า 0.25 วัตต์ต่อเมตร.เคลวิน (สมอ., 2537) ส่วนแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย อัตราส่วน B0 และ B2 เป็นอัตราส่วนที่มีสภาพนำความร้อนเกินกว่าที่มาตรฐานกำหนด จากผลการทดสอบดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า หินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย สามารถช่วยลดค่าสภาพนำความร้อนได้ โดยเป็นผลมาจากความพรุนที่มากของเศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายที่ผสม (ธัญชัย และคณะ, 2549) ดังนั้น อาคารที่มีการติดตั้งแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ผสมหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายปริมาณมากเป็นผนัง จะมีการประหยัดพลังงานจากการใช้เครื่องปรับอากาศได้ดีกว่าแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ผสมหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายปริมาณน้อย

#### 4.5 การพองตัวเมื่อแช่น้ำ

สำหรับผลการทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย และแผ่นซีเมนต์บอร์ดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูงในท้องตลาด สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.4



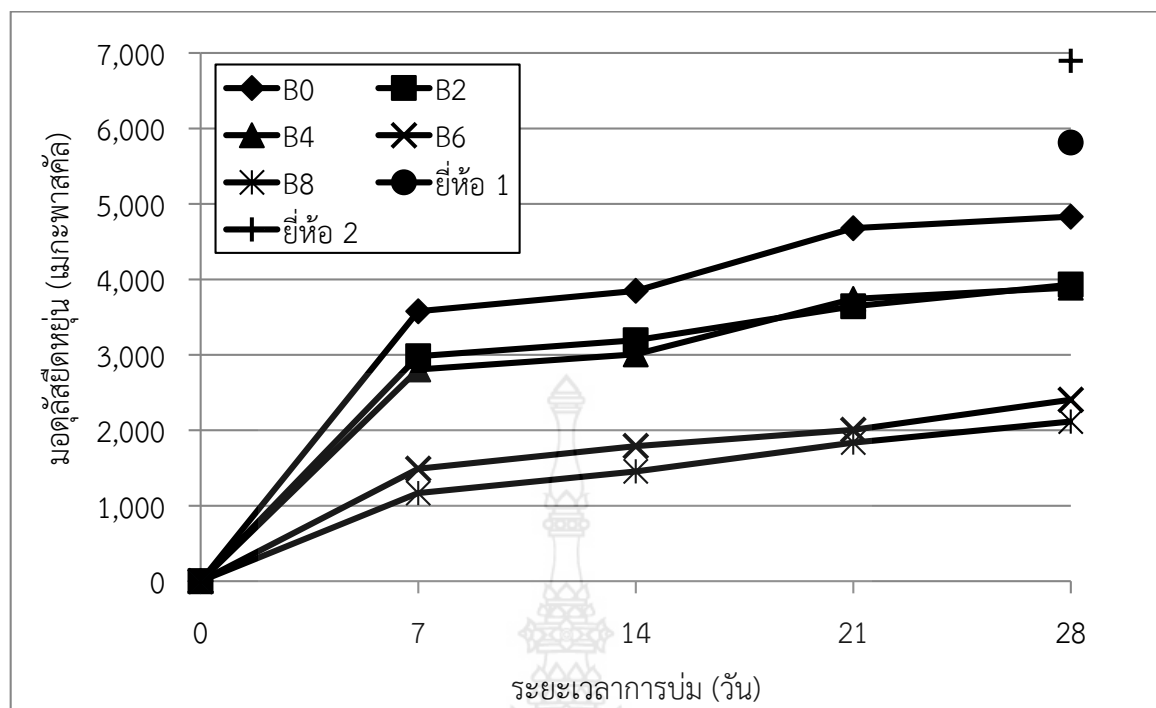


รูปที่ 4.5 ความต้านทานแรงดัดของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย ที่อายุการบ่ม 28 วัน

จากรูปที่ 4.5 พบว่า ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดของแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ไม่มีการผสมบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย (อัตราส่วน B0) มีความต้านทานแรงดัดสูงที่สุด รองลงมาคือ แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายอัตราส่วน B2 อัตราส่วน B4 อัตราส่วน B6 และอัตราส่วน B8 มีความต้านทานแรงดัดต่ำที่สุด ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า หินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายที่ผสม มีส่วนทำให้ความต้านทานแรงดัดลดลง ทั้งนี้ เป็นผลมาจากความพรุนหรือช่องว่างของหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย (ปริญา และชัย, 2551) ทำให้มีความแข็งแรงลดลง เพราะจะทำให้มีพื้นที่รับแรงน้อย นอกจากนี้ การผสมหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายที่มาก จะมีผลต่อปริมาณปูนซีเมนต์ที่ช่วยยึดเกาะน้อยกว่าแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีปริมาณหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายน้อย โดยเมื่อเทียบกับมาตรฐาน มอก.878-2537 (สมอ., 2537) ที่กำหนดให้ความต้านทานแรงดัดต้องไม่น้อยกว่า 9 เมกะพาสคัล พบว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายอัตราส่วน B0, B2 และ B4 สามารถผ่านตามที่มาตรฐานกำหนด ส่วนแผ่นซีเมนต์บอร์ดอัตราส่วน B6 และ B8 ไม่สามารถผ่านตามที่มาตรฐานกำหนด ส่วนแผ่นซีเมนต์บอร์ดอัตราส่วน B8 มีความหนาแน่นสูง ตามท้องตลาด มีเพียง 1 ยี่ห้อ เท่านั้นที่ผ่าน ส่วนอีกยี่ห้อไม่ผ่านตามที่มาตรฐานกำหนด

#### 4.7 มอดูลัสยืดหยุ่น

ผลการทดสอบมอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย และแผ่นซีเมนต์บอร์ดอัตราส่วน B0, B2 และ B4 สามารถผ่านตามที่มาตรฐานกำหนด ส่วนแผ่นซีเมนต์บอร์ดอัตราส่วน B6 และ B8 ไม่สามารถผ่านตามที่มาตรฐานกำหนด ความหนาแน่นสูง ในท้องตลาด สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.6

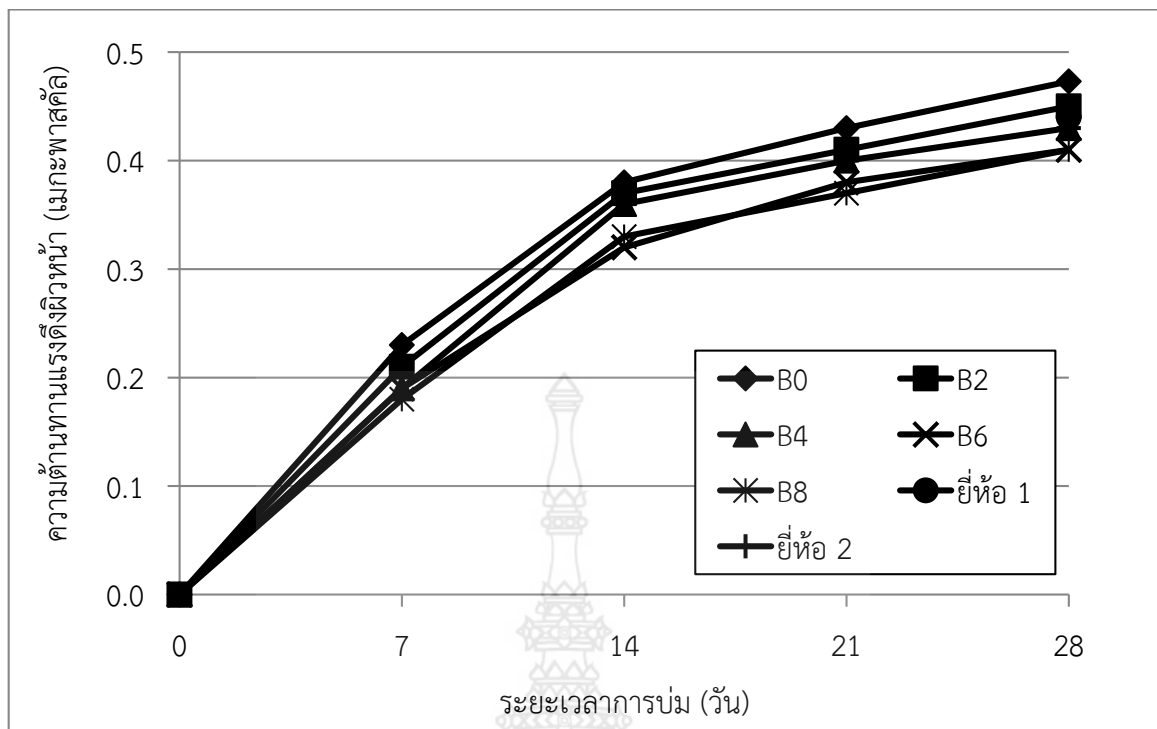


รูปที่ 4.6 มอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย ที่อายุการบ่ม 28 วัน

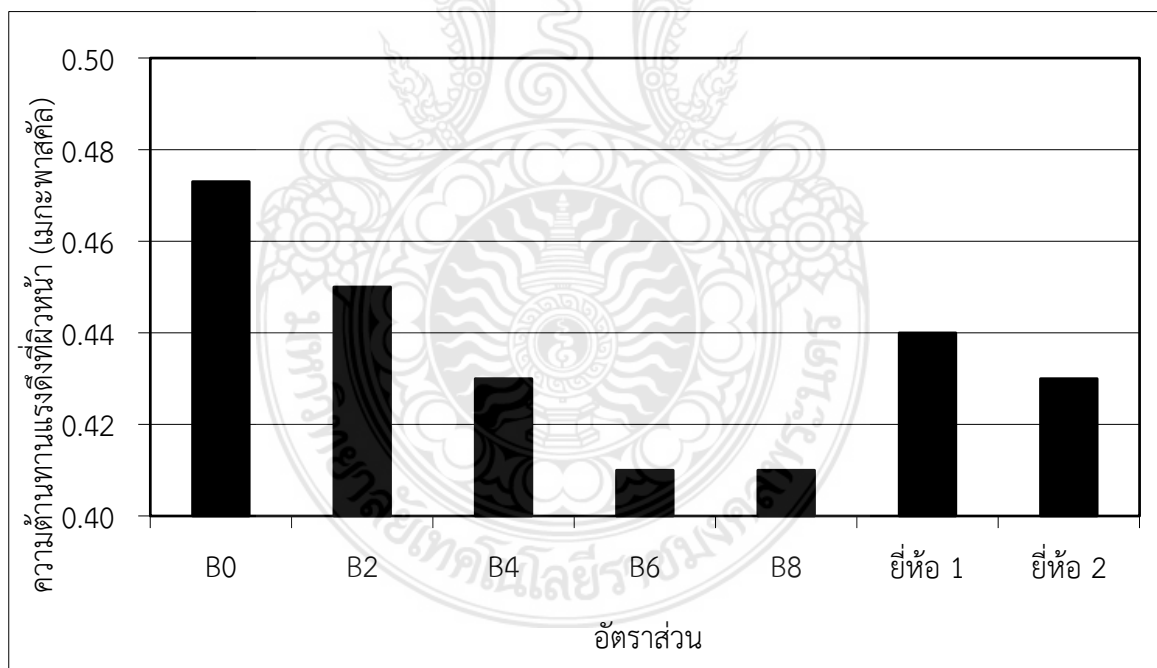
ผลการทดสอบมอดุลัสยืดหยุ่นเป็นสมบัติทางกลที่เกี่ยวข้องกับความต้านทานแรงดัด โดยค่ามอดุลัสยืดหยุ่นที่มากแสดงว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดมีความแข็งและทนการโก่งตัวมากกว่าแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นน้อย จากรูปที่ 4.6 พบว่า หินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย มีผลต่อความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นที่ลดลง โดยแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ไม่มีการผสมบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย (อัตราส่วน B0) มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงที่สุด รองลงมาคือ แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายอัตราส่วน B2 อัตราส่วน B4 อัตราส่วน B6 และอัตราส่วน B8 มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นต่ำที่สุด ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537) ที่กำหนดให้ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น ต้องไม่ต่ำกว่า 3,000 เมกะพาสคัล พบว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายอัตราส่วน B0, B2 และ B4 สามารถผ่านตามที่มาตรฐานกำหนด ส่วนแผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง ในท้องตลาด ทั้ง 2 ยี่ห้อ ก็มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นผ่านตามที่มาตรฐานกำหนดเช่นกัน

#### 4.8 ความต้านทานแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้า

ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย และแผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง ในท้องตลาด สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.7 และ 4.8



รูปที่ 4.7 ความต้านทานแรงดึงผิวหน้าของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย ที่อายุการบ่มต่างๆ



รูปที่ 4.8 ความต้านทานแรงดึงผิวหน้าของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย ที่อายุการบ่ม 28 วัน

ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายที่แสดงในรูปที่ 4.7 และ 4.8 พบว่า ปริมาณหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายที่มากมีแนวโน้มต่อค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าที่ลดลง ทั้งนี้ เป็นผลมาจากลักษณะของหินบะซอลต์ที่มีเนื้อโพรงข่ายมีช่องว่างมากทำให้มีพื้นที่รับแรงน้อย ซึ่งส่งผลให้แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ผสมหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายมากสามารถรับแรงดึงที่ผิวหน้าได้น้อย ดังจะเห็นได้จากแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ไม่ผสมหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายอัตราส่วน

B0 มีความต้านทานแรงดึงผิวหน้าสูงที่สุด รองลงมาคือ แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย อัตราส่วน B2, B4, B6 และ B8 มีความต้านทานแรงดึงผิวหน้าต่ำที่สุด ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก.878-2537 ซึ่งกำหนดให้ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ต้องสูงกว่า 0.4 เมกะพาสคัล (สมอ., 2537) พบว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย และแผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง ในท้องตลาดที่นำมาทดสอบทั้งหมด สามารถผ่านตามที่มาตรฐานกำหนด



## บทที่ 5

### สรุปผลและข้อเสนอแนะ

โครงการ “การใช้ประโยชน์เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายเป็นมวลรวมในแผ่นซีเมนต์บอร์ดสำหรับผนังอาคารถอดประกอบ” เป็นการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นซีเมนต์บอร์ดชนิดใหม่จากเศษวัสดุเหลือทิ้ง ซึ่งสามารถสรุปเป็นผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะได้ ดังต่อไปนี้

#### 5.1 สรุปผล

จากการพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ใช้เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายเป็นมวลรวมสำหรับใช้ก่อสร้างผนังของอาคารถอดประกอบ สามารถสรุปได้ว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย สามารถขึ้นรูปได้ด้วยวิธีการอัดและสั้นเขย่า เพื่อให้ส่วนผสมเรียงและจับตัวกันเป็นแผ่นซีเมนต์บอร์ดได้ โดยไม่ต้องใช้วิธีการให้น้ำหนักค้างไว้แบบแผ่นซีเมนต์บอร์ดทั่วไป ชุมชนและผู้ประกอบการจึงสามารถเข้าถึงเทคโนโลยีได้ง่าย และไม่ต้องลงทุนเครื่องจักรสำหรับการผลิตที่มีราคาสูงเกินไป ทั้งนี้ อัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย คือ อัตราส่วน B4 (อัตราส่วนปูนยิปซัมปลาสเตอร์ต่อทรายต่อหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายต่อสารโซเดียมซิลิเกตต่อน้ำ เท่ากับ 1:2:4:0.03:0.55 โดยน้ำหนัก) เนื่องจากมีสมบัติที่ใกล้เคียงกับมาตรฐาน มอก.878-2537 มากที่สุด (มีเพียงความหนาแน่นที่เกินกว่ามาตรฐาน) และเป็นอัตราส่วนที่ใช้เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายเป็นมวลรวมในแผ่นซีเมนต์บอร์ดมากที่สุด ทั้งนี้ ปริมาณหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายที่ผสมลงในแผ่นซีเมนต์บอร์ด จะช่วยให้แผ่นซีเมนต์บอร์ดมีความหนาแน่น และสภาพนำความร้อนที่ลดต่ำลง ซึ่งดีต่อการนำไปใช้งานเป็นผนังอาคาร เพราะจะช่วยให้อาคารไม่ร้อน แต่ด้วยความพรุนที่มากของเศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย จึงทำให้มีความชื้นภายในแผ่นซีเมนต์บอร์ดเพิ่มมากขึ้น ส่วนสมบัติทางกล เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย จะมีผลทำให้ความต้านทานแรงดัด โมดูลัสยืดหยุ่น และความต้านทานแรงดึงตึงตึงฉากกับผิวหน้ามีค่าลดต่ำลง แม้ว่าแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ใช้เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายเป็นมวลรวม เป็นวัสดุก่อสร้างที่ยังไม่มีมาตรฐานมาควบคุมโดยตรง แต่ด้วยคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์แผ่นซีเมนต์ขึ้นไม้อัดซีเมนต์ จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำผลิตภัณฑ์แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายที่พัฒนาไปประยุกต์ใช้งานทดแทนแผ่นซีเมนต์ขึ้นไม้อัดซีเมนต์ โดยมีจุดเด่นอยู่ที่การคงทนต่อการแช่น้ำที่เกิดการพองตัวน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นซีเมนต์ขึ้นไม้อัดซีเมนต์ทั่วไป

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาต่อไป ควรพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายให้มีสมบัติผ่านมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นซีเมนต์ขึ้นไม้อัดซีเมนต์: ชนิดความหนาแน่นสูง รวมทั้งมีสมบัติที่ดีกว่าแผ่นซีเมนต์บอร์ดในท้องตลาดทั่วไป โดยอาจเพิ่มเส้นใยมะพร้าวมาช่วยรับแรงดึงและลดน้ำหนักให้กับแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย ซึ่งน่าจะทำให้แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายสามารถแข่งขันและเป็นทางเลือกของผลิตภัณฑ์ผนังอาคารที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและประหยัดพลังงานได้



## เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรธรณี, 2553. **การจำแนกเขตเพื่อการจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณี จังหวัดบุรีรัมย์**. กรมทรัพยากรธรณี. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 96 หน้า.
- กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2539. **ไม้อัดซีเมนต์**. อุตสาหกรรมสาร ฉบับเดือน ต.ค. - พ.ย. 2539.
- กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2544. **ไม้อัดซีเมนต์**. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.
- ครองศักดิ์ ลุนห้ำ, สยาม ดวงจันทร์โชติ, และอัสนีย์ เวียงเงิน, 2553. **การทดสอบแรงอัดตามแนวแกนสำหรับตัวอย่างคอนกรีตที่เสริมด้วยเฟอร์โรซีเมนต์**. ปรินูญานิพนธ์หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2552. **ปูนซีเมนต์และการประยุกต์ใช้งาน**, กรุงเทพฯ, บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย อุตสาหกรรม จำกัด.
- دنۇپل تىننئوگاس, 2552. **วิทยาแร่**. พิมพ์ครั้งที่ 2, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- دنۇپل تىننئوگاس, 2553. **แร่และหิน**. พิมพ์ครั้งที่ 2, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ธนัญชัย ปกรณ์วรกิจ, พันธุดา พุฒิไพโรจน์, วรธรรม อุ่นจิตติชัย, และพรรณจิรา ทิศาวิภาต, 2549. **ประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของฉนวนอาคารจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. วารสารวิจัยและสาระสถาปัตยกรรม/การผังเมือง 4**.
- ธวัช จิรายุส, 2535. **การจับยึดพอร์ตแลนด์ซีเมนต์ของไม้ยูคาลิปตัส. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. ฉบับที่ 7 เดือน ม.ค.-เม.ย.2535. สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้. หน้า 85.
- บริษัท วิบูลย์พัฒนาอุตสาหกรรม จำกัด, 2553. **แผ่นไม้อัดซีเมนต์**. รายงานผลการวิจัยทุนรัชดาภิเษกสมโภช. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ประชุม คำพุ่ม และกิตติพงษ์ สุวีโร, 2557. **การใช้เศษหินภูเขาไฟสำหรับพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อก**. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 19.
- ประชาชาติธุรกิจออนไลน์, 2557. **ตลาดผนังสำเร็จรูป**. ฉบับประจำวันที 5 พฤศจิกายน 2557.
- ปริญญา จินดาประเสริฐ และชัย จาตุรพิทักษ์กุล, 2555. **ปูนซีเมนต์ ปอซโซลาน และคอนกรีต**. พิมพ์ครั้งที่ 7, สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย (ส.ค.ท.), หน้า 2.
- ผกามาศ ชูสิทธิ์ และภาณุเดช ชัดเงางาม, 2557. **การพัฒนาแผ่นไม้อัดซีเมนต์จากการประยุกต์ใช้เส้นใยธรรมชาติจากกากมะพร้าวและต้นข้าวโพด**. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- ยงยุทธ ชัยเขตร, ปิยนัฐ สุขรัฐ, สนธยา จวนเจริญ และวีระ เนตราทิพย์, 2551. **การใช้ประโยชน์จากผงหินบะซอลต์ในการทำเนื้อดินหล่อเซรามิกส์**, ในโครงการงานอุตสาหกรรมสำหรับปริญญาตรี 2551. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- วินิต ช่อวิเชียร, 2527. **คอนกรีตเทคโนโลยี**, กรุงเทพมหานคร, พิมพ์ครั้งที่ 5.
- สมพิศ ตันตวรนาท, กิตติพงษ์ สุวีโร, ประชุม คำพุ่ม และอชเทพ ศิริไสดา, 2557. **การใช้เศษหินภูเขาไฟสำหรับพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์บล็อกปูพื้น**. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.), 2525. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องแผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์ชนิดใช้งานทั่วไป มอก. 442-2525**. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.), 2530. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องไม้สักแปรรูป (มอก. 422-2530)**, สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.), 2537. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูง มอก. 878-2537**. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.
- Abdel-Hameed, S.A.M. and Bakr, I.M., 2007. Effect of alumina on ceramic properties of cordierite glass–ceramic from basalt rock. **Journal of the European Ceramic Society**. 27(2-3), 1893–1897.
- American Society for Testing and Materials (ASTM), 2013. **Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus (ASTM C177)**. Philadelphia.
- El-Alfi, E.A., Othman, A.G. and Elwan, M.M., 1999. Physico-mechanical properties of basalt-clay bricks. **Industrial Ceramics**. 19(3), 145-150.
- El-Alfi, E.A., Radwan, A.M. and Ali, M.H., 2004. Physico-mechanical properties of basalt bricks. **International Ceramic Review**. 53(3), 178–181.
- Faherty, Keith F. and Williamson, Thomas G., 1995. **Wood Engineering and Construction Handbook**. Second Edition. New York: McGraw-Hill, Inc.
- Karamanov, A., Ergul, S., Akyildiz, M. and Pelino, M., 2007. Sinter-crystallization of a glass obtained from basaltic tuffs. **Journal of Non-Crystalline Solids**. 354(2-9), 290-295.
- Young, Hugh D., 1992. **Hyper Physics**. University Physics. Addison Wesley.





ภาคผนวก

ก มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.878-2537

ข บทความสำหรับเผยแพร่

ค หนังสือรับรองการนำไปใช้ประโยชน์

ก มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.878-2537



ข บทความสำหรับเผยแพร่



ค หนังสือรับรองการนำไปใช้ประโยชน์





## 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

ใช้เครื่องจักรย่อยไม้ออกเป็นชั้นไม้แยกชั้นไม้ให้ได้ขนาดตามที่ต้องการนำไปผสมกับปูนซีเมนต์ แล้วนำไปโรยและอัดเป็นแผ่นในแบบ โดยทิ้งไว้ให้ปูนซีเมนต์ก่อตัวจึงถอดแบบออก หากใส่สารผสมเพิ่มเติมไม่ทำให้ความแข็งแรงหรือความคงทนของแผ่นชั้นไม้อัดซีเมนต์เสียไป”

3. ให้ยกเลิกความในข้อ 6.4 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

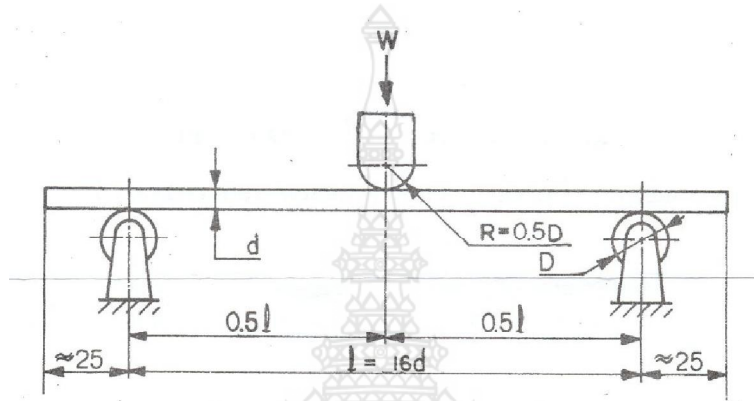
“6.4 สภาพนำความร้อน

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 เวอร์เนียแคลิเปอร์ส ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร สำหรับวัดความกว้างและความยาว”
6. ให้ยกเลิกรูปที่ 4 และให้ใช้รูปต่อไปนี้แทน



รูปที่ 4 การทดสอบความต้านแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่น  
(ข้อ 9.6.1.2)

ทั้งนี้ ตั้งแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

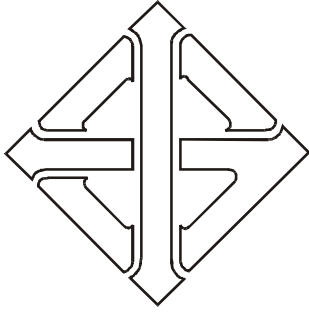
ประกาศ ณ วันที่ 4 ตุลาคม พ.ศ. 2537

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

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 106 ตอนที่ 137  
วันที่ 24 สิงหาคม พุทธศักราช 2532

**คณะกรรมการวิชาการคณะที่ 120**  
**มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นอัดสำหรับการก่อสร้าง**

**ประธานกรรมการ**

นายวรรณะ มณี

ผู้แทนสมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์

**กรรมการ**

นายสุธี หาญสงคราม

ผู้แทนกรมป่าไม้

นายสมศักดิ์ พัฒนประภาพันธ์

นายยงยุทธ ศรีเมฆรัตน์

ผู้แทนกรมโยธาธิการ

นายสุทธิศักดิ์ สำเร็จประสงค์

ผู้แทนสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

นายอรุณ พุฒยางกูร

ผู้แทนสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ

นายฝั่งผาย สุนทรภักย์

ผู้แทนวิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา

วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ

นายพลสินธุ์ อาชวาคม

ผู้แทนกรมการค้าต่างประเทศ

นายวิจิตร กฤษณบารุง

ผู้แทนคณะวนศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นายอำนาจ พานิชกุล

ผู้แทนวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์

นายอภิรักษ์ รัตนันท์

-

ผู้แทนบริษัท ศรีมหาราช จำกัด

ร.ต. อุทัย ลินธุ์ประมา

ผู้แทนบริษัท ไม้อัดไทย จำกัด

นายวิชัย ภูษิตวิทย์

นายชูชาติ บุญศิริ

ผู้แทนบริษัท ไทยชิปบอร์ด จำกัด

ร.ท. ฉลอง ขุนพรหม

ผู้แทนบริษัท สตรามิตบอร์ด จำกัด

นายก่อเกียรติ แยมมีศรี

ผู้แทนบริษัท เซลโลกรีตไทย จำกัด

นายนิสสิต บุญ-หลง

ผู้แทนบริษัท ไทยทักซิณป่าไม้ จำกัด

**กรรมการและเลขานุการ**

นายสมคิด แสงนิล

ผู้แทนสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

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

ISO 8335 : 1987

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



คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้พิจารณามาตรฐานนี้แล้ว เห็นสมควรเสนอรัฐมนตรีประกาศตาม มาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511



**ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม**

**ฉบับที่ 1516 (พ.ศ. 2532)**

**ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม**

**พ.ศ. 2511**

**เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม**

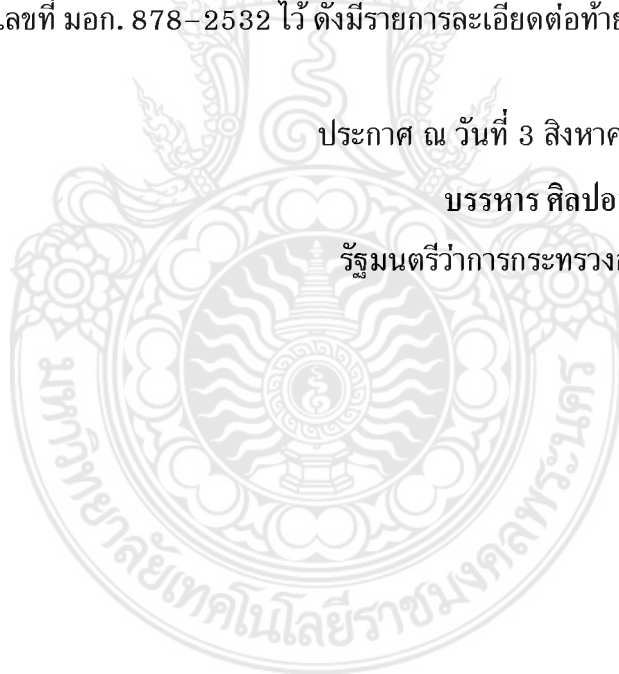
**แผ่นซีดีไอดีซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง**

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 แผ่นซีเมนต์อัดขึ้นรูป 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	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน		
	ความกว้าง และความยาว	ความหนา	
		SAN	UNS
ระบุ			
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 ข้อกำหนดคุณภาพมาตรฐานเลขที่ มอก. 15 เล่ม 1

### 5.2 การทำ

ใช้เครื่องจักรย่อยไม้ออกเป็นชันไม้ แยกชันไม้ให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ นำไปผสมกับปูนซีเมนต์ แล้วนำไปโรยและอัดเป็นแผ่นโดยทิ้งไว้ให้ปูนซีเมนต์ก่อตัวจึงถอดแบบออก หากใส่สารผสมเพิ่มเติมไม่ทำให้ความแข็งแรงหรือความคงทนของแผ่นชันไม้อัดซีเมนต์เสียไป

## 6. คุณลักษณะที่ต้องการ

### 6.1 ลักษณะทั่วไป

แผ่นชันไม้อัดซีเมนต์ต้องมีความหนา ความแน่น และความเรียบสม่ำเสมอทั้งหมดทั้งแผ่น ขอบจะต้องตั้งได้จากกับระนาบผิว

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

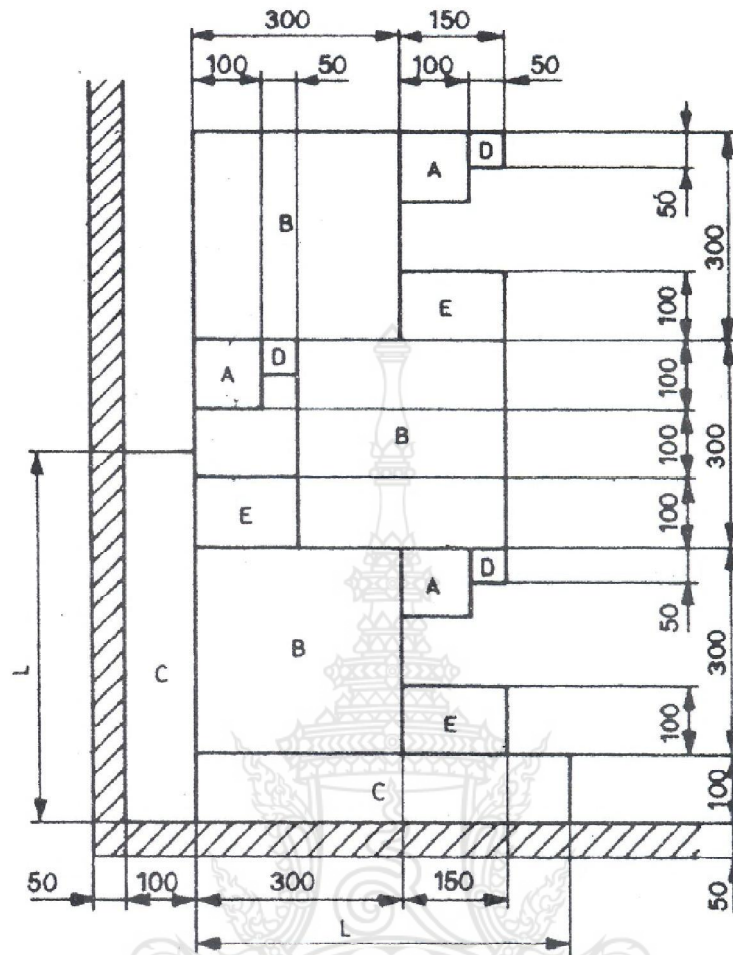
## 8. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

- 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 ตำแหน่งและการตัดขึ้นทดสอบ  
(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  $23 \pm 5$  องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ  $60 \pm 10$  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

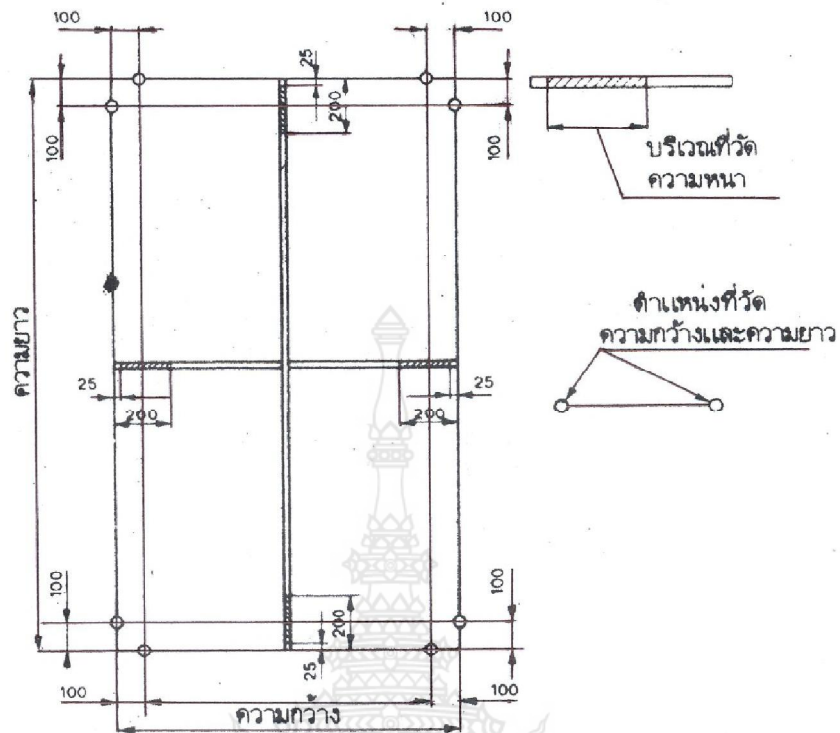
#### 9.2.3 ความแตกต่างของเส้นทแยงมุม

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

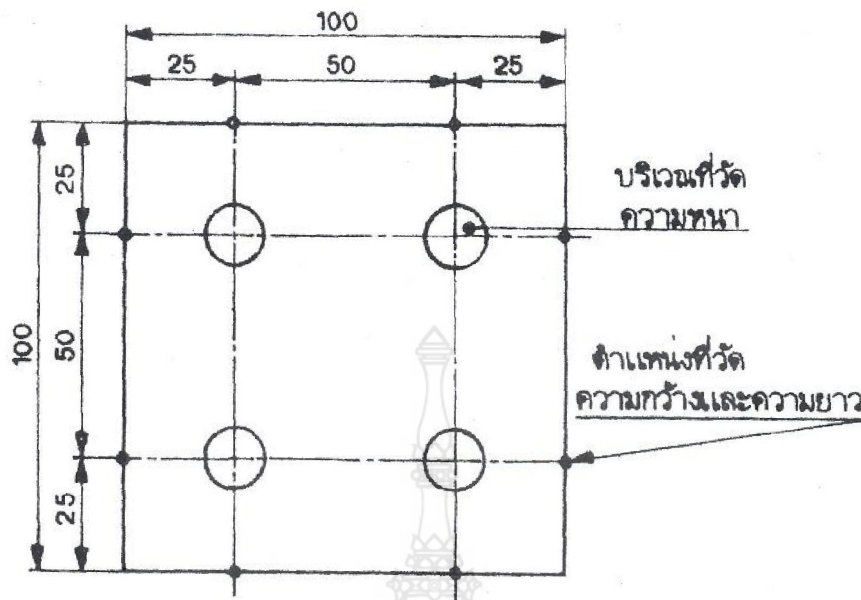
หาค่าความหนาแน่นจากสูตร

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

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  $130 \pm 2$  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  $103 \pm 2$  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 ให้ขอบบนอยู่ใต้ระดับผิวน้ำประมาณ 25 มิลลิเมตร ชั้นทดสอบต้องตั้งได้ฉากกับผิวน้ำ และห่างจากผนังและก้นภาชนะที่ใส่น้ำไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร

9.5.2.3 เมื่อแช่ชั้นทดสอบครบ 24 ชั่วโมง นำชั้นทดสอบขึ้นมาซับน้ำที่ผิวออกให้หมดด้วยผ้าหามาดแล้วปล่อยให้ชั้นทดสอบแห้งโดยวางให้ขอบด้านใดด้านหนึ่งอยู่บนแผ่นวัสดุที่ไม่ดูดซึมน้ำ เช่น พลาสติก กระดาษ

9.5.2.4 เมื่อปล่อยให้ชั้นทดสอบแห้งครบ 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

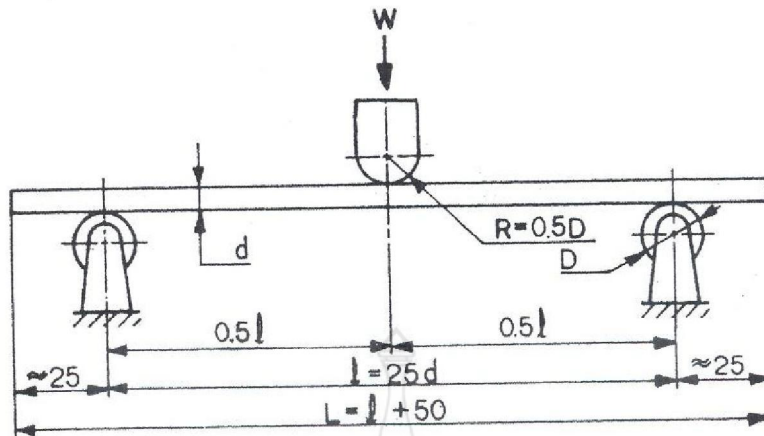
9.6.1.3 มาตรการแอนตัว ซึ่งอ่านค่าได้ละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร

9.6.2 วิธีทดสอบ

9.6.2.1 วางชั้นทดสอบลงบนแท่นรองรับซึ่งมีระยะห่าง 16 เท่าของความหนาระบุของชั้นทดสอบ (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

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

เมื่อ  $f$  คือ ความต้านแรงคัต เป็นเมกะพาสคัล

$W$  คือ แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ เป็นนิวตัน

$\ell$  คือ ระยะห่าง ระหว่างจุดศูนย์กลางของแท่นรองรับ เป็นมิลลิเมตร

$b$  คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

$d$  คือ ความหนาเฉลี่ยของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

#### 9.6.3.2 หาค่ามอดูลัสยืดหยุ่นจากสูตร

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

เมื่อ  $f$  คือ มอดูลัสยืดหยุ่น เป็นเมกะพาสคัล

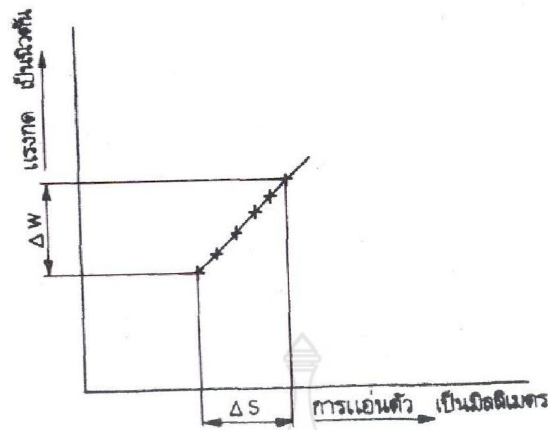
$\ell$  คือ ระยะห่าง ระหว่างจุดศูนย์กลางของแท่นรองรับ เป็นมิลลิเมตร

$\Delta W$  คือ แรงกดที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง ตามรูปที่ 5 เป็นนิวตัน

$b$  คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

$d$  คือ ความหนาเฉลี่ยของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

$\Delta S$  คือ ระยะแอนตัวที่เพิ่มขึ้น ในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง ตามรูปที่ 5 เป็นมิลลิเมตร



รูปที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดกับการเอนตัว  
(ข้อ 9.6.3.2)

9.6.4 การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

9.7 ความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้า

9.7.1 เครื่องมือ

9.7.1.1 เครื่องดิ่ง ซึ่งสามารถให้แรงดิ่งเพื่อแยกชั้นทดสอบออกในเวลาไม่น้อยกว่า 30 วินาทีและไม่เกิน 120 วินาที

9.7.1.2 แผ่นดิ่งซึ่งทำด้วยไม้หรือโลหะที่เหมาะสม ขนาดไม่น้อยกว่า 50 มิลลิเมตร × 50 มิลลิเมตร ความหนาตามความเหมาะสม

9.7.2 วิธีทดสอบ

9.7.2.1 ติดผิวหน้าทั้งสองของชั้นทดสอบกับแผ่นดิ่ง โดยใช้กาวสังเคราะห์ที่มีแรงยึดมากกว่าแรงยึดในตัวชั้นทดสอบ

9.7.2.2 นำชั้นทดสอบที่เตรียมได้แล้วนี้ไปเข้าเครื่องดิ่ง ดิ่งให้ชั้นทดสอบแยกออกจากกันซึ่งปกติจะแยกในชั้นไส้ อัตราการเพิ่มแรงดิ่งต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มดิ่งจนกระทั่งชั้นทดสอบแยกออกจากกันต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที และไม่เกิน 120 วินาที

9.7.3 วิธีคำนวณ

หาค่าความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้าจากสูตร

$$\text{ความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้า} = \frac{\text{แรงดิ่งสูงสุด (นิวตัน)}}{\text{ความกว้าง (มิลลิเมตร) } \times \text{ ความยาว (มิลลิเมตร)}}$$

เมกะพาสคัล

9.7.4 การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้า

การใช้ประโยชน์เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายเป็นมวลรวมในแผ่นซีเมนต์บอร์ด  
สำหรับผนังอาคารถอดประกอบ  
Utilization of Vesicular Basalt Fragment as Aggregate in Cement Board  
for Knockdown Building Wall

ปราโมทย์ วีรานุกูล<sup>1\*</sup> และกิตติพงษ์ สุวีโร<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

<sup>2</sup> อาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

\* E-mail: pramot.w@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย โดยใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1: หินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย: สารโซเดียมซิลิเกต: น้ำประปา จำนวน 5 อัตราส่วน เท่ากับ 1: 2: 0: 0.03: 0.5, 1: 2: 2: 0.03: 0.5, 1: 2: 4: 0.03: 0.55, 1: 2: 6: 0.03: 0.6 และ 1: 2: 8: 0.03: 0.65 โดยน้ำหนัก ขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยเครื่องอัด ทดสอบคุณสมบัติตามมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง จากผลการทดสอบพบว่า อัตราส่วน 1: 2: 4: 0.03: 0.55 เป็นอัตราส่วนแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายที่เหมาะสมที่สุด แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่พัฒนาขึ้นนี้ สามารถนำเศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายมาใช้เป็นวัสดุก่อสร้างที่มีน้ำหนักเบา แข็งแรง เป็นฉนวนป้องกันความร้อน และทนความชื้นได้ดี

**คำสำคัญ:** แผ่นซีเมนต์บอร์ด; เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย; ฉนวนป้องกันความร้อน; อาคารถอดประกอบ

Abstract

This research aims to develop the cement board from vesicular basalt fragment. The 5 ratios of Portland cement type1: fine sand: vesicular basalt fragment: sodium silicate: tap water are equal to 1: 2: 0: 0.03: 0.5, 1: 2: 2: 0.03: 0.5, 1: 2: 4: 0.03: 0.55, 1: 2: 6: 0.03: 0.6 and 1 : 2 : 8: 0.03: 0.65 by weight. The cement boards were produced by compression machine. The property tests of cement-bonded fiberboard followed the TIS. 878-1994 standard (cement bonded particle board: high density). From the results, 1: 2: 4: 0.03: 0.55 is the most suitable ratio of cement board from coconut shell ash. This developed cement boards can apply the vesicular basalt fragment to use as the construction materials with light-weight, high strength, good thermal insulation, and moisture protection properties.

**Keywords:** cement board; vesicular basalt fragment; thermal insulation; knockdown Building



## 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

หินบะซอลต์ (basalt) เป็นหินอัคนีฟูเนื่อละเอียดมีสีเทาถึงดำ น้ำตาลแกมแดง ม่วงปนดำ เกิดจากหินหนืด ขึ้นมาเย็นตัวบนพื้นโลกอาศัยรอยแตกของเปลือกโลกหรือปล่องภูเขาไฟ ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของบรรดาเกาะในมหาสมุทรและส่วนประกอบทั่วไปในภาคพื้นทวีปเช่นกัน องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ ได้แก่ ซิลิกา อะลูมินา เหล็ก แคลไซต์ แมกนีไซต์ และที่สำคัญรองลงมาได้แก่ โซดา โพแทสเซียม ไททานเนียม แมงกานีส และฟอสฟอรัส หรือพิจารณาชนิดแร่ปริมาณชนิดต่างๆ ได้แก่ เฟลด์สปาร์ แพลจิโอเคลส และไพรอกซีน บางครั้งยังมีแร่โอไรต์ แนนีไทต์ โอลิวีน และแร่ชนิดอื่นๆ เป็นแร่สำคัญอันดับรองปนอยู่ด้วย (دنพล, 2553) ในประเทศไทยมีปริมาณแหล่งหินบะซอลต์สำรองที่มีศักยภาพ (potential reserve) 42,252.8 ล้านตัน (ยงยุทธ และคณะ, 2551) โดยหินบะซอลต์พบเป็นหินต้นกำเนิดแร่พลอยในจังหวัดกาญจนบุรี แพร่ ลำปาง ศรีสะเกษ จันทบุรี และตราด ส่วนหินบะซอลต์ไม่ให้พลอย พบในจังหวัดเชียงราย ลำปาง เพชรบูรณ์ ลพบุรี นครราชสีมา ชลบุรี สระบุรี อุทัยธานี บุรีรัมย์ อุบลราชธานี และสุรินทร์ ในลักษณะภูเขาไฟดับสนิทแล้ว หินบะซอลต์แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ กิ่งแอลคาไล และแอลคาไล กลุ่มกิ่งแอลคาไล ประกอบด้วย หินบะซอลต์ปนโทลิโอต์ และหินบะซอลต์แคลก์-แอลคาไล ส่วนกลุ่มแอลคาไล คือ หินบะซอลต์แอลคาไล และหินบะซอลต์แอลคาไลโอลิวีน (دنพล, 2552)

ปัจจุบัน มีการใช้หินบะซอลต์ปนโทลิโอต์ หรือหินไดอะเบส (diabase) ที่มีขนาดใหญ่มาใช้เป็นหินก่อสร้าง เพราะมีความหนืดสูงและมีแนวโน้มการตกผลึกตามธรรมชาติต่ำ ทั้งนี้ การนำหินบะซอลต์ดังกล่าวมาใช้งาน ต้องคัดเศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย (vesicular basalt) ออก เนื่องจากเศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย เป็นเศษหินสีเทาถึงดำ ขนาดเม็ดหินค่อนข้างละเอียด และมีรูพรุนมาก ทำให้ไม่สามารถนำมาใช้เป็นหินก่อสร้างได้ โดยเศษหินชนิดนี้พบมากบริเวณปากปล่องภูเขาไฟที่มีลักษณะการไหลของลาวาแบบลอนคลื่นหรือปาฮอยฮอย (pahoehoe) ซึ่งเป็นบริเวณที่มีปริมาณซิลิกาค่อนข้างต่ำจึงมีความหนืดน้อย ทำให้ไหลปกคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง เมื่อเปิดหน้าดินลึกลงไปเพื่อทำเหมืองหิน จะพบชั้นของเศษหินบะซอลต์โพรงข่ายนี้ มีความหนาตั้งแต่ 0.5 – 5 เมตร ทั่วบริเวณ (กรมทรัพยากรธรณี, 2553)



รูปที่ 1 หินบะซอลต์โพรงข่าย เขากระโดง บ้านเขากระโดง ตำบลเสม็ด อำเภอเมืองบุรีรัมย์

เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย จึงเป็นเศษหินที่มีปริมาณมาก แต่มีมูลค่าต่ำ และไม่ถูกนำมาใช้ประโยชน์เท่าที่ควร เนื่องจากการใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่ จะเป็นการนำไปถมที่ดินเท่านั้น ซึ่งเป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่ไม่คุ้มค่า จึงควรมีการนำเศษหินดังกล่าวมาศึกษา วิจัย และพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงขึ้น ทั้งนี้ จากการพิจารณาลักษณะของเศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายที่ละเอียด และน้ำหนักเบา ทำให้เห็นว่า เหมาะสมสำหรับนำไปใช้เป็นมวลรวมของผลิตภัณฑ์แผ่นซีเมนต์บอร์ด ซึ่งกำลังได้รับความนิยมอย่างมาก เพราะเป็นวัสดุก่อสร้างจำพวกผนังที่สำคัญของอาคารถอดประกอบ (knockdown wall) ที่มีอัตราการขยายตัวเพิ่มขึ้นกว่าปีละ 200% โดยในปี 2554 อาคารถอดประกอบมีมูลค่าตลาดรวม



มากกว่า 6,000 ล้านบาท (ประชาชาติธุรกิจออนไลน์, 2557) เดิมทีแผ่นซีเมนต์บอร์ดมีการใช้ใยหินเป็นมวลรวมชนิดหลัก ซึ่งเป็นวัสดุที่อันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ และภายหลังมีการเปลี่ยนมาใช้หินไม้นแทน แต่ก็ได้แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีลักษณะและสมบัติไม่เหมาะกับการนำมาใช้เป็นผนังของอาคารถอดประกอบ เพราะมีการพองตัวและโก่งตัวสูง โครงการการใช้ประโยชน์เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายเป็นมวลรวมในแผ่นซีเมนต์บอร์ดสำหรับผนังอาคารถอดประกอบ จึงเป็นการพัฒนาสมบัติของแผ่นซีเมนต์ให้มีความแข็งแรงตามต้องการ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ใช้เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายเป็นมวลรวมสำหรับใช้ก่อสร้างผนังของอาคารถอดประกอบ ซึ่งเป็นการนำทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่มากทั่วประเทศ แต่ไม่ถูกนำไปใช้ประโยชน์เท่าที่ควร มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความต้องการและมูลค่าสูง ซึ่งผู้ประกอบการ ชุมชนท้องถิ่น และผู้บริโภคได้รับประโยชน์จากเศษหินและผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ตลอดจนเป็นการหาวัสดุสำหรับทดแทนทรัพยากรธรรมชาติที่กำลังจะหมดไปอีกด้วย

## 2. วัสดุและอุปกรณ์

- 2.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1
- 2.2 ทรายละเอียด จากทรายบก
- 2.3 เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย จากจังหวัดบุรีรัมย์
- 2.4 น้ำประปา
- 2.5 สารโซเดียมซิลิเกต ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ )
- 2.6 เครื่องผสมคอนกรีต
- 2.7 เครื่องอัดแผ่นซีเมนต์บอร์ด พร้อมแบบหล่อ ขนาด 30x30x1.5 เซนติเมตร
- 2.8 เครื่องย่อยหิน พร้อมตะแกรงสำหรับคัดขนาดเบอร์ 4 หรือ 4.76 มิลลิเมตร
- 2.9 เครื่องชั่งน้ำหนัก
- 2.10 ชุดทดสอบหาค่าความหนาแน่น ความชื้น และการพองตัวเมื่อแช่น้ำ
- 2.11 เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal Testing Machine)
- 2.12 เครื่องทดสอบสภาพนำความร้อน

## 3. การออกแบบส่วนผสม

ออกแบบอัตราส่วนผสมของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย จำนวน 5 อัตราส่วน โดยทำการเพิ่มปริมาณเศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายมากขึ้นเรื่อยๆ จากอัตราส่วนที่ไม่มีเศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย

อัตราส่วน	ปูนซีเมนต์	ทรายละเอียด	หินบะซอลต์	สารโซเดียมซิลิเกต	น้ำประปา
B0	1	2	0	0.03	0.50
B2	1	2	2	0.03	0.50
B4	1	2	4	0.03	0.55
B6	1	2	6	0.03	0.60
B8	1	2	8	0.03	0.65

#### 4. การขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ด

4.1 ผสมสารเคมีสำหรับเร่งการก่อตัวของแผ่นซีเมนต์บอร์ดในปริมาณร้อยละ 3 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ ให้เข้ากับน้ำประปา

4.2 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ทรายละเอียด เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย และน้ำประปาที่ผสมสารเร่งการก่อตัวแล้ว ให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมคอนกรีต ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การผสมปูนซีเมนต์ลงในส่วนผสมด้วยเครื่องผสมคอนกรีต

4.3 เตรียมแบบหล่อที่ติดตั้งอยู่กับเครื่องอัดแผ่นซีเมนต์บอร์ด หรือโต๊ะสั่นเขย่า โดยการทาน้ำมันหล่อลื่น

4.4 เทส่วนผสมทั้งหมดลงในแบบหล่อ และขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ใช้เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายเป็นมวลรวมด้วยเครื่องอัดแผ่นซีเมนต์บอร์ด หรือโต๊ะสั่นเขย่า ดังรูปที่ 3 และ 4



รูปที่ 3 การเทส่วนผสมลงในแบบหล่อ



รูปที่ 4 การอัดขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยเครื่องอัดแบบสั่นเขย่า

4.5 บ่มแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ใช้เศษหินปะชอลต์เนื้อโพร่งขายเป็นมวลรวม ด้วยกระสอบพรมน้ำตามระยะเวลาที่กำหนด ได้แก่ 7, 14, 21 และ 28 วัน สำหรับนำไปใช้ในการทดสอบ

## 5. การทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นซีเมนต์บอร์ด

ทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมเศษหินปะชอลต์เนื้อโพร่งขายตามมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง โดยเป็นการนำมาตราฐานของผลิตภัณฑ์ที่มีความใกล้เคียงกันในลักษณะของการใช้งานมาทำการทดสอบเทียบเคียง เพื่อหาสมบัติเบื้องต้น เนื่องจากปัจจุบันยังไม่มีการออกมาตราฐานของผลิตภัณฑ์แผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมเศษหินปะชอลต์เนื้อโพร่งขายนี้โดยตรง ทั้งนี้ การทดสอบจะใช้จำนวนตัวอย่าง 5 ตัวอย่างต่อการทดสอบ ซึ่งการทดสอบตามมาตรฐาน มอก.878-2537 นี้ ประกอบด้วย

- 5.1 ลักษณะทั่วไป
- 5.2 ความหนาแน่น
- 5.3 ความชื้น
- 5.4 สภาพนำความร้อน
- 5.5 การพองตัวเมื่อแช่น้ำ
- 5.6 ความต้านทานแรงดัด



รูปที่ 5 การทดสอบความต้านทานแรงดัดของแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยเครื่อง UTM

## 5.7 มอดูลสี่ยึดหย่อน

## 5.8 ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า



รูปที่ 6 ติดตั้งแผ่นซีเมนต์บอร์ดลงในเครื่อง UTM สำหรับทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากที่ผิวหน้า

## 6. ผลการวิจัย

จากการทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรง ข่าย ตามมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537) และมาตรฐานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังต่อไปนี้

### 6.1 ลักษณะทั่วไป

ผลการตรวจพินิจความหนา ความแน่น ความเรียบสม่ำเสมอ ความฉากของขอบ หรือลักษณะทั่วไปของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย ที่อายุการบ่ม 28 วัน ทั้งที่ไม่มีและมีหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย สามารถสรุปได้ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2 ลักษณะทั่วไปของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย ที่อายุการบ่ม 28 วัน

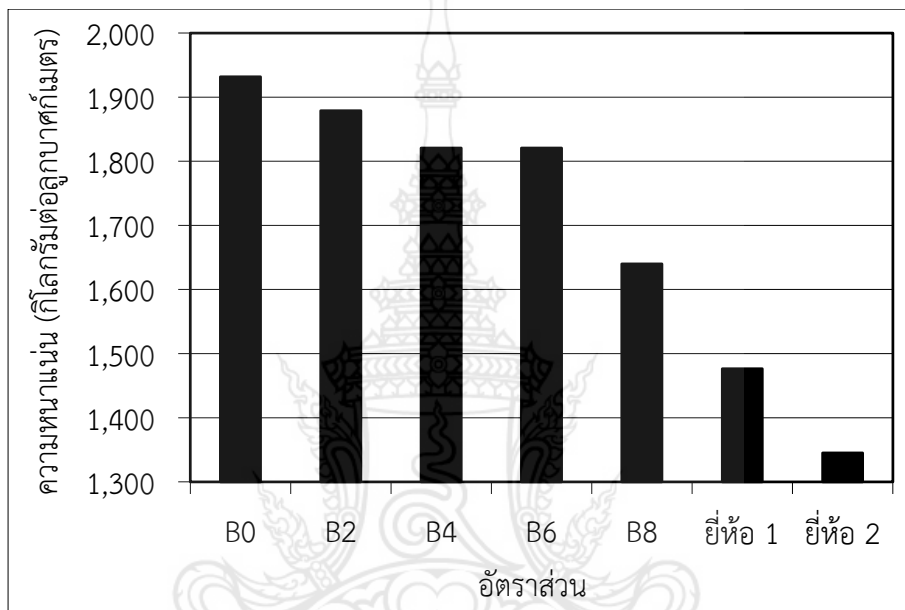
อัตราส่วน	ลักษณะทั่วไป
B0	ปกติ
B2	ปกติ
B4	ปกติ
B6	มีการบิ่นที่ขอบ
B8	แตกร้าวได้ง่าย
ยี่ห้อ 1	ปกติ
ยี่ห้อ 2	ปกติ

จากตารางที่ 2 พบว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย ทั้งที่ไม่มีผสมหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย และที่ผสมหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายไม่เกินอัตราส่วน B4 สามารถผ่านตามที่มาตรฐาน มอก. 878-2537 เรื่องแผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537) กำหนด คือ มีความหนา ความแน่น และความเรียบของแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่สม่ำเสมอ และบริเวณขอบมีความฉาก ส่วนการผสมหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายที่อัตราส่วน B6 และ B8 เนื้อของซีเมนต์บอร์ดจะมีความร่วน กล่าวคือ ปริมาณของหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายมีปริมาณมากเกินไปจนปูนซีเมนต์จะเชื่อมประสานได้ทั้งหมด จึงทำให้แผ่น

ซีเมนต์บอร์ดที่ได้เกิดการบิ่นที่ขอบหรือเกิดการแตกร้าวได้ง่าย เมื่อพิจารณาแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ผลิตจากซีเมนต์: ความหนาแน่นสูงที่มีจำหน่ายในท้องตลาด จำนวน 2 ยี่ห้อ ก็พบว่าแผ่นซีเมนต์บอร์ดดังกล่าวก็มีลักษณะผ่านตามที่มาตรฐานกำหนด

## 6.2 ความหนาแน่น

ความหนาแน่นเป็นการทดสอบที่มาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นซีเมนต์บอร์ด: ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537) มีการกำหนด โดยสามารถแสดงให้เห็นถึงน้ำหนักของแผ่นซีเมนต์บอร์ดเมื่อต้องนำไปใช้งาน ซึ่งผลการทดสอบความหนาแน่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย ทั้ง 5 อัตราส่วน และแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ผลิตจากซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด จำนวน 2 ยี่ห้อ มีดังนี้

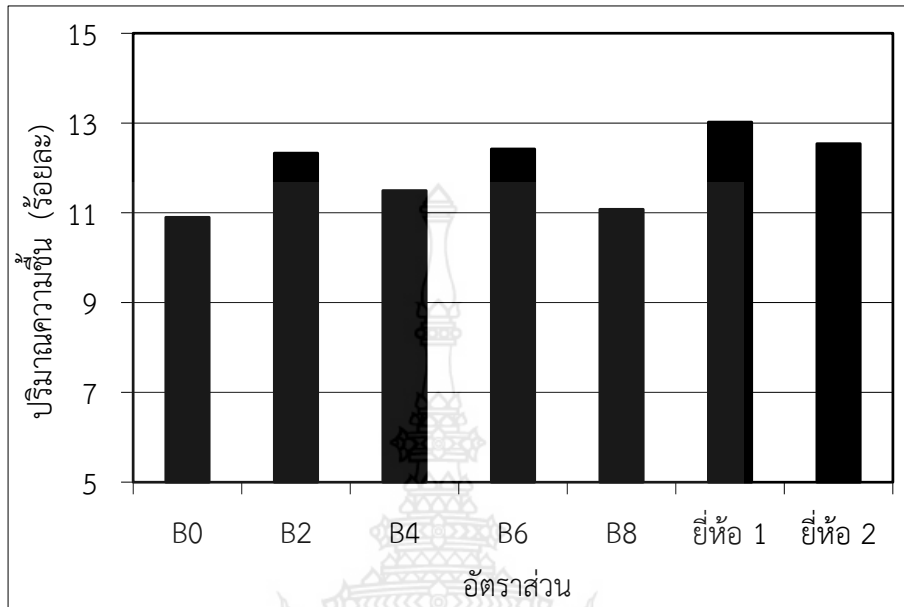


รูปที่ 7 ความหนาแน่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย ที่อายุการบ่ม 28 วัน

จากรูปที่ 7 พบว่า ความหนาแน่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ผสมและไม่ผสมหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย ทั้ง 5 อัตราส่วน มีความหนาแน่นเกินกว่าที่มาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นซีเมนต์บอร์ด: ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537) กำหนด คือ มีค่าเกินกว่า 1,300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ส่วนแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ผลิตจากซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดก็มีค่าความหนาแน่นเกินกว่าที่มาตรฐานกำหนด เช่นเดียวกัน ทั้งนี้ ปริมาณหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายที่ผสมลงในแผ่นซีเมนต์บอร์ด มีผลทำให้ความหนาแน่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดลดลง ดังจะเห็นได้จากแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ไม่ผสมหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย (อัตราส่วน B0) เป็นอัตราส่วนที่มีความหนาแน่นมากที่สุด รองลงมาคือ แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายอัตราส่วน B2, B4, B6 และ B8 เป็นแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายที่มีความหนาแน่นต่ำที่สุด อย่างไรก็ตาม ความหนาแน่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายที่ลดต่ำลงก็ยังคงสูงกว่าแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ผลิตจากซีเมนต์: ความหนาแน่นสูงในท้องตลาด และที่มาตรฐาน มอก.878-2537 กำหนด ซึ่งเป็นผลมาจากความหนาแน่นของวัสดุเชื่อมประสานอย่างปูนซีเมนต์ที่มีค่าสูง เท่ากับ 3,100 ถึง 3,200 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ทราวย เท่ากับ 2,600 ถึง 2,700 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย เท่ากับ 2,000 ถึง 2,300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (Young, 1992) แตกต่างจากแผ่นซีเมนต์บอร์ดทั่วไปที่มีส่วนผสมหลักเป็นซีเมนต์ ซึ่งมีความหนาแน่นเพียง 600 ถึง 1,100 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (Faherty et al., 1995)

### 6.3 ความชื้น

ผลการทดสอบความชื้นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ผสมและไม่ผสมหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย และแผ่นซีเมนต์ไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูงในท้องตลาด สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 8



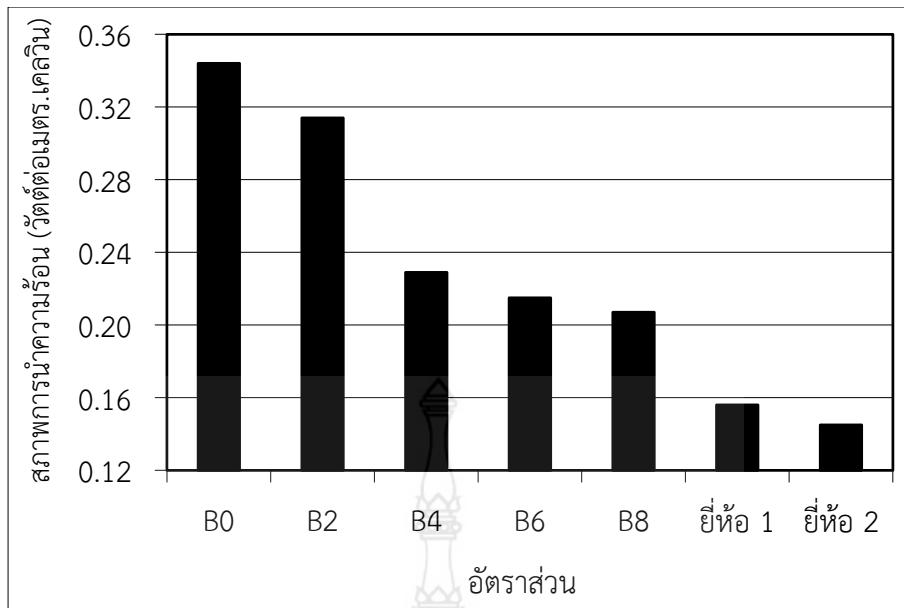
รูปที่ 8 ความชื้นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย ที่อายุการบ่ม 28 วัน

ผลการทดสอบความชื้นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย และแผ่นซีเมนต์ไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูงในท้องตลาด ในรูปที่ 8 ทั้งหมด มีค่าอยู่ในช่วงที่มาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นซีเมนต์ไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537) กำหนด คือ มีค่าความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 9 ถึง 15

### 6.4 สภาพนำความร้อน

การทดสอบสภาพนำความร้อนของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย และแผ่นซีเมนต์ไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูงในท้องตลาด ตามที่มาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นซีเมนต์ไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง สามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังนี้





รูปที่ 9 สภาพการนำความร้อนของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย ที่อายุการบ่ม 28 วัน

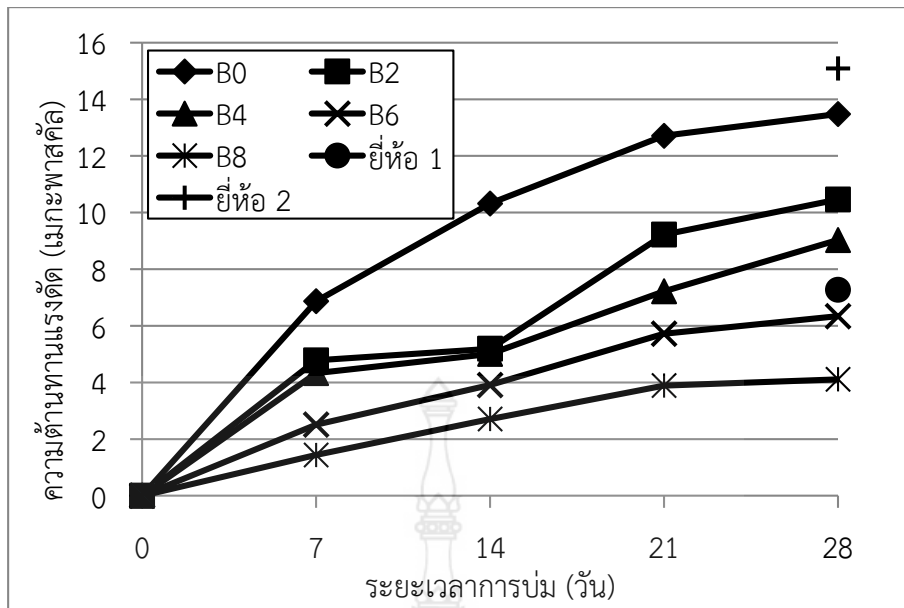
จากรูปที่ 9 พบว่า สภาพนำความร้อนหรือสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย อัตราส่วน B4, B6, B8 และแผ่นซีเมนต์บอร์ดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูงในห้องตลาด มีค่าผ่านตามที่มาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นซีเมนต์: ความหนาแน่นสูงกำหนด คือ มีสภาพนำความร้อน ไม่เกินกว่า 0.25 วัตต์ต่อเมตร.เคลวิน (สมอ., 2537) ส่วนแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย อัตราส่วน B0 และ B2 เป็นอัตราส่วนที่มีสภาพนำความร้อนเกินกว่าที่มาตรฐานกำหนด จากผลการทดสอบดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า หินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย สามารถช่วยลดค่าสภาพนำความร้อนได้ โดยเป็นผลมาจากความพรุนที่มากของเศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายที่ผสม (ธัญชัย และคณะ, 2549) ดังนั้น อาคารที่มีการติดตั้งแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ผสมหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายปริมาณมากเป็นผนัง จะมีการประหยัดพลังงานจากการใช้เครื่องปรับอากาศได้ดีกว่าแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ผสมหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายปริมาณน้อย

#### 6.5 การพองตัวเมื่อแช่น้ำ

สำหรับผลการทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย และแผ่นซีเมนต์: ความหนาแน่นสูงในห้องตลาด สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 10







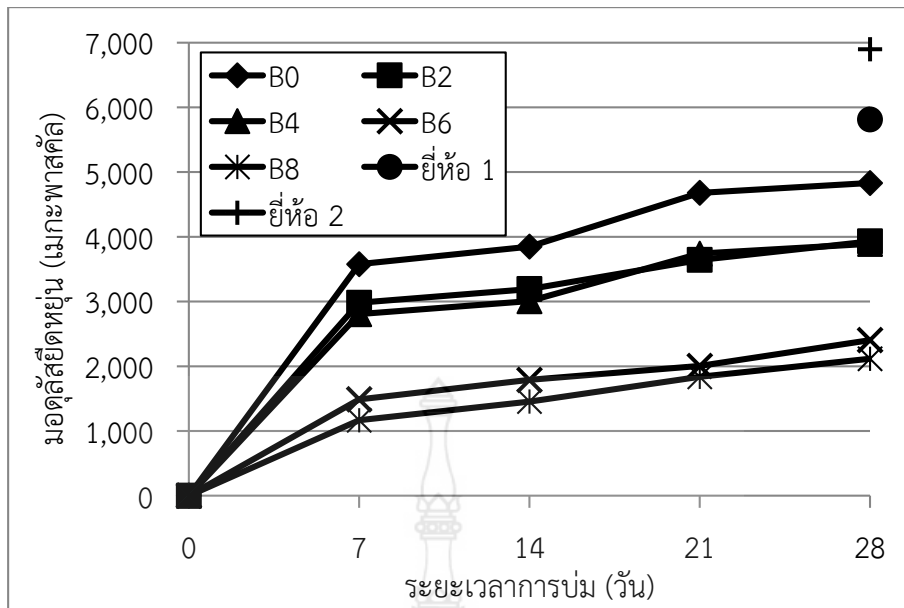
รูปที่ 11 ความต้านทานแรงดัดของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย ที่อายุการบ่ม 28 วัน

จากรูปที่ 11 พบว่า ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดของแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ไม่มีการผสมบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย (อัตราส่วน B0) มีความต้านทานแรงดัดสูงที่สุด รองลงมาคือ แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายอัตราส่วน B2 อัตราส่วน B4 อัตราส่วน B6 และอัตราส่วน B8 มีความต้านทานแรงดัดต่ำที่สุด ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า หินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายที่ผสม มีส่วนทำให้ความต้านทานแรงดัดลดลง ทั้งนี้ เป็นผลมาจากความพรุนหรือช่องว่างของหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย (ปริญญา และชัย, 2551) ทำให้มีความแข็งแรงลดลง เพราะจะทำให้มีพื้นที่รับแรงน้อย นอกจากนี้ การผสมหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายที่มาก จะมีผลต่อปริมาณปูนซีเมนต์ที่ช่วยยึดเกาะน้อยกว่าแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีปริมาณหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายน้อย โดยเมื่อเทียบกับมาตรฐาน มอก.878-2537 (สมอ., 2537) ที่กำหนดให้ความต้านทานแรงดัดต้องไม่น้อยกว่า 9 เมกะพาสคัล พบว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายอัตราส่วน B0, B2 และ B4 สามารถผ่านตามที่มาตรฐานกำหนด ส่วนแผ่นซีเมนต์บอร์ดอัตราส่วน B6, B8 และ ยี่ห้อ 1 ไม่สามารถผ่านตามที่มาตรฐานกำหนด

#### 6.7 มอดูลัสยืดหยุ่น

ผลการทดสอบมอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย และแผ่นซีเมนต์บอร์ดอัตราส่วน B0, B2 และ B4 สามารถผ่านตามที่มาตรฐานกำหนด ส่วนแผ่นซีเมนต์บอร์ดอัตราส่วน B6, B8 และ ยี่ห้อ 1 ไม่สามารถผ่านตามที่มาตรฐานกำหนด

มอดูลัสยืดหยุ่น ในท้องตลาด สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 12

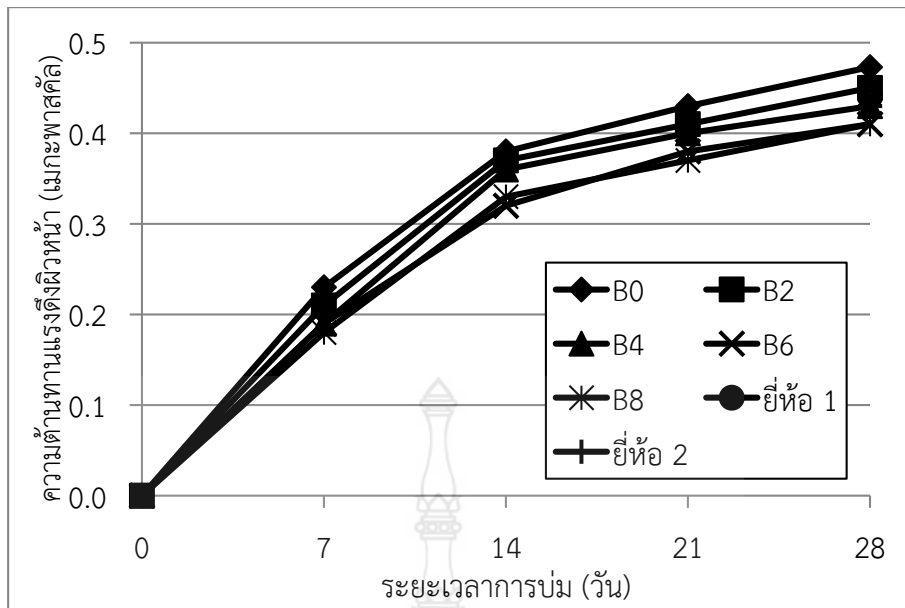


รูปที่ 12 มอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงชาย ที่อายุการบ่ม 28 วัน

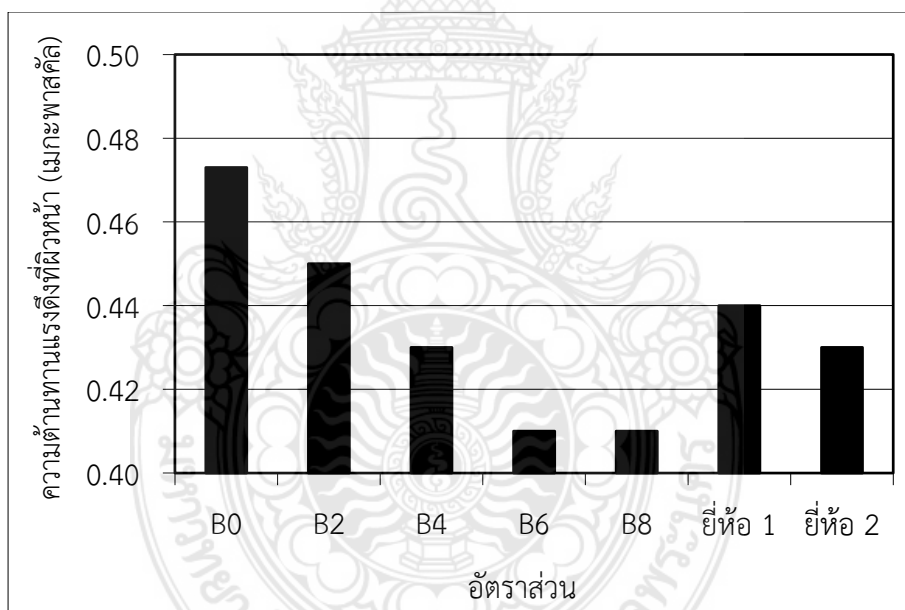
ผลการทดสอบมอดูลัสยืดหยุ่นเป็นสมบัติทางกลที่เกี่ยวข้องกับความต้านทานแรงดัด โดยค่ามอดูลัสยืดหยุ่นที่มากแสดงว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดมีความแข็งและทนการโก่งตัวมากกว่าแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นน้อย จากรูปที่ 12 พบว่า หินบะซอลต์เนื้อโพรงชาย มีผลต่อความต้านทานแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่นที่ลดลง โดยแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ไม่มีการผสมบะซอลต์เนื้อโพรงชาย (อัตราส่วน B0) มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นสูงที่สุด รองลงมาคือ แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงชายอัตราส่วน B2 อัตราส่วน B4 อัตราส่วน B6 และอัตราส่วน B8 มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นต่ำที่สุด ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537) ที่กำหนดให้ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น ต้องไม่ต่ำกว่า 3,000 เมกะพาสคัล พบว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงชายอัตราส่วน B0, B2 และ B4 สามารถผ่านตามที่มาตรฐานกำหนด ส่วนแผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง ในท้องตลาด ทั้ง 2 ยี่ห้อ ก็มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นผ่านตามที่มาตรฐานกำหนดเช่นกัน

#### 6.8 ความต้านทานแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้า

ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงชาย และแผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง ในท้องตลาด สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 13 และ 14



รูปที่ 13 ความต้านทานแรงดึงผิวหน้าของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย ที่อายุการป่มต่างๆ



รูปที่ 14 ความต้านทานแรงดึงผิวหน้าของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย ที่อายุการป่ม 28 วัน

ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายที่แสดงในรูปที่ 13 และ 14 พบว่า ปริมาณหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายที่มากมีแนวโน้มต่อค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าที่ลดลง ทั้งนี้ เป็นผลมาจากลักษณะของหินบะซอลต์ที่มีเนื้อโพรงข่ายมีช่องว่างมากทำให้มีพื้นที่รับแรงน้อย ซึ่งส่งผลให้แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ผสมหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายมาก สามารถรับแรงดึงที่ผิวหน้าได้น้อย ดังจะเห็นได้จากแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ไม่ผสมหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายอัตราส่วน B0 มีความต้านทานแรงดึงผิวหน้าที่สูงที่สุด รองลงมาคือ แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายอัตราส่วน B2, B4, B6 และ B8 มีความต้านทานแรงดึงผิวหน้าที่ต่ำที่สุด ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก.878-2537 ซึ่งกำหนดให้ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ต้องสูงกว่า 0.4 เมกะ

พาสคัล (สมอ., 2537) พบว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงชาย และแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง ในท้องตลาดที่นำมาทดสอบทั้งหมด สามารถผ่านตามที่มาตรฐานกำหนด

## 7. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ใช้เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงชายเป็นมวลรวม สำหรับใช้ก่อสร้างผนังของอาคารถอดประกอบ สามารถสรุปได้ว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงชาย สามารถขึ้นรูปได้ด้วยวิธีการอัดและสั่นเขย่า เพื่อให้ส่วนผสมเรียงและจับตัวกันเป็นแผ่นซีเมนต์บอร์ดได้ โดยไม่ต้องใช้วิธีการให้น้ำหนักค้างไว้แบบแผ่นซีเมนต์บอร์ดทั่วไป ชุมชนและผู้ประกอบการจึงสามารถเข้าถึงเทคโนโลยีได้ง่าย และไม่ต้องลงทุนเครื่องจักรสำหรับการผลิตที่มีราคาสูงเกินไป ทั้งนี้ อัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงชาย คือ อัตราส่วน B4 (อัตราส่วนปูนยิปซัมพลาสติกต่อทรายต่อหินบะซอลต์เนื้อโพรงชายต่อสารโซเดียมซิลิเกตต่อน้ำ เท่ากับ 1:2:4:0.03:0.55 โดยน้ำหนัก) เนื่องจากมีสมบัติที่ใกล้เคียงกับมาตรฐาน มอก.878-2537 มากที่สุด (มีเพียงความหนาแน่นที่เกินกว่ามาตรฐาน) และเป็นอัตราส่วนที่ใช้เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงชายเป็นมวลรวมในแผ่นซีเมนต์บอร์ดมากที่สุด ทั้งนี้ ปริมาณหินบะซอลต์เนื้อโพรงชายที่ผสมลงในแผ่นซีเมนต์บอร์ด จะช่วยให้แผ่นซีเมนต์บอร์ดมีความหนาแน่น และสภาพนำความร้อนที่ลดต่ำลง ซึ่งดีต่อการนำไปใช้งานเป็นผนังอาคาร เพราะจะช่วยให้อาคารไม่ร้อน แต่ด้วยความพรุนที่มากของเศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงชาย จึงทำให้ค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มมากขึ้น ส่วนสมบัติทางกล เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงชาย จะมีผลทำให้ความต้านทานแรงดัด โมดูลัสยืดหยุ่น และความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้ามีค่าลดต่ำลง แม้ว่าแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ใช้เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงชายเป็นมวลรวม เป็นวัสดุก่อสร้างที่ยังไม่มีมาตรฐานมาควบคุมโดยตรง แต่ด้วยคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์แผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำผลิตภัณฑ์แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงชายที่พัฒนาไปประยุกต์ใช้งานทดแทนแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ โดยมีจุดเด่นอยู่ที่การคงทนต่อการแช่น้ำที่เกิดการพองตัวน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ทั่วไป

ในการศึกษาต่อไป ควรพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงชายให้มีสมบัติผ่านมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์: ชนิดความหนาแน่นสูง รวมทั้งมีสมบัติที่ดีกว่าแผ่นซีเมนต์บอร์ดในท้องตลาดทั่วไป โดยอาจเพิ่มเส้นใยมะพร้าวมาช่วยรับแรงดึงและลดน้ำหนักให้กับแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงชาย ซึ่งน่าจะช่วยให้แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงชายสามารถแข่งขันและเป็นทางเลือกของผลิตภัณฑ์ผนังอาคารที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและประหยัดพลังงานได้

## 8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณแผ่นดินมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ประจำปี 2560 ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

## 9. เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรธรณี, 2553. การจำแนกเขตเพื่อการจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณี จังหวัดบุรีรัมย์. กรมทรัพยากรธรณี. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 96 หน้า.
- دنۇفل دىننۇيۇگاس, 2552. *วิทยาแร่*. พิมพ์ครั้งที่ 2, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- دنۇفل دىننۇيۇگاس, 2553. *แร่และหิน*. พิมพ์ครั้งที่ 2, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

- ธนัญชัย ปคุณวรกิจ, พันธุดา พุฒิไพโรจน์, วรธรรม อุ่่นจิตติชัย, และพรรณจิรา ทิศาวิภาต, 2549. ประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของฉนวนอาคารจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. **วารสารวิจัยและสาระสถาปัตยกรรม/การผังเมือง 4.**
- ประชาชาติธุรกิจออนไลน์, 2557. **ตลาดผนังสำเร็จรูป.** ฉบับประจำวันที่ 5 พฤศจิกายน 2557.
- ปริญญา จินดาประเสริฐ และชัย จาตุรพิทักษ์กุล, 2555. **ปูนซีเมนต์ ปอซโซลาน และคอนกรีต.** พิมพ์ครั้งที่ 7, สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย (ส.ค.ท.), หน้า 2.
- ยงยุทธ ชัยเขตร, ปิยนัฐ สุขรัฐ, สนธยา จวนเจริญ และวีระ เนตราทิพย์, 2551. **การใช้ประโยชน์จากผงหินบะซอลต์ในการทำเนื้อดินหล่อเซรามิกส์,** ในโครงการอุตสาหกรรมสำหรับปริญญาตรี 2551. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.), 2537. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูง มอก. 878-2537.** สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.
- Faherty, Keith F. and Williamson, Thomas G., 1995. **Wood Engineering and Construction Handbook.** Second Edition. New York: McGraw-Hill, Inc.
- Young, Hugh D., 1992. **Hyper Physics.** University Physics. Addison Wesley.





## บริษัท อริยะสุทธิ อินเตอร์เทรด จำกัด

ARIYASUTTHI INTERTRADE CO.,LTD.

261/255 หมู่ที่ 4 ถนน รังสิต - นครนายก ตำบลรังสิต อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110 โทร 0 2159 0667

วันที่ 4 กันยายน พ.ศ. 2560

เรื่อง ขอขอบคุณ ผศ.ดร. ปราโมทย์ วีรานุกูล งานวิจัยเรื่อง การใช้ประโยชน์เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายเป็นมวลรวมในแผ่นซีเมนต์บอร์ดสำหรับผนังอาคารถอดประกอบ  
เรียน อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ตามที่ บริษัท อริยะสุทธิ อินเตอร์เทรด จำกัด ได้นำเอาผลงานวิจัย ของ ผศ.ดร. ปราโมทย์ วีรานุกูล งานวิจัยเรื่อง การใช้ประโยชน์เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายเป็นมวลรวมในแผ่นซีเมนต์บอร์ดสำหรับผนังอาคารถอดประกอบ ไปใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตแผ่นซีเมนต์บอร์ดต้นทุ่นต่ำ อีกทั้งยังใช้วัสดุในพื้นที่ที่สามารถลดต้นทุนค่าขนส่งได้อย่างมาก และเป็นแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ เป็นผลให้บริษัท สามารถลดค่าใช้จ่ายและมีรายได้เพิ่มขึ้น

ในการนี้ ทางบริษัทจึงขอขอบคุณมายัง ผศ.ดร. ปราโมทย์ วีรานุกูล ในงานวิจัยเรื่อง การใช้ประโยชน์เศษหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่ายเป็นมวลรวมในแผ่นซีเมนต์บอร์ดสำหรับผนังอาคารถอดประกอบ และขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ความช่วยเหลือ มา ณ ที่นี้

ขอแสดงความนับถือ

นายธวัชชัย อริยะสุทธิ  
ตำแหน่ง กรรมการผู้จัดการ