ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกมวลเบาผสมเศษเซรามิกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมสำหรับการก่อสร้างอาคารเขียว

Product of Light Weight Concrete Block Mixed with Ceramic Waste from Industrial for Green Building Construction

อดิศร จรัลวรกูลวงศ์

ผกามาศ ชูสิทธิ์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ 2561

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกมวลเบาผสมเศษเซรามิกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมสำหรับการก่อสร้างอาคารเขียว

อดิศร จรัลวรกูลวงศ์
ผกามาศ ชูสิทธิ์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ 2561
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาขั้นตอนการผลิต อัตราส่วนที่เหมาะสม สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล ความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน ประสิทธิภาพการนำความร้อน และการใช้งานจริงของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้ง อัตราส่วนของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้ง ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1: หินฝุ่น: เถ้ากะลามะพร้าวเท่ากับ 1: 6.8: 0.2, 1: 6.7: 0.3, 1: 6.6: 0.4, 1: 6.5: 0.5 และ 1: 6.4: 0.6 โดยน้ำหนักอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ เท่ากับ 0.6 โดยน้ำหนัก ขึ้นรูปตัวอย่างคอนกรีตบล็อกด้วยขั้นตอนการผลิตเช่นเดียวกับคอนกรีตบล็อกทั่วไป ทดสอบสมบัติตามมาตรฐาน มอก.58 จากผลการทดสอบ พบว่า อัตราส่วนของผงเซรามิกเหลือทิ้งที่ดีที่สุดสำหรับผสมลงในคอนกรีตบล็อก คือ อัตราส่วน 1: 6.7: 0.3 ซึ่งปริมาณผงเซรามิกเหลือทิ้งที่เหมาะสม สามารถลดความหนาแน่นหรือน้ำหนักต่อก้อนให้ต่ำลงได้ รวมทั้งช่วยเพิ่มความเป็นฉนวนป้องกันความ เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกทั่วไป อย่างไรก็ตาม การผสมปริมาณผงเซรามิกเหลือทิ้งที่มากเกินไป มีผลทำให้สมบัติทางกลต่ำกว่าที่มาตรฐาน มอก.58 กำหนด

คำสำคัญ: ผงเซรามิกเหลือทิ้ง คอนกรีตบล็อก อุณหภูมิ อาคาร

Abstract

The objectives of this research are to study the production step, proper ratio, physical properties, mechanical properties and thermal insulation of concrete blocks mixed with waste ceramic powder. The ratios of concrete block mixed with waste ceramic powder include Portland cement type1: quarry dust: waste ceramic powder equal to1: 6.8: 0.2, 1: 6.7: 0.3, 1: 6.6: 0.4, 1: 6.5: 0.5 and1: 6.4: 0.6 by weight. Water per cement ratio are 0.6 by weight. The concrete block samples were castedby the general production as same as the ordinary concrete blocks and were tested follow TIS.58. From the results, the best amount of waste ceramic powder which put into concrete block is 1: 6.7: 0.3 of ratio. The proper ratios of waste ceramic powder can decrease the density or weight, and increase the thermal insulation efficiency of concrete blocks. However, the high amounts of waste ceramic powder effect to decrease the mechanical properties concrete blocks that are lower than TIS.58 standard.

Keywords: Waste Ceramic Powder, Concrete Block, Temperature, 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 อาคารเขียว	4
2.2 การใช้ประโยชน์เศษเซรามิกเหลือทิ้ง	5
2.3 คอนกรีตบล็อก	8
2.4 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	11
2.5 มวลรวม	13
2.6 เซรามิก	14
2.7 น้ำยางพารา	16
2.8 สมมิตฐาน	17
2.9 กรอบแนวคิด	17
2.10 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง	18
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	23
3.1 วัสดุและอุปกรณ์	23
3.2 การออกแบบส่วนผสม	26
3.3 การขึ้นรูปตัวอย่าง	26
3.4 การทดสอบคุณสมบัติ	30
3.5 การเขียนบทความวิจัยเพื่อเผยแพร่	33
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	32
4.1 ส่วนประกอบทางเคมีของผงเซรามิก	34
4.2 ภาพขยายของผงเซรามิกเหลือทิ้งและคอนกรีตบล็อก	34
4.3 ลักษณะโดยทั่วไปของคอนกรีตบล็อก	35
4.4 ความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อก	37
4.5 การดูดซึมน้ำและการหดตัวแห้งของคอนกรีตบล็อก	38

4.6 ความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อก 39
4.7 ความต้านทานแรงดัดของคอนกรีตบล็อก 41
4.8 สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อก 42
4.9 การใช้งานจริงของคอนกรีตบล็อก 44
4.10 บทความวิจัยเพื่อเผยแพร่ 47
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 48
5.1 สรุปผล 48
5.2 ข้อเสนอแนะ 49
เอกสารอ้างอิง 50
ภาคผนวก 53
ก มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58-2530
ข มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58-2533

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	เครื่องหมายรับรองอาคารเขียวของประเทศสหรัฐอเมริกา	4
2.2	การเผาเซรามิกในเตาขนาดใหญ่	5
2.3	ผลิตภัณฑ์เซรามิกที่ขึ้นรูปแล้ว	6
2.4	เศษผลิตภัณฑ์เซรามิกที่เสียหาย	6
2.5	เศษผลิตภัณฑ์เซรามิกที่เสียหายกลุ่มสุขภัณฑ์	6
2.6	ผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างจำพวกคอนกรีตบล็อก	7
2.7	การผลิตคอนกรีตบล็อกซึ่งสามารถดำเนินงานโดยวิสาหกิจชุมชนขนาดเล็ก	8
2.8	การก่อตัวของชั้นฟิล์มจากน้ำยางพาราภายในเนื้องคอนกรีต	8
2.9	กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	18
3.1	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1	23
3.2	หินฝุ่นหรือฝุ่นหินปูน	23
3.3	ผงเซรามิกจากการบดเศษสุขภัณฑ์เหลือทิ้ง	24
3.4	เครื่องผสมคอนกรีต	24
3.5	เครื่องอัดคอนกรีตบล็อกแบบสั่นเขย่า	24
3.6	แบบหล่อคอนกรีตบล็อก 5 ช่องวงกลม	25
3.7	ตู้อบปรับอุณหภูมิ	25
3.8	กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)	25
3.9	เครื่องทดสอบอเนกประสงค์	26
3.10	การชั่งส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้ง	27
3.11	การผสมปูนซีเมนต์และผงเซรามิกให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมคอนกรีต	27
3.12	การเติมน้ำประปาส่วนที่ 1 ลงในส่วนผสม	28
3.13	การทยอยเทหินฝุ่นลงในส่วนผสม	28
3.14	การนำส่วนผสมไปใส่ในแบบของเครื่องอัดคอนกรีตบล็อกจนเต็ม	29
3.15	การอัดและเขย่าส่วนผสมเป็นคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้ง	29
3.16	คอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้งที่อัดจนมีรูปร่างตามต้องการ	29
3.17	การเตรียมคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้งก่อนการนำไปทดสอบคุณสมบัติ	30
3.18	การวัดขนาดของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้ง	30
3.19	การทดสอบการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้ง	31
3.20	การทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้ง	31
3.21	ลักษณะการทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้ง	32
3.22	ลักษณะการทดสอบความต้านทานแรงดัดของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกจากวัสดุเหลือทิ้ง	32

3.23	ตำแหน่งการปรับแกนชิ้นงานกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) เพื่อศึกษาลักษณะโครงสร้างของวัสดุ	33
3.24	แผ่นคอนกรีตผสมผงเซรามิกเหลือทิ้งจากเครื่องอัดแผ่นคอนกรีตเพื่อใช้ทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิ	33
4.1	ภาพขยายผงเซรามิกจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	35
4.2	ภาพขยายคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้งจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดผงเซรามิกเกาะตัวที่กำลังขยาย 50 เท่า	36
4.3	ภาพขยายคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้งจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 100 เท่า	36
4.4	คอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกที่อัดจนมีรูปร่างตามต้องการ	37
4.5	คอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกที่อัดขึ้นรูปและสภาพพร้อมในไปใช้งาน	37
4.6	ผลการทดสอบน้ำหนักเฉลี่ย 5 ก้อนของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้ง	38
4.7	ผลการทดสอบความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้ง	39
4.8	ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกจากวัสดุเหลือทิ้ง	40
4.9	ผลการทดสอบการหดตัวทางยาวของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้ง	41
4.10	ผลการทดสอบแรงอัดประลัยของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้ง	41
4.11	ผลการทดสอบแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้ง	42
4.12	ผลการทดสอบแรงดัดประลัยของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้ง	43
4.13	ผลการทดสอบโมดูลัสการแตกหักของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้ง	43
4.14	ผลการทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้ง	44

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ขนาดของคอนกรีตบล็อกตามมาตรฐาน	9
2	ความต้านแรงอัดตามมาตรฐานของคอนกรีตบล็อก	10
3	ความชื้นของคอนกรีตบล็อก (เฉพาะประเภทควบความชื้น)	11
4	สารประกอบและคุณสมบัติของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ถึง 5	12
5	อัตราส่วนของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้งโดยน้ำหนัก	26
6	องค์ประกอบทางเคมีของผงเซรามิกจากการทดสอบด้วยเครื่อง XRF	34

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

เซรามิกเหลือทิ้ง เป็นขยะเหลือทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมจากกระบวนการเพื่อผลิตเซรามิก หรือในอุตสาหกรรมที่ใช้เซรามิกเป็นส่วนประกอบ โดยปริมาณเซรามิกที่เหลือทิ้งมาจากปริมาณของกระบวนการผลิต จากข้อมูลสถิติในช่วงปี 2559 ของศูนย์สารสนเทศโรงงานอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม มีโรงงานเซรามิก 557 โรงงาน ข้อมูลสถิติ 2559 จากศูนย์เทคโนโลยีสานสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกกระทรวงพาณิชย์มีการจำหน่ายเครื่องสุขภัณฑ์ปริมาณ 4.52 ล้านชิ้นต่อปี การส่งออกผลิตภัณฑ์เซรามิกรวมมีมูลค่า 754.64 ล้านเหรียญสหรัฐต่อปี ประกอบกับประเทศไทยมีการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ใช้เซรามิกมากเป็นอันดับต้น ๆ ในแถบเอเชียตอนใต้กระบวนการผลิตอุปกรณ์สุขภัณฑ์ทำให้มีการส่งผลิตภัณฑ์เซรามิกไปจำหน่ายในยุโรป และในทวีปอเมริกาอีกทั้งในประเทศไทยจำนวนมากต่อปี กรณีที่เกิดเป็นของเสียจากกระบวนการผลิตหรือเป็นขยะเหลือทิ้งจากการรื้นถอน ที่ต้องมีแนวทางการกำจัดหรือการนำไปใช้ประโยชน์อย่างชัดเจนและเร่งด่วน พบว่าส่วนใหญ่สุขภัณฑ์ที่เป็นเซรามิกสภาพของเนื้อยังคงคุณสมบัติจากกระบวนการเผา และแข็งมาก จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำเซรามกิจากสุขภัณฑ์มาบดผสมเป็นมวลรวมในคอนกรีตบล็อก เพื่อช่วยในการลดต้นทุนและเพิ่มสมบัติการเป็นฉนวนป้องกันความร้อนของคอนกรีตบล็อก โดยจะเป็นการช่วยประหยัดพลังงานและลดการทิ้งของเศษเหลือทิ้งของสุขภัณฑ์ของอาคารลงได้

คอนกรีตบล็อกเป็นวัสดุก่อผนังที่ผลิตจากปูนซีเมนต์ ทราย หินฝุ่น และน้ำ มีลักษณะเป็นก้อนสี่เหลี่ยม (สมอ., 2533) ผู้ผลิตคอนกรีตบล็อกส่วนใหญ่เป็นวิสาหกิจชุมชน ชาวบ้าน และโรงงานขนาดเล็กผลิตด้วยใช้เครื่องจักรที่สร้างได้เองภายในประเทศ แต่ด้วยสมบัติที่ด้อยกว่าอิฐมวลเบา เช่น น้ำหนักมาก, ไม่เป็นฉนวนป้องกันความร้อน, ไม่ดูดซับเสียง, และแตกหักง่าย ตลาดคอนกรีตบล็อกจึงถูกแย่งด้วยอิฐมวลเบาที่มีสมบัติที่ดีกว่า แต่ด้วยต้นทุนที่สูงและเครื่องจักรที่ต้องนำเข้าของอิฐมวลเบา จึงส่งผลต่อราคาค่าก่อสร้างที่สูงขึ้น ตลอดจนเม็ดเงินที่ต้องสูญเสียออกนอกประเทศ

การใช้เศษสุขภัณฑ์เหลือทิ้งจากโรงงานอุตสหากรรมและจากการก่อสร้างเป็นมวลรวมน้ำหนักเบาในคอนกรีตบล็อกเพื่อการประหยัดพลังงานจึงเป็นแนวทางการนำขยะจากสุขภัณฑ์ไปใช้ประโยชน์ได้อย่างชัดเจนและเป็นรูปธรรม โดยคอนกรีตบล็อกที่พัฒนา จะถูกทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล และความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนตามมาตรฐานสากล ทำให้มั่นใจว่า คอนกรีตบล็อกที่ได้ จะมีความคงทนสูง สามารถใช้งานเป็นวัสดุก่อผนังได้ดี มีสมบัติที่โดดเด่นกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไป ตลอดจนมีต้นทุนที่ต่ำกว่าอิฐมวลเบามาก กล่าวได้ว่าเป็นวัสดุก่อสร้างเพื่อสิ่งแวดล้อม เป็นวัสดุก่อสร้างเพื่อการประหยัดพลังงานและเป็นวัสดุก่อสร้างเพื่อชุมชนฐานรากของประเทศอย่างแท้จริง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกมวลเบาผสมเศษเซรามิกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมสำหรับการก่อสร้างอาคารเขียว

1.2.2 เพื่อส่งเสริมให้มีการนำเศษเซรามิกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมไปใช้เป็นมวลรวมน้ำหนักเบาในผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกมวลเบาสำหรับการก่อสร้างอาคารเขียว

1.2.3 เพื่อทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกมวลเบาผสมเศษเซรามิกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมสำหรับการก่อสร้างอาคารเขียว

1.2.4 เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนนโยบายการก่อสร้างอาคารเขียวภายในประเทศไทย

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกมวลเบาผสมเศษเซรามิกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ใช้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.58) เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (สมอ., 2533) และมาตรฐาน ASTM ที่เกี่ยวข้อง (ASTM, 2014)

1.3.2 ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เป็นวัสดุเชื่อมประสาน

1.3.3 ใช้เศษเซรามิกแบบพอร์ซเลน จากโรงงานอุตสาหกรรมกลุ่มเซรามิกเครื่องสุขภัณฑ์ เป็นมวลรวมหลักน้ำหนักเบา

1.3.4 ใช้หินปูนหรือหินฝุ่น ขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 เป็นมวลรวมรอง

1.3.5 ใช้น้ำยางพาราข้น ร้อยละ 60 ชนิดรักษาด้วยแอมโมเนียปานกลาง (medium ammonia) เป็นสารลดการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อกมวลเบา **(ปีที่ 2)**

1.3.6 ใช้สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ เป็นสารช่วยให้น้ำยางพาราผสมเข้ากับผลิตภัณฑ์ที่มีปูนซีเมนต์เป็นส่วนประกอบได้ **(ปีที่ 2)**

1.3.7 ขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกมวลเบา ขนาด 7 x 19 x 39 เซนติเมตร ด้วยเครื่องอัดคอนกรีตบล็อกแบบสั่นเขย่า

1.3.8 โครงการวิจัยนี้ เป็นโครงการวิจัยที่มีระยะเวลาดำเนินการวิจัย 2 ปี โดยในปีที่ 2 เป็นการต่อยอดผลงานวิจัยจากปีที่ 1 ซึ่งมีขอบเขตแตกต่างกัน คือ

ปีที่ 1 (พ.ศ.2561)

พัฒนาคอนกรีตบล็อกมวลเบาประเภท**ไม่ควบคุมความชื้น** โดยใช้ส่วนผสมประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เศษเซรามิกแบบพอร์ซเลน หินฝุ่น และน้ำประปา ในการอัดขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกมวลเบา

ปีที่ 2 (พ.ศ.2562)

พัฒนาคอนกรีตบล็อกมวลเบา ประเภทควบคุมความชื้น โดยใช้ส่วนผสม ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เศษเซรามิกแบบพอร์ซเลน หินฝุ่น น้ำประปา น้ำยางพารา และสารลดแรงตึงผิว ในการอัดขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกมวลเบา

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบขั้นตอนการผลิตคอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบาจากเซรามิกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมสำหรับอาคารเขียว

1.4.2 ทราบอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตคอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบาจากเซรามิกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมสำหรับอาคารเขียว

1.4.3 ทราบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของผลิตคอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบาจากเซรามิกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมสำหรับอาคารเขียว

1.4.4 ทราบผลการทดสอบการใช้งานจริงของผลิตคอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบาจากเซรามิกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมสำหรับอาคารเขียว

1.4.5 โรงงานขนาดกลางถึงขนาดเล็ก วิสาหกิจชุมชน และกลุ่มชาวบ้านต่าง ๆ สามารถนำผลิตคอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบาจากเซรามิกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมสำหรับอาคารเขียว ไปผลิตในเชิงพาณิชย์ได้

1.4.6 ช่วยให้มีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติภายในประเทศได้อย่างคุ้มค่ามากที่สุด

บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรม

สำหรับทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดที่เกี่ยวกับโครงการการผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกมวลเบาผสมเศษเซรามิกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมสำหรับการก่อสร้างอาคารเขียวเพื่อการประหยัดพลังงาน ซึ่งได้จากการทบทวนวรรณกรรม สามารถสรุปได้ ดังนี้

2.1 อาคารเขียว

อาคารเขียว คือ อาคารที่ให้ความสำคัญกับการเพิ่มประสิทธิภาพของอาคารในการใช้ทรัพยากร เช่น พลังงาน น้ำ และวัสดุ ในขณะเดียวกันก็ลดผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้อาคารและสิ่งแวดล้อมตลอดอายุอาคาร ด้วยการเลือกที่ตั้งอาคาร ออกแบบ ก่อสร้าง ใช้งาน บำรุงรักษา และรื้อถอน ที่ดีกว่าในอดีต (พันธุดา, 2557; ณัฐพล, 2556) ปัจจุบัน หลายประเทศได้ให้ความสนใจในเรื่องอาคารเขียวกันมากขึ้น โดยในหลายๆ ประเทศได้มีหน่วยงานหรือสถาบันที่ออกเกณฑ์และให้การรับรองอาคารเขียว เช่น สหรัฐอเมริกา มีเกณฑ์ LEEDS โดย U.S. Green Building Council (USGBC) ดังรูปที่ 1 อังกฤษมี BREEAM เยอรมนีมี The German Sustainable Building Council นอกจากนี้ ยังเป็นที่แพร่หลายไปทั่วโลกรวมถึงกลุ่มประเทศในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น สิงคโปร์มี BCA Green Mark มาเลเซียมี Green Building Index ฟิลิปปินส์มี The Philippine Green Building Council (PHILGBC) และอินโดนีเซียมี Green Building Council Indonesia (กัญญ์วรา, 2554) สำหรับประเทศไทย อาคารเขียวก็เริ่มเข้ามามีบทบาทและกำลังเป็นกระแสที่ภาครัฐเข้ามาให้การสนับสนุน เริ่มจาก พ.ศ.2535 ได้ออกพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ต่อมา พ.ศ. 2538 เริ่มก่อสร้างโครงการอาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ ปี พ.ศ.2545 ก่อตั้งกระทรวงพลังงาน ปี พ.ศ.2551 กรมควบคุมมลพิษ เริ่มโครงการนำร่องสำหรับอาคารภาครัฐ ต่อมา พ.ศ.2552 ออกกฎกระทรวงพลังงานเรื่องกำหนดประเภทหรือขนาดของอาคารและมาตรฐานหลักเกณฑ์และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ปี พ.ศ.2553 มีการก่อตั้งมูลนิธิอาคารเขียวไทย และในปี พ.ศ. 2556 ออกกฎกระทรวงให้ใช้บังคับผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร (พันธุดา, 2557)

รูปที่ 2.1 เครื่องหมายรับรองอาคารเขียวของประเทศสหรัฐอเมริกา

2.2 การใช้ประโยชน์เศษเซรามิกเหลือทิ้ง

การจะสอดรับนโยบายอาคารเขียวของภาครัฐที่กำลังเกิดขึ้น จึงควรเริ่มพัฒนาจากวัสดุก่อสร้างที่ใช้วัสดุที่นำกลับมาใช้ใหม่ ลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ผลิตได้ในท้องถิ่น และมีคุณสมบัติที่เอื้อต่อการก่อสร้างอาคารเขียว ไม่ว่าจะเป็นน้ำหนักวัสดุก่อสร้างที่เบา แข็งแรง ต้นทุนการผลิตต่ำ และความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี (พันธุดา, 2557) ทั้งนี้ จากการศึกษาเกี่ยวกับเศษวัสดุเหลือทิ้ง พบว่า โรงงานอุตสาหกรรมเซรามิก ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าการส่งออกมากกว่า 25,000 ล้านบาทต่อปี เป็นอุตสาหกรรมที่มีการใช้พลังงานในการผลิตสูง ดังรูปที่ 2.2 และ 2.3 โดยเฉพาะหากผลิตภัณฑ์เกิดความเสียหาย ดังรูปที่ 2.4 และ 2.5 จะต้องทำการบดย่อยผลิตภัณฑ์ดังกล่าวให้เป็นเศษละเอียดและเผาด้วยอุณหภูมิที่สูงขึ้น (มูลนิธิสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2555) เซรามิกเป็นวัสดุอนินทรีย์ (Inorganic) ที่โครงสร้างประกอบไปด้วย อะตอมของธาตุที่เป็นโลหะและอโลหะที่มีพันธะ Ionic และ Covalent ร่วมกัน มีคุณสมบัติมีความแข็งสูง (Hardness) มีความต้านทานต่อแรงกดได้ดี (Compressive Strength) เป็นฉนวนไฟฟ้า (Dielectric) เป็นฉนวนความร้อน (Thermal insulation) จุดหลอมเหลวสูง ทนการกัดกร่อนจากสารเคมีได้ดี และน้ำหนักเบา (สถาบันวิจัยวิจัยสังคม, 2545)

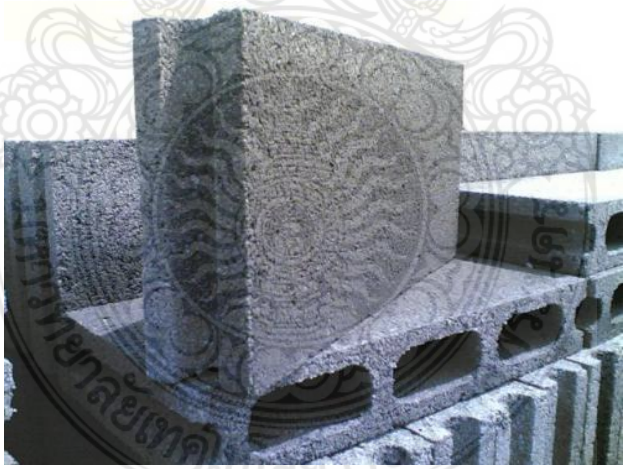
รูปที่ 2.2 การเผาเซรามิกในเตาขนาดใหญ่

รูปที่ 2.3 ผลิตภัณฑ์เซรามิกที่ขึ้นรูปแล้ว

รูปที่ 2.4 เศษผลิตภัณฑ์เซรามิกที่เสียหาย

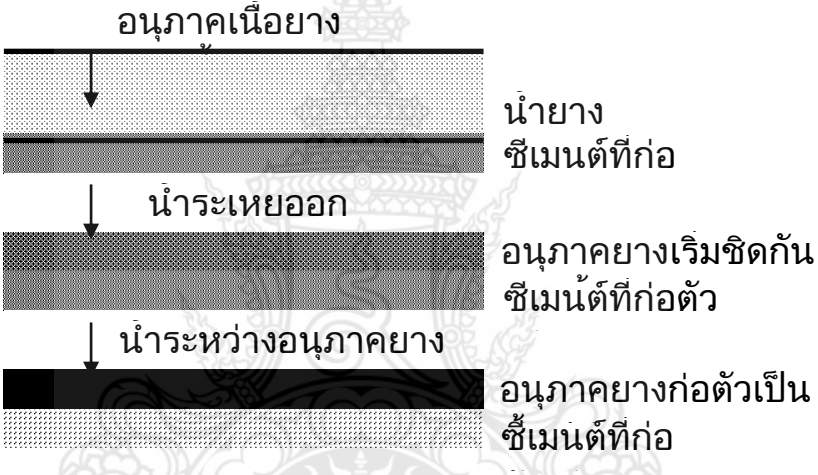
รูปที่ 2.5 เศษผลิตภัณฑ์เซรามิกที่เสียหายกลุ่มสุขภัณฑ์

ทั้งนี้ หากมีการนำเศษเซรามิกเหลือทิ้งมาใช้ในผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อก (Concrete Block) ดังรูปที่ 2.6 ซึ่งเป็นวัสดุก่อสร้างที่มีการผลิตและใช้ในชุมชนต่าง ๆ ทั่วประเทศ (รูปที่ 2.7) ก็จะเป็นการส่งเสริมให้มีการใช้วัสดุก่อสร้างที่เอื้อต่อนโยบายอาคารเขียวในด้านการใช้วัสดุก่อสร้างที่มีส่วนผสมของวัสดุรีไซเคิล (Recycled Content) ซึ่งมีอัตราการทำคะแนน ร้อยละ 78 และในด้านการใช้วัสดุที่ผลิตในท้องถิ่น (Regional Materials) ซึ่งมีอัตราการทำคะแนน ร้อยละ 89 ได้ (พันธุดา, 2557) นอกจากนี้ คอนกรีตบล็อกที่ผสมเศษเซรามิก ก็มีความเป็นไปได้ที่จะมีน้ำหนักต่อก้อนที่เบา มีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี และมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำลง โดยเฉพาะการผลิตคอนกรีตบล็อกในพื้นที่ที่มีโรงงานเซรามิกตั้งอยู่ จากการลดปริมาณเศษหินหรือวัสดุที่ขนส่งมาจากพื้นที่อื่นในกระบวนการผลิตได้ การพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกมวลเบาผสมเศษเซรามิกเหลือทิ้ง จะมุ่งเน้นให้ตัวผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาสามารถใช้งานได้หลากหลายตามใช้มาตรฐาน มอก.58 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ประเภทควบคุมความชื้น (สมอ., 2533) พร้อมทั้งมีการใช้น้ำยางธรรมชาติที่มีงานวิจัยว่า สามารถผสมเข้ากับวัสดุก่อสร้างที่มีส่วนประกอบของปูนซีเมนต์ แล้วทำให้วัสดุดังกล่าวลดการดูดกลืนน้ำและมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้นได้ในลักษณะของแผ่นฟิล์มยางเคลือบแล้วแทรกอยู่ในเนื้อคอนกรีต (Ohama, 1987; ประชุม, 2550; สมพิศ และคณะ, 2555) ดังรูปที่ 2.8 โดยนำไปใช้ประโยชน์เป็นสารผสมเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกมวลเบาที่พัฒนานี้ ซึ่งนอกจากจะเป็นการพัฒนาคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์แล้ว ยังสามารถช่วยแก้ไขปัญหาราคายางธรรมชาติที่ไม่มีเสถียรภาพตามนโยบายของรัฐบาล



รูปที่ 2.6 ผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างจำพวกคอนกรีตบล็อก

รูปที่ 2.7 การผลิตคอนกรีตบล็อกซึ่งสามารถดำเนินงานโดยวิสาหกิจชุมชนขนาดเล็ก



รูปที่ 2.8 การก่อตัวของชั้นฟิล์มจากน้ำยางพาราภายในเนื้อคอนกรีต (Ohama, 1987)

โครงการ “ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกมวลเบาผสมเศษเซรามิกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมสำหรับการก่อสร้างอาคารเขียว” เป็นการนำเศษเซรามิกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมมาใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกมวลเบาที่มีคุณสมบัติดีและต้นทุนการผลิตต่ำ เพื่อส่งเสริมให้การพัฒนาผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างที่สอดคล้องกับนโยบายอาคารเขียวที่กำลังเป็นกระแสและทวีความสำคัญมากยิ่งขึ้น ทั้งยังเป็นการส่งเสริมให้วิสาหกิจชุมชนมีรายได้จากการผลิตวัสดุก่อสร้างที่สามารถผลิตได้ภายในท้องถิ่นด้วย

2.3 คอนกรีตบล็อก

คอนกรีตบล็อก หรือคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (hollow non load–bearing concrete block) หมายถึง ก้อนคอนกรีตที่ทำมาจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ น้ำ และวัสดุผสมที่เหมาะสมชนิดต่าง ๆ และจะมีสารอื่นผสมอยู่ด้วยหรือไม่ก็ได้ ใช้สำหรับก่อผนังหรือกำแพงที่ออกแบบมาไม่ให้รับน้ำหนักบรรทุก

ใด ๆ นอกจากน้ำหนักตัวเอง มีรูหรือโพรงขนาดใหญ่ทะลุตลอดก้อน และมีพื้นที่หน้าตัดสุทธิที่ระนาบขนานกับผิวธารน้อยกว่าร้อยละ 75 ของพื้นที่หน้าตัดรวมที่ระนาบเดียวกัน มีการควบคุมมาตรฐานโดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (มอก.58) ซึ่งออกโดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) (สมอ., 2533)

2.3.1 ประเภทของคอนกรีตบล็อก

คอนกรีตบล็อก ซึ่งทำขึ้นตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58 แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทควบคุมความชื้น และประเภทไม่ควบคุมความชื้น

ก) ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของคอนกรีตบล็อก

1) ความหนาของเปลือก ต้องไม่น้อยกว่า 12 มิลลิเมตร

2) ขนาดของคอนกรีตบล็อก ให้มีขนาดดังแสดงในตารางที่ 1 โดยจะมีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน $\pm$ 2 มิลลิเมตร

ตารางที่ 1 ขนาดของคอนกรีตบล็อกตามมาตรฐาน

มิติพิกัด หนาxสูงxยาว (พ)	ขนาดที่ทำ หนา x สูง x ยาว (มิลลิเมตรxมิลลิเมตรxมิลลิเมตร)
1 x 2 x 11/2	90 x 190 x 140
11/2 x 2 x 11/2	140 x 190 x 140
2 x 2 x 11/2	190 x 190 x 140
1 x 2 x 2	90 x 190 x 190
11/2 x 2 x 2	140 x 190 x 190
2 x 2 x 2	190 x 190 x 190
1 x 2 x 3	90 x 190 x 290
11/2 x 2 x 3	140 x 190 x 290
2 x 2 x 3	190 x 190 x 290
1 x 2 x 4	90 x 190 x 390
1 1/2 x 2 x 4	140 x 190 x390
2 x 2 x 4	190 x 190 x 390

หมายเหตุ

ขนาดของคอนกรีตบล็อกที่กำหนดนี้ เป็นขนาดที่ออกแบบเพื่อให้เป็นไปตามระบบการประสานทางพิกัดในการก่อสร้างอาคาร ซึ่งได้กำหนดหน่วยพิกัดมูลฐาน พ ให้เท่ากับ 100 มิลลิเมตร และกำหนดความหนาของปูนก่อในรอยต่อมาตรฐาน เท่ากับ 10 มิลลิเมตร

2.3.2 ส่วนผสมของคอนกรีตบล็อก

1) ปูนซีเมนต์ ให้ใช้อย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 1 ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพ มาตรฐานเลขที่ มอก.15 เล่ม 1 และปูนซีเมนต์ผสม ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ผสมมาตรฐานเลขที่ มอก.80 (สมอ., 2533)

2) มวลผสมคอนกรีต ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมวลผสมคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก.566 ยกเว้นเกณฑ์กำหนดการคัดขนาดมวลผสมคอนกรีต

3) ส่วนผสมอื่น ๆ ตัวทำฟองอากาศ สี สารกันน้ำ ฯลฯ ที่นำมาใช้ ควรเป็นสารที่เหมาะสมสำหรับใช้กับคอนกรีต และควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.3.3 คุณลักษณะที่ต้องการของคอนกรีตบล็อก

1) ลักษณะทั่วไปของคอนกรีตบล็อกทุกก้อน ต้องแข็งแรง ปราศจากรอยแตกร้าวหรือส่วนเสียอื่นใดอันเป็นอุปสรรต่อการก่อคอนกรีตบล็อกอย่างถูกต้อง หรือทำให้สิ่งก่อสร้างเสียกำลังหรือความคงทนถาวรรอยร้าวเล็กน้อยที่มักเกิดขึ้นในกรรมวิธีผลิตตามปกติหรือรอยปริเล็กน้อยเนื่องจากวิธีการเคลื่อนย้ายหรือขนส่งอย่างธรรมดา จะต้องไม่เป็นสาเหตุอ้างในการไม่ยอมรับ คอนกรีตบล็อกซึ่งต้องการฉาบปูนหรือแต่งปูน ต้องมีผิวหน้าหยาบพอควรแก่การจับยึดของปูนฉาบ หรือปูนแต่งได้อย่างดี คอนกรีตบล็อก ซึ่งต้องการก่อแบบผิวเผยด้านผิวเผยจะต้องไม่มีรอยบิ่น รอยร้าวหรือตำหนิอื่น ๆ ถ้าในการสั่งคราวหนึ่งมีก้อนซึ่งมีรอยบิ่นเล็กน้อยที่ยาวมากกว่า 25 มิลลิเมตร เป็นจำนวนไม่มากกว่าร้อยละ 5 จะต้องไม่ถือเป็นสาเหตุในการไม่ยอมรับการทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

2) ความต้านแรงอัดของคอนกรีตบล็อก เมื่อส่งถึงที่ก่อสร้างต้องเป็นไปตามตารางที่ 2 การทดสอบให้ปฏิบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานซึ่งทำด้วยคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก.109

ตารางที่ 2 ความต้านแรงอัดตามมาตรฐานของคอนกรีตบล็อก

ความต้านทานแรงอัด ต่ำสุด เมกะพาสคัล (เฉลี่ยจากพื้นที่รวม)	
เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน	คอนกรีตบล็อกแต่ละก้อน
2.5	2.0

3) ปริมาณความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อกประเภทควบคุมความชื้น) เมื่อส่งถึงที่ก่อสร้างต้องเป็นไปตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความชื้นของคอนกรีตบล็อก (เฉพาะประเภทควบคุมความชื้น)

การหดตัวทางยาว (ร้อยละ)	ความชื้นสูงสุด ร้อยละของการดูดกลืนน้ำทั้งหมด (เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน)		
	ความชื้นสัมพัทธ์รายปีเฉลี่ย (ร้อยละ)		
	น้อยกว่า 50	50 ถึง 75	มากกว่า 75
0.03 และน้อยกว่า	35	40	45
มากกว่า 0.03 ถึง 0.045	30	35	40
มากกว่า 0.045	20	30	35

หมายเหตุ

1) ทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีทดสอบการหดแห้งของคอนกรีตบล็อก (ในกรณีที่ยังมิได้มีการประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าวให้เป็นไปตาม ASTM C 426) และทดสอบก่อนกำหนดจำหน่ายไม่เกิน 12 เดือน

2) อาศัยสถิติตามประกาศของกรมอุตุนิยมวิทยาสำหรับสถานีที่ใกล้แหล่งผลิตมากที่สุด

2.3.4 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสินของคอนกรีตบล็อก

1) รุ่น ในที่นี้หมายถึง คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักประเภทชั้นคุณภาพและขนาดเดียวกันที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

2) การชักตัวอย่างเพื่อการทดสอบ ให้กระทำ ณ สถานที่ผลิตและต้องให้เวลาอย่างน้อย 10 วันเพื่อทดสอบให้เสร็จ

3) การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนั้น หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้ การชักตัวอย่างให้เป็นไปตาม มอก.109 เกณฑ์ตัดสิน

ในกรณีที่ทดสอบแล้วไม่ผ่าน อาจคัดบางส่วนออกแล้วชักตัวอย่างใหม่จากส่วนที่เหลือ เพื่อทดสอบใหม่ถ้าตัวอย่างจากชุดที่สองนี้ทดสอบแล้วไม่ผ่านอีกให้ถือว่าคอนกรีตบล็อกทั้งรุ่นไม่เป็นไปตามมาตรฐานนี้ (สมอ., 2533)

2.4 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

2.4.1 ชนิดปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (Portland cement) ตามมาตรฐาน ASTM C 150 ได้กำหนดให้เลือกใช้ตามความเหมาะสมกับงานก่อสร้างได้ 5 ชนิด (ชัชวาลย์, 2552) ดังนี้

1) ชนิด 1 normal Portland Cement บางที่เรียก standard Portland cement เป็นชนิดมาตรฐานเหมาะที่จะให้กับงานก่อสร้างทั่งไปโดยเฉพาะงานคอนกรีตเสริมเหล็ก

(reinforced concrete) ในงานอาคาร สะพาน ผิวถนน ลานบิน และอื่น ๆ ได้ ประเทศไทย ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราช้างตราพญานาคเศียรเดียวสีเขียว ตราเพชร และตราดอกขิกปูนซีเมนต์

2) ชนิด 2 modified Portland cement เป็นชนิดที่ผลิตขึ้นเพื่อต้านทานเกลือซัลเฟต เมื่อปูนซีเมนต์มีปฏิกิริยากับน้ำ (hydration) จะเกิดความร้อนต่ำ และเพิ่มขึ้นช้ากว่าปูนซีเมนต์ชนิด 1 เหมาะที่จะนำมาใช้กับงานคอนกรีตหลา (mass concrete) อุณหภูมิจะค่อยเพิ่มไม่ทำให้ เกิดความเสียหายเนื่องจากความร้อนในคอนกรีต ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราพญานาค 7 เศียร

3) ชนิด 3 high-early strength Portland cement เป็นชนิดของปูนซีเมนต์ ที่ให้กำลังรวดเร็วในช่วงอายุ 24 ชั่วโมง จะมีความแข็งแรงของคอนกรีตที่ผสมด้วยปูนซีเมนต์ชนิดที่ 1 ที่อายุ 3 วัน และอายุ 7 วัน เท่ากับปูนซีเมนต์ชนิด 1 อายุ 28 วัน เป็นต้น จึงเหมาะที่จะนำมาใช้กับงานที่ต้องการเร่งด่วน เช่น ถนนที่มีการสัญจรคับคั่ง สนามบินจะต้องเปิดใช้ และยังเหมาะสมที่จะนำมาใช้ กับช่วงที่มีอากาศหนาว (cold weather) เพื่อให้คอนกรีตแข็งตัว ได้อย่างรวดเร็วก่อนที่น้ำที่ผสมจะแข็งตัวเสียก่อน ได้แก่ ปูนซีเมนต์ของไทยตราเอราวัณตราสามเพชร และตราพญานาคเศียรเดียวสีแดง

4) ชนิด 4 low – heat Portland cement เป็นปูนซีเมนต์ชนิดพิเศษ มีอัตราความร้อนต่ำและกำลังก็เพิ่มขึ้นช้า ๆ เหมาะที่จะเลือกใช้กับงานสร้างเขื่อนขนาดใหญ่

5) ชนิด 5 sulfate – resistant Portland cement เป็นการจงใจที่ให้ต้านทานซัลเฟต เช่น การสร้างในบริเวณใกล้ทะเล หรือมิฉะนั้นก็อยู่ในดินเค็ม เทียบปูนซีเมนต์ในประเทศไทย ได้กับตามปลาฉลามของบริษัทปูนซีเมนต์เอเชีย

ทั้งนี้ ชนิดของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ต่าง ๆ มีปริมาณของสารประกอบภายในปูนซีเมนต์ที่แตกต่างกัน รวมทั้ง คุณสมบัติของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แต่ละชนิดก็มีความแตกต่างกันด้วย ดังตารางที่ 4 ส่วนปูนซีเมนต์ตราเสือ ตราจูเห่า และตรานกอินทรีย์ เป็นพวกซิลิก้าซีเมนต์ โดยนำทราย หรือหินบดให้ละเอียด ผสมเข้าไปในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิด ประมาณร้อยละ 25 – 30 เพื่อให้มีคุณสมบัติง่ายต่อการใช้งาน ลดการหดตัวเมื่อเกิดการก่อตัวของปูนซีเมนต์ ทำให้ไม่เกิดการแตกร้าว ราคาถูก เหมาะสำหรับอาคารเล็กและงานก่ออิฐฉาบปูน เพราะไม่รับกำลังมากนัก (ชัชวาลย์, 2552)

ตารางที่ 4 สารประกอบและคุณสมบัติของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ถึง 5

คุณสมบัติ	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่				
	1	2	3	4	5
C_3S	49	46	56	25	43
C_2S	25	29	15	50	36
C_3A	12	6	12	5	5
C_4AF	8	12	8	12	13
ความละเอียด (เบลน,ตร.ซม/กรัม)	3,000	3,000	4,500	3,000	3,000

ตารางที่ 4 สารประกอบและคุณสมบัติของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ถึง 5 (ต่อ)

คุณสมบัติ	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่				
	1	2	3	4	5
กำลังอัด (3 วัน,กก/ซม)	180	150	310	80	120
ความร้อนปฏิกิริยา (28 วัน, จูล/กรัม)	400	330	430	270	310

หมายเหตุ กำลังอัดวัดจากลูกบาศก์มอร์ต้าร์ ขนาด 50 มิลลิเมตร

2.4.2 องค์ประกอบของคอนกรีต

องค์ประกอบของคอนกรีต ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ หิน ทราย และน้ำ โดยเมื่อนำส่วนผสมต่าง ๆ เหล่านี้มาผสมกันจะมีชื่อเรียกเฉพาะ (ชัชวาลย์, 2552) ดังนี้

1) ปูนซีเมนต์ ผสมกับ น้ำ เรียกว่า ซีเมนต์เพสต์ (cement paste)

2) ซีเมนต์เพสต์ ผสมกับ ทราย เรียกว่า มอร์ต้าร์ (mortar)

3) มอร์ต้าร์ ผสมกับ หินหรือกรวด เรียกว่า คอนกรีต (concrete)

2.4.3 หน้าที่และคุณสมบัติของส่วนผสม

หน้าที่และคุณสมบัติของส่วนผสมที่ใช้ในคอนกรีตสามารถสรุปได้ ดังนี้

1) ซีเมนต์เพสต์ ทำหน้าที่เสริมช่องว่างระหว่างมวลรวม หล่อลื่นคอนกรีตสดขณะเท ให้กำลังแกคอนกรีตเมื่อคอนกรีตแข็งตัว รวมทั้งป้องกันการซึมผ่านของน้ำ

2) มวลรวม ทำหน้าที่เป็นตัวแทรกประสานราคาถูกที่กระจายอยู่ทั่วซีเมนต์เพสต์ ช่วยให้คอนกรีตมีความคงทน ปริมาตรไม่เปลี่ยนแปลงมาก

3) น้ำ ใช้ล้างวัสดุมวลรวมต่าง ๆ ใช้ผสมทำคอนกรีต ใช้บ่มทำคอนกรีต ก่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นกับปูนซีเมนต์ ทำหน้าที่หล่อลื่นเพื่อให้คอนกรีตอยู่ในสภาพเหลวสามารถเทได้ เคลือบหิน ทรายให้เปียกเพื่อให้ซีเมนต์เพสต์จะสามารถเข้าเกาะได้โดยตรง

4) การก่อตัวและการแข็งตัว ปูนซีเมนต์ผสมกับน้ำ ก่อให้เกิดซีเมนต์เพสต์ที่อยู่ในสภาพเหลวช่วงเวลาหนึ่ง หลังจากนั้นเพสต์จะเริ่มแข็งตัวถึงแม้มันจะยังนิ่มอยู่แต่ไม่สามารถลื่นไหลเข้าแบบได้แล้วจุดนี้เราเรียกว่า จุดแข็งตัวเริ่มต้น (Initial Set) เวลาตั้งแต่ซีเมนต์ผสมกับน้ำจนถึงจุดอิ่มตัวเริ่มต้น เรียกว่า เวลาการก่อตัวเริ่มต้น (Initial Setting Time) การก่อตัวของเพสต์จะยังคงดำเนินต่อไปจนถึงสภาพที่เป็นของแข็งหรือจุดแข็งตัวสุดท้าย (Final Setting Time) เพสต์ยังคงแข็งตัวต่อไป และสามารถรับน้ำหนักได้ ขบวนการทั้งหมดนี้เรียกว่า การแข็งตัว (Hardening) (ชัชวาลย์, 2552)

2.5 มวลรวม

มวลรวม (aggregate) คือ วัสดุที่ใช้สำหรับผสมกับซีเมนต์เพสต์ทำให้ผลผลิตที่ได้ออกมาเป็นคอนกรีต มวลรวมที่ใช้มากที่สุด คือ หิน และทราย คอนกรีตทั่วไปจะมีหินและทรายผสมอยู่ประมาณ ร้อย

ละ 70 – 80 ของปริมาตรคอนกรีต คุณภาพหินและทรายที่ใช้ต้องพิจารณาอย่างพิถีพิถัน เนื่องจากจะมีผลกระทบต่อคุณภาพของคอนกรีตสดและคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วเป็นอย่างมาก (ชัชวาลย์, 2552)

2.5.1 ประเภทของมวลรวม

ประเภทของมวลรวมที่ใช้ในคอนกรีต เมื่อแบ่งตามมวลน้ำหนัก (ปริญญา และชัย, 2555) สามารถสรุปได้ ดังนี้

1) มวลรวมน้ำหนักเบา (light weight aggregate) ความหนาแน่น 300 - 1,100 กก/ม^3 ที่เกิดจากธรรมชาติ เช่น diatomite, pumice, scoria, volcanic cinder, tuff มีการเผาวัสดุธรรมชาติ จนขยายตัวเนื่องจากก๊าซที่ดันออกมา เช่น การเผาดินเหนียว (clay) ดินดาน (shale) และหินชนวน เป็นต้น

2) มวลรวมน้ำหนักปกติ (normal weight aggregate) ใช้ในการผลิตคอนกรีตสำหรับอาคารคอนกรีตทั่วไป ความหนาแน่น 1,500 – 1,800 กก/ม^3 และความถ่วงจำเพาะประมาณ 2.5 - 2.8 ได้แก่ หินปูน หินแกรนิต หินทราย ทรายบก ทรายแม่น้ำ

3) มวลรวมน้ำหนักมาก (heavy weight aggregate) ใช้ในการผลิตคอนกรีตสำหรับอาคารป้องกันการแพร่กระจายกัมมันตภาพรังสี เช่น เตาปฏิกรณ์ปรมาณู เป็นต้น เป็นหินธรรมชาติและความถ่วงจำเพาะตั้งแต่ 4 ขึ้นไป เช่น barite, hematite, magnetite, limonite ความหนาแน่น 2,400 - 3,100 กก/ม^3

2.5.2 ขนาดเม็ดของมวลรวม

สำหรับขนาดของมวลรวมที่ใช้ในคอนกรีต (ปริญญา และชัย, 2555) สามารถแบ่งตามเกณฑ์ได้ดังนี้

1) มวลรวมหยาบ (coarse aggregate) นิยมใช้ทั่วไปมีขนาด 10 มิลลิเมตร (3/8 นิ้ว) ถึง 25 มิลลิเมตร (1 นิ้ว) ส่วนใหญ่เป็นหินย่อย (crushed stone) ที่ได้จากการระเบิดภูเขาหิน แล้วนำไปย่อยให้เล็กลงตามขนาดที่ต้องการ

2) มวลรวมละเอียด (fine aggregate) ขนาดเม็ดเล็กกว่า 4.75 มิลลิเมตร แต่มีขนาดใหญ่กว่า 0.074 มิลลิเมตร ที่ใช้กันทั่วไปได้แก่ ทรายแม่น้ำ ทรายบก หรือทรายเหมืองที่ผ่านการล้างสะอาดแล้ว

3) วัสดุที่มีขนาดเม็ดเล็กกว่า 0.074 มิลลิเมตร ที่อาจจะปนอยู่ในทรายแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ ดินตะกอน หรือหินฝุ่น (silt) ขนาดเม็ด 0.074 - 0.002 มิลลิเมตร และดินเหนียว (clay) ขนาดเม็ดเล็กกว่า 0.002 มิลลิเมตร ดินตะกอนและดินเหนียวเป็นวัสดุที่ไม่พึงประสงค์สำหรับงานผลิตคอนกรีต

2.6 เซรามิก

เซรามิก (Ceramic) หมายถึง สิ่งของต่าง ๆ หรือผลิตภัณฑ์ที่ทำขึ้นจากดิน หิน ทราย แก้ว และแร่ธาตุ นำมาขึ้นรูปด้วยกระบวนการต่าง ๆ แล้วผ่านการเผาให้เกิดความคงรูปทรงถาวร ในสมัยกรีก

เรียกว่า เคราามอส (Karamos) ซึ่งหมายถึง สิ่งที่ถูกเผา เครื่องปั้นดินเผาจึงมีความหมายรวมถึงภาชนะดินเผา (Pottery) เช่น หม้อ จาน ชาม แจกัน เครื่องประดับ และผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น แก้ว โลหะเคลือบเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงสูง ทนแรงกดและแรงดึงได้ดี ทนทานต่อสารเคมีมากกว่าโลหะและโพลิเมอร์ เป็นฉนวนความร้อนและฉนวนไฟฟ้า มีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนต่ำกว่าโลหะ การนำความร้อนต่ำกว่าโลหะ ในกรณีเคลือบจะมีสีที่ทนทานถาวรกว่าโลหะเคลือบและพลาสติกแบบเทียบกันไม่ได้เลย สำหรับข้อด้อยของเซรามิก ได้แก่ เปราะ ตกแตกง่าย และมีความยืดหยุ่นตัวต่ำ (มูลนิธิสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2555)

2.6.1 ประเภทของเซรามิก

สำหรับประเภทของเซรามิก สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก ตามชนิดของเนื้อดิน (มูลนิธิสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2555) ดังนี้

1) เซรามิกแบบพอร์ซเลน ซึ่งมีผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้แก่ อ่างล้างหน้า โถชักโครก โถปัสสาวะ โถคอห่าน เครื่องกรองน้ำ ถังซักล้าง ถังน้ำ และอุปกรณ์ชิ้นเล็ก ๆ เช่น จานสบู่ ราวแขวนกระดาษและผ้า เป็นต้น

2) เซรามิกแบบดินเผา ซึ่งมีผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้แก่ อ่างล้างหน้า โถปัสสาวะแบบไม่กักน้ำ เครื่องกรองน้ำ ถังซักล้าง ถังน้ำ อ่างอาบน้ำ ห้องอาบน้ำฝักบัว และอุปกรณ์ชิ้นเล็ก ๆ

2.6.2 เซรามิกแบบพอร์ซเลน

พอร์ชเลน เป็นผลิตภัณฑ์เซรามิกที่ใช้คือ ดินขาว ดินเหนียว หรือบอลเคลย์ หินไชน่าสโตน แร่ฟันม้า และแร่ควอรตซ์ ผลิตภัณฑ์พอร์ซเลนใช้ในงานได้หลากหลายทั้งในชีวิตประจำวันและงานอื่น ๆ โดยเผาที่ประมาณ 1,260-1,400 องศาเซลเซียส เป็นเซรามิกที่มีเนื้อสีขาว เคลือบผิวเป็นมันโปร่งแสงมีความแข็งแกร่งเหมือนแก้วไม่ดูดกลืนน้ำทนต่อการกัดกร่อนได้ดี เคาะมีเสียงดังกังวาน

2.6.3 เนื้อดินสำหรับปั้นเซรามิก

การปรับปรุงและพัฒนาสมบัติของเนื้อดินให้สอดคล้องกับความต้องการในการนำไปใช้ให้เหมาะสมกับชนิดของผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท และจะต้องมีความเหมาะสมกับวิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ สีพื้นที่ทำให้เกิดความสวยงามและเหมาะสมกับเคลือบ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตรงกับการนำไปใช้ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะ (มูลนิธิสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2555) คือ

2.6.4 การปรับปรุงและพัฒนาสมบัติทางเคมี

เป็นการปรับปรุงและพัฒนาสมบัติทางเคมีของเนื้อดินปั้นเพื่อให้เหมาะสม ซึ่งมีลักษณะและสมบัติที่สำคัญ คือ

1) การเปลี่ยนสีของเนื้อดินปั้น เพื่อให้ได้สีของเนื้อดินเป็นตามความต้องการ มีวิธีการโดยใส่วัตถุดิบที่เป็นออกไซด์ทำให้เกิดสี เช่น เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) ผสมลงไปในเนื้อดินปั้นจะทำให้เนื้อดินปั้นเป็นสีน้ำตาล โคบอลต์ออกไซด์ (CoO) จะทำให้เนื้อดินปั้นเป็นสีน้ำเงิน แมงกานีสไดออกไซด์ ทำให้เนื้อดินมีจุดสีดำ โครมิกส์ออกไซด์ ซึ่งทำให้ได้สีเขียวเข้มในเนื้อดิน หรือใช้ผงสีสำเร็จรูปทาง

เซรามิก (Stain) จะได้สีในลักษณะที่สดใสหรือเป็นการปรับเนื้อดินโดยให้ขาวขึ้นจากการใส่ดินขาว หรือโดโลไมต์ หรือเข้มขึ้นเป็นสีน้ำตาลโดยใส่ดินเอิร์ทเทนแวร์ พื้นบ้าน

2) การปรับสมบัติของเนื้อดินให้มีสมบัติพรุนตัวและทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว โดยใส่วัตถุดิบ คือ ทัลคัม ดินเชื้อ ขี้เลื่อย เยื่อกระดาษ หรือแกลบผสมลงไปในเนื้อดินปั้น เพื่อให้เกิดความพรุนตัวและคลายความร้อนภายในได้อย่างรวดเร็ว

3) การปรับสมบัติด้านความขาวและโปร่งแสง โดยการใช้กระดูก ผสมลงไปในเนื้อดิน

2.6.5 การปรับปรุงและพัฒนาสมบัติทางด้านฟิสิกส์

1) การปรับสมบัติด้านความเหนียวของเนื้อดินปั้น โดยวิธีการเพิ่มวัตถุดิบ เช่น ดินเบนโตไนต์ (Bentonite) ดินเหนียวขาว (Ball Clay) รวมถึงกรรมวิธีการหมักดินเพิ่มความเหนียว

2) การปรับสมบัติด้านการหดตัว เพื่อลดอัตราการหดตัวสูง ซึ่งมีผลต่อการแตกร้าวของผลิตภัณฑ์ โดยการใช้วัตถุดิบ เช่น ดินขาว ซิลิก้า ดินเชื้อ ทราย ผสมลงไปส่วนผสมเนื้อดินปั้น

2.6.6 การปรับปรุงและพัฒนาสมบัติทางด้านความร้อน

1) การปรับสมบัติของเนื้อดินทนความร้อนได้สูงขึ้น โดยผสมวัตถุดิบ เช่น ดินขาวอะลูมิน่า ดินทนไฟ เพื่อใช้กับเนื้อผลิตภัณฑ์เซรามิกชนิดต้องการทนความร้อนสูง

2) การปรับสมบัติของเนื้อดินให้มีจุดสุกตัวที่ต่ำลง โดยการใช้วัตถุดิบที่มีคุณสมบัติที่เป็นด่างหรือตัวหลอม (Flux) เช่น หินฟันม้า หินปูน ทัลค์ โดโลไมต์ บอแรกซ์ ฟริต เป็นต้น เพื่อช่วยให้เนื้อดินถึงจุดสุกตัวเร็วขึ้น

3) การปรับสมบัติของเนื้อดินปั้น เพื่อให้ทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว โดยการใช้วัตถุดิบ เช่น ไพโรฟิลไลต์ ทัลค์ เข้าไปในสูตรส่วนผสมของเนื้อดินปั้นผลิตภัณฑ์ที่ทำเป็นภาชนะหุงต้ม (สมศักดิ์ ชวาลาวัณย์. 2549: 58)

2.7 น้ำยางพารา

น้ำยางพารา เป็นสารประกอบที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่จัดเป็นสารประกอบพอลิเมอร์ (polymer) มีสมบัติพิเศษ คือ มีความยืดหยุ่นสูง (Craig, 1969; พงษ์ธร และชาคริต, 2550) น้ำยางสดจากต้นยางโดยทั่วไป มีปริมาณเนื้อยางแห้ง ตั้งแต่ร้อยละ 20 ขึ้นไป และอาจถึงร้อยละ 45 (ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย) มีส่วนของสารที่ไม่ใช่ยางประมาณร้อยละ 5 ที่เหลือเป็นน้ำ เมื่อทำการขนย้ายน้ำยางสดจากสวนไปสู่โรงงานที่อยู่ไกล จึงควรทำให้น้ำยางมีความเข้มข้นมากขึ้น เพื่อความประหยัดการขนส่ง ซึ่งระดับความเข้มข้นที่นิยม คือ ร้อยละ 60 เนื้อยางแห้งโดยทั่วไปเรียกว่า น้ำยางข้น (concentrated latex) โดยที่การใช้น้ำยางข้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพสม่ำเสมอกว่าการใช้น้ำยางสด ทั้งนี้ เนื่องด้วยสารที่ไม่ใช่เนื้อยางบางส่วนได้ถูกแยกออกจากน้ำยางขณะผ่านกรรมวิธีการทำให้น้ำยางข้นขึ้น

วิธีการสำคัญสำหรับการผลิตน้ำยางข้น มี 4 วิธี คือ วิธีระเหยน้ำ (evaporation) วิธีการทำให้เกิดครีม (creaming) วิธีการแยกด้วยไฟฟ้า (electro decantation) และวิธีการปั่น (centrifuging) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมและทำกันเป็นการค้ามากที่สุดประมาณร้อยละ 90 ของการผลิตน้ำยางข้นทั้งหมด โดยที่คุณภาพน้ำยางสดเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำยางข้นที่จะผลิต ดังนั้น สมบัติบางประการของน้ำยางสดจึงต้องตรวจสอบและควบคุม (Muniandy, 1998)

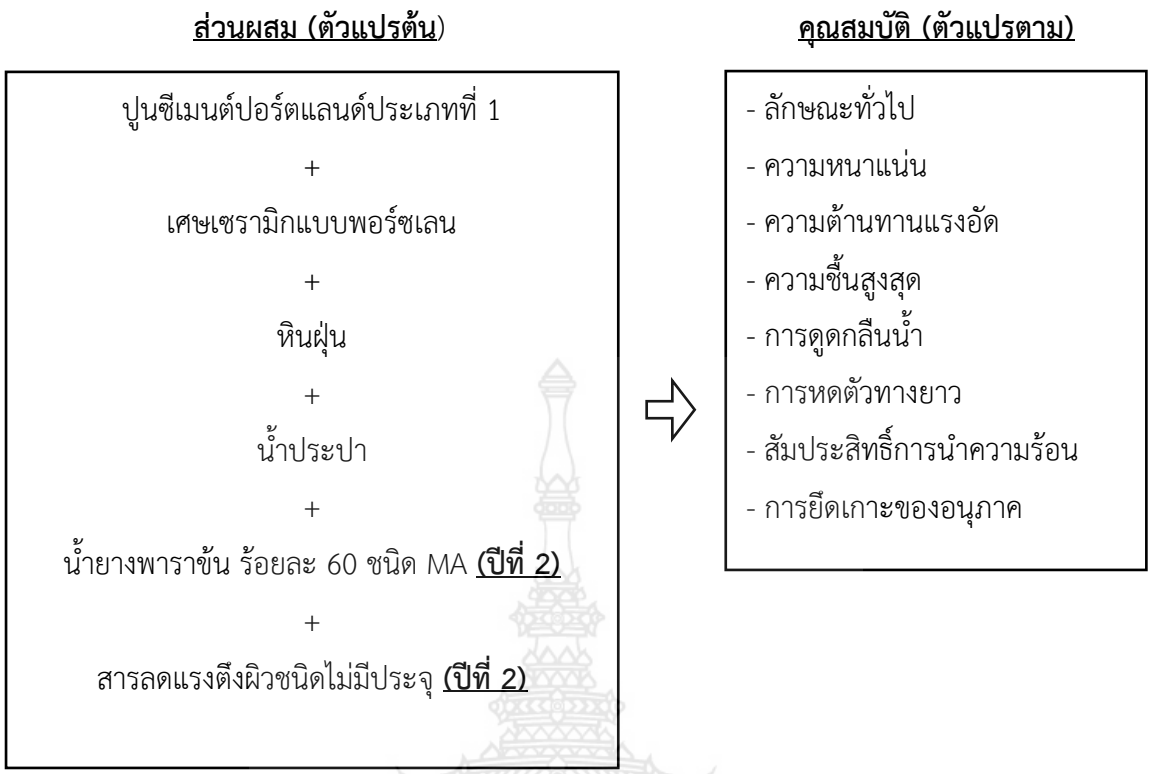
การผลิตน้ำยางข้นในประเทศส่วนใหญ่รักษาสภาพน้ำยางข้นด้วยปริมาณแอมโมเนียมาก (HA) จะมีเพียงส่วนน้อยที่รักษาสภาพด้วยปริมาณแอมโมเนียร่วมกับสารช่วยบางชนิด มักเป็นระบบ LA-TZ อย่างไรก็ตามปัจจุบันได้มีการรักษาสภาพน้ำยางข้นด้วยระบบที่อยู่ระหว่าง HA กับ LA ซึ่งเรียกกันว่าน้ำยางชนิด MA (medium ammonia) โดยมาตรฐาน ISO นั้น ได้กำหนดสมบัติที่สำคัญเพื่อใช้ในการคำนวณเพื่อออกส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ยางเป็นองค์ประกอบ คือ ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยาง (total solids content, TSC) และปริมาณเนื้อยางแห้ง (dry rubber content, DRC) (วราภรณ์, 2549)

2.8 สมมติฐาน

1) เศษเซรามิก สามารถเปลี่ยนคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกมวลเบาได้ ได้แก่
   - ความหนาแน่นหรือน้ำหนักต่อก้อนที่ลดลง
   - ความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีขึ้น
   - ต้นทุนการผลิตที่ต่ำลง
2) น้ำยางพารา **(ปีที่ 2)** สามารถเปลี่ยนคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกมวลเบาผสมเศษเซรามิกได้ ได้แก่
   - ความต้านทานแรงอัดที่เพิ่มสูงขึ้น
   - การดูดกลืนน้ำที่ลดลง
   - ความหนาแน่นหรือน้ำหนักต่อก้อนที่ลดลง
   - ความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีขึ้น

2.9 กรอบแนวความคิด

โครงการ “ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกมวลเบาผสมเศษเซรามิกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมสำหรับการก่อสร้างอาคารเขียว” สามารถสรุปกรอบแนวความคิดได้ว่า ส่วนผสมที่นำมาอัดขึ้นรูปเป็นคอนกรีตบล็อกมวลเบา จะมีผลต่อคุณสมบัติของทั้งคอนกรีตบล็อกมวลเบาแบบไม่ควบคุมความชื้นผสมเศษเซรามิก (ปีที่ 1) และคอนกรีตบล็อกมวลเบาแบบควบคุมความชื้นผสมเศษเซรามิกและน้ำยางพารา (ปีที่ 2) ได้ ดังนี้



รูปที่ 2.9 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

2.10 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกมวลเบาผสมเศษเซรามิกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมสำหรับการก่อสร้างอาคารเขียว สามารถสรุปได้ ดังนี้

มนต์ชัย วงศ์สันติราษฎร์ และคณะ (2548) ได้นำลอยมาใช้ผสมทำคอนกรีตบล็อกเพื่อแทนที่ปูนซีเมนต์ในปริมาณสูง โดยศึกษาความ สัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัด หน่วยแรงดัด อัตราการดูดกลืนและความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกผสมลอย เปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกจากร้านไพศาลวัสดุ อ.เมือง จ.ราชบุรี จากการทดสอบที่อายุการบ่ม 28 วัน พบว่า การนำลอยไปแทนที่ปูนซีเมนต์ในการทำคอนกรีตบล็อกสามารถลดปริมาณปูนซีเมนต์ได้ และสามารถรับกำลังแรงอัด แรงดัด และอัตราการดูดกลืนน้ำมากกว่าคอนกรีตบล็อกจากร้านไพศาลวัสดุ อ.เมือง จ.ราชบุรี

สิทธิชัย ศิริพันธุ์ และคณะ (2548) ได้ศึกษาการนำยางพารามาใช้พัฒนางานคอนกรีต โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาเทคนิคการผสมน้ำยางในคอนกรีตอย่างเหมาะสม โดยพิจารณาถึงความสามารถเทได้และกำลังรับแรงของคอนกรีตผสมน้ำยางในสัดส่วน P/C = 0.05, 0.10, 0.15, 0.20 และ 0.25 ตามลำดับ ส่วนผสมคอนกรีตใช้ ซีเมนต์: ทราย: หิน เป็น 1: 2: 4 โดยน้ำหนัก บ่มความชื้น 7 วัน ตามด้วยบ่มแห้งในอากาศที่อายุ 3, 7, 14 และ 28 วัน ตามลำดับ ผลการวิจัยพบว่า น้ำยางผสมกับคอนกรีตได้ด้วยการผสมสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ สัดส่วน 4% โดยน้ำหนักของซีเมนต์ ด้านความสามารถเทได้

พบว่า คอนกรีตจะยุบตัวแบบฮวบทั้งหมด ในด้านกำลังพบว่า คอนกรีตจะมีกำลังรับแรงอัดลดลงประมาณ 60% และมีแนวโน้มลดลง เมื่อปริมาณน้ำยางเพิ่มขึ้น โดยลักษณะการวิบัติ จะมีเส้นใยขนาดเล็กสีขาวยึดรั้งไว้ สำหรับกำลังรับแรงดัดพบว่า ลดลงประมาณ 10% ในแต่ละค่า P/C ที่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อระยะเวลาการบ่มแห้งในอากาศเพิ่มขึ้นเป็น 14 และ 28 วัน ที่ P/C = 0.15 และ 0.20 กำลังรับแรงดัดของคอนกรีตจะสูงขึ้นมากกว่าคอนกรีตปกติ เนื่องจากอนุภาคเนื้อยางเกาะตัวกันเป็นชั้นฟิล์มที่แข็งแรงขึ้น จากผลการวิจัยเสนอแนะให้เลือกใช้ที่ W/C = 0.4 และ P/C = 0.15 ซึ่งจะได้กำลังรับแรงดัดมากกว่า 30 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่อายุบ่มแห้ง 14 วัน ขึ้นไป อย่างไรก็ตามยังไม่เหมาะกับงานโครงสร้างที่ต้องรับแรงอัด แต่อาจเหมาะกับงานซ่อมแซม เนื่องจากการยึดเหนี่ยวของน้ำยาง จะมีประโยชน์ในการเป็นตัวประสานกับคอนกรีตเดิม ทั้งนี้จึงควรศึกษาหาวิธีการพัฒนาคุณสมบัติด้านกำลังของคอนกรีตเพิ่มเติมเพื่อจะได้นำไปใช้งานในด้านอื่นเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งควรศึกษาในด้านของคุณสมบัติการเป็นฉนวนกันความร้อนอีกด้วย ว่าเหมาะสมกับการใช้งานหรือไม่

ภาคภูมิ มงคลสังค์ (2550) ได้ศึกษาหาร้อยละการแทนที่ของลอย และตะกรันลิกไนต์ที่เหมาะสมในการผลิตซีเมนต์บล็อกทดสอบแบ่งออก เป็น 2 ส่วน คือ การทดสอบกำลังอัดของซีเมนต์บล็อกผสมลอย (Fly Ash) แทนที่ในปูนซีเมนต์ เท่ากับ 100:0, 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50 โดยน้ำหนัก กับการทดสอบกำลังอัดของซีเมนต์บล็อก โดยนำร้อยล่ะการแทนที่ของลอยที่เหมาะสมจากการทดสอบแรกมาใช้มาเป็นสารผสมซีเมนต์ (CFA) และนำตะกรันลิกไนต์ (Lignite Fly Ash Slag) แทนที่ในหินฝุ่น (Quarry Dust) คุณสมบัติที่ทดสอบประกอบด้วย คุณสมบัติทางเคมี หน่วยน้ำหนัก การดูดซึมน้ำ และกำลังอัด จากการทดสอบพบว่า ร้อยละการแทนที่ของลอยในซีเมนต์ที่เหมาะสมคือ ร้อยล่ะ 10 และร้อยล่ะการแทนที่ของตะกรันลิกไนต์ในสารผสมซีเมนต์ที่เหมาะสมคือ ร้อยล่ะ 10-20 โดยมีค่ากำลังอัดสูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้ตามมาตรฐาน มอก.58-2530 ในขณะที่ร้อยล่ะการแทนที่ของตะกรันลิกไนต์มากขึ้นหน่วยน้ำหนักและค่าการดูดซึมน้ำของซีเมนต์บล็อกจะมีค่าเพิ่มขึ้น

ประชุม คำพุฒ (2550) ได้ศึกษาการใช้น้ำยางพาราผสมในคอนกรีตมวลเบา พบว่าคุณสมบัติทางด้านความหนาแน่นและการเป็นฉนวนความร้อนไม่สามารถทำให้ดีกว่าคอนกรีตมวลเบาที่จำหน่ายในท้องตลาดได้ แต่คุณสมบัติด้านกำลังอัดและกำลังดัดสูงขึ้นมาก ซึ่งหากนำสมบัติที่ดีในการดำเนินงานที่ผ่านมาดังกล่าว มาใช้ปรับปรุงคุณสมบัติที่ด้อยของคอนกรีตบล็อกที่มีความหนาแน่นมาก ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสูง และความแข็งแรงต่ำได้ ก็จะสามารถผลิตเป็นคอนกรีตบล็อกแบบใหม่ที่มีจุดเด่นในด้านการป้องกันการดูดซึมน้ำ และการเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี ซึ่งถ้าผลการวิจัยสำเร็จตามแนวคิดและแนวโน้มที่ได้จากการลองทดลองในขั้นต้นดังที่กล่าวมาแล้ว คอนกรีตบล็อกนี้จะมีสมบัติด้านการเป็นฉนวนกันความร้อนใกล้เคียงกับคอนกรีตมวลเบา (คอนกรีตบล็อกทั่วไปมีสมบัติการเป็นฉนวนต่ำกว่าคอนกรีตมวลเบา ประมาณ 4-5 เท่า) มีการดูดซึมน้ำต่ำกว่าคอนกรีตมวลเบาและคอนกรีตบล็อกทั่วไปมาก (การป้องกันการดูดซึมน้ำนี้นับเป็นจุดเด่นมาก ๆ) กำลังดัดสูงกว่าคอนกรีตบล็อกและคอนกรีตมวลเบามาก กล่าวโดยสรุปคือ หากนำน้ำยางพาราผสมในคอนกรีตคาดว่า คุณสมบัติเกือบทุกอย่างจะดีกว่า

คอนกรีตบล็อกและคอนกรีตมวลเบา ยกเว้นน้ำหนักต่อก้อนเท่านั้นที่ยังสูงกว่าคอนกรีตมวลเบา (หนักเท่ากับคอนกรีตบล็อกทั่วไป) ซึ่งเหมาะที่จะนำมาใช้กับโครงการบ้านจัดสรรมาก เพราะจุดประสงค์หลักที่บ้านจัดสรรใช้คอนกรีตมวลเบาในการก่อสร้างก็เพียงเพื่อการประหยัดพลังงาน ส่วนในเรื่องน้ำหนักที่เบาเป็นจุดประสงค์รอง ซึ่งหากเป็นเช่นนี้คอนกรีตบล็อกผสมน้ำยางพาราที่ได้ จะน่าใช้งานมากกว่า โดยมีข้อได้เปรียบที่ราคาต่อก้อนถูกกว่าคอนกรีตเบามาก (ราคาใกล้เคียงกับคอนกรีตบล็อกทั่วไป)

ชรินทร์ เสนาวงษ์ และคณะ (2552) ได้ศึกษาการทำคอนกรีตบล็อกชนิดรับน้ำหนักจากก้นเตา โดยใช้ก้นเตาที่ได้จากการเผาถ่านหินแบบฟลูอิดไดซ์เบด มาใช้เป็นมวลรวมหยาบในส่วนผสมคอนกรีตบล็อก และทำการอัดคอนกรีตบล็อกโดยใช้เครื่องอัดชนิดซินวา-แรม (Cinva-ram) หลังจากนั้นบ่มคอนกรีตบล็อกในอากาศและทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกที่อายุ 7, 28 และ 60 วัน ตลอดจนทดสอบความหนาแน่น และเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำในคอนกรีตบล็อกที่อายุทดสอบ 28 วัน จากผลการศึกษาพบว่า เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกมีค่าสูงขึ้นตามปริมาณของก้นเตาที่เพิ่มมากขึ้น และเมื่อใช้ก้นเตาในอัตราส่วนผสมคอนกรีตบล็อกมากขึ้น ส่งผลให้กำลังอัดและความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกมีค่าลดลงอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามค่ากำลังอัดของคอนกรีตบล็อกทุกส่วนผสม ที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้มีค่าสูงกว่ามาตรฐานของคอนกรีตบล็อกชนิดรับน้ำหนัก (มอก. 57-2533) ที่กำหนดให้ไม่ต่ำกว่า 110 กก/ซม^2 และมีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำน้อยกว่ามาตรฐาน โดยกำหนดไว้ไม่เกินร้อยละ 30 ซึ่งถือว่าคอนกรีตบล็อกมีกำลังอัดที่ดีเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน โดยจัดเป็นคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักประเภท ก ได้

ประชุม คำพุฒ และคณะ (2553) ได้ศึกษาสมบัติทางกายภาพ, สมบัติทางกล และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อก (ชนิดไม่รับน้ำหนัก) ผสมดินขาวจากจังหวัดระนอง, ลำปาง และอุตรดิตถ์ ที่มีอัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์: ทราย: หินฝุ่น: น้ำ เท่ากับ 1: 3: 4: 0.38 โดยน้ำหนัก และมีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยดินขาว ร้อยล่ะ 0, 20, 40 และ 60 โดยน้ำหนัก พบว่า คอนกรีตบล็อกผสมดินขาวทุกอัตราส่วนมีกำลังอัด, การดูดซึมน้ำ และค่าสัมสิทธิ์การนำความร้อนลดลงตามปริมาณดินขาวที่เพิ่มขึ้น แต่ก็ผ่านตามที่มาตรฐาน มอก.58-2533 กำหนด นอกจากนี้คอนกรีตบล็อกผสมดินขาวที่ได้อัตราส่วนจะมีสีขาวกว่าคอนกรีตบล็อกปกติ

สนธยา ทองอรุณศรี และคณะ (2553) ได้พัฒนาคอนกรีตบล็อกที่มีคุณสมบัติในการอนุรักษ์พลังงาน โดยนำคอนกรีตเบาชนิดไร้ทรายมาผลิตเป็นคอนกรีตบล็อกพรุน ซึ่งมีน้ำหนักน้อยกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไป มีค่าการนำความร้อนต่ำ เพื่อช่วยลดความร้อนจากภายนอกที่เข้าสู่ตัวอาคาร และมีราคาที่ใกล้เคียงกับคอนกรีตบล็อกทั่วไป เพื่อให้ประชาชนผู้มีรายได้น้อยสามารถนำไปสร้างบ้านราคาประหยัดได้ การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาส่วนผสมที่มีอัตราส่วนน้ำของปูนซีเมนต์ ระหว่าง 0.25-0.45 และอัตราส่วนวัสดุผสมต่อปูนซีเมนต์ระหว่าง 6.0-12.0 มวลรวมที่ใช้หินปูนที่มีขนาดเดี่ยว โดยมีขนาด 3/8 นิ้ว (10 มิลลิเมตร) จากการวิจัยพบว่า เมื่อพิจารณาจากคุณสมบัติด้านกำลังอัด หน่วยน้ำหนัก และราคาคอนกรีตบล็อกพรุน ส่วนผสมที่เหมาะสำหรับนำมาผลิตเป็นคอนกรีตบล็อกพรุน ได้แก่ส่วนผสมที่มีอัตราส่วน

ปูนซีเมนต์ : มวลรวม เท่ากับ 1 : 9.33 โดยน้ำหนัก (1:11 โดยปริมาตร) และมีอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.367 คอนกรีตบล็อกพรุนที่ได้ มีกำลังอัดที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 52.22 กก./ตร.ซม และมีหน่วยน้ำหนัก 16291 กก./ลบ.ม. ซึ่งมีน้ำหนักและการนำความร้อนน้อยกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไปประมาณ 20% และ 45% ตามลำดับ ต้นทุนการผลิตประมาณ 2.12 บาท ต่อก้อน (ไม่รวมค่าแรง) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับคอนกรีตบล็อกทั่วไป ดังนั้นจากคุณสมบัติต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วจึงสามารถสรุปได้ว่า คอนกรีตบล็อกพรุนที่ได้จากงานวิจัยนี้เป็นคอนกรีตบล็อกที่มีคุณสมบัติในการอนุรักษ์พลังงาน ทั้งสามารถลดน้ำหนักของโครงสร้าง และช่วยลดความร้อนที่เข้าสู่อาคาร เมื่อเทียบกับคอนกรีตบล็อกทั่วไป

มีศักดิ์ พัวพิทยาธร และคณะ (2554) ได้ศึกษาการนำชีวมวลเป็นส่วนผสมในการผลิตบล็อกคอนกรีต 3 ขนาด คือ 40 x 65 x 140 มิลลิเมตร 40 x 65 x 160 มิลลิเมตร และ 105 x 125 x 250 มิลลิเมตร ขึ้นรูปก้อนตัวอย่างด้วยแรงอัดจากเครื่องทดสอบเอนกประสงค์ (UTM) อัตราส่วนต่าง ๆ ระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ทรายแม่น้ำ และชีวมวลที่มีขนาดอนุภาคผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 16 นำมาผสมและขึ้นรูปหล่อตัวอย่าง ทำการทดสอบคุณสมบัติด้านการรับกำลังอัดแบบก้อนเดี่ยว การรับกำลังอัดแบบปริซึม การดูดซึมน้ำ และการหดตัวเมื่อแห้งและทำการเปรียบเทียบกับอิฐดินเหนียวเผา (อิฐมอญ) จากผลการศึกษาพบว่า ขนาดของบล็อกคอนกรีตที่ทำจากชีวมวลมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติในด้านต่าง ๆ โดยบล็อกคอนกรีตที่มีขนาดเล็กมีแนวโน้มของคุณสมบัติที่ดีกว่าตัวอย่างขนาดใหญ่ และยังพบอีกว่าคุณสมบัติของบล็อกคอนกรีตที่มีส่วนผสมหลักเป็นวัสดุชีวมวลนั้นใกล้เคียงหรือสูงกว่าอิฐมอญ ซึ่งสามารถพัฒนาใช้เป็นวัสดุก่อผนังได้

สมพิศ ตันตวรนาท และคณะ (2555) ได้ศึกษาขนาดของมวลรวมที่ส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีตบล็อกผสมน้ำยางธรรมชาติ สรุปได้ว่า น้ำยางธรรมชาติสามารถพัฒนาสมบัติทางกายภาพให้ดีขึ้น ได้แก่ สมบัติด้านความหนาแน่น, การดูดซึมน้ำ, การเปลี่ยนแปลงความยาว และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ต่ำกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไป ซึ่งเป็นผลจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำยางธรรมชาติและปูนซีเมนต์เกิดเป็นแผ่นฟิล์มที่มีความทึบน้ำ ความหนาแน่น และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำ อย่างไรก็ตามการผสมดังกล่าวก็มีผลต่อสมบัติทางกลของคอนกรีตบล็อกที่แย่ลงเช่นกัน ได้แก่ สมบัติด้านความต้านทานแรงอัด และความต้านทานแรงดัด เนื่องจากแผ่นฟิล์มที่อยู่ในคอนกรีตบล็อกเป็นวัสดุที่รับแรงได้ต่ำเมื่อเทียบกับเนื้อของคอนกรีตบล็อกทั่วไป ประกอบกับในระหว่างการผสมน้ำยางธรรมชาติและปูนซีเมนต์ มักเกิดฟองอากาศหรือช่องว่างขึ้นในเนื้อคอนกรีตบล็อก ทั้งหมดนี้ทำให้ความแข็งแรงของคอนกรีตบล็อกลดลง ส่วนความแตกต่างของขนาดมวลรวมที่ผสมในคอนกรีตบล็อกก็มีผลโดยตรงต่อสมบัติทางกายภาพและทางกล โดยคอนกรีตบล็อกที่มีมวลรวมขนาดใหญ่ผสมรวมกับมวลรวมขนาดเล็ก จะมีสมบัติที่ดีขึ้นกว่ามวลรวมขนาดเล็กอย่างเดียว ได้แก่ สมบัติด้านการดูดซึมน้ำ, การเปลี่ยนแปลงความยาว และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่มีค่าต่ำลง ความต้านทานแรงอัด และความต้านทานแรงดัดมีค่าสูงขึ้น ทั้งหมดนี้เป็นผลมาจากขนาดคละของวัสดุที่ส่งผลต่อความแน่นของเนื้อ

คอนกรีตบล็อก โดยน้ำยางธรรมชาติมีแนวโน้มจะสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุผสมเพิ่มในงานคอนกรีตบล็อก สำหรับพัฒนาสมบัติด้านการเป็นฉนวนป้องกันความร้อน น้ำหนักเบา และทึบน้ำ

ปราโมทย์ วีรานุกูล และกิตติพงษ์ สุวีโร (2557) ได้ทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล และสมบัติความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนของคอนกรีตบล็อกปาล์มน้ำมันผสมน้ำยางธรรมชาติ กำหนดอัตราส่วนปูนซีเมนต์: ปาล์ม: หินฝุ่น: น้ำ (น้ำประปา+ของเหลวในน้ำยาง) เท่ากับ 1: 0.4: 8: 0.8 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนยางธรรมชาติ (ของแข็งในน้ำยาง) ต่อปูนซีเมนต์ เท่ากับ 0.00, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40 และ 0.45 โดยน้ำหนัก ผสมสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ ร้อยละ 2 ของน้ำหนักยางธรรมชาติ (เนื้อยาง) ขึ้นรูปตัวอย่างและทดสอบสมบัติตามมาตรฐาน มอก.58-2533 จากการทดลอง พบว่า อัตราส่วนน้ำยางธรรมชาติที่ผสมลงในคอนกรีตบล็อกปาล์ม แล้วสามารถปรับปรุงสมบัติต่าง ๆ ได้ดีที่สุด คือ อัตราส่วน 0.05 รองลงมาคือ 0.10, 0.00, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40 และ 0.45 ตามลำดับ ซึ่งปริมาณน้ำยางธรรมชาติที่เหมาะสม สามารถเพิ่มความต้านทานแรงอัด รวมทั้งลดความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนให้ต่ำลงได้ เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกปาล์มทั่วไป

จากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า มีความเป็นไปได้ที่คอนกรีตบล็อกมวลเบาจะสามารถขึ้นรูปด้วยส่วนผสมต่าง ๆ ตามที่ได้ตั้งสมมติฐาน โดยผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกมวลเบาที่ได้ จะมีคุณสมบัติน้ำหนักเบา ดูดกลืนน้ำต่ำ เป็นฉนวนป้องกันความร้อน และมีความแข็งแรงที่ดี

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

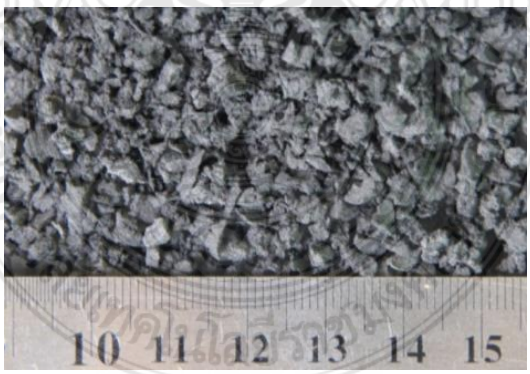
ในการดำเนินงานวิจัยโครงการ “การใช้ผงเซรามิกเป็นมวลรวมน้ำหนักเบาในคอนกรีตบล็อกเพื่อการประหยัดพลังงาน” สามารถสรุปเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ได้ ดังนี้

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ดังรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

2) หินฝุ่น หรือฝุ่นหินปูนที่มีขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 หินฝุ่นหรือฝุ่นหินปูน

3) เศษผงเซรามิกบดจากเครื่องจักรที่มีขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ดังรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 ผงเซรามิกจากการบดเศษสุขภัณฑ์เหลือทิ้ง

4) น้ำประปา

5) เครื่องผสมคอนกรีตดังรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.4 เครื่องผสมคอนกรีต

6) เครื่องอัดคอนกรีตบล็อกแบบสั่นเขย่าพร้อมแบบหล่อคอนกรีตบล็อก แบบช่องวงกลม 5 ช่อง ขนาด 70 x 190 x 390 ลูกบาศก์มิลลิเมตรดังรูปที่ 3.5 และ 3.6

รูปที่ 3.5 เครื่องอัดคอนกรีตบล็อกแบบสั่นเขย่า

รูปที่ 3.6 แบบหล่อคอนกรีตบล็อก 5 ช่องวงกลม

7) แท่นพลิกคอนกรีต พร้อมแผ่นรองคอนกรีตบล็อก

8) เครื่องชั่งน้ำหนัก

9) ตู้อบปรับอุณหภูมิได้ ดังรูปที่ 3.9

รูปที่ 3.7 ตู้อบปรับอุณหภูมิได้

10) ตะแกรงร่อนขนาดเบอร์ 4 และ 325 เมช

11) ชุดอุปกรณ์ทดสอบความหนาแน่น การดูดซึมน้ำการหดตัวแห้ง

12) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) พร้อมเครื่องเคลือบอิริเดียมแบบสุญญากาศดังรูปที่ 3.18

รูปที่ 3.8 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

13) เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal Testing Machine, UTM)ดังรูปที่ 3.9

รูปที่ 3.9 เครื่องทดสอบอเนกประสงค์

3.2 การออกแบบส่วนผสม

ออกแบบส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกผสมเซรามิกเหลือทิ้ง ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ หินฝุ่น ผงเซรามิกเหลือทิ้งบดละเอียด และน้ำประปา จำนวน 5 อัตราส่วน โดยทำการแทนที่หินฝุ่นด้วยผงเซรามิกเหลือทิ้งจากปริมาณน้อยเพิ่มขึ้นไปจนถึงปริมาณมากดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 อัตราส่วนของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้งโดยน้ำหนัก

อัตราส่วน	ปูนซีเมนต์	หินฝุ่น	ผงเซรามิก	น้ำประปา
A2	1	6.8	0.2	0.6
A3	1	6.7	0.3	0.6
A4	1	6.6	0.4	0.6
A5	1	6.5	0.5	0.6
A6	1	6.4	0.6	0.6

3.3 การขึ้นรูปตัวอย่าง

ทำการขึ้นรูปชิ้นตัวอย่างการทดสอบทั้งหมด ตามมาตรฐาน มอก.58 เรื่องคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก (สมอ., 2533) ดังขั้นตอนต่อไปนี้

1) ร่อนผงเซรามิกเหลือทิ้งให้มีขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4

2) ชั่งส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิก ตามอัตราส่วนที่แสดงไว้ในตารางที่ 5 ดังรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.10 การชั่งส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้ง

3) ผสมปูนซีเมนต์และผงเซรามิกที่ผ่านการร่อนแล้วให้เข้ากัน โดยใช้เครื่องผสมคอนกรีตดังรูปที่ 3.11

รูปที่ 3.11 การผสมปูนซีเมนต์และผงเซรามิกให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมคอนกรีต

4) แบ่งน้ำประปาออกเป็น 2 ส่วน จากนั้นเติมน้ำประปาส่วนที่ 1 ลงในส่วนผสม ดังรูปที่ 3.12 แล้วผสมให้ส่วนผสมเข้ากัน

รูปที่ 3.12 การเติมน้ำประปาส่วนที่ 1 ลงในส่วนผสม

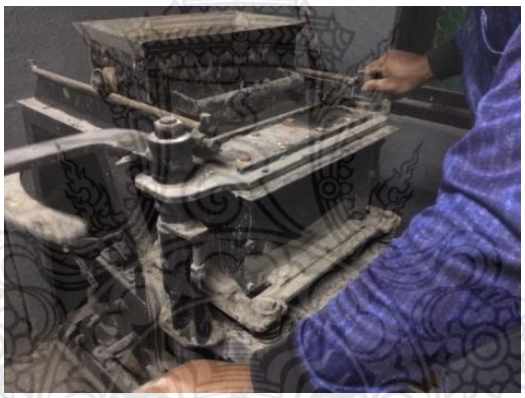
5) ทยอยเทหินฝุ่นลงในส่วนผสม ดังรูปที่ 3.13 พร้อมกับทยอยเติมน้ำประปาส่วนที่ 2 และผสมจนส่วนผสมเข้ากันทั้งหมด

รูปที่ 3.13 การทยอยเทหินฝุ่นลงในส่วนผสม

6) นำส่วนผสมที่ผสมเข้ากันดีแล้ว ไปเทใส่ในแบบของเครื่องอัดคอนกรีตบล็อกจนเต็มดังรูปที่ 3.14

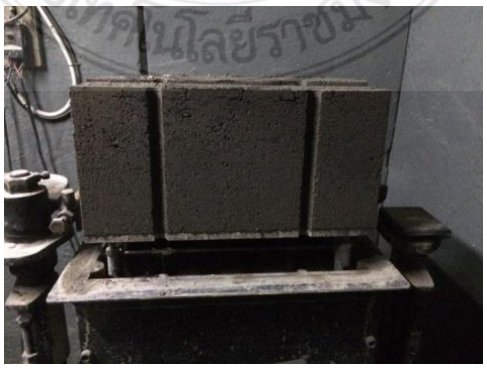
รูปที่ 3.14 การนำส่วนผสมไปใส่ในแบบของเครื่องอัดคอนกรีตบล็อกจนเต็ม

7) อัดส่วนผสม พร้อมทั้งทำการสั่นเขย่า ได้คอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกที่มีรูปทรงและขนาดตามแบบดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 การอัดและเขย่าส่วนผสมเป็นคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้ง

8) นำคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกออกจากเครื่องอัด แล้วใช้แท่นพลิกคอนกรีตบล็อก เพื่อทำการถอดแบบดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 คอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้งที่อัดจนมีรูปร่างตามต้องการ

จากนั้นทำการถอดแบบจากแม่พิมพ์เพื่อทำความสะอาดและเก็บโดยเคลือบน้ำมันกันสนิม

9) ภายหลังจากก้อนคอนกรีตบล็อกแข็งตัวเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ให้นำคอนกรีตบล็อกที่ได้ไปกองบ่มในที่ร่มตามระยะเวลาที่ต้องการ 7, 14, 21 และ 28 วัน ดังรูปที่ 3.17 แล้วจึงนำคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกไปทำการทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ต่อไป

รูปที่ 3.17 การเตรียมคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้งก่อนการนำไปทดสอบคุณสมบัติ

3.4 การทดสอบคุณสมบัติ

ทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้ง ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (สมอ., 2533) และมาตรฐานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

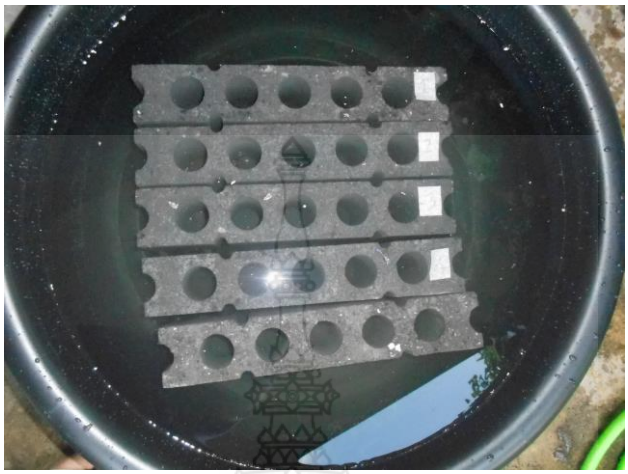
1) การทดสอบหาส่วนประกอบทางเคมีของผงเซรามิกเหลือทิ้งโดยใช้เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนต์ (X-Ray Fluorescence, XRF)

2) การทดสอบลักษณะโดยทั่วไปของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกดังเหลือทิ้งรูปที่ 3.18

รูปที่ 3.18 การวัดขนาดของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้ง

3) การทดสอบความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิก

4) การทดสอบการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 การทดสอบการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้ง

5) การทดสอบการหดตัวแห้งของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิก

6) การทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกดังรูปที่ 3.20 ถึง 3.21

รูปที่ 3.20 การทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้ง

รูปที่ 3.21 ลักษณะการทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิก

7) การทดสอบความต้านทานแรงดัดของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกดังเหลือทิ้งรูปที่ 3.22

รูปที่ 3.22 ลักษณะการทดสอบทดสอบความต้านทานแรงดัดของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกจากวัสดุเหลือทิ้ง

8) การทดสอบหาลักษณะการยึดเกาะระหว่างเศษผงเซรามิกเหลือทิ้งและส่วนผสมของคอนกรีตบล็อก โดยใช้ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) ดังรูปที่ 3.23

รูปที่ 3.23 ตำแหน่งการปรับแกนใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) เพื่อศึกษาลักษณะโครงสร้างของวัสดุ

9) การทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิก โดยใช้แผ่นคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิก ขนาด 300 x 300 x 15 ลูกบาศก์มิลลิเมตร ที่ขึ้นรูปด้วยวิธีการเดียวกันดังรูปที่ 3.24

รูปที่ 3.24 แผ่นคอนกรีตผสมผงเซรามิกเหลือทิ้งจากเครื่องอัดแผ่นคอนกรีตเพื่อใช้ทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิ

11) การทดสอบการใช้งานจริงของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้ง โดยการก่อสร้างผนังจำลองจากคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกขนาด 4 x 2.5 ตารางเมตร

3.5 การเขียนบทความวิจัยเพื่อเผยแพร่

ร่างและเขียนบทความวิจัยเพื่อเผยแพร่สู่กลุ่มเป้าหมายผ่านทางวารสารหรืองานประชุมวิชาการระดับชาติหรือนานาชาติ

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

4.1 ส่วนประกอบทางเคมีของผงเซรามิก

ผลการทดสอบหาองค์ประกอบทางเคมีของผงเซรามิก โดยใช้เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนต์(XRF) สามารถสรุปได้ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 องค์ประกอบทางเคมีของผงเซรามิกจากการทดสอบด้วยเครื่อง XRF

องค์ประกอบทางเคมี	ร้อยละ
SiO_2	46.15
MgO	16.2
Al_2O_3	14.6
Fe_2O_3	12.3
CaO	0.55
K_2O	0.54
Na_2O	0.42
ZnO	0.31
MnO	0.24

จากตารางที่ 6 แสดงให้เห็นว่า ผงเซรามิกมีองค์ประกอบทางเคมีหลัก 3 ลำดับแรก ประกอบด้วย ซิลิก้าหรือซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO_2) มากที่สุด ร้อยละ 46.15 รองลงมาคือ แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ร้อยละ 16.2 อลูมินาหรืออลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) ร้อยละ 14.6 องค์ประกอบทางเคมีดังกล่าวมีผลต่อคุณสมบัติด้านความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิก โดยเฉพาะซิลิก้า (SiO_2) และอลูมินา (Al_2O_3) ซึ่งเป็นวัสดุที่สามารถทำปฏิกิริยาปอซโซลานิก(Pozzolanic Reaction) กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) ในปูนซีเมนต์ได้ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากการทำปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของไตรแคลเซียมซิลิเกต และไดแคลเซียมซิลิเกตโดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาปอซโซลานิกของซิลิคอนไดออกไซด์ จะได้แคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (C-S-H) ส่วนอลูมิเนียมออกไซด์ จะได้แคลเซียมอลูมิเนตไฮเดรต ($C_3A_2H_3$) (ชัยและวีรชาติ, 2555) ดังสมการที่ 1 และ 2

$$2SiO_2 + 3Ca(OH)_2 \xrightarrow{-H_2O} 3CaO.2SiO_2.3H_2O \quad (1)$$

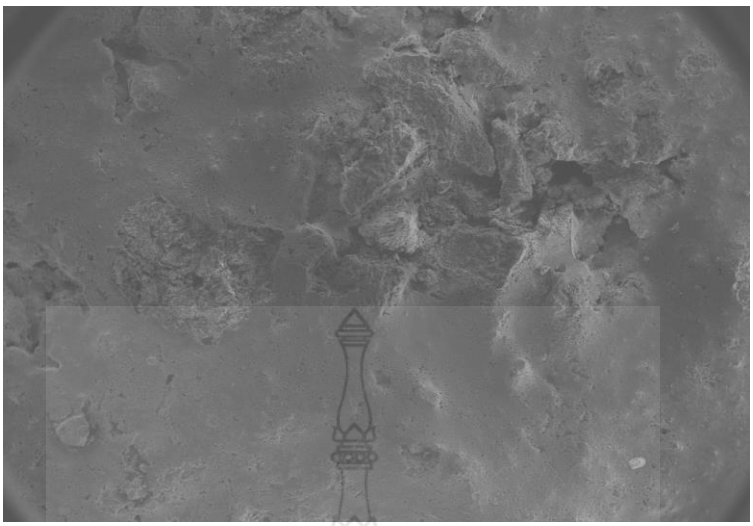
$$2Al_2O_3 + 3Ca(OH)_2 \xrightarrow{-H_2O} 3CaO.2SiO_2.3H_2O \quad (2)$$

ซึ่งแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (C-S-H) และแคลเซียมอลูมิเนตไฮเดรต ($C_3A_2H_3$) ที่ได้เพิ่มเติมจากปฏิกิริยาปอซโซลานิก จะช่วยพัฒนาคุณสมบัติด้านความต้านทานแรงอัดให้กับผลิตภัณฑ์จำพวกคอนกรีตหรือคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกได้ อย่างไรก็ตาม วัสดุปอซโซลานที่เหมาะสำหรับทำปฏิกิริยาปอซโซลานิกตามมาตรฐาน ASTM C 618 (ASTM, 2012) ต้องเป็นวัสดุที่มีความละเอียดมาก (ผ่านตะแกรงเบอร์ 325) แต่สำหรับผงเซรามิกที่นำมาใช้ในโครงการนี้จะมีขนาดปะปนกัน โดยทั้งหมดจะเป็นผงเซรามิกที่มีขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ซึ่งใหญ่กว่าที่มาตรฐานกำหนด แต่ด้วยลักษณะของผงเซรามิกส่วนใหญ่จะมีขนาดค่อนข้างใหญ่ หากทำการแยกให้มีเฉพาะผงเซรามิกขนาดเล็ก จะทำให้ไม่สามารถนำผงเซรามิกทั้งหมดมาใช้ประโยชน์ได้ (ปริมาณผงเซรามิกที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 325 มีเพียงร้อยละ 5.61 ของปริมาณผงเซรามิกทั้งหมด)

4.2 ภาพขยายของผงเซรามิกเหลือทิ้งและคอนกรีตบล็อก

ลักษณะของผงเซรามิกและคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกจากภาพขยายของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.1 ถึง 4.3

รูปที่ 4.1 ภาพขยายผงเซรามิกจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด



รูปที่ 4.2 ภาพขยายผงเซรามิกจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดผงเซรามิกเกาะตัว ที่กำลังขยาย 50 เท่า

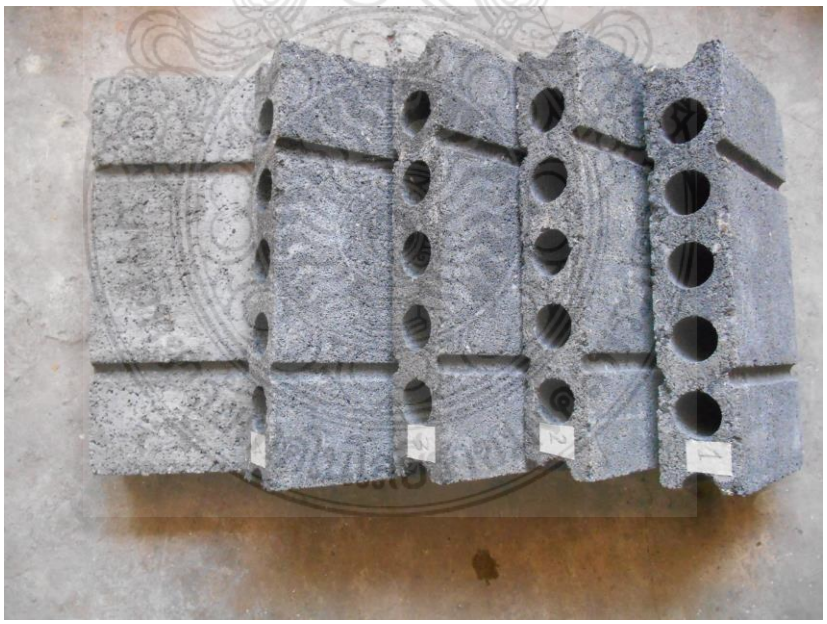
รูปที่ 4.3 ภาพขยายคอนกรีตบล็อกผงเซรามิกจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 100 เท่า

จากรูปที่ 4.1 4.2 และ 4.3 แสดงภาพขยายผงเซรามิกจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 50 และ 100 เท่า พบว่า ผงเซรามิกเหลือทิ้งมีลักษณะขรุขระ พื้นผิวมีช่องว่างจำนวนมาก เมื่อผสมเข้ากับปูนซีเมนต์ หินฝุ่น และน้ำแล้ว จะสามารถยึดเกาะเป็นรูปทรงต่าง ๆ ได้ดี โดยไม่มีการหลุดร่อนของผงผงเซรามิกเหลือทิ้ง ดังรูปที่ 4.3 และผลการพิจารณาลักษณะโดยทั่วไปของคอนกรีตบล็อกในหัวข้อ 4.3

4.3 ลักษณะโดยทั่วไปของคอนกรีตบล็อก

ลักษณะโดยทั่วไปของคอนกรีตบล็อกทุกก้อนตามที่มาตรฐาน มอก.58 กำหนดจะต้องแข็งแรง ปราศจากรอยแตกร้าว และมีพื้นผิวที่เหมาะต่อการยึดเกาะของปูนฉาบ ซึ่งผลการพิจารณาลักษณะโดยทั่วไปของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิก สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.4 ถึง 4.5

รูปที่ 4.4 คอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกที่อัดจนมีรูปร่างตามต้องการ

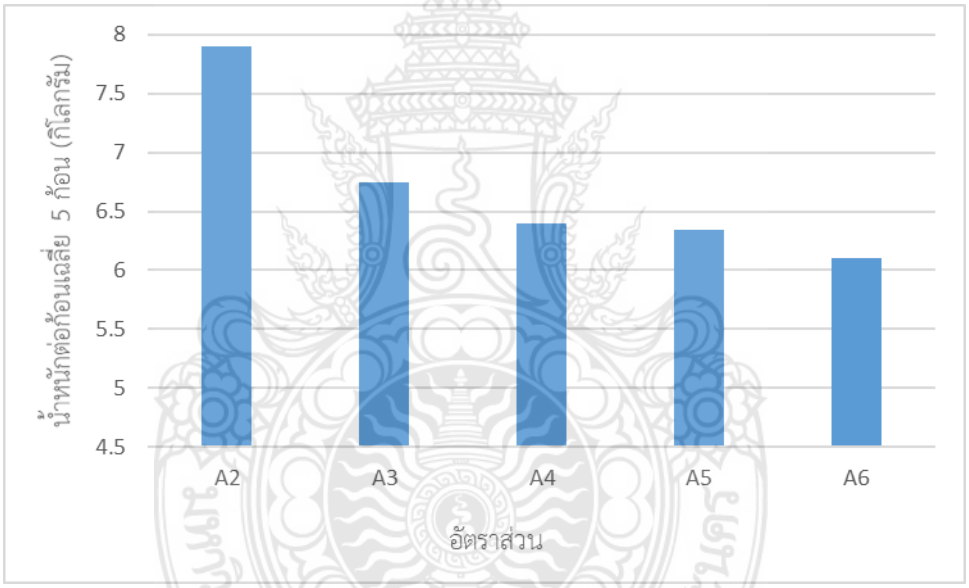


รูปที่ 4.5 คอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกที่อัดขึ้นรูปและสภาพพร้อมนำไปใช้งาน

จากรูปที่ 4.4 ถึง 4.5 พบว่าคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกทุกอัตราส่วนมีลักษณะสมบูรณ์ ไม่มีรอยบิ่นหรือร้าว และส่วนผิวของคอนกรีตบล็อกทั้งหมดมีความหยาบพอควรแก่การจับยึดของปูนฉาบหรือปูนแต่งได้ดี จากผลการพิจารณาดังกล่าวแสดงว่า การผสมผงเซรามิกลงในคอนกรีตบล็อก ไม่ส่งผลต่อคุณลักษณะที่ต้องการด้านลักษณะโดยทั่วไปของคอนกรีตบล็อก ตามที่มาตรฐาน มอก.58 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักกำหนด

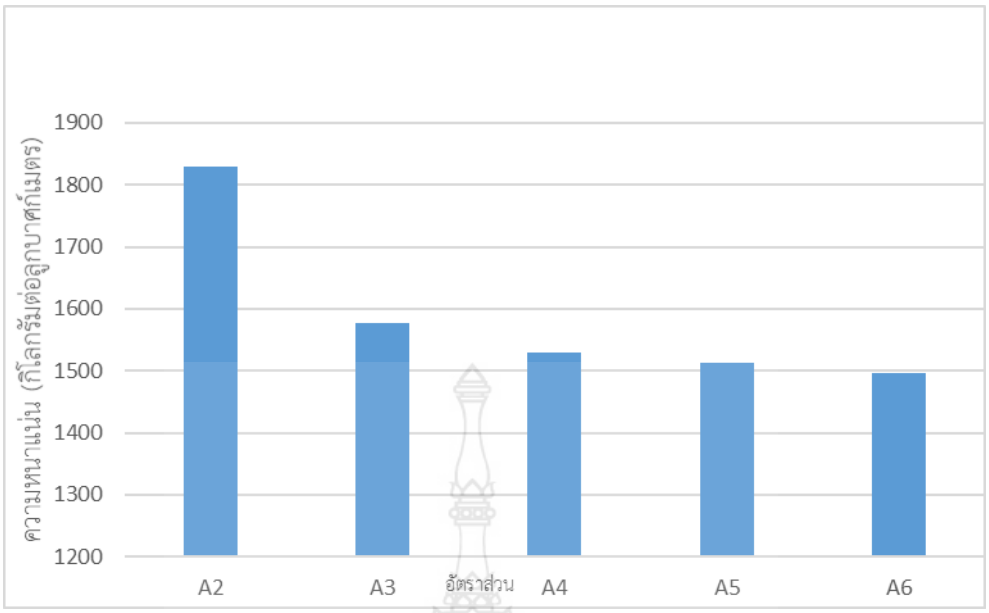
4.4 ความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อก

ความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิก เป็นคุณสมบัติที่แสดงถึงน้ำหนักของคอนกรีตบล็อก โดยคอนกรีตบล็อกที่มีความหนาแน่นสูง จะมีน้ำหนักต่อก้อนมาก และคอนกรีตบล็อกที่มีความหนาแน่นต่ำ ก็จะมีน้ำหนักต่อก้อนน้อยตามไปด้วยซึ่งผลการทดสอบน้ำหนักต่อก้อนเฉลี่ย 5 ก้อนและความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกทุกอัตราส่วนสามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.6 ผลการทดสอบน้ำหนักเฉลี่ย 5 ก้อนของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้ง

น้ำหนักเฉลี่ย 5 ก้อนของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกในรูปที่ 4.6 พบว่าคอนกรีตบล็อกดังกล่าวมีน้ำหนักต่อก้อนอยู่ระหว่าง 6.2 – 7.89 กิโลกรัม ซึ่งเบากว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไปที่มีน้ำหนักประมาณ 8 – 10 กิโลกรัมต่อก้อนทั้งนี้คอนกรีตบล็อกที่ผสมผงเซรามิกเหลือทิ้งในปริมาณมาก จะมีแนวโน้มของน้ำหนักเบากว่าคอนกรีตบล็อกที่ผสมผงเซรามิกน้อยโดยผลการทดสอบค่าความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกแต่ละอัตราส่วนได้ มีดังรูปที่ 4.6

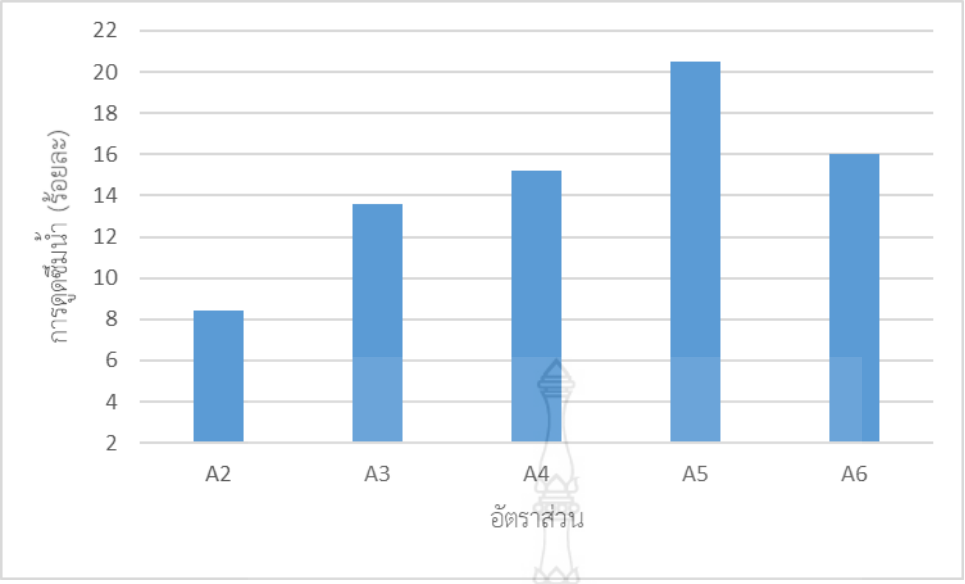


รูปที่ 4.7 ผลการทดสอบความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้ง

จากรูปที่ 4.7 พบว่า คอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกอัตราส่วน A2 มีค่าความหนาแน่นสูงที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน A3, A4, A5 และ A6 มีค่าความหนาแน่นต่ำที่สุด ตามลำดับ โดยทั้งหมดมีแนวโน้มต่ำกว่าคอนกรีตและคอนกรีตบล็อกทั่วไป (คอนกรีตทั่วไป 2,400 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และคอนกรีตบล็อกทั่วไป 1,900 – 2,100 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ซึ่งเป็นผลมาจากลักษณะของผงเซรามิกที่มีช่องว่างภายในเนื้อจำนวนมาก (ชัชวาลย์, 2540; ปราโมทย์ และกิตติพงษ์, 2557) ดังเห็นได้จากภาพขยายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ในรูปที่ 4.1 และ 4.2 นอกจากนี้ ค่าความถ่วงจำเพาะของผงเซรามิก ยังมีค่าต่ำเพียง 1.9 ถึง 2.3 ในขณะที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และหินฝุ่น เป็นวัสดุที่มีค่าความถ่วงจำเพาะ เท่ากับ 3.15 และ 2.72 ตามลำดับ (ชัย และวีรชาติ, 2555; ปริญญา และชัย, 2555; ดนุพล, 2553)

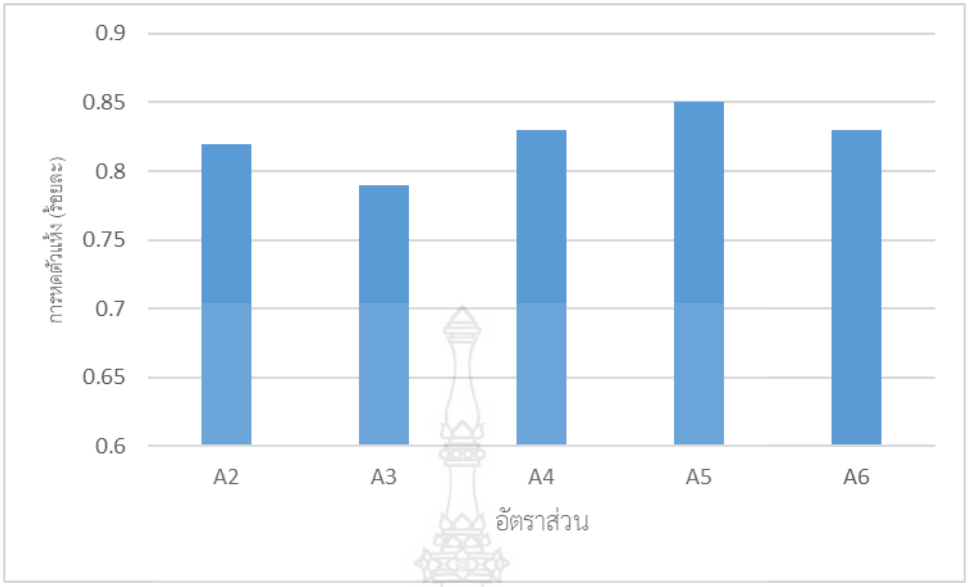
4.5 การดูดซึมน้ำและการหดตัวแห้งของคอนกรีตบล็อก

คอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิก ทั้ง 5 อัตราส่วน มีค่าการดูดซึมน้ำหรือค่าการดูดกลืนน้ำแตกต่างกัน โดยสามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกจากวัสดุเหลือทิ้ง

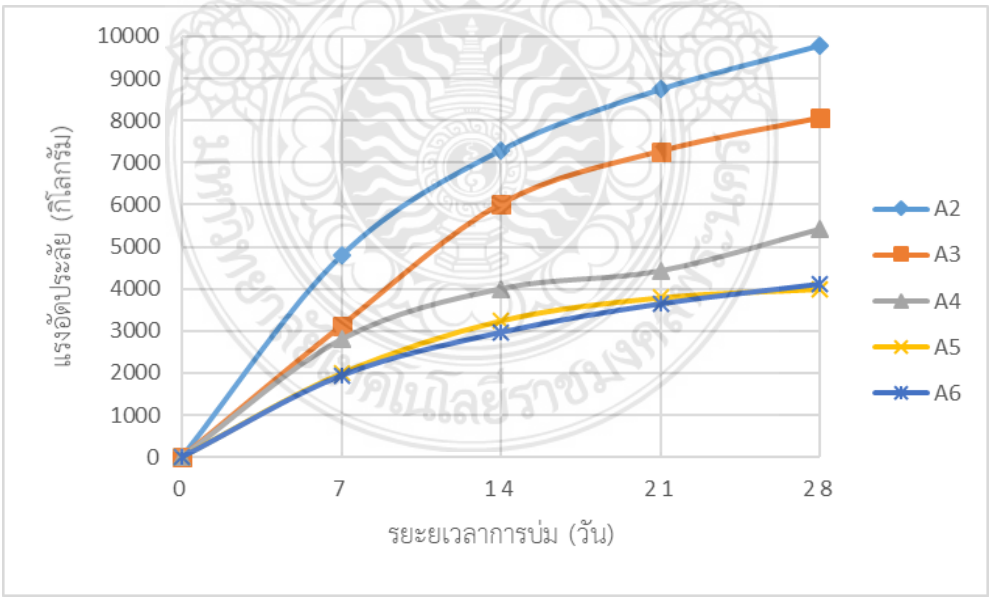
ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกในรูปที่ 4.8 พบว่า ปริมาณผงเซรามิกมีผลต่อการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกอย่างชัดเจนเช่นเดียวกับน้ำหนักต่อก้อนและสมบัติด้านความหนาแน่นที่ความพรุนและขนาดของผงเซรามิกมีผลต่อสมบัติดังกล่าวซึ่งคอนกรีตบล็อกผสมแกลบในปริมาณมาก จะมีค่าการดูดซึมน้ำสูงกว่าคอนกรีตบล็อกที่มีปริมาณผงเซรามิกน้อย โดยคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกอัตราส่วน A6 มีค่าการดูดซึมน้ำสูงที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน A5, A4, A3 และ A2 มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำที่สุด ตามลำดับเป็นผลมาจากลักษณะของผงเซรามิกที่มีความพรุนสูง (รูปที่ 4.1 และ 4.2) จะทำให้เกิดการดูดซึมน้ำเข้าไปในเนื้อผงเซรามิกได้ง่าย ซึ่งเป็นลักษณะเช่นเดียวกันกับการผสมชีวมวลชนิดอื่น ๆ (ชัย และวีรชาติ, 2555; ปราโมทย์ และกิตติพงษ์, 2557)ทั้งนี้ การดูดซึมน้ำเป็นสมบัติของคอนกรีตบล็อกที่แสดงถึงความสามารถในการก่อ-ฉาบของคอนกรีตบล็อก โดยคอนกรีตบล็อกที่เหมาะสำหรับนำไปใช้ในงานก่อสร้างอาคารควรมีค่าการดูดซึมน้ำที่ต่ำเนื่องจากคอนกรีตบล็อกที่มีค่าการดูดซึมน้ำสูงจะมีผลต่อปัญหาการแตกร้าวของปูนก่อ-ฉาบ เพราะการสูญเสียน้ำจากปูนมอร์ต้าร์ (ปูนซีเมนต์ ผสมทรายและน้ำ) ไปยังคอนกรีตบล็อกมาก ทำให้ปฏิกิริยาไฮเดรชั่น (Hydration Reaction) ของปูนซีเมนต์และน้ำไม่สมบูรณ์ เกิดเป็นรอยร้าวตั้งแต่ขนาดเล็กที่มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ไปจนถึงรอยร้าวขนาดใหญ่ที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (ปริญญา และชัย, 2555)ทั้งนี้ การดูดซึมน้ำตามมาตรฐานของคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก (มอก.58) ต้องไม่เกิน ร้อยละ 25 เมื่อคอนกรีตบล็อกมีค่าการหดตัวมากกว่า ร้อยละ 0.045 ดังรูปที่ 4.9 รวมทั้ง มีความชื้นสัมพัทธ์รายปีเฉลี่ยน้อยกว่า ร้อยละ 50 (เป็นค่าการดูดซึมน้ำที่กำหนดไว้ต่ำที่สุดของมาตรฐาน) (สมอ., 2533) เห็นได้ว่า คอนกรีตบล็อกที่ผสมผงเซรามิกทุกอัตราส่วน ยังคงมีค่าการดูดซึมน้ำเป็นไปตามที่มาตรฐานกำหนด สามารถนำไปใช้ก่อสร้างเป็นผนังก่อ-ฉาบได้โดยไม่เกิดปัญหาการแตกร้าวที่ปูนก่อ-ฉาบ



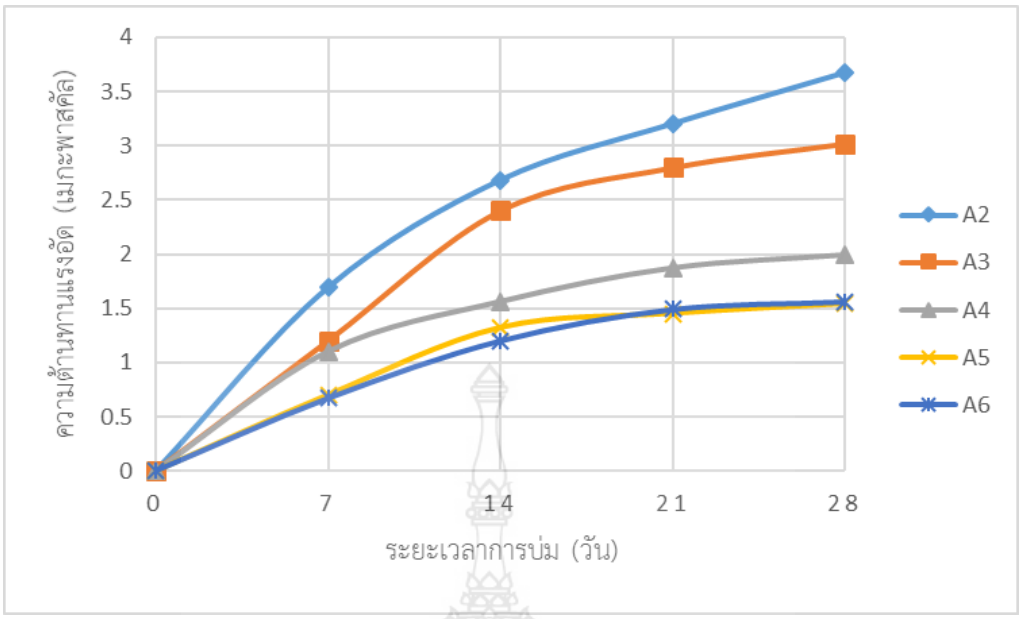
รูปที่ 4.9 ผลการทดสอบการหดตัวทางยาวของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้ง

4.6 ความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อก

จากผลการทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกทุกอัตราส่วน สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.11 และ 4.12



รูปที่ 4.10 ผลการทดสอบแรงอัดประลัยของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้ง

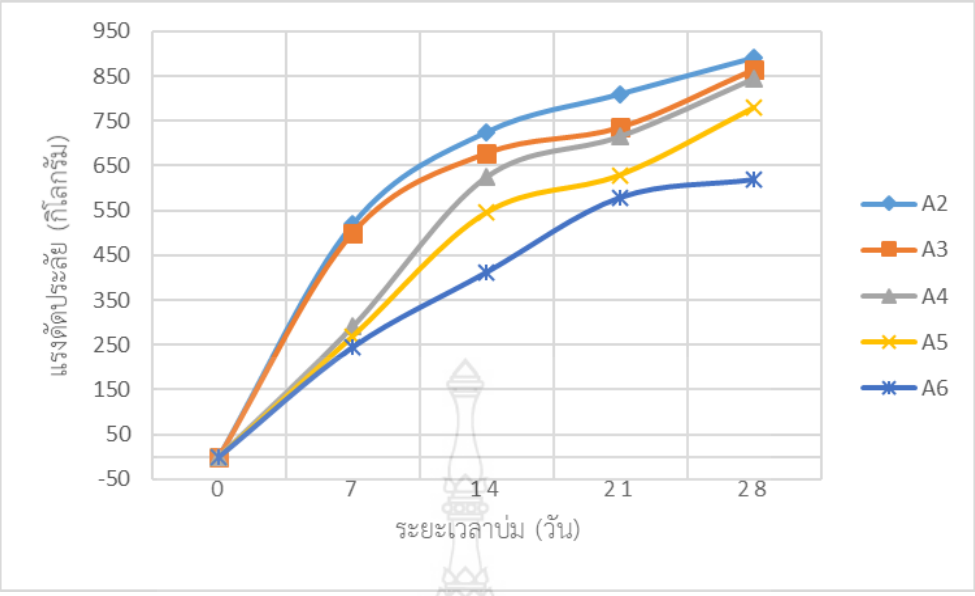


รูปที่ 4.11 ผลการทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้ง

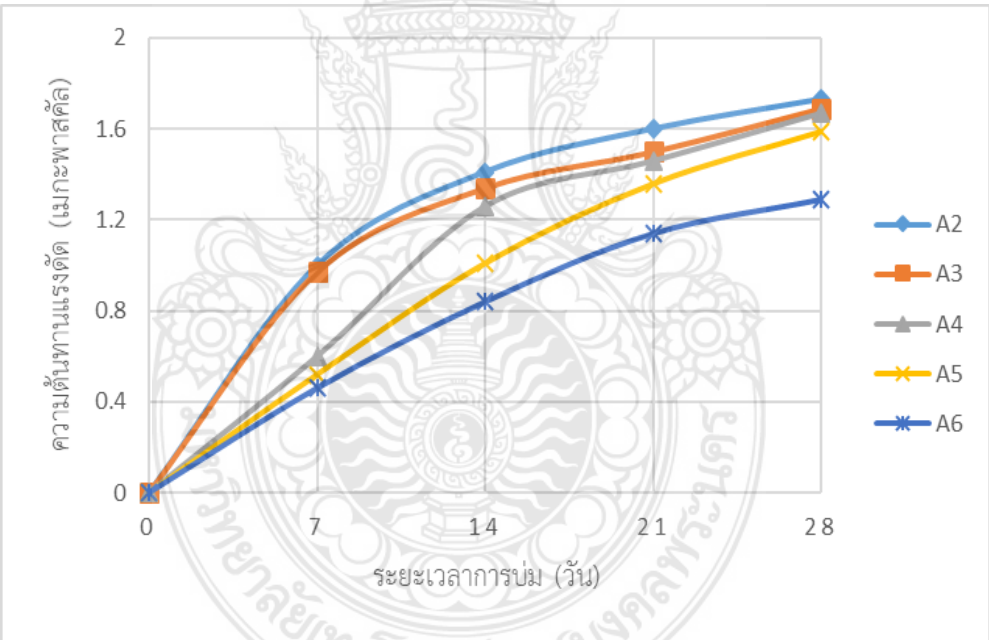
จากรูปที่ 4.11 และ 4.12 พบว่า แรงอัดประลัยและความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้งอัตราส่วน A2 มีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน A3, A4, A5 และ A6 มีค่าแรงอัดประลัยและความต้านทานแรงอัดต่ำที่สุด ตามลำดับ จากค่าดังกล่าวสรุปได้ว่า ปริมาณของผงเซรามิกที่มากขึ้น มีผลทำให้ความต้านทานแรงอัดลดต่ำลง ทั้งนี้เป็นผลมาจากลักษณะของผงเซรามิกเหลือทิ้งที่มีช่องว่างภายในเนื้อค่อนข้างมากเมื่อผสมลงในคอนกรีตบล็อกจึงทำให้พื้นที่รับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกลดลง (ปราโมทย์ และกิตติพงษ์, 2557) นอกจากนี้ ผงเซรามิกเหลือทิ้งที่ผสมลงไปในเนื้อคอนกรีตบล็อกยังมีความแข็งแรงต่ำกว่าหินฝุ่นหรือปูนซีเมนต์โดยเมื่อเปรียบเทียบค่าความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้ง ตามมาตรฐาน มอก.58 ที่กำหนดให้ความต้านทานแรงอัดเฉลี่ยของคอนกรีตบล็อก ต้องไม่ต่ำกว่า 2.0 เมกะพาสคัล หรือประมาณ 20 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และเมื่อเฉลี่ย 5 ก้อน ต้องไม่ต่ำกว่า 2.5 เมกะพาสคัล หรือประมาณ 25 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (สมอ., 2533) พบว่า คอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกอัตราส่วน A2 และ A3 สามารถผ่านค่าที่มาตรฐานกำหนดได้

4.7 ความต้านทานแรงดัดของคอนกรีตบล็อก

สำหรับความต้านทานแรงดัดหรือโมดูลัสการแตกหักของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้งเป็นคุณสมบัติหนึ่งที่มีประโยชน์ต่อการนำมาใช้งาน โดยเฉพาะการนำไปก่อสร้างเป็นผนังซึ่งมีระดับหรือส่วนฐานรองรับผนังไม่เท่ากันซึ่งผลการทดสอบดังกล่าวสามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.12 และ 4.13



รูปที่ 4.12 ผลการทดสอบแรงดัดประลัยของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้ง

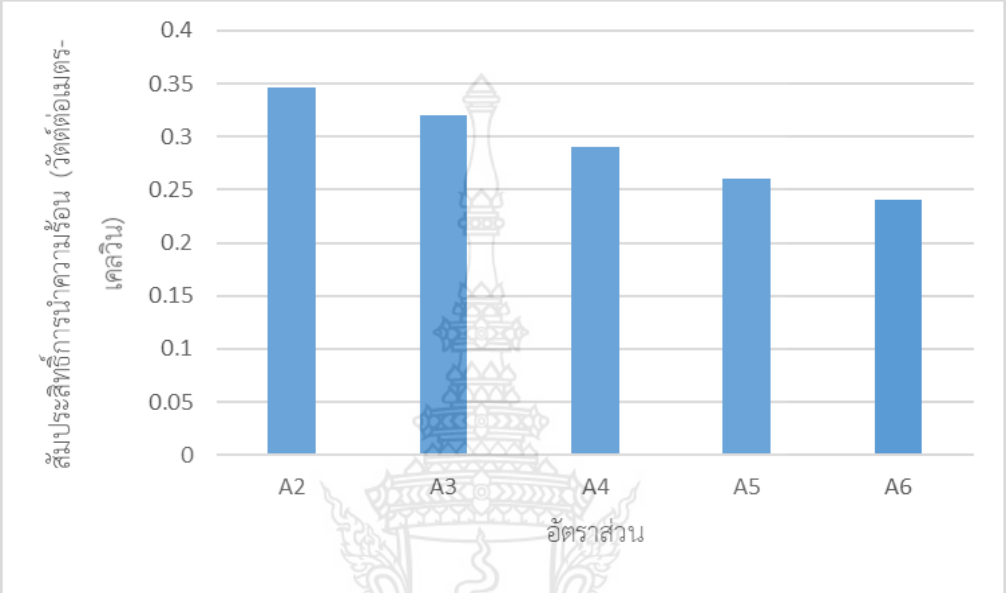


รูปที่ 4.13 ผลการทดสอบโมดูลัสการแตกหักของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้ง

จากรูปที่ 4.12 และ 4.13 พบว่า ค่าแรงดัดประลัย และค่าโมดูลัสการแตกหักหรือความต้านทานแรงดัดของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้ง มีแนวโน้มเช่นเดียวกับค่าความต้านทานแรงอัด กล่าวคือ เมื่อคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้งจะทำให้ความสามารถในการรับแรงดัดลดลง ซึ่งก็เป็นผลมาจากลักษณะของผงเซรามิกเช่นเดียวกับคุณสมบัติอื่น ๆ

4.8 สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อก

ความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้ง สามารถวัดค่าได้ด้วยสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (K) ซึ่งสามารถสรุปผลได้ ดังรูปที่ 4.14



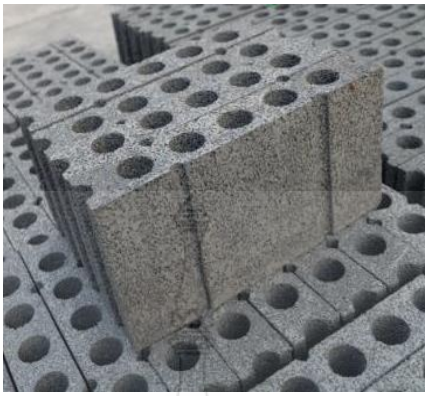
รูปที่ 4.14 ผลการทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้ง

จากการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้งที่อัตราส่วนต่าง ๆ รวม 5 อัตราส่วน ดังรูปที่ 4.14 พบว่า ผงเซรามิกที่ผสมลงในคอนกรีตบล็อกมีผลต่อการลดลงของค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน หรือกล่าวได้ว่าผงเซรามิกมีผลทำให้คอนกรีตบล็อกดังกล่าวมีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีขึ้น เนื่องจากผงเซรามิกเหลือทิ้งเป็นวัสดุที่มีความพรุนของเนื้อหรือช่องว่างจำนวนมาก ซึ่งเป็นลักษณะของวัสดุที่มีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี (ธนัญชัย และคณะ, 2549; ปราโมทย์ และกิตติพงษ์, 2557) โดยคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้งอัตราส่วน A6 ซึ่งมีปริมาณผงเซรามิกมากที่สุด เป็นคอนกรีตบล็อกที่มีสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำที่สุด รองลงมาคืออัตราส่วน A5, A4, A3 และอัตราส่วน A2 ซึ่งมีปริมาณผงเซรามิกน้อยที่สุด เป็นคอนกรีตบล็อกที่มีสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสูงที่สุดตามลำดับ

4.9 การใช้งานจริงของคอนกรีตบล็อก

จากการคัดเลือกคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้งอัตราส่วน A3 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่มีคุณสมบัติผ่านตามมาตรฐาน มอก.58 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก กำหนดมาทำการทดลองก่อสร้างเป็นผนังอาคารขนาด 4 x 2.5 ตารางเมตร ซึ่งเป็นวิธีการใช้งานคอนกรีตบล็อกที่นิยมมากที่สุดเก็บข้อมูลการ

ก่อสร้างทุกขั้นตอนพร้อมทั้งพิจารณาการแตกร้าวของปูนฉาบที่ฉาบลงบนคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้งซึ่งสามารถสรุปผลการใช้งานได้ ดังรูปที่ 4.15 ถึง 4.19



รูปที่ 4.15 คอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้งที่เตรียมรอไว้เพื่อก่อกำแพงทดสอบ

รูปที่ 4.16 การก่อและยึดคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้งเป็นผนังด้วยปูนก่อ

รูปที่ 4.17 ลักษณะการเรียงตัวแบบไม่เสมอกันของผนังจากคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้ง

รูปที่ 4.18 ลักษณะของผนังที่ก่อด้วยคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกชนขอบเฟรม

รูปที่ 4.19 ลักษณะของผนังที่ก่อด้วยคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกที่ฉาบด้วยปูนฉาบแล้ว

จากรูปที่ 4.15 ถึง 4.19 พบว่า คอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกอัตราส่วน A3 สามารถนำใช้ก่อสร้างเป็นผนังอาคารได้ดีเช่นเดียวกับคอนกรีตบล็อกทั่วไป โดยผิวที่ขรุขระของคอนกรีตบล็อกมีส่วนช่วยให้การยึดเกาะของปูนฉาบมีความแน่นหนาดี (สมอ., 2533) ส่วนค่าการดูดซึมน้ำหรือการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกที่ต่ำก็ทำให้ผนังที่ก่อด้วยคอนกรีตบล็อกนี้ ไม่เกิดปัญหาการแตกร้าวของปูนฉาบและได้ผนังที่มีความเรียบและสวยงาม สำหรับความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกนี้ก็มีค่าสูงมาก เพียงพอต่อการใช้งานและรับน้ำหนักโครงสร้างผนังได้ดี ตลอดจนการแบ่งก้อนคอนกรีตบล็อกให้มีขนาดเล็กลงก็สามารถทำได้โดยการใช้ค้อนทุบเช่นเดียวกับคอนกรีตบล็อกทั่วไป

ทั้งหมดนี้แสดงให้เห็นว่า คอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกอัตราส่วน A3 มีแนวโน้มนำไปสู่การนำไปประยุกต์ใช้เป็นผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ในส่วนของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ผ่านตามมาตรฐาน มอก.58 (สมอ., 2533) ได้ดี

4.10 บทความวิจัยเพื่อเผยแพร่

ภายหลังจากส่งเล่มรายงานการวิจัยแล้วขั้นตอนถัดไปเขียนบทความวิจัยและนำบทความวิจัยเพื่อเผยแพร่สู่กลุ่มเป้าหมายผ่านทางวารสารหรืองานประชุมวิชาการ ระดับชาติหรือนานาชาติ

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากผลการดำเนินงานโครงการ “การใช้ผงเซรามิกเป็นมวลรวมน้ำหนักเบาในคอนกรีตบล็อกเพื่อการประหยัดพลังงาน” ที่ผ่านมา ทำให้สรุปผลและข้อเสนอแนะได้ ดังนี้

5.1 สรุปผล

จากวัตถุประสงค์ของโครงการ สามารถสรุปผลการดำเนินงานแบ่งเป็นข้อ ๆ ได้ ดังนี้

5.1 คอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้งสามารถใช้ขั้นตอนการผลิตและเครื่องจักรได้เช่นเดียวกับคอนกรีตบล็อกทั่วไป แต่จะมีขั้นตอนการคัดขนาดผงเซรามิกเหลือทิ้งเพิ่มเข้ามา โดยเริ่มจากการนำผงเซรามิกเหลือทิ้งมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 จากนั้น ผสมเข้ากับปูนซีเมนต์ หินฝุ่น และนำด้วยเครื่องผสมคอนกรีตจนเข้ากัน แล้วจึงอัดขึ้นรูปเป็นคอนกรีตบล็อกด้วยเครื่องอัดคอนกรีตบล็อกแบบสั่นเขย่า บ่มทิ้งไว้ 28 วัน ได้คอนกรีตบล็อกที่มีคุณสมบัติตามที่มาตรฐาน มอก.58 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักตามมาตรฐาน

5.2 อัตราส่วนของผงเซรามิกเหลือทิ้งที่เหมาะสมในการผลิตคอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบาเพื่อการประหยัดพลังงานคือ อัตราส่วน A3 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่มีปริมาณของผงเซรามิกสูงที่สุด ในขณะที่ยังมีคุณสมบัติผ่านตามที่มาตรฐาน มอก.58 กำหนด โดยอัตราส่วนผสม ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่1: หินฝุ่น: ผงเซรามิกเหลือทิ้ง: น้ำ เท่ากับ 1: 6.7: 0.3: 0.6 และมีคุณสมบัติได้แก่ ค่าความหนาแน่น 1,568.19 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าการดูดซึมน้ำ ร้อยละ 13.39 การหดตัวแห้ง ร้อยละ 0.787 ความต้านทานแรงอัด 2.95 เมกะพาสคัล ความต้านทานแรงดัด 1.76 เมกะพาสคัลสัมประสิทธิ์การนำความร้อน 0.319 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน

5.3 สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกเมื่อมีการผสมผงเซรามิก พบว่า ปริมาณผงเซรามิกที่เพิ่มขึ้น สามารถช่วยลดน้ำหนักต่อก้อนหรือความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกลง เพิ่มความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน ซึ่งเป็นการพัฒนาคอนกรีตบล็อกให้มีน้ำหนักเบาและช่วยประหยัดพลังงานภายในอาคารได้ดี อย่างไรก็ตาม ปริมาณของผงเซรามิกที่เพิ่มขึ้น กลับมีผลต่อค่าการดูดซึมน้ำที่สูงขึ้น และค่าความต้านทานแรงอัดและดัดที่ต่ำลง

5.4 คอนกรีตบล็อกผสมผงเซรามิกเหลือทิ้งอัตราส่วน A3 สามารถใช้ก่อสร้างเป็นผนังได้เช่นเดียวกับคอนกรีตบล็อกทั่วไป โดยสามารถก่อ-ฉาบได้โดยไม่มีปัญหาการแตกร้าว พื้นผิวยึดเกาะกับปูนฉาบได้ดี ทำให้ฉาบง่าย เรียบ และสวยงาม รวมทั้ง สามารถทุบแบ่งเป็นก้อนขนาดเล็กได้แบบคอนกรีตบล็อกที่ไม่มีส่วนผสมของผงเซรามิกเหลือทิ้ง

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาวิจัยต่อไป ควรมีการพัฒนาคอนกรีตบล็อกให้มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำ และมีความต้านทานแรงอัดสูงคอนกรีตบล็อกทั่วไปเพื่อให้คอนกรีตบล็อกดังกล่าว สามารถผสมผงเซรามิกได้มากขึ้น และยังคงผ่านตามที่มาตรฐาน มอก.58 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก กำหนด

เอกสารอ้างอิง

กัญญ์วรา นาคดิลก. 2554. **การพัฒนาเกณฑ์การประเมินสมรรถนะอาคารเขียวในประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการเทคโนโลยีอาคาร มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต. กรุงเทพฯ.

ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร. 2552. **ปูนซีเมนต์และการประยุกต์ใช้งาน**. บริษัท ปูนซีเมนต์ไทยอุตสาหกรรม จำกัด. กรุงเทพฯ.

ชรินทร์ เสนาวงษ์, อิทธิพล วิไลลักษณ์ และวิเชียร ชาลี. 2552. การทำคอนกรีตบล็อกชนิดรับน้ำหนักจากก้นเตาระบบฤลูอิดไดซ์เบด. **เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 14**. ระหว่างวันที่ 13 – 15 พฤษภาคม 2552. ณ สุรสัมมนาคาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. นครราชสีมา.

ณัฐพล เขตกระโทก. 2556. **แนวทางการปรับปรุงอาคารตามมาตรฐานอาคารเขียว: กรณีศึกษา อาคารบรรณสารและสื่อการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.** วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการจัดการพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. นครราชสีมา.

ประชุม คำพุฒ สมเกียรติ รุ่งทองใบสุรีย์ และกิตติพงษ์ สุวีโร. 2553. การใช้ดินขาวในผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อก. **เอกสารประกอบการประชุมวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้ง 15.** ระหว่างวันที่ 12 - 14 พฤษภาคม 2553ณ สุนีย์แกรนด์แอนด์คอนเวนชั่นเซนเตอร์. อุบลราชธานี.

ประชุม คำพุฒ. 2550. การศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีตบล็อกที่มีการผสมน้ำยางพารา. **รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์.** โครงการวิจัยแห่งชาติ: ยางพารา ฝ่ายอุตสาหกรรม สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.). กรุงเทพฯ.

ปราโมทย์ วีรานุกูล และกิตติพงษ์ สุวีโร. 2557. การใช้น้ำยางธรรมชาติพัฒนาคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกผสมปาล์มน้ำมัน. **เอกสารประกอบการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 6 "เทคโนโลยีและนวัตกรรมสู่อาเซียน".** ระหว่างวันที่ 23-25 กรกฎาคม 2557 ณ อาคารเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ วิทยาเขตหันตรา. พระนครศรีอยุธยา.

ปริญญา จินดาประเสริฐ และชัย จาตุรพิทักษ์กุล. 2555. **ปูนซีเมนต์ ปอซโซลาน และคอนกรีต**. พิมพ์ครั้งที่ 7. สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ. 381 หน้า.

พงษ์ธร แซ่อุย และชาคริต สิริสิงห. 2550. **ยาง กระบวนการผลิตและทดสอบ**, ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค). ปทุมธานี.

พันธุดา พุฒิไพโรจน์. 2557. **เอกสารประกอบการบรรยาย เรื่องการออกแบบและก่อสร้างอาคารเขียวตามเกณฑ์มาตรฐาน LEED ณ สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและ**

สิ่งแวดล้อม วันที่ 29 เมษายน 2557. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. นครปฐม.

ภาคภูมิ มงคลสังค์. 2550. การศึกษาคุณสมบัติของซีเมนต์บล็อกผสมลอยและตะกรันลิกไนต์. **เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 12.** ระหว่างวันที่ 2 – 4 พฤษภาคม 2550. ณ โรงแรม อมรินทร์ลากูน. พิษณุโลก.

มนต์ชัย วงศ์สันติราษฎร์ และคณะ, 2548. **คอนกรีตบล็อกจากลิกไนต์**. ปริญญานิพนธ์ระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. กรุงเทพฯ.

มีศักดิ์ พัวพิทยาธร กริสน์ ชัยมูล และสหลาภ หอมวุฒิวงศ์. 2554. การผลิตบล็อกคอนกรีตจากชีวมวล. **เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 16.** ระหว่างวันที่ 18 – 20 พฤษภาคม 2554. ณ โรงแรมเดอะชายน์ พัทยา. ชลบุรี.

มูลนิธิสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. 2555. **คู่มือ Lean Management for Environment สำหรับอุตสาหกรรมเซรามิก.** มูลนิธิสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. กรุงเทพฯ.

วราภรณ์ ขจรไชยกูล. 2549. **ยางธรรมชาติ: การผลิตและการใช้งาน**. ห้างหุ้นส่วนจำกัด ซีโน ดีไซน์. กรุงเทพฯ.

สถาบันวิจัยวิจัยสังคม. 2545. โครงการจัดทำแผนแม่บทอุตสาหกรรมรายสาขา (สาขาเซรามิกและแก้ว). **รายงานการศึกษาฉบับสมบูรณ์.** สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

สิทธิชัย ศิริพันธุ์ พิทักษ์ บุญนุ่น กิจถาวร โลหะ และอนุรักษ์ กำเนิดว้ำ. 2548. การใช้ยางธรรมชาติเพื่อพัฒนางานคอนกรีต. **เอกสารประกอบการประชุมวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 10**. ชลบุรี.

สนธยา ทองอรุณศรี ศรายุทธิ์ หลีแก้วสาย อรวรรณ ปัญญานาค และวิไลพร นุ่นภักดี. 2553. การพัฒนาคอนกรีตบล็อกแบบพรุนสำหรับอาคารประหยัดพลังงาน. **เอกสารประกอบการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 3**. 24 – 26 พฤศจิกายน 2553. ณ ศูนย์ประชุมสถาบันจุฬาภรณ์. กรุงเทพฯ.

สมพิศ ตันตวรนาท ประชุม คำพุฒ และกิตติพงษ์ สุวีโร. 2555. การเพิ่มประสิทธิภาพการ เป็นฉนวนความร้อนและการรับกำลังของคอนกรีตบล็อกผสมน้ำยางธรรมชาติ : กรณีผสมมวลรวมขนาดต่างกัน. **เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 17 “วิศวกรรมโยธากับการพัฒนาเชิงบูรณาการ”.** ระหว่างวันที่ 9 – 11 พฤษภาคม 2555. ณ โรงแรม เซ็นทารา แอนด์คอนเวนชั่นเซ็นเตอร์. อุดรธานี.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.), 2533. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58-2533 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก**. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ.

American Society for Testing and Materials (ASTM). 2014. **Annual book of ASTM standards**. ASTM. Philadelphia.

Craig, A.S. 1969. **Dictionary of rubber technology**. Newnes-Butter Worths. London.

Muniandy, Em.V. 1998. **Concentrate production, factory operation and maiantenance in latex concentrate & prevulcanised latex.** Training Manual, Malaysian Rubber Board. Malaysia.

Ohama, Y. 1987. Principle of latex modification and some typical properties of latex-modified mortars and concretes. **ACI Materials Journal 84(45)**: 511 - 518.

ภาคผนวก

ก มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58-2530

ข มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58-2533

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ ๑๒๕๕ (พ.ศ. ๒๕๓๐)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑

เรื่อง ยกเลิกมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก และกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

โดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก. ๕๙–๒๕๑๖

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๑๕ แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศยกเลิกประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ ๖๓ (พ.ศ. ๒๕๑๖) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ลงวันที่ ๓๑ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๑๖ และออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก. ๕๘ – ๒๕๓๐ ขึ้นใหม่ ดังมีรายการละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ทั้งนี้ ตั้งแต่วันที่ ๑ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๓๑ เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๒๔ ธันวาคม ๒๕๓๐

ประมวล สภาวสุ

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด ประเภท ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน วัสดุ คุณลักษณะที่ต้องการ เครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน และการทดสอบคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 คอนกรีตบล็อก(hollow concrete block or hollow concrete masonry unit) หมายถึง ก้อนคอนกรีตทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ น้ำ และวัสดุผสมที่เหมาะสมชนิดต่าง ๆ และจะมีสารอื่นผสมอยู่ด้วยหรือไม่ก็ได้ สำหรับก่อผนังหรือกำแพง มีรูหรือโพรงขนาดใหญ่ทะลุตลอดก้อน และมีพื้นที่หน้าตัดสุทธิที่ระนาบขนาน

กับผิวธารน้อยกว่าร้อยละ 75 ของพื้นที่หน้าตัดรวมที่ระนาบเดียวกัน

2.2 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (hollow non-load-bearing concrete masonry unit) หมายถึง คอนกรีตบล็อกใช้สำหรับผนังที่ออกแบบไม่รับน้ำหนักบรรทุกใด ๆ นอกจากน้ำหนักตัวเอง

2.3 เปลือก(face-shell) หมายถึง ผนังด้านนอกของคอนกรีตบล็อก

3. ประเภท

3.1 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักตามมาตรฐานนี้ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

3.1.1 ประเภทควบคุมความชื้น

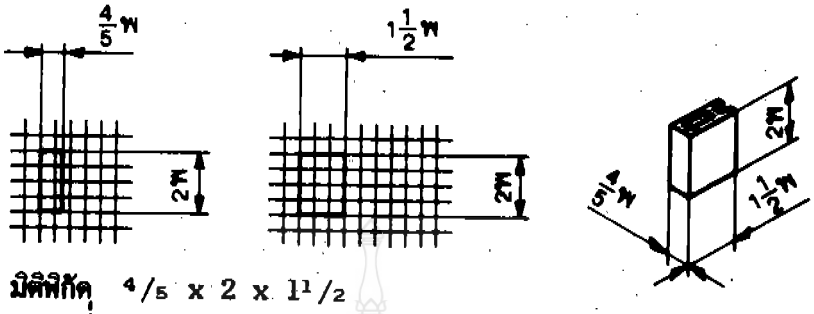
3.1.2 ประเภทไม่ควบคุมความชื้น

4. ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

4.1 ความหนาของเปลือกต้องไม่น้อยกว่า 12 มิลลิเมตร

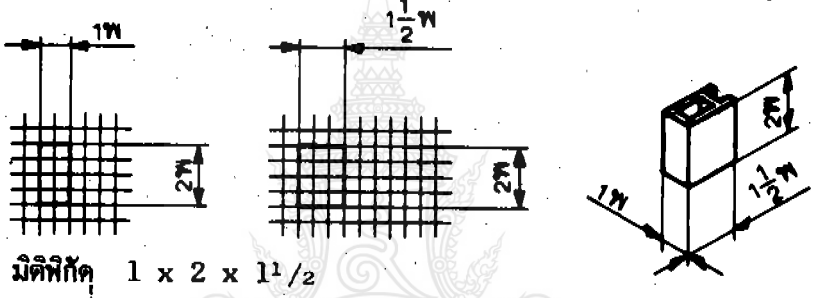
4.2 ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

ให้มีขนาดดังแสดงในรูปที่ 1 และตารางที่ 1 โดยจะคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน $\pm$ 2 มิลลิเมตร



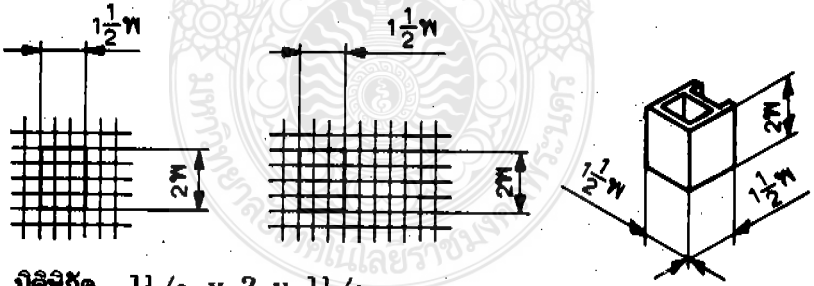
มิติพิกัด $^{4}/_{5} \times 2 \times 1^{1}/_{2}$

ขนาดที่ทำ 70 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 140 มิลลิเมตร



มิติพิกัด $1 \times 2 \times 1^{1}/_{2}$

ขนาดที่ทำ 90 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 140 มิลลิเมตร

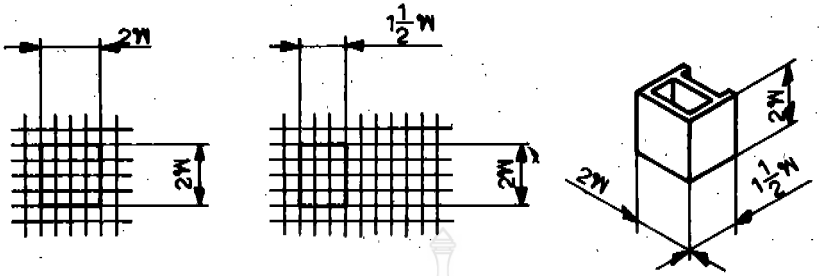


มิติพิกัด $1^{1}/_{2} \times 2 \times 1^{1}/_{2}$

ขนาดที่ทำ 140 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 140 มิลลิเมตร

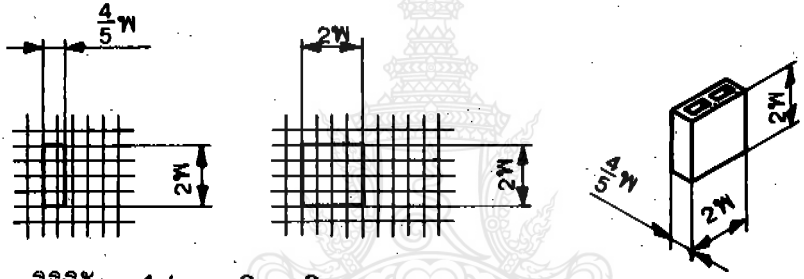
รูปที่ 1 ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

(ข้อ 4.2)



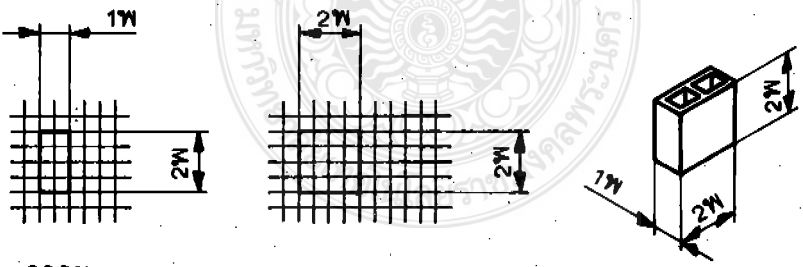
มิติพิกัด 2 x 2 x $1^1/_2$

ขนาดที่ทำ 190 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 140 มิลลิเมตร



มิติพิกัด $^4/_5$ x 2 x 2

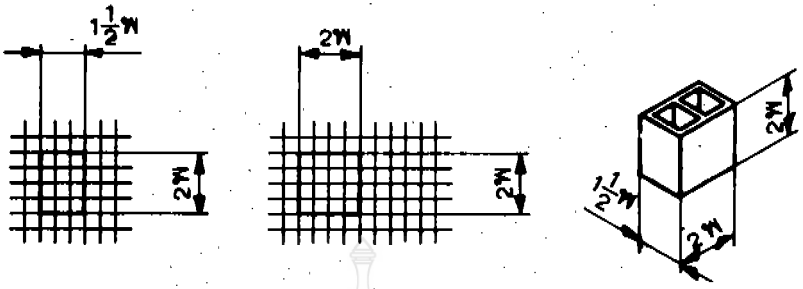
ขนาดที่ทำ 70 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร



มิติพิกัด 1 x 2 x 2

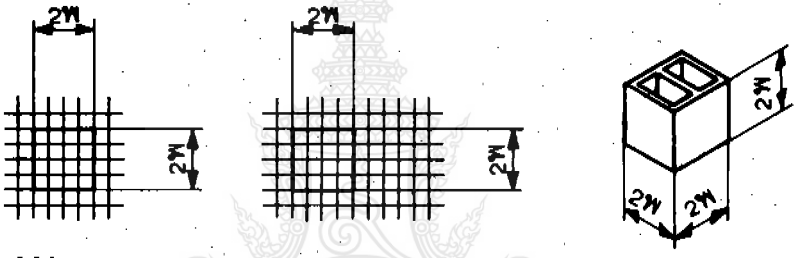
ขนาดที่ทำ 90 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร

รูปที่ 1 ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก(ต่อ)



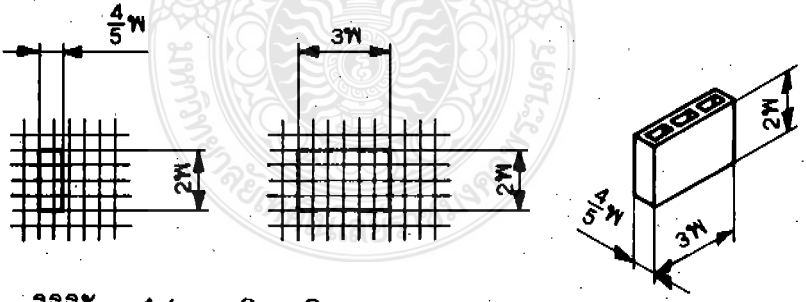
มิติพิกัด $1^1/_2 \times 2 \times 2$

ขนาดที่ทำ 140 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร



มิติพิกัด 2 x 2 x 2

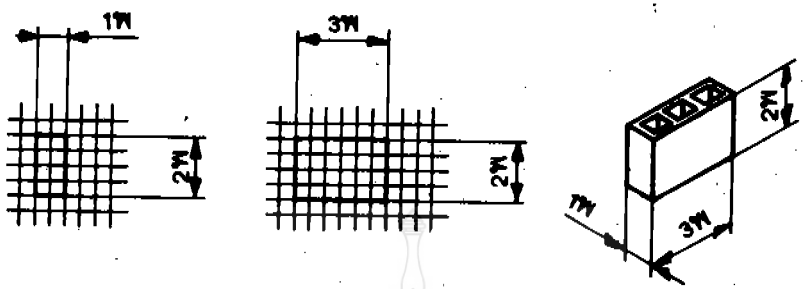
ขนาดที่ทำ 190 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร



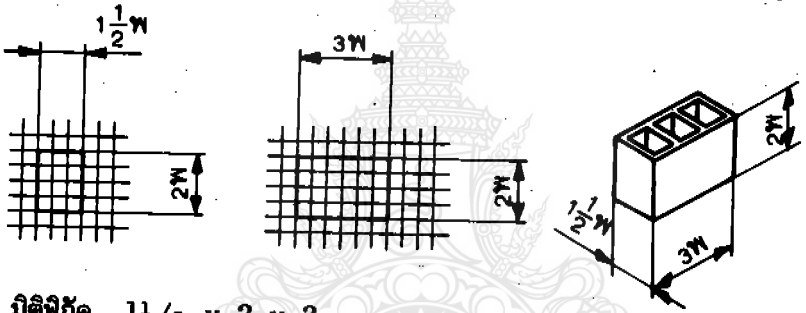
มิติพิกัด $^4/_5 \times 2 \times 3$

ขนาดที่ทำ 70 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 290 มิลลิเมตร

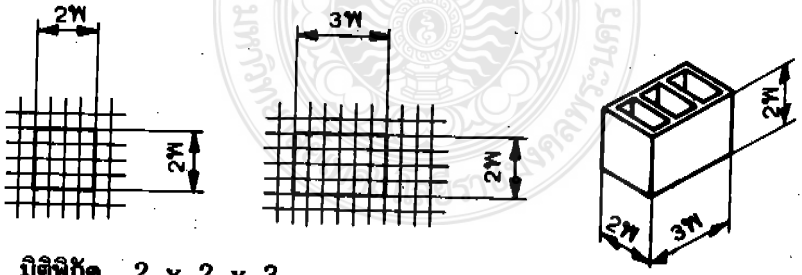
รูปที่ 1 ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก(ต่อ)



มิติพิกัด 1 x 2 x 3
ขนาดที่ทำ 90 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 290 มิลลิเมตร

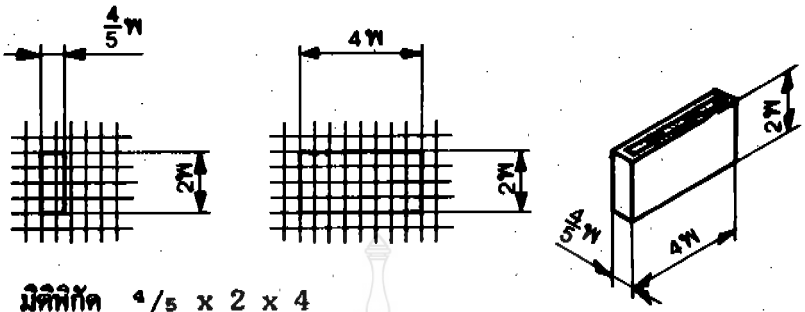


มิติพิกัด $1^1/_2$ x 2 x 3
ขนาดที่ทำ 140 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 290 มิลลิเมตร



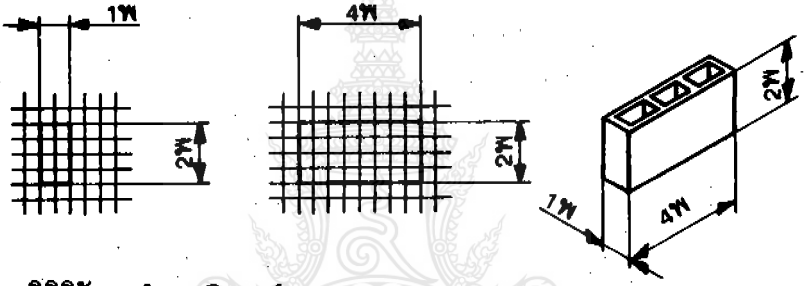
มิติพิกัด 2 x 2 x 3
ขนาดที่ทำ 190 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 290 มิลลิเมตร

รูปที่ 1 ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก(ต่อ)



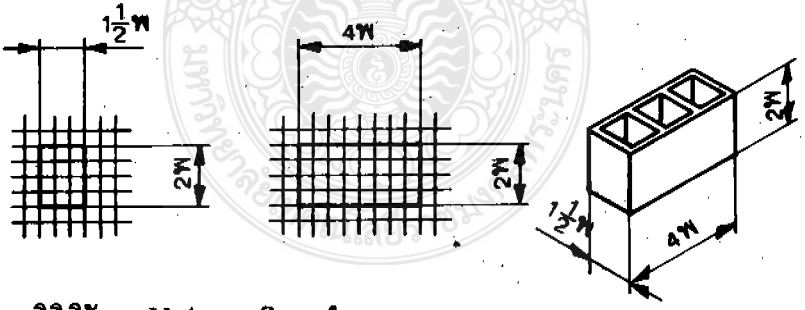
มิติพิกัด $^{4}/_{5} \times 2 \times 4$

ขนาดที่ทำ 70 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 390 มิลลิเมตร



มิติพิกัด 1 x 2 x 4

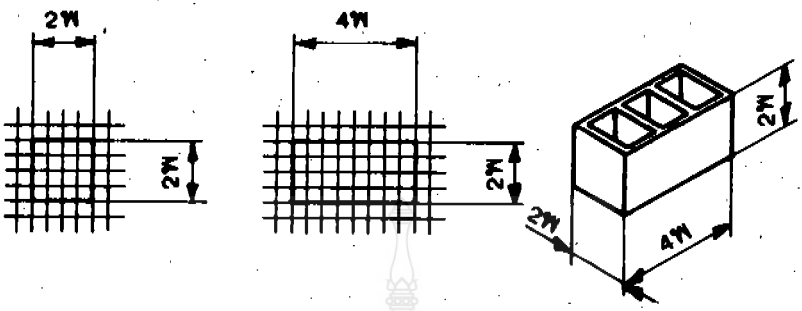
ขนาดที่ทำ 90 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 390 มิลลิเมตร



มิติพิกัด $1^{1}/_{2} \times 2 \times 4$

ขนาดที่ทำ 140 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 390 มิลลิเมตร

รูปที่ 1 ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก(ต่อ)



มิติพิกัด 2 x 2 x 4
ขนาดที่ทำ 190 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 390 มิลลิเมตร

รูปที่ 1 ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก(ต่อ)

ตารางที่ 1 ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

(ข้อ 4.2)

มิติพิกัด หนา x สูง x ยาว พ	ขนาดที่ทำ หนา x สูง x ยาว มิลลิเมตร x มิลลิเมตร x มิลลิเมตร
$^4/_5$ x 2 x $1^1/_2$	70 x 190 x 140
1 x 2 x $1^1/_2$	90 x 190 x 140
$1^1/_2$ x 2 x $1^1/_2$	140 x 190 x 140
2 x 2 x $1^1/_2$	190 x 190 x 140
$^4/_5$ x 2 x 2	70 x 190 x 190
1 x 2 x 2	90 x 190 x 190
$1^1/_2$ x 2 x 2	140 x 190 x 190
2 x 2 x 2	190 x 190 x 190
$^4/_5$ x 2 x 3	70 x 190 x 290
1 x 2 x 3	90 x 190 x 290
$1^1/_2$ x 2 x 3	140 x 190 x 290
2 x 2 x 3	190 x 190 x 290
$^4/_5$ x 2 x 4	70 x 190 x 390
1 x 2 x 4	90 x 190 x 390
$1^1/_2$ x 2 x 4	140 x 190 x 390
2 x 2 x 4	190 x 190 x 390

หมายเหตุ ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่กำหนดนี้ เป็นขนาดที่ออกแบบ เพื่อให้เป็นไปตามระบบการประสานทางพิกัดในการก่อสร้างอาคาร ซึ่งได้กำหนดหน่วยพิกัดมูลฐาน พ ให้เท่ากับ 100 มิลลิเมตร และกำหนดความหนาของปูนก่อในรอยต่อมาตรฐานเท่ากับ 10 มิลลิเมตร

5. วัสดุ

5.1 ปูนซีเมนต์ ให้ใช้อย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

5.1.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 1 ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพ มาตรฐานเลขที่ มอก.15 เล่ม 1

5.1.2 ปูนซีเมนต์ผสม

ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ผสม มาตรฐานเลขที่ มอก.80

5.2 มวลผสมคอนกรีต

ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มวลผสมคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก.566 ยกเว้นเกณฑ์กำหนดการคัดขนาดมวลผสมคอนกรีต

5.3 ส่วนผสมอื่น ๆ

ตัวทำฟองอากาศ สี สารกันน้ำ ฯลฯ ที่นำมาใช้ ควรเป็นสารที่เหมาะสมสำหรับใช้กับคอนกรีต และควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง

6. คุณลักษณะที่ต้องการ

6.1 ลักษณะทั่วไป

6.1.1 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักทุกก้อน ต้องแข็งแรง ปราศจากรอยแตกร้าว หรือส่วนเสียอื่นใดอันเป็นอุปสรรคต่อการก่อ คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักอย่างถูกต้องหรือทำให้สิ่งก่อสร้างเสียกำลังหรือความคงทนถาวร รอยร้าวเล็กน้อยที่มักเกิดขึ้นในกรรมวิธีผลิตตามปกติหรือรอยปริเล็กน้อยเนื่องจากวิธีการเคลื่อนย้ายหรือขนส่งอย่างธรรมดา จะต้องไม่เป็นสาเหตุอ้างในการไม่ยอมรับ

6.1.2 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ซึ่งต้องการฉาบปูนหรือแต่งปูน ต้องมีผิวหน้าหยาบพอควรแก่การจับยึดของปูนฉาบหรือปูนแต่งได้อย่างดี

6.1.3 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ซึ่งต้องการก่อแบบผิวเผย ด้านผิวเผยจะต้องไม่มีรอยบิ่น รอยร้าว หรือตำหนิอื่น ๆ ถ้าในการสั่งคราวหนึ่งมีก้อนซึ่งมีรอยบิ่นเล็กน้อยที่ยาวมากกว่า 25 มิลลิเมตร เป็นจำนวนไม่มากกว่าร้อยละ 5 จะต้องไม่ถือเป็นสาเหตุในการไม่ยอมรับ

การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

6.2 ความต้านแรงอัดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

เมื่อส่งถึงที่ก่อสร้าง ทั้งค่าเฉลี่ยและค่าแต่ละก้อน ต้องเป็นไปตามตารางที่ 2

การทดสอบให้ปฏิบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อซึ่งทำด้วยคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก.109

ตารางที่ 2 ความต้านแรงอัด

(ข้อ 6.2)

ความต้านแรงอัด ต่ำสุด เมกะพาสคัล (เฉลี่ยจากพื้นที่รวม)	
เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน	คอนกรีตบล็อกแต่ละก้อน
2.5	2.0

6.3 ปริมาณความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักประเภทควบคุมความชื้น)

เมื่อส่งถึงที่ก่อสร้าง ต้องเป็นไปตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความชื้น(เฉพาะคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ประเภทควบคุมความชื้น)

(ข้อ 6.3)

การหดตัวทางยาว[1] ร้อยละ	ความชื้น สูงสุด ร้อยละของการดูดกลืนน้ำทั้งหมด (เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน)		
	ความชื้นสัมพัทธ์รายปีเฉลี่ย ร้อยละ [2]		
	น้อยกว่า 50	50 ถึง 75	มากกว่า 75
0.03 และน้อยกว่า	35	40	45
มากกว่า 0.03 ถึง 0.045	30	35	40
มากกว่า 0.045	25	30	35

หมายเหตุ [1] ทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีทดสอบการหดแห้งของคอนกรีตบล็อก (ในกรณีที่ยังมิได้มีการประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าว ให้เป็นไปตาม ASTM C 426) และทดสอบก่อนกำหนดจำหน่ายไม่เกิน 12 เดือน

[2] อาศัยสถิติตามประกาศของกรมอุตุนิยมวิทยา สำหรับสถานีที่ใกล้แหล่งผลิตมากที่สุด

7. เครื่องหมายและฉลาก

7.1 ที่คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักทุกก้อน อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมาย แจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(1) ประเภท

(2) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้า

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

7.2 ผู้ทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้ จะแสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นได้ ต่อเมื่อได้รับใบอนุญาตจากคณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว

8. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

8.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักประเภทและขนาดเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

8.2 การชักตัวอย่างเพื่อการทดสอบ ให้กระทำ ณ สถานที่ผลิต และต้องให้เวลาอย่างน้อย 10 วัน เพื่อทดสอบให้เสร็จ

8.3 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

8.3.1 การชักตัวอย่าง

ให้เป็นไปตาม มอก.109

8.3.2 เกณฑ์ตัดสิน

ในกรณีที่ทดสอบแล้วไม่ผ่าน อาจคัดบางส่วนออก แล้วเลือกชักตัวอย่างใหม่จากส่วนที่เหลือเพื่อทดสอบใหม่ ถ้าตัวอย่างใหม่จากชุดที่สองนี้ทดสอบแล้วไม่ผ่านอีก ให้ถือว่าคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักทั้งรุ่นไม่เป็นไปตามมาตรฐานนี้

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ ๑๖๑๕ (พ.ศ. ๒๕๓๓)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. ๒๕๑๑

เรื่อง แก้ไขมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

(แก้ไขครั้งที่ ๑)

โดยที่เป็นการสมควรแก้ไขเพิ่มเติมมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก. 58-2530

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศแก้ไขเพิ่มเติมมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก. ๕๘-๒๕๓๐ ท้ายประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ ๑๒๕๕ (พ.ศ ๒๕๓๐) ลงวันที่ ๒๔ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๓๐ ดังต่อไปนี้

1. ให้แก้หมายเลขมาตรฐานเลขที่ "มอก. 58-2530" เป็น "มอก. 58-2533"

2. ให้ยกเลิกความในข้อ 1.1 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

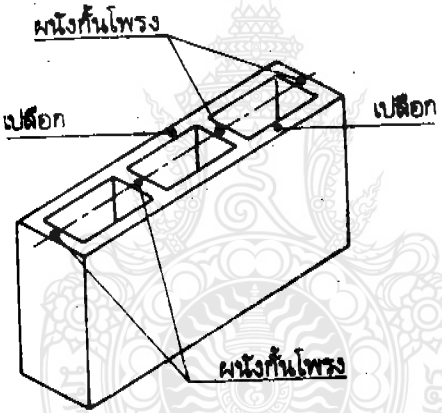
"1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด ประเภทและสัญลักษณ์ ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน วัสดุ คุณลักษณะที่ต้องการ เครื่องหมายและฉลาก การชัก

ตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสินและการทดสอบคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก"

3. ให้ยกเลิกความในข้อ 2.3 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"2.3 เปลือก (face-shell) หมายถึง ผนังของคอนกรีตบล็อกซึ่งเชื่อมต่อด้วยผนังกั้นโพรง ดังแสดงในรูปที่ 1"

4. ให้เพิ่มรูปต่อไปนี้เป็นรูปที่ 1



รูปที่ 1 เปลือกของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก
(ข้อ 2.3)

5. ให้ยกเลิกความในข้อ 3. และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"3. ประเภทและสัญลักษณ์

3.1 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

3.1.1 ประเภท 1 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ควบคุมความชื้น ใช้สัญลักษณ์ 1

3.1.2 ประเภท 2 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ไม่ควบคุมความชื้น ใช้สัญลักษณ์ 2"

6. ให้แก้ความจาก "รูปที่ 1" เป็น "รูปที่ 2" ทุกแห่ง

7. ให้ยกเลิกความในข้อ 6.2 และข้อ 6.3 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"6.2 ความต้านแรงอัดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ทั้งค่าเฉลี่ยและค่าแต่ละก้อนต้องเป็นไปตามตารางที่ 2 การทดสอบให้ปฏิบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อซึ่งทำด้วยคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก. 109

6.3 ปริมาณความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ประเภท ๑) ต้องเป็นไปตามตารางที่ 3"

8. ให้ยกเลิกชื่อตารางที่ 3 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"ตารางที่ 3 ความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักประเภท 1)"

9. ให้ยกเลิกความในหมายเหตุ [1] ท้ายตารางที่ 3 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"หมายเหตุ [1] ทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีทดสอบการหดแห้งของคอนกรีตบล็อก (ในกรณีที่ยังไม่มีการประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าว ให้เป็นไปตาม ASTM C 426)"

10. ให้ยกเลิกความใน (1) ของข้อ 7.1 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"(1) สัญลักษณ์แสดงประเภท"

11. ให้ยกเลิกความในข้อ 8.2 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"8.2 การชักตัวอย่างเพื่อการทดสอบ ให้กระทำ ณ สถานที่ผลิต และต้องให้เวลาสำหรับการทดสอบจนครบทุกรายการอย่างน้อย 10 วัน"

12. ให้ยกเลิกความในข้อ 8.3.1 และข้อ 8.3.2 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"8.3.1 การชักตัวอย่าง

ให้เป็นไปตาม มอก. 109 โดยคัดตัวอย่างที่บกพร่องเนื่องจากการขนส่งออกเสียก่อน แล้วจึงชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันมาทำเป็นตัวอย่างทดสอบ

8.3.2 เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 4. และข้อ 6. ทุกข้อ จึงจะถือว่าคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ในกรณีที่ตัวอย่างใดไม่เป็นไปตามข้อ 4. ข้อ 6.1 ข้อ 6.2 หรือข้อ 6.3 รายการใดรายการหนึ่ง ให้ชักตัวอย่างจากรุ่นเดียวกันจำนวน 2 เท่าของชุดตัวอย่าง มาทดสอบซ้ำในรายการนั้น ผลการทดสอบซ้ำ ตัวอย่างทุกชุดต้องเป็นไปตามข้อ 4. ข้อ 6.1 ข้อ 6.2 หรือข้อ 6.3 แล้วแต่กรณี จึงจะถือว่า

คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ยกเว้นรายการความต้านแรงอัดตัวอย่างต้องมีความต้านแรงอัดไม่ต่ำกว่าร้อยละ ๘๕ ของเกณฑ์ที่กำหนดในตารางที่ 2 จึงจะยอมให้ทดสอบซ้ำในรายการความต้านแรงอัดได้"

ทั้งนี้ ให้มีผลเมื่อพ้นกำหนด ๒๗๐ วัน นับแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๑๔ มิถุนายน ๒๕๓๓

พลตำรวจเอก ประมาณ อดิเรกสาร

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม