



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

การใช้เถ้ากะลามะพร้าวเป็นมวลรวมน้ำหนักเบาในคอนกรีตบล็อก
เพื่อการประหยัดพลังงาน

Use of Coconut Shell Ash as Light-weight Aggregate in Concrete Block
for Saving Energy

คณะผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิหาร ดีปัญญา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล

ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณประจำปี 2559
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะวิศวกรรมศาสตร์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาขั้นตอนการผลิต อัตราส่วนที่เหมาะสม สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล ความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน ประสิทธิภาพการป้องกันเสียง และการใช้งานจริงของ คอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว อัตราส่วนของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1: หินฝุ่น: เถ้ากะลามะพร้าว เท่ากับ 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 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ เท่ากับ 0.6 โดยน้ำหนัก ขึ้นรูป ตัวอย่างคอนกรีตบล็อกด้วยขั้นตอนการผลิตเช่นเดียวกับคอนกรีตบล็อกทั่วไป ทดสอบสมบัติตามมาตรฐาน มอก.58 จากผลการทดสอบ พบว่า อัตราส่วนของเถ้ากะลามะพร้าวที่ดีที่สุดสำหรับผสมลงในคอนกรีต บล็อก คือ อัตราส่วน 1: 6.7: 0.3 ซึ่งปริมาณเถ้ากะลามะพร้าวที่เหมาะสม สามารถลดความหนาแน่นหรือน้ำหนักต่อก้อนให้ต่ำลงได้ รวมทั้ง ช่วยเพิ่มความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน และประสิทธิภาพการป้องกันเสียง เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกทั่วไป อย่างไรก็ตาม การผสมปริมาณเถ้ากะลามะพร้าวที่มากเกินไป มีผลทำให้สมบัติทางกลต่ำกว่าที่มาตรฐาน มอก.58 กำหนด

คำสำคัญ: เถ้ากะลามะพร้าว คอนกรีตบล็อก มวลรวมน้ำหนักเบา อุณหภูมิ อาคาร

Abstract

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

Keywords: Coconut Shell Ash, Concrete Block, Light-weight Aggregate, Temperature, Building

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
สารบัญ	ข
สารบัญรูป	ง
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	3
2.1 การเผาชีวมวลเพื่อผลิตพลังงาน	3
2.2 การผลิตชีวมวลในประเทศไทย	4
2.3 คอนกรีตบล็อก	6
2.4 ส่วนผสมของคอนกรีตบล็อก	7
2.5 มวลรวมหรือวัสดุผสมคอนกรีตบล็อก	7
2.6 ขั้นตอนการติดตั้งคอนกรีตบล็อก	8
2.7 กรอบแนวความคิด	9
2.8 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง	9
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	12
3.1 วัสดุและอุปกรณ์	12
3.2 การออกแบบส่วนผสม	18
3.3 การขึ้นรูปตัวอย่าง	18
3.4 การทดสอบคุณสมบัติ	24
3.5 การขอรับความคุ้มครองด้านทรัพย์สินทางปัญญา	31
3.6 การเขียนบทความวิจัยเพื่อเผยแพร่	31
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	32
4.1 ส่วนประกอบทางเคมีของเถ้ากะลามะพร้าว	32
4.2 ภาพขยายของเถ้ากะลามะพร้าวและคอนกรีตบล็อก	33
4.3 ลักษณะโดยทั่วไปของคอนกรีตบล็อก	34
4.4 ความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อก	35
4.5 การดูดซึมน้ำและการหดตัวแห้งของคอนกรีตบล็อก	37
4.6 ความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อก	39
4.7 ความต้านทานแรงดัดของคอนกรีตบล็อก	41
4.8 สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อก	42
4.9 ประสิทธิภาพการป้องกันเสียงของคอนกรีตบล็อก	43
4.10 การใช้งานจริงของคอนกรีตบล็อก	46
4.11 ความคุ้มครองด้านทรัพย์สินทางปัญญา	49
4.12 บทความวิจัยเพื่อเผยแพร่	49

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	50
5.1 สรุปผล	50
5.2 ข้อเสนอแนะ	51
เอกสารอ้างอิง	52
ภาคผนวก	54
ก มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58-2530	
ข มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58-2533	
ค ร่างคำขอรับอนุสิทธิบัตร	
ง ร่างบทความสำหรับเผยแพร่ และประชาสัมพันธ์	



สารบัญรูป

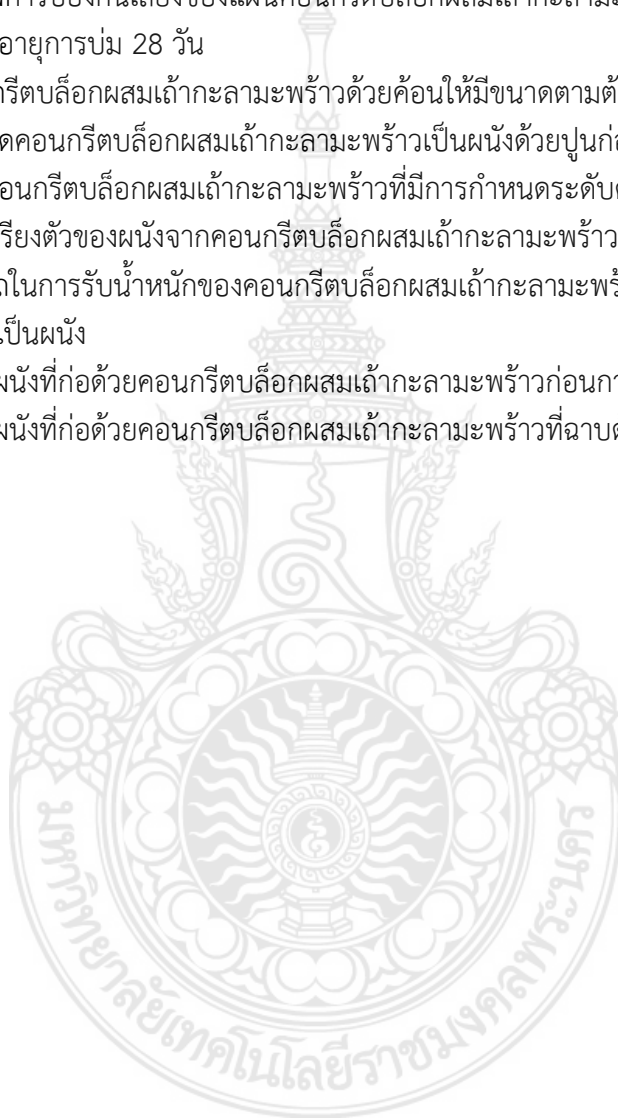
รูปที่		หน้า
2.1	คอนกรีตบล็อก	6
2.2	เครื่องจักรที่ใช้ผลิตคอนกรีตบล็อก	8
2.3	กรอบแนวความคิดของโครงการ	9
3.1	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1	12
3.2	หินปูนหรือฝุ่นหินปูน	12
3.3	กองเถ้ากะลามะพร้าวจากโรงงานมะพร้าวที่ใช้กะลามะพร้าวเป็นเชื้อเพลิง	13
3.4	ลักษณะของเถ้ากะลามะพร้าวจากการเผากะลามะพร้าวเป็นเชื้อเพลิง	13
3.5	ขนาดและลักษณะของเถ้ากะลามะพร้าว	13
3.6	เครื่องผสมคอนกรีต	14
3.7	เครื่องอัดคอนกรีตบล็อกแบบสั้นเขย่า	14
3.8	แบบหล่อคอนกรีตบล็อก แบบช่องวงกลม 5 ช่อง ในเครื่องอัดคอนกรีตบล็อก	14
3.9	ตู้อบปรับอุณหภูมิได้	15
3.10	กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	15
3.11	เครื่องเคลือบอิริเดียมแบบสุญญากาศ	16
3.12	เครื่องทดสอบอเนกประสงค์	16
3.13	เครื่องวัดระดับเสียง	17
3.14	ห้องจำลองสำหรับติดตั้งแผ่นวัสดุทดสอบเสียง	17
3.15	แหล่งกำเนิดเสียงและเครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิทัล	18
3.16	การชั่งส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว	19
3.17	การผสมปูนซีเมนต์และเถ้ากะลามะพร้าวให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมคอนกรีต	19
3.18	การเติมน้ำประปาส่วนที่ 1 ลงในส่วนผสม	20
3.19	การเททยอยเทหินปูนลงในส่วนผสม	20
3.20	การนำส่วนผสมไปใส่ในแบบของเครื่องอัดคอนกรีตบล็อกจนเต็ม	21
3.21	การอัดและเขย่าส่วนผสมเป็นคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว	21
3.22	คอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวที่อัดจนมีรูปร่างตามต้องการ	22
3.23	รูปร่างของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว	22
3.24	การพลิกก้อนคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวเพื่อถอดแบบ	22
3.25	การถอดแบบก้อนคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวก่อนนำไปบ่ม	23
3.26	การวางคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวเพื่อให้แข็งตัวก่อนการนำไป กองเก็บหรือบ่ม	23
3.27	การกองก้อนคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวเพื่อรออายุในการทำการทดสอบ	24
3.28	การวัดขนาดของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว	24
3.29	การทดสอบการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว	25
3.30	การทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว	25
3.31	ลักษณะการทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว	25

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.32	การวิบัติของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวจากการทดสอบความต้านทานแรงอัด	26
3.33	ลักษณะการวิบัติของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวเนื่องจากแรงอัด	26
3.34	การวัดระยะแต่นร่องรับคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวสำหรับทดสอบความต้านทานแรงดัด	26
3.35	ลักษณะการทดสอบทดสอบความต้านทานแรงดัดของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว	27
3.36	การเคลือบโลหะอิริเดียมแบบสุญญากาศให้กับวัสดุต่างๆ ก่อนนำเข้ากล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)	27
3.37	การใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) เพื่อศึกษาลักษณะโครงสร้างของวัสดุต่างๆ	28
3.38	การเทส่วนผสมคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวลงในเครื่องอัดแผ่นคอนกรีตบล็อก	28
3.39	ลักษณะแผ่นของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวที่ได้จากการอัดและสั้นเขย่า	29
3.40	แผ่นของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวที่ถอดแบบเรียบร้อยแล้ว	29
3.41	ห้องจำลองสำหรับติดตั้งแผ่นวัสดุทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียง	30
3.42	คอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียง	30
3.43	แหล่งกำเนิดเสียงและเครื่องวัดอุณหภูมิที่ติดตั้งอยู่ในห้องจำลอง	30
3.44	การทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียงโดยใช้แผ่นคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว	31
4.1	ภาพขยายเถ้ากะลามะพร้าวจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 100 เท่า	33
4.2	ภาพขยายเถ้ากะลามะพร้าวจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 500 เท่า	33
4.3	ภาพขยายคอนกรีตบล็อกเถ้ากะลามะพร้าวจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 50 เท่า	34
4.4	คอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวที่อัดจนมีรูปร่างตามต้องการ	34
4.5	คอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวที่อัดจนมีรูปร่างตามต้องการ	35
4.6	คอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวที่อัดจนมีรูปร่างตามต้องการ	35
4.7	ผลการทดสอบน้ำหนักเฉลี่ย 5 ก้อนของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว	36
4.8	ผลการทดสอบความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว	37
4.9	ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว	38
4.10	ผลการทดสอบการหดตัวทางยาวของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว	39
4.11	ผลการทดสอบแรงอัดประลัยของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว	40
4.12	ผลการทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว	40
4.13	ผลการทดสอบแรงดัดประลัยของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว	41
4.14	ผลการทดสอบโมดูลัสการแตกหักของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว	42

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.15	ผลการทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว	43
4.16	ระดับเสียงที่ผ่านแผ่นคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวจากห้องจำลองที่อายุการบ่ม 28 วัน	44
4.17	ระดับเสียงเฉลี่ยที่ผ่านแผ่นคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวจากห้องจำลองที่อายุการบ่ม 28 วัน	45
4.18	ประสิทธิภาพการป้องกันเสียงของแผ่นคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวจากห้องจำลองที่อายุการบ่ม 28 วัน	46
4.19	การหุบก้อนกริตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวด้วยค้อนให้มีขนาดตามต้องการ	46
4.20	การก่อและยัดคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวเป็นผนังด้วยปูนก่อ	47
4.21	การก่อผนังคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวที่มีการกำหนดระดับด้วยการชิงเอ็น	47
4.22	ลักษณะการเรียงตัวของผนังจากคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว	47
4.23	ความสามารถในการรับน้ำหนักของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวเมื่อนำมาก่อเป็นผนัง	48
4.24	ลักษณะของผนังที่ก่อด้วยคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวก่อนการฉาบด้วยปูนฉาบ	48
4.25	ลักษณะของผนังที่ก่อด้วยคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวที่ฉาบด้วยปูนฉาบแล้ว	48



สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	สัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงปริมาณผลผลิตทางการเกษตรเป็นชีวมวล	4
2.2	ปริมาณชีวมวลชนิดต่างๆ (ยกเว้นไม้พื้น) ที่ผลิตได้ในประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2540/41	5
2.3	ปริมาณเชื้อเพลิงชีวมวลที่ยังไม่ได้นำไปใช้ ของประเทศไทย ปี 2541	6
3.1	อัตราส่วนของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวโดยน้ำหนัก	18
4.1	องค์ประกอบทางเคมีของเถ้ากะลามะพร้าวจากการทดสอบด้วยเครื่อง XRF	32



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

เก้ากะลามะพร้าว เป็นขยะเหลือทิ้งของโรงงานไฟฟ้าและโรงงานแปรรูปมะพร้าวจากกระบวนการเผากะลามะพร้าวเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า โดยปริมาณเก้ากะลามะพร้าวที่เหลือทิ้งคิดเป็นร้อยละ 10 ของปริมาณกะลามะพร้าวก่อนเผา (กลุ่มพลังงานชีวมวล, 2555) ประกอบกับประเทศไทยมีการส่งออกมะพร้าวมากเป็นอันดับต้นๆ ของโลก ทำให้เก้ากะลามะพร้าวมีปริมาณมากกว่า 222,000 ตันต่อปี เป็นขยะเหลือทิ้งที่ต้องมีแนวทางการกำจัดหรือการนำไปใช้ประโยชน์อย่างชัดเจนและเร่งด่วน (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2545) เมื่อวิเคราะห์ลักษณะของเก้ากะลามะพร้าว พบว่า เก้าส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นก้อนจากเศษกะลามะพร้าวที่เผาไหม้ไม่หมด ปะปนอยู่กับผงกะลามะพร้าวขนาดเล็ก มีน้ำหนักเบา และแข็งมากพอสมควร จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำเก้ากะลามะพร้าวมาผสมเป็นมวลรวมในคอนกรีตบล็อก เพื่อช่วยในการลดน้ำหนักและเพิ่มสมบัติการเป็นฉนวนป้องกันความร้อนของคอนกรีตบล็อก โดยจะเป็นการช่วยประหยัดพลังงานและลดขนาดโครงสร้างของอาคารลงได้

คอนกรีตบล็อก เป็นวัสดุก่อผนังที่ผลิตจากปูนซีเมนต์ ทราย หินฝุ่น และน้ำ มีลักษณะเป็นก้อนสี่เหลี่ยม (สมอ., 2533) ผู้ผลิตคอนกรีตบล็อกส่วนใหญ่เป็นวิสาหกิจชุมชน ชาวบ้าน และโรงงานขนาดเล็ก ผลิตด้วยใช้เครื่องจักรที่สร้างได้เองภายในประเทศ แต่ด้วยสมบัติที่ด้อยกว่าอิฐมวลเบา เช่น น้ำหนักมาก, ไม่เป็นฉนวนป้องกันความร้อน, ไม่ดูดซับเสียง, และแตกหักง่าย ตลาดคอนกรีตบล็อกจึงถูกแย่งด้วยอิฐมวลเบาที่มีสมบัติที่ดีกว่า แต่ด้วยต้นทุนที่สูงและเครื่องจักรที่ต้องนำเข้าของอิฐมวลเบา จึงส่งผลกระทบต่อราคาก่อสร้างที่สูงขึ้น ตลอดจนเม็ดเงินที่ต้องสูญเสียออกนอกประเทศ

การใช้เก้ากะลามะพร้าวเป็นมวลรวมน้ำหนักเบาในคอนกรีตบล็อกเพื่อการประหยัดพลังงาน จึงเป็นแนวทางการนำขยะเก้ากะลามะพร้าวไปใช้ประโยชน์ได้อย่างชัดเจนและเป็นรูปธรรม โดยคอนกรีตบล็อกที่พัฒนา จะถูกทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล และความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนตามมาตรฐานสากล ทำให้มั่นใจว่า คอนกรีตบล็อกที่ได้ จะมีความคงทนสูง สามารถใช้งานเป็นวัสดุก่อผนังได้ดี มีสมบัติที่โดดเด่นกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไป ตลอดจนมีต้นทุนที่ต่ำกว่าอิฐมวลเบามาก กล่าวได้ว่าเป็นวัสดุก่อสร้างเพื่อสิ่งแวดล้อม เป็นวัสดุก่อสร้างเพื่อการประหยัดพลังงาน และเป็นวัสดุก่อสร้างเพื่อชุมชนฐานรากของประเทศอย่างแท้จริง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาขั้นตอนการผลิตคอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบาจากเก้ากะลามะพร้าวเพื่อการประหยัดพลังงาน

1.2.2 เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตคอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบาจากเก้ากะลามะพร้าวเพื่อการประหยัดพลังงาน

1.2.3 เพื่อทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบาจากเก้ากะลามะพร้าวเพื่อการประหยัดพลังงาน

1.2.4 เพื่อทดสอบการใช้งานจริงของคอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบาจากเก้ากะลามะพร้าวเพื่อการประหยัดพลังงาน

1.2.5 เพื่อขอรับความคุ้มครองทรัพย์สินทางปัญญาและถ่ายทอดเทคโนโลยีคอนกรีตบล็อก น้ำหนักเบาจากเจ้ากะลามะพร้าวเพื่อการประหยัดพลังงาน

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

- 1.3.1 ใช้เจ้ากะลามะพร้าวจากโรงงานแปรรูปมะพร้าวภายในประเทศ
- 1.3.2 ออกแบบอัตราส่วนคอนกรีตบล็อก โดยการนำเจ้ากะลามะพร้าวมาแทนที่หินฝุ่นและทราย จำนวนไม่ต่ำกว่า 5 ตัวอย่าง
- 1.3.3 ใช้แบบหล่อคอนกรีตบล็อก แบบช่องวงกลม 5 ช่อง ขนาด 70 x 190 x 390 มิลลิเมตร
- 1.3.4 ทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกล ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 58 เรื่องคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก (สมอ., 2533)
- 1.3.5 ทำการทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C177 (ASTM, 2012)
- 1.3.6 ทำการถ่ายทอดเทคโนโลยีคอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบาจากเจ้ากะลามะพร้าวเพื่อการประหยัดพลังงาน (โดยมีเนื้อหาหลักสูตรที่ไม่มีผลกระทบต่อขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ทราบขั้นตอนการผลิตคอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบาจากเจ้ากะลามะพร้าวเพื่อการประหยัดพลังงาน
- 1.4.2 ทราบอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตคอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบาจากเจ้ากะลามะพร้าวเพื่อการประหยัดพลังงาน
- 1.4.3 ทราบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล สัมประสิทธิ์การนำความร้อน สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของคอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบาจากเจ้ากะลามะพร้าวเพื่อการประหยัดพลังงาน
- 1.4.4 ทราบผลการทดสอบการใช้งานจริงของคอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบาจากเจ้ากะลามะพร้าวเพื่อการประหยัดพลังงาน
- 1.4.5 โรงงานขนาดกลางถึงขนาดเล็ก วิสาหกิจชุมชน และกลุ่มชาวบ้านต่างๆ สามารถนำคอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบาจากเจ้ากะลามะพร้าวเพื่อการประหยัดพลังงานไปผลิตในเชิงพาณิชย์ได้
- 1.4.6 ช่วยให้มีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติภายในประเทศได้อย่างคุ้มค่ามากที่สุด
- 1.4.7 ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/ อนุสิทธิบัตรได้

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

สำหรับทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดที่เกี่ยวกับโครงการ การใช้ถ้ำกะลามะพร้าว เป็นมวลรวมน้ำหนักเบาในคอนกรีตบล็อกเพื่อการประหยัดพลังงาน ซึ่งได้จากการทบทวนวรรณกรรม สามารถสรุปได้ ดังนี้

2.1 การเผาชีวมวลเพื่อผลิตพลังงาน

พลังงานจากชีวมวล เป็นพลังงานที่ได้จากพืชและสัตว์ หรือองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิตหรือ สารอินทรีย์ต่างๆ รวมทั้งการผลิตจากการเกษตรและป่าไม้ เช่น ไม้พื้น แกลบ กากอ้อย วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอื่นๆ รวมถึง การนำมูลสัตว์ ของเสียจากโรงงานแปรรูปทางเกษตร และขยะ มาเผาไหม้โดยตรง และนำความร้อนที่ได้ไปใช้ หรือนำมาผลิตก๊าซชีวภาพ โดยขบวนการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีโดยอาศัย จุลินทรีย์ (กลุ่มพลังงานชีวมวล, 2555) ชีวมวลแต่ละชนิดมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันออกไป บางชนิดไม่เหมาะที่จะนำมาเผาไหม้โดยตรงเพื่อผลิตไฟฟ้า เช่น กากมันสำปะหลัง และสำเหล้า เพราะมีความชื้นสูงถึง ร้อยละ 80 – 90 บางชนิดต้องนำมาย่อยก่อนนำไปเผาไหม้ เช่น เศษไม้ยางพารา เป็นต้น แหล่งผลิตชีวมวล เช่น

- โรงสีข้าว	→	แกลบ
- โรงงานน้ำตาล	→	กากอ้อย
- โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ	→	กากปาล์ม
- โรงเลื่อยไม้ยางพารา สวนยางพารา และโรงงานผลิตไม้อัด	→	เศษไม้
- การแยกเมล็ดข้าวโพดออกซึ่งกระจายอยู่ตามไร่ข้าวโพด	→	ซังข้าวโพด
- สวนมะพร้าว ร้านขายส่งลูกมะพร้าว และโรงงานแปรรูปเนื้อมะพร้าวบางแห่ง	→	กาก,กะลามะพร้าว
- โรงงานผลิตเอทิลแอลกอฮอล์	→	สำเหล้า
- โรงงานแป้งมันสำปะหลัง	→	กากมันสำปะหลัง

ชีวมวลเหล่านี้ บางส่วนได้ถูกนำไปใช้เพื่อการผลิตอยู่แล้ว เช่น แกลบจะถูกนำมาเผา เพื่อผลิตไอน้ำ นำไปหมunkงั่นใช้งาน ในโรงสีข้าว กากอ้อยและกากปาล์ม จะถูกนำมาเผาเพื่อผลิตไอน้ำ และไฟฟ้า ใช้ในกระบวนการผลิต และเศษไม้ยางพารา จะถูกนำมาเผา เพื่อผลิตลมร้อน ใช้ในการอบไม้ยางพารา เป็นต้น และยังมีชีวมวลส่วนเหลือ ที่มีศักยภาพสามารถนำมาผลิตไฟฟ้าได้ ดังนี้

1) แกลบ เป็นชีวมวลที่ได้จากโรงสีข้าว เมื่อนำข้าวเปลือก 1 ตัน ผ่านกระบวนการแปรรูปต่างๆ แล้ว จะใช้พลังงานทั้งสิ้น 30-60 kWh เพื่อให้ได้ข้าวประมาณ 650-700 กิโลกรัม และจะมีวัสดุที่เหลือจากกระบวนการผลิตหรือ แกลบ ประมาณ 220 กิโลกรัม หรือเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าได้ 90-125 kWh

2) กาก (ชาน) อ้อย เป็นชีวมวลที่ได้จากโรงงานน้ำตาล เมื่อนำอ้อย 1 ตัน ผ่านกระบวนการแปรรูปต่างๆ แล้ว จะใช้พลังงานทั้งสิ้น 25-30 kWh และใช้น้ำอีก 0.4 ตัน เพื่อให้ได้น้ำตาลทรายประมาณ 100-121 กิโลกรัม และจะมีวัสดุที่เหลือจากกระบวนการผลิตหรือ กากอ้อย ประมาณ 290 กิโลกรัม หรือเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าได้ 100 kWh

3) เปลือกปาล์ม กะลาปาล์ม และทลายปาล์ม เป็นชีวมวลที่ได้จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม เมื่อนำปาล์ม 1 ตัน ผ่านกระบวนการแปรรูปต่างๆ แล้ว จะใช้พลังงานทั้งสิ้น 20-25 kWh และใช้ไอน้ำอีก 0.73 ตัน เพื่อให้ได้น้ำมันปาล์มประมาณ 140-200 กิโลกรัม และจะมีวัสดุที่เหลือจากกระบวนการผลิตหรือเปลือกปาล์ม กะลาปาล์ม ประมาณ 190 กิโลกรัม และได้เป็นทลายปาล์ม 230 กิโลกรัม หรือเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าได้ 120 kWh และมีน้ำเสียจากโรงงานคิดเทียบเท่ากับชีวมวลได้ 20 ลูกบาศก์เมตร

4) เศษไม้ เป็นชีวมวลที่ได้จากโรงเลื่อยไม้ เมื่อนำไม้ 1 ลูกบาศก์เมตร ผ่านกระบวนการแปรรูปต่างๆ แล้ว จะใช้พลังงานทั้งสิ้น 35-45 kWh เพื่อให้ได้ไม้แปรรูปประมาณ 0.5 ลูกบาศก์เมตร และจะมีวัสดุที่เหลือจากกระบวนการผลิตหรือ เศษไม้ ประมาณ 0.5 ลูกบาศก์เมตร หรือเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าได้ 80 kWh (กลุ่มพลังงานชีวมวล, 2555)

2.2 การผลิตชีวมวลในประเทศไทย

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีผลผลิตทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก เช่น ข้าว น้ำตาล ยางพารา น้ำมันปาล์ม และมันสำปะหลัง เป็นต้น ผลผลิตส่วนหนึ่งส่งออกไปยังต่างประเทศมีมูลค่าปีละหลายพันล้านบาท อย่างไรก็ตามในการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรเหล่านี้ จะมีวัสดุเหลือใช้ออกมาจำนวนหนึ่งด้วย (สนพ., 2545) ปริมาณชีวมวลที่สามารถผลิตได้ภายในประเทศ จะแปรผันและขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิต ทางการเกษตรของประเทศ ซึ่งจากสถิติการเกษตรของประเทศไทย สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรและสหกรณ์ ในปีเพาะปลูก 2540/41 เมื่อนำมาคำนวณสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลง ปริมาณผลผลิตทางการเกษตรเป็นชีวมวล ดังที่ปรากฏในตารางที่ 2.1 เพื่อประมาณปริมาณชีวมวลที่ผลิตได้รวมทั้งประเทศ ในปี 2540/41 จะได้ปริมาณชีวมวลประมาณ 31.32 ล้านตัน หรือเทียบเท่าน้ำมันดิบ 8.49 ล้านตัน ดังที่ปรากฏในตารางที่ 2.2 ชีวมวลที่สามารถผลิตได้ส่วนใหญ่ คือ ชานอ้อยมีปริมาณ 11.7 ล้านตัน หรือเทียบเท่าน้ำมันดิบ 2.56 ล้านตัน และแกลบปริมาณ 5.4 ล้านตัน หรือเทียบเท่าน้ำมันดิบ 1.8 ล้านตัน

ตารางที่ 2.1 สัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงปริมาณผลผลิตทางการเกษตรเป็นชีวมวล^{1/}

ชนิด	ผลผลิต	Crop/residue ratio	Energy content(MJ/kg)
อ้อย	ชานอ้อย	0.25 ^{2/}	9.25 ^{2/}
ข้าวเปลือก	แกลบ	0.23	14.27
	ฟางข้าว	0.447	10.24
มันสำปะหลัง	ลำต้นมันสำปะหลัง	0.08	18.42
ปาล์มน้ำมัน	ทลายปาล์ม	0.428	17.86
	เส้นใยปาล์ม	0.147	17.62
	กะลาปาล์ม	0.049	18.46
มะพร้าว	กาบมะพร้าว	0.362	16.23
	กะลามะพร้าว	0.16	17.93

ที่มา : 1/ Biomass Energy in Asia: A Study on Selected Technologies and Policy Options, December 1999 โดย กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน 2/ สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย

ตารางที่ 2.2 ปริมาณชีวมวลชนิดต่างๆ (ยกเว้นไม้พืน) ที่ผลิตได้ในประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2540/41

ชนิด	ผลผลิต ^{1/} (1,000 ตัน)	ชีวมวล		พลังงาน	
		ประเภท	(1,000 ตัน)	(1,000 GJ)	(1,000 toe)
อ้อย	46,873	ชานอ้อย	11,718	108,392	2,566
ข้าวเปลือก ^{2/}	23,580	แกลบ	5,423	77,386	1,832
		ฟางข้าว	10,540	107,930	2,555
มันสำปะหลัง	15,590	ลำต้นมัน	1,247	22,970	544
		สำปะหลัง			
ปาล์มน้ำมัน	2,681	ทะลายปาล์ม	1,147	20,485	485
		เส้นใยปาล์ม	394	6,942	164
		กะลาปาล์ม	131	2,418	57
มะพร้าว	1,386	กากมะพร้าว	502	8,147	193
		กะลามะพร้าว	222	3,980	94
รวม	90,110		31,324	358,650	8,490

ที่มา : 1/ สถิติการเกษตรของประเทศไทย สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรและสหกรณ์ 2/ รวมผลผลิตข้าวเปลือกจากนาปีและนาปรัง

ตามที่ Danish Cooperation for Environment and Development (DANCED) ประเทศเดนมาร์ก ได้ช่วยศึกษาหาข้อมูลให้กับ สฟช. ในเรื่องรายละเอียดของกลไกด้านราคา เพื่อส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียน ในประเทศไทย ซึ่งผลการศึกษาประมาณการว่า ในปี 2538 ประเทศไทยมีชีวมวลจากชานอ้อย แกลบ กากปาล์ม และเศษไม้ ประมาณ 28 ล้านตัน หรือเทียบเท่าน้ำมันดิบ 6.9 ล้านตัน ซึ่ง DANCED ได้นำปริมาณเชื้อเพลิงชีวมวลที่เหลืออยู่ทั้งหมดมาใช้และคิดเฉพาะทางเทคนิคเท่านั้น (ไม่ได้วิเคราะห์ถึงความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์) โดยใช้ Plant factor ของโรงไฟฟ้าแต่ละประเภท คือ ชานอ้อย = 0.29 แกลบ = 0.68 กากปาล์ม = 0.57 และเศษไม้ = 0.57 และคิดรวมถึงปริมาณไฟฟ้าที่อาจผลิตได้เพิ่มขึ้นหากโรงงานมีการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้า ที่มีอยู่เดิมด้วย DANCED จึงประเมินศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าได้ประมาณ 3,000 MW (สนพ., 2545) ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าชีวมวลที่ผลิตได้ในประเทศไทย จะมีการนำไปใช้งานในรูปแบบต่างๆ แล้ว จึงมีเพียงบางส่วนเท่านั้นที่เหลืออยู่ และสามารถจะนำมาใช้เป็นพลังงานได้ ซึ่งจากผลการศึกษา ของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน (พพ.) เรื่อง Biomass Energy in Asia: A Study on Selected Technologies and Policy Options, December 1999 ได้ประมาณการปริมาณชีวมวลที่เหลือ โดยใช้ค่าตัวประกอบมาคำนวณด้วย (Surplus availability factor) ดังนั้น เมื่อนำปริมาณชีวมวลที่ผลิตได้ รวมทั้งประเทศ ในปี 2540/41 ตามตารางที่ 2 มาคำนวณด้วยค่าตัวประกอบ ที่ได้จากแหล่งข้อมูลต่างๆ ก็จะได้ความน่าจะเป็นของปริมาณเชื้อเพลิงชีวมวลที่ยังไม่ได้นำไปใช้ประมาณ 5.7 ล้านตัน หรือเทียบเท่าน้ำมันดิบ 1.7 ล้านตัน และสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง ในการผลิตไฟฟ้าได้ประมาณ 703 MW (สนพ., 2545) ดังที่ปรากฏในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ปริมาณเชื้อเพลิงชีวมวลที่ยังไม่ได้นำไปใช้ของประเทศไทย ปี 2541

ชนิด	ปริมาณ ชีวมวล ที่ผลิตได้ (1,000 ตัน)	Surplus availability factor	ปริมาณ ชีวมวล ที่เหลือ (1,000 ตัน)	พลังงานทั้งหมด		สามารถ ผลิต ไฟฟ้าได้ (MW)
				(1,000 GJ)	(1,000 toe)	
ชานอ้อย	11,718	0.207 ^{1/}	2,426	22,441	531	202 ^{4/}
แกลบ	5,423	0.469 ^{2/}	2,543	36,289	859	426 ^{5/}
ทะลาย ปาล์ม	1,147	0.584 ^{3/}	670	11,966	283	
เส้นใยปาล์ม	394	0.134 ^{3/}	53	934	22	75 ^{6/}
กะลาปาล์ม	131	0.037 ^{3/}	5	92	2	
รวม	18,813		5,697	71,722	1,697	703

ที่มา : 1/ Thailand Biomass-Based Power Generation and Cogeneration Within Small Rural Industries, January 1999 โดย บริษัท Black & Veatch (Thailand) 2/ รายงานพลังงานของประเทศไทย ปี 2540 โดยรวมปริมาณแกลบที่ใช้ในการผลิตถ่านไม้เป็นปริมาณที่เหลือด้วย 3/ The Investigation of Residues from Palm Oil Industry, 1995 โดย กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน 4/ ปริมาณชานอ้อย 12,010 ตัน ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 1 MW-ปี (Plant factor = 0.29) 5/ ปริมาณแกลบ 5,969 ตัน ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 1 MW-ปี (Plant factor = 0.68) 6/ ปริมาณกากปาล์ม จำนวน 9,707 ตัน ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 1 MW-ปี (Plant factor = 0.57)

2.3 คอนกรีตบล็อก

คอนกรีตบล็อก หรือซีเมนต์บล็อก หรืออิฐบล็อก เป็นชื่อที่ใช้เรียกกันทั่วไป คอนกรีตบล็อกเป็นวัสดุที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อเสริมจุดเด่นได้ดีกว่าอิฐมอญ เช่น แข็งแรงกว่าก่ออิฐได้รวดเร็ว ทนทานกว่า และน้ำหนักเบากว่า คอนกรีตบล็อกนิยมใช้กับการก่อผนังอาคารทั่วไปทั้งภายในและภายนอกเพื่อลดน้ำหนักของโครงสร้างใช้กับงานภายนอก เช่น รั้ว กำแพงกันดินต่างๆ นอกจากนี้ยังผลิตให้มีช่องแสงและลวดลายที่สวยงามที่สามารถเลือกซื้อทั่วไปได้ในตลาด มีผสมจากซีเมนต์ หินเกล็ด ทรายหยาบและน้ำ ซึ่งจะมีน้ำหนักมากจึงออกแบบให้มีลูกกลวงเพื่อลดน้ำหนักลง คอนกรีตบล็อกที่ผลิตและใช้งานทั่วไปในท้องตลาดจะมีขนาดหนา 7 เซนติเมตร กว้าง 19 เซนติเมตร และยาว 39 เซนติเมตร (สมอ., 2533)



รูปที่ 2.1 คอนกรีตบล็อก

2.4 ส่วนผสมของคอนกรีตบล็อก

1) ปูนซีเมนต์ ให้ใช้อย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เล่ม 1 ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพ มาตรฐาน มอก.15 เล่ม 1 ปูนซีเมนต์ผสมควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ผสมมาตรฐานเลขที่ มอก.80

2) มวลรวมหรือวัสดุผสมคอนกรีตบล็อก ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรมมวลผสมคอนกรีต มาตรฐาน มอก.566 ยกเว้นเกณฑ์กำหนดการคัดขนาดมวลผสมคอนกรีต

3) ส่วนผสมอื่น ๆ ตัวทำฟองอากาศ สี สารกันน้ำ ฯลฯ ที่นำมาใช้ ควรเป็นสารที่เหมาะสมสำหรับใช้กับคอนกรีตและควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.5 มวลรวมหรือวัสดุผสมคอนกรีตบล็อก

มวลรวมหรือวัสดุผสม (Aggregate) คือ วัสดุเฉื่อย อันได้แก่ หิน ทราย กรวด ที่เป็นส่วนผสมที่สำคัญของคอนกรีตเนื่องจากมวลรวมมีปริมาตร 70-80% ของปริมาณของส่วนผสมทั้งหมด ดังนั้น จึงไม่น่าเป็นที่สงสัยเลยว่า ทำไมคุณภาพของมวลรวมจึงมีผลอย่างมากต่อคุณสมบัติของคอนกรีต และจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องให้ความสนใจในเรื่องนี้อย่างมาก ในอดีตมวลรวมถูกคิดว่าเป็นเพียงวัสดุเฉื่อย ที่ใช้เป็นตัวแทรกประสานโดยกระจายอยู่ทั่วซีเมนต์เพสต์เท่านั้น ในปัจจุบันนี้พบว่า มวลรวมยังทำหน้าที่อื่นที่สำคัญอีก ประการแรกเนื่องจากมวลรวมเป็นส่วนผสมของคอนกรีตที่มีราคาถูกกว่าปูนซีเมนต์ดังนั้นในส่วนผสมของคอนกรีตจึงควรใช้ปริมาณมวลรวมให้พอเหมาะเพื่อที่จะให้ปริมาณปูนซีเมนต์ลดน้อยลง ประการต่อมาคุณสมบัติของมวลรวม จะช่วยให้คอนกรีตมีความคงทน (Durability) และปริมาตรไม่เปลี่ยนแปลงมาก (Volume Stability) รวมทั้งมวลรวมยังทำหน้าที่ต้านทานน้ำหนักที่กดลงบนคอนกรีตด้วย กำลังและคุณสมบัติทางกายภาพอีกหลายประการของมวลรวม มีผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีต ทั้งในสภาพที่เป็นคอนกรีตเหลว และคอนกรีตแข็งตัวแล้ว ดังนั้นการเลือกใช้มวลรวมที่เหมาะสม ไม่เพียงแต่เป็นการประหยัด แต่ยังคงช่วยให้คอนกรีตมีคุณภาพดีขึ้นด้วย มวลรวมที่ดีซึ่งจะส่งผลให้คอนกรีตมีความทนทานสูง ควรมีคุณสมบัติพื้นฐานที่ดีดังนี้ คือ ต้องมีความคงทนไม่ทำปฏิกิริยากับส่วนประกอบในซีเมนต์ซึ่งอาจก่อให้เกิดผลเสียต่อเสถียรภาพทางปริมาตรของคอนกรีต และมวลรวมต้องไม่มีสิ่งเจือปนที่มีผลเสียต่อกำลังและความคงตัวของซีเมนต์เพสต์ (ชัชวาลย์, 2540)

เมื่อแบ่งมวลรวมตามแหล่งกำเนิดออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1) มวลรวมที่เกิดจากธรรมชาติ (Natural Mineral Aggregate) เกิดจากขบวนการกัดกร่อนและเสียดสีตามธรรมชาติ

2) มวลรวมที่มนุษย์ทำขึ้น (Artificial Aggregate) เช่น มวลรวมเบาบางประเภทที่ได้จากการเผาหิน เป็นต้น

ถ้าแบ่งมวลรวมตามความหนาแน่นหรือหน่วยน้ำหนักจะแบ่งได้ 3 กลุ่ม คือ

1) มวลรวมเบา มีความหนาแน่นตั้งแต่ 300 - 1,100 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

2) มวลรวมปกติ มีความหนาแน่นตั้งแต่ 2,400 - 3,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

3) มวลรวมหนัก มีความหนาแน่นมากกว่า 4,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

หรือถ้าแบ่งมวลรวมตามขนาด เราสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1) มวลรวมหยาบ ใกล้เคียง หิน หรือกรวดที่มีขนาดตั้งแต่ 4.5 มิลลิเมตร ขึ้นไป หรือค้างอยู่บนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4

2) มวลรวมละเอียด ได้แก่ ทรายที่มีขนาดเล็กกว่า 4.5 มิลลิเมตร หรือ สามารถผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 แต่ต้องไม่เล็กกว่า 0.07 หรือผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 200 ส่วนที่มีขนาดเล็กกว่า มวลรวมละเอียดซึ่งมีอยู่จำนวนน้อยมากในส่วนผสมคอนกรีต (วินิต, 2527)

2.6 ขั้นตอนการติดตั้งคอนกรีตบล็อก

ขั้นตอนการติดตั้งคอนกรีตบล็อก สามารถสรุปได้ ดังนี้

1) คอนกรีตบล็อกก่อนนำมาใช้ควรทำความสะอาดโดยการปิดฝุ่นหรือเศษดินที่เกาะติดออกให้หมด ไม่ควรนำไปแช่น้ำ

2) การก่ออิฐบล็อกจะต้องเริ่มจากมุมก่อนเสมอ การเริ่มก่อจากมุมขอบผนังหรือขอบเสาจะช่วยให้อิฐมีการยึดเกาะเริ่มต้นที่มั่นคง

3) แนวปูนก่อหรือความหนาปูนก่อควรอยู่ระหว่าง 1 – 2 เซนติเมตร เพื่อช่วยให้การยึดเหนี่ยวระหว่างอิฐได้ดี

4) การก่ออิฐนอกจากจะต้องชิงเอ็นแนวราบแล้ว ยังต้องชิงเอ็นแนวตั้งด้วย เพื่อป้องกันการก่ออิฐไม่ได้แนวตรง คดไปคดมา

5) ผนังก่อจากขอบเสา ที่ขอบเสาจะต้องมีการเสียบเหล็กหนวดกุ้งไว้เพื่อทำหน้าที่ยึดเกาะเกี่ยวผนังอิฐโดยทั่วไปใช้เหล็กหนวดกุ้งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 4 – 50 เซนติเมตร เสียบที่เสาระยะห่างกันประมาณ 30 – 40 เซนติเมตร

6) ผนังที่มีช่องว่างประตูหน้าต่างควรมีการเสริมคานเอ็นเสาเอ็น รัตรอบ เพื่อทำหน้าที่แบกรับน้ำหนักผนังอิฐ และป้องกันการหลุดตัวของวงกบไม้

7) ผนังอิฐมีความสูงประมาณเกิน 3 – 4 เมตร หรือสูงเกิน 3 เมตรควรเสริมเสาเอ็นและคานเอ็น เพื่อทำหน้าที่ให้ผนังเกาะยึด หรือเป็นการช่วยกระจายน้ำหนักทำให้ผนังแข็งแรงขึ้น

8) การก่อผนังอิฐควรวางแผนการก่อหรือฉาบด้วย ไม่ควรก่อผนังในด้านที่มีแสงแดดจัดส่อง หากเสียงไม่ได้ก็ควรหาที่บังแดดขนาดก่อหรือฉาบ เพื่อป้องกันไม่ให้ปูนแห้งเร็วเกินไป

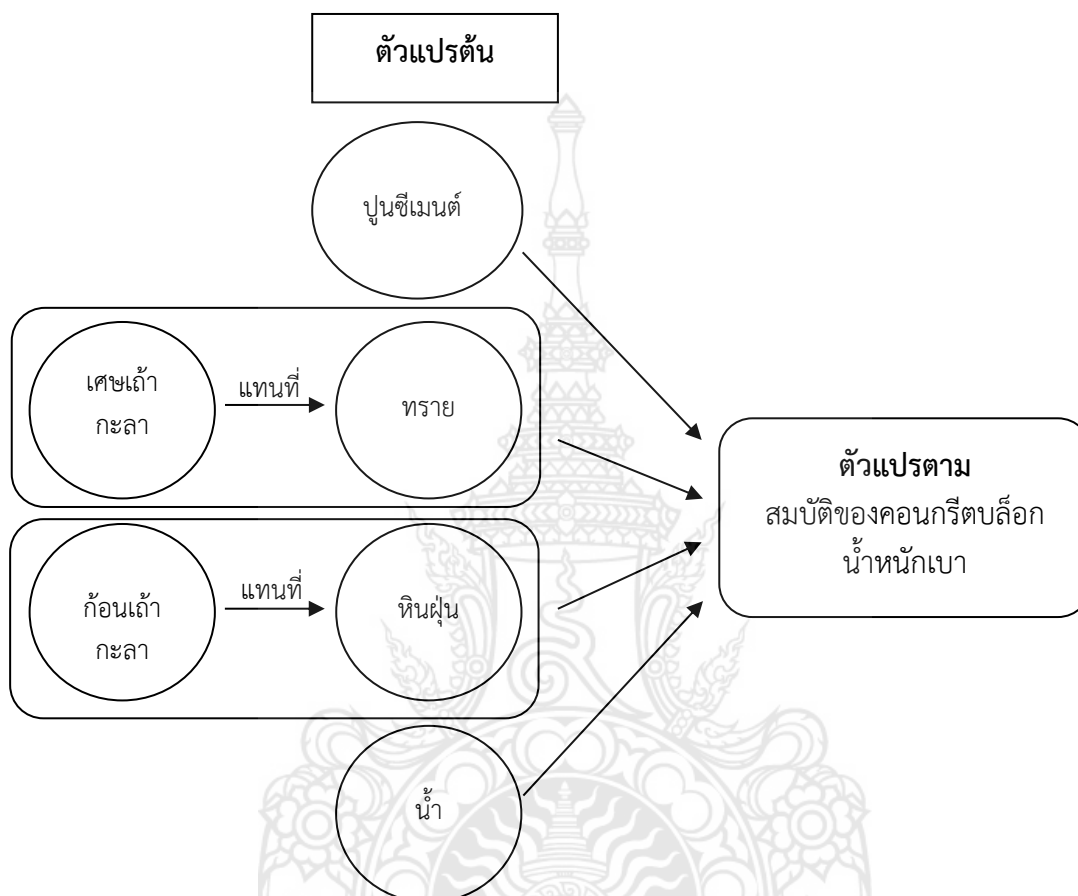
9) การก่อผนังจนเกือบถึงคานชั้นบนควรหยุดก่อเว้นช่องว่างไว้ประมาณ 10 – 20 เซนติเมตร ประมาณ 3-5 วัน เพื่อรอให้คานคอนกรีตนั้นแอนตัวจนอยู่ตัวแล้ว หรือรอให้ผนังที่ก่อยุบตัวให้คงที่เสียก่อน จึงค่อยก่ออิฐให้เต็ม



รูปที่ 2.2 เครื่องจักรที่ใช้ผลิตคอนกรีตบล็อก

2.7 กรอบแนวความคิด

ทฤษฎีของคอนกรีตและองค์ความรู้เกี่ยวกับคอนกรีตบล็อก ถูกนำมาสร้างเป็นกรอบแนวความคิด สำหรับการพัฒนาคอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบา จากขนาด ลักษณะ ความหนาแน่น และองค์ประกอบที่ไม่ย่อยสลายของเถ้ากะลามะพร้าว จึงถูกนำมาใช้เป็นมวลรวมเพื่อการประหยัดพลังงาน ซึ่งสามารถสรุปเป็นกรอบแนวความคิดได้ ดังนี้



รูปที่ 2.3 กรอบแนวความคิดของโครงการ

2.8 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเกี่ยวกับการใช้เถ้าชีวมวลเพื่อผสมในคอนกรีตและผลิตภัณฑ์บล็อกชนิดต่างๆ ที่ผ่านมาสามารถสรุปได้ ดังนี้

การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์เถ้าปาล์มน้ำมันในงานคอนกรีตเริ่มขึ้นในปี ค.ศ. 1990 โดย Tay (1990) ได้ศึกษาการใช้เถ้าปาล์มน้ำมันแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราร้อยละ 10 ถึง 50 โดยน้ำหนักวัสดุประสานเพื่อทำคอนกรีต พบว่าเถ้าปาล์มน้ำมันมีคุณสมบัติเป็นวัสดุปอซโซลานต่ำ และคอนกรีตที่แทนที่เถ้าปาล์มน้ำมันมากกว่าร้อยละ 10 มีกำลังอัดต่ำกว่าคอนกรีตที่ไม่มีเถ้าปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสม ทั้งนี้เนื่องจากเถ้าปาล์มน้ำมันที่นำมาใช้มีอนุภาคขนาดใหญ่

ต่อมาในปี ค.ศ. 1996 Hussin และ Awal (1996) นักวิจัยชาวมาเลเซียได้ศึกษาการนำเถ้าปาล์มน้ำมันมาใช้เป็นวัสดุปอซโซลาน โดยบดเถ้าปาล์มน้ำมันให้มีความละเอียดมากกว่าปูนซีเมนต์ และแทนที่ใน

อัตราร้อยละ 10 ถึง 60 พบว่าคอนกรีตที่ผสมเถ้าปาล์มน้ำมันร้อยละ 30 ให้กำลังอัดสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการแทนที่อื่น ๆ และกำลังอัดที่ช่วงอายุก่อน 28 วัน มีค่าต่ำกว่าคอนกรีตควบคุม แต่หลังจากนั้นกำลังอัดมีการพัฒนาสูงกว่าคอนกรีตที่ไม่มีเถ้าปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสมได้

การศึกษาเถ้าปาล์มน้ำมันในประเทศไทย บุรฉัตร ฉัตรวีระ และ เชิดพงศ์ วิสารทานนท์ (2545) ได้นำเถ้าแกลบมาผสมคอนกรีต พบว่า กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่แทนที่เถ้าแกลบในปูนซีเมนต์ที่ร้อยละ 20 สามารถพัฒนากำลังของคอนกรีตให้สูงกว่าคอนกรีตปกติได้ นอกจากนี้คุณสมบัติของคอนกรีตที่ผสมเถ้าแกลบนั้นจะลดลงเมื่อร้อยละการแทนที่ของเถ้าแกลบนั้นเพิ่มขึ้น แต่การเพิ่มขึ้นของการแทนที่นั้นจะลดความสามารถในการทำงานของคอนกรีตลง โดยส่วนผสมคอนกรีตผสมเถ้าแกลบที่ไม่บดจะมีความสามารถในการทำงานได้ที่ต่ำที่สุด ซึ่งปัญหานี้สามารถแก้ไขได้ด้วยการบดที่ใช้เวลาเพิ่มขึ้น ความพรุนและการสูญเสียน้ำหนัก เนื่องจากความสามารถในการทนกรดของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบนั้น จะลดลงเมื่อร้อยละการแทนที่ของเถ้าแกลบเพิ่มขึ้น และการหดตัวแบบแห้งและแบบออตโตจีเนียสของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบนั้น จะไม่มีผลกระทบที่เป็นนัยสำคัญ เมื่อร้อยละการแทนที่ของเถ้าแกลบโดยน้ำหนักน้อยกว่าร้อยละ 40

สุรพันธ์ สุคันธปริย และคณะ (2545) ได้ศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าปาล์มน้ำมันมาใช้เป็นวัสดุประสานในงานคอนกรีต โดยนำกากแคลเซียมคาร์ไบด์มาตากแดดแล้วบดละเอียด ส่วนเถ้าปาล์มนำมาแยกขนาดให้มีความละเอียดสูงขึ้น จากนั้นผสมเถ้าปาล์มกับกากแคลเซียมคาร์ไบด์ในอัตราส่วน 70:30 โดยน้ำหนักเพื่อใช้เป็นวัสดุประสาน หล่อเป็นคอนกรีตทรงกระบอกขนาด 10×20 ซม. คอนกรีตมีปริมาณวัสดุประสานเท่ากับ 300, 375, 450 และ 600 กก./ม.³ พบว่าค่ากำลังอัดขนาดคอนกรีตที่อายุ 28 วันเป็น 92, 150, 154, 192 กก./ซม.² เมื่อใช้วัสดุประสานเท่ากับ 300, 375, 450 และ 600 กก./ม.³ ตามลำดับ และกำลังอัดจะมีค่าแปรผันกับอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน โดยกำลังอัดสูงสุดของคอนกรีตที่ใช้วัสดุประสาน 600 กก./ม.³ ที่อายุ 90 วัน มีค่ากำลังอัด 249 กก./ซม.² การศึกษาความเป็นไปได้ของเถ้าปาล์มน้ำมันที่ได้จากกระบวนการเผาเศษกะลาและเส้นใยของผลปาล์มเพื่อนำมาใช้ในงานคอนกรีต โดยนำเถ้าปาล์มน้ำมันมาบดให้มีความละเอียดจนมีขนาดอนุภาคค้ำบนตะแกรงเบอร์ 325 ร้อยละ 29.2 และ 4.3 โดยน้ำหนัก ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ จากนั้นทดสอบกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าที่ใช้เถ้าปาล์มน้ำมันแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราร้อยละ 10, 20 และ 30 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน พบว่ามอร์ต้าที่ผสมเถ้าปาล์มน้ำมันก่อนจะบดเมื่อแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ในอัตราร้อยละ 20 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน ที่อายุ 7 วัน และ 28 วัน มีกำลังอัดประมาณร้อยละ 75 หรือต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับมอร์ต้ามาตรฐานจึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาเป็นวัสดุปอซโซลาน ส่วนมอร์ต้าที่ผสมเถ้าปาล์มน้ำมัน ที่บดจนมีความละเอียดค้ำบนตะแกรงเบอร์ 325 ร้อยละ 29.2 และ 4.3 โดยน้ำหนัก พบว่ามีกำลังอัดที่อายุ 7 วันสูงกว่าร้อยละ 75 ของมอร์ต้ามาตรฐาน และมีแนวโน้มของกำลังอัดสูงขึ้นเรื่อย ๆ ผลการทดสอบแสดงว่าเถ้าปาล์มน้ำมันที่บดละเอียดสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุปอซโซลานเพื่อใช้แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนได้

วีระชาติ ตั้งจิรภัทร และคณะ (2546) พบว่าเถ้าปาล์มน้ำมันที่ได้จากโรงงานโดยตรงไม่เหมาะสมนำมาใช้เป็นวัสดุปอซโซลาน เนื่องจากให้ค่ากำลังอัดที่ต่ำ ส่วนการใช้เถ้าปาล์มน้ำมันที่มีความละเอียด มีปริมาณค้ำบนตะแกรงเบอร์ 325 น้อยกว่าร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก เป็นส่วนผสมมอร์ต้าในอัตราร้อยละ 10 และ 20 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน สามารถให้กำลังอัดสูงกว่ามอร์ต้ามาตรฐานที่อายุ 90 วัน โดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 104 และ 101 ตามลำดับ

สัญชัย สอาดกิตินันท์ (2547) ได้ศึกษาการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตกำลังสูงผสมเถ้าขานอ้อยแม่เกาะแบบคัดและไม่คัดแยกขนาดโดยปรับปรุงตามมาตรฐานเอซีไอ พบว่าความต้องการน้ำของคอนกรีตสดที่ผสมเถ้าขานอ้อยแม่เกาะในปริมาณร้อยละที่เท่ากัน เถ้าขานอ้อยแบบคัดแยกขนาดจะลดความต้องการน้ำได้มากกว่าเถ้าขานอ้อยแบบไม่คัดแยกขนาด และความต้องการน้ำจะลดลงตามปริมาณการแทนที่ด้วยเถ้าขานอ้อยที่เพิ่มขึ้น และคอนกรีตที่ผสมด้วยเถ้าขานอ้อยแบบไม่คัดแยกขนาดร้อยละ 25 และ 35 จะให้กำลังอัดใกล้เคียงหรือสูงกว่าคอนกรีตควบคุมที่อายุตั้งแต่ 28 วัน สำหรับคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วพบว่าคอนกรีตที่ผสมเถ้าขานอ้อยแบบคัดแยกขนาดร้อยละ 15-35 จะให้กำลังอัดสูงกว่าคอนกรีตควบคุมที่อายุตั้งแต่ 7 วัน และนอกจากนี้ยังพบว่า คอนกรีตที่ผสมเถ้าขานอ้อยแบบคัดแยกขนาดมีการพัฒนากำลังอัดดีกว่าคอนกรีตที่ผสมเถ้าขานอ้อยแบบไม่คัดแยกที่ทุกอายุ จากผลการวิจัย ทำให้สามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานสำหรับการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตกำลังสูงผสมเถ้าขานอ้อยแม่เกาะด้วยวิธีการของเอซีไอ และใช้ทำนายกำลังอัดของคอนกรีตผสมเถ้าขานอ้อยแม่เกาะที่ร้อยละของการแทนที่เท่ากับ 15, 25 และ 35 ที่อายุ 1, 7, 28 และ 56 วัน

จากที่กล่าวมาแล้วเห็นได้ว่า การศึกษาในส่วนของการนำเถ้าชีวมวลมาใช้ในคอนกรีตและผลิตภัณฑ์บล็อกชนิดต่างๆ ที่ผ่านมา จึงมีความเป็นไปได้สูงที่โครงการการใช้เถ้ากะลามะพร้าวเป็นมวลรวมน้ำหนักเบาในคอนกรีตบล็อกเพื่อการประหยัดพลังงาน จะประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้



บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน

ในการดำเนินงานวิจัยโครงการ “การใช้เถ้ากะลามะพร้าวเป็นมวลรวมน้ำหนักเบาในคอนกรีตบล็อกเพื่อการประหยัดพลังงาน” สามารถสรุปเป็นขั้นตอนต่างๆ ได้ ดังนี้

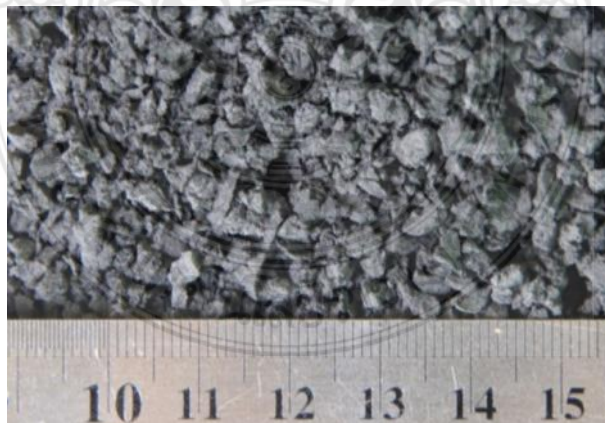
3.1 วัสดุและอุปกรณ์

- 1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

- 2) หินฝุ่น หรือฝุ่นหินปูนที่มีขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 หินฝุ่นหรือฝุ่นหินปูน

- 3) เถ้ากะลามะพร้าว จากโรงงานมะพร้าวที่มีการเผากะลามะพร้าว เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการขับเคลื่อนเครื่องจักร ที่มีขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ดังรูปที่ 3.3 ถึง 3.5



รูปที่ 3.3 กองเถ้ากะลามะพร้าวจากโรงงานมะพร้าวที่ใช้กะลามะพร้าวเป็นเชื้อเพลิง



รูปที่ 3.4 ลักษณะของเถ้ากะลามะพร้าวจากการเผากะลามะพร้าวเป็นเชื้อเพลิง



รูปที่ 3.5 ขนาดและลักษณะของเถ้ากะลามะพร้าว

- 4) น้ำประปา
- 5) เครื่องผสมคอนกรีต ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 เครื่องผสมคอนกรีต

6) เครื่องอัดคอนกรีตบล็อกแบบสั้นเขย่า พร้อมแบบหล่อคอนกรีตบล็อก แบบช่องวงกลม 5 ช่อง ขนาด 70 x 190 x 390 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.7 และ 3.8



รูปที่ 3.7 เครื่องอัดคอนกรีตบล็อกแบบสั้นเขย่า



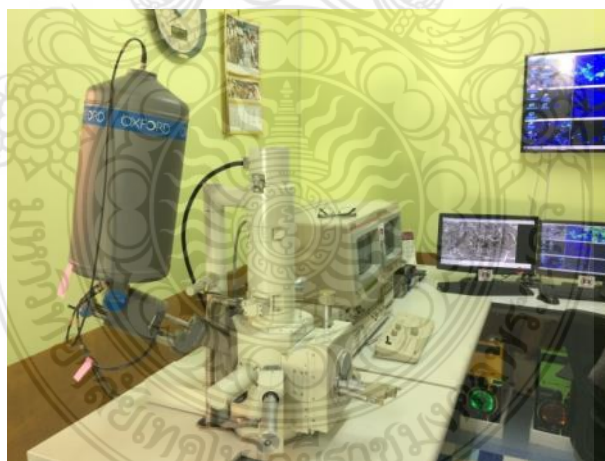
รูปที่ 3.8 แบบหล่อคอนกรีตบล็อก แบบช่องวงกลม 5 ช่อง ในเครื่องอัดคอนกรีตบล็อก

- 7) แท่นพลิกคอนกรีต พร้อมแผ่นรองคอนกรีตบล็อก
- 8) เครื่องซังน้ำหนัก
- 9) ตู้อบปรับอุณหภูมิได้ ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ตู้อบปรับอุณหภูมิได้

- 10) ตะแกรงร่อนขนาดเบอร์ 4 และ 325 เมช
- 11) ชุดอุปกรณ์ทดสอบความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ การหดตัวแห้ง
- 12) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) พร้อมเครื่องเคลือบอิริเดียมแบบสุญญากาศ ดังรูปที่ 3.10 และ 3.11



รูปที่ 3.10 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด



รูปที่ 3.11 เครื่องเคลือบอิริเดียมแบบสูญญากาศ

13) เครื่องทดสอบเนกประสงค์ (Universal Testing Machine, UTM) ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 เครื่องทดสอบเนกประสงค์

14) เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ (X-Ray Fluorescence, XRF)

15) เครื่องวัดระดับเสียง (Sound Meter) ยี่ห้อ UNI-T รุ่น UT351 ความคลาดเคลื่อน ไม่เกิน 1.5 dB ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 เครื่องวัดระดับเสียง

16) ห้องจำลองสำหรับติดตั้งแผ่นวัสดุทดสอบเสียง ขนาด 30x30x30 เซนติเมตร โดยเว้นช่องว่างสำหรับติดตั้งแผ่นวัสดุ 1 ด้าน ส่วนอีก 5 ด้าน บูภายในด้วยแผ่นเหล็กเคลือบสังกะสี และติดตั้งแผ่นโฟมหนา 12.5 เซนติเมตร รอบๆ ห้องจำลอง (Abdullah et al., 2014) พร้อมทั้งติดตั้งแหล่งกำเนิดเสียง และเครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอล ดังรูปที่ 3.14 และ 3.15



รูปที่ 3.14 ห้องจำลองสำหรับติดตั้งแผ่นวัสดุทดสอบเสียง



รูปที่ 3.15 แหล่งกำเนิดเสียงและเครื่องวัดอุณหภูมิตัวแบบดิจิทัล

3.2 การออกแบบส่วนผสม

ออกแบบส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ หินฝุ่น เถ้ากะลามะพร้าว และน้ำประปา จำนวน 5 อัตราส่วน โดยทำการแทนที่หินฝุ่นด้วยเถ้ากะลามะพร้าวจากปริมาณน้อยเพิ่มขึ้นไปจนถึงปริมาณมาก ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวโดยน้ำหนัก

อัตราส่วน	ปูนซีเมนต์	หินฝุ่น	เถ้ากะลามะพร้าว	น้ำประปา
CSA0.2	1	6.8	0.2	0.6
CSA0.3	1	6.7	0.3	0.6
CSA0.4	1	6.6	0.4	0.6
CSA0.5	1	6.5	0.5	0.6
CSA0.6	1	6.4	0.6	0.6

3.3 การขึ้นรูปตัวอย่าง

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

- 1) ร่อนเถ้ากะลามะพร้าวให้มีขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4
- 2) ชั่งส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว ตามอัตราส่วนที่แสดงไว้ในตารางที่ 3.1 ดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 การชั่งส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว

3) ผสมปูนซีเมนต์และเถ้ากะลามะพร้าวที่ผ่านการร่อนแล้วให้เข้ากัน โดยใช้เครื่องผสมคอนกรีต ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 การผสมปูนซีเมนต์และเถ้ากะลามะพร้าวให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมคอนกรีต

4) แบ่งน้ำประปาออกเป็น 2 ส่วน จากนั้นเติมน้ำประปาส่วนที่ 1 ลงในส่วนผสม ดังรูปที่ 3.18 แล้วผสมให้ส่วนผสมเข้ากัน



รูปที่ 3.18 การเติมน้ำประปาส่วนที่ 1 ลงในส่วนผสม

5) ทอยยเทหินฝุ่นลงในส่วนผสม ดังรูปที่ 3.19 พร้อมกับทอยยเติมน้ำประปาส่วนที่ 2 และผสมจนส่วนผสมเข้ากันทั้งหมด



รูปที่ 3.19 การเททอยยเทหินฝุ่นลงในส่วนผสม

6) นำส่วนผสมที่ผสมเข้ากันดีแล้ว ไปเทใส่ในแบบของเครื่องอัดคอนกรีตบล็อกจนเต็ม ดังรูปที่

3.20



รูปที่ 3.20 การนำส่วนผสมไปใส่ในแบบของเครื่องอัดคอนกรีตบล็อกจนเต็ม

7) อัดส่วนผสม พร้อมทั้งทำการสั่นเขย่า ได้คอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวที่มีรูปทรงและขนาดตามแบบ ดังรูปที่ 3.21

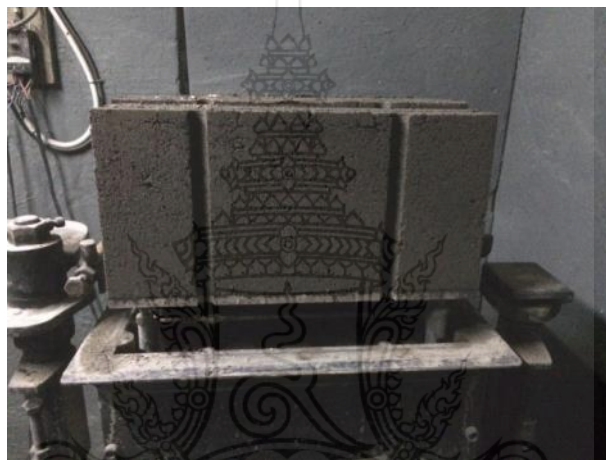


รูปที่ 3.21 การอัดและเขย่าส่วนผสมเป็นคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว

8) นำคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวออกจากเครื่องอัด แล้วใช้แท่นพลิกคอนกรีตบล็อก เพื่อทำการถอดแบบ ดังรูปที่ 3.22 ถึง 3.25



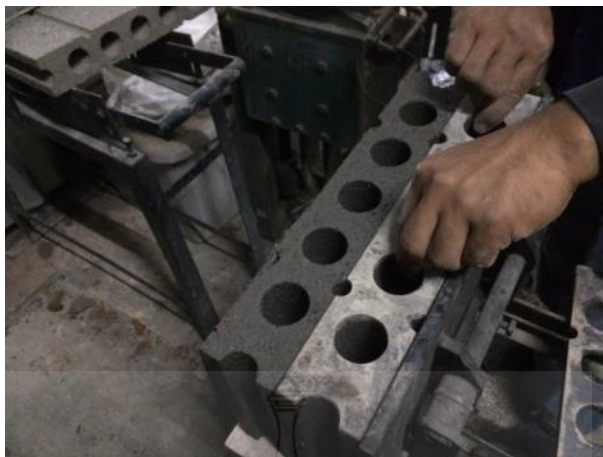
รูปที่ 3.22 คอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวที่อัดจนมีรูปร่างตามต้องการ



รูปที่ 3.23 รูปร่างของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว



รูปที่ 3.24 การพลิกก้อนคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวเพื่อถอดแบบ



รูปที่ 3.25 การถอดแบบก้อนคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวก่อนนำไปบ่ม

9) ภายหลังจากก้อนคอนกรีตบล็อกแข็งตัวเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ให้นำคอนกรีตบล็อกที่ได้ไปกองบ่มในที่ร่มตามระยะเวลาที่ต้องการ 7, 14, 21 และ 28 วัน ดังรูปที่ 3.26 และ 3.27 แล้วจึงนำคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวไปทำการทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ต่อไป



รูปที่ 3.26 การวางคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวเพื่อให้แข็งตัวก่อนการนำไปกองเก็บหรือบ่ม



รูปที่ 3.27 การกองก้อนคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวเพื่อรออายุในการทำการทดสอบ

3.4 การทดสอบคุณสมบัติ

ทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (สมอ., 2533) และมาตรฐานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- 1) การทดสอบหาส่วนประกอบทางเคมีของเถ้ากะลามะพร้าว โดยใช้เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ (X-Ray Fluorescence, XRF)
- 2) การทดสอบลักษณะโดยทั่วไปของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว ดังรูปที่ 3.28



รูปที่ 3.28 การวัดขนาดของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว

- 3) การทดสอบความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว
- 4) การทดสอบการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว ดังรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.29 การทดสอบการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว

5) การทดสอบการหดตัวของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว

6) การทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว ดังรูปที่ 3.30 ถึง

3.33



รูปที่ 3.30 การทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว



รูปที่ 3.31 ลักษณะการทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว



รูปที่ 3.32 การวิบัติของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวจากการทดสอบความต้านทานแรงอัด



รูปที่ 3.33 ลักษณะการวิบัติของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวเนื่องจากแรงอัด

7) การทดสอบความต้านทานแรงดัดของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว ดังรูปที่ 3.34 และ

3.35



รูปที่ 3.34 การวัดระยะแทนรองรับคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว
สำหรับทดสอบความต้านทานแรงดัด



รูปที่ 3.35 ลักษณะการทดสอบทดสอบความต้านทานแรงดึงของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว

8) การทดสอบหาลักษณะการยึดเกาะระหว่างเถ้ากะลาและส่วนผสมของคอนกรีตบล็อก โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) ดังรูปที่ 3.36 และ 3.37



รูปที่ 3.36 การเคลือบโลหะอิริเดียมแบบสุญญากาศให้กับวัสดุต่างๆ ก่อนนำเข้ากล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

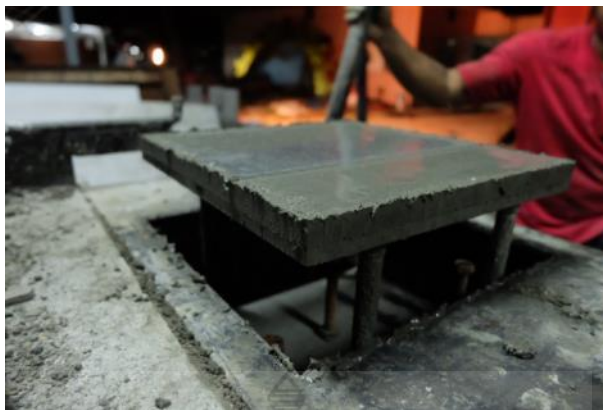


รูปที่ 3.37 การใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) เพื่อศึกษาลักษณะโครงสร้างของวัสดุต่างๆ

9) การทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว โดยใช้แผ่นคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว ขนาด $300 \times 300 \times 15$ มิลลิเมตร ที่ขึ้นรูปด้วยวิธีการเดียวกัน ดังรูปที่ 3.38 ถึง 3.40



รูปที่ 3.38 การเทส่วนผสมคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวลงในเครื่องอัดแผ่นคอนกรีตบล็อก



รูปที่ 3.39 ลักษณะแผ่นของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวที่ได้จากการอัดและสั้นเขย่า



รูปที่ 3.40 แผ่นของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวที่ถอดแบบเรียบร้อยแล้ว

10) การทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียงของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว โดยใช้แผ่นคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว ขนาด $300 \times 300 \times 15$ มิลลิเมตร ที่ขึ้นรูปด้วยวิธีการเดียวกัน โดยใช้ในการทดสอบระดับเสียงที่ลดลงจากแหล่งกำเนิดเสียงความถี่ต่างๆ ประกอบด้วย ความถี่ 125, 250, 500, 1,000, 2,000 และ 4,000 เฮิรตซ์ (Hz) ด้วยโปรแกรม Sound Check Tone Generator ผ่านลำโพงขนาด 3 วัตต์ จำนวน 2 ตัว มีช่วงความถี่ของเสียง 125 – 20,000 เฮิรตซ์ ติดตั้งอยู่ในห้องจำลอง ขนาด $30 \times 30 \times 30$ เซนติเมตร ซึ่งผนังภายในมีการบุด้วยแผ่นเหล็กชุบสังกะสี และติดตั้งแผ่นโฟมรอบห้องจำลอง โดยด้านหน้ามีการเว้นช่องว่างขนาด 30×30 เซนติเมตร สำหรับติดตั้งแผ่นวัสดุ แล้วจึงทำการวัดระดับเสียงด้วยเครื่องวัดระดับเสียง (Sound Level Meter) ที่มีการครอบด้วยกรวยพลาสติกที่มีการบุฟองน้ำไว้ที่ขอบและผนังด้านใน (Abdullah et al., 2014) ดังรูปที่ 3.41 ถึง 3.44



รูปที่ 3.41 ห้องจำลองสำหรับติดตั้งแผ่นวัสดุทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียง



รูปที่ 3.42 คอมพิวเตอร์สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียง



รูปที่ 3.43 แหล่งกำเนิดเสียงและเครื่องวัดอุณหภูมิที่ติดตั้งอยู่ในห้องจำลอง



รูปที่ 3.44 การทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียงโดยใช้แผ่นคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว

11) การทดสอบการใช้งานจริงของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว โดยการก่อสร้างผนังจำลองจากคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว ขนาด 4 x 2.5 เมตร

3.5 การขอรับความคุ้มครองด้านทรัพย์สินทางปัญญา

ร่างคำขอรับทรัพย์สินทางปัญญา ประเภทอนุสิทธิบัตร ในนามมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

3.6 การเขียนบทความวิจัยเพื่อเผยแพร่

ร่างและเขียนบทความวิจัยเพื่อเผยแพร่สู่กลุ่มเป้าหมาย ผ่านทางวารสารหรืองานประชุมวิชาการระดับชาติหรือนานาชาติ

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน

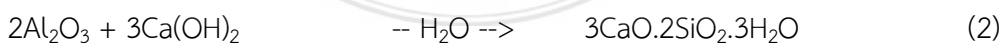
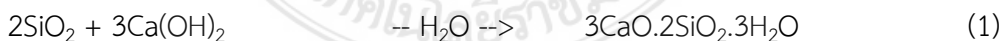
4.1 ส่วนประกอบทางเคมีของเถ้ากะลามะพร้าว

ผลการทดสอบหาองค์ประกอบทางเคมีของเถ้ากะลามะพร้าว โดยใช้เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ (XRF) สามารถสรุปได้ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของเถ้ากะลามะพร้าวจากการทดสอบด้วยเครื่อง XRF

องค์ประกอบทางเคมี	ร้อยละ
SiO ₂	46.15
MgO	16.2
Al ₂ O ₃	14.6
Fe ₂ O ₃	12.3
CaO	0.55
K ₂ O	0.54
Na ₂ O	0.42
ZnO	0.31
MnO	0.24

จากตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่า เถ้ากะลามะพร้าวมีองค์ประกอบทางเคมีหลัก 3 ลำดับแรก ประกอบด้วย ซิลิกาหรือซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO₂) มากที่สุด ร้อยละ 46.15 รองลงมาคือ แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ร้อยละ 16.2 อลูมินาหรืออลูมิเนียมออกไซด์ (Al₂O₃) ร้อยละ 14.6 องค์ประกอบทางเคมีดังกล่าวมีผลต่อคุณสมบัติด้านความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว โดยเฉพาะซิลิกา (SiO₂) และอลูมินา (Al₂O₃) ซึ่งเป็นวัสดุที่สามารถทำปฏิกิริยาปอซโซลานิก (Pozzolanic Reaction) กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Ca(OH)₂) ในปูนซีเมนต์ได้ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากการทำปฏิกิริยาไฮเดรชันของไตรแคลเซียมซิลิเกต และไดแคลเซียมซิลิเกต โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาปอซโซลานิกของซิลิคอนไดออกไซด์ จะได้แคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (C-S-H) ส่วนอลูมิเนียมออกไซด์ จะได้แคลเซียมอลูมิเนตไฮเดรต (C₃A₂H₃) (ชัย และวีรชาติ, 2555) ดังสมการที่ 1 และ 2

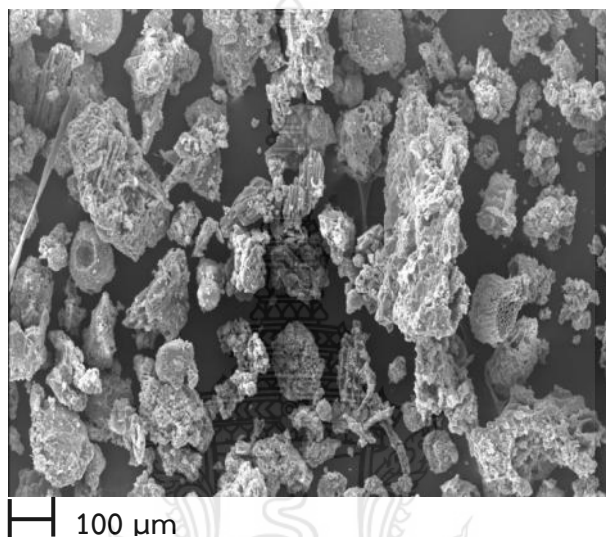


ซึ่งแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (C-S-H) และแคลเซียมอลูมิเนตไฮเดรต (C₃A₂H₃) ที่ได้เพิ่มเติมจากปฏิกิริยาปอซโซลานิก จะช่วยพัฒนาคุณสมบัติด้านความต้านทานแรงอัดให้กับผลิตภัณฑ์จำพวกคอนกรีตหรือคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวได้ อย่างไรก็ตาม วัสดุปอซโซลานิกที่เหมาะสมสำหรับทำปฏิกิริยาปอซโซลานิกตามมาตรฐาน ASTM C 618 (ASTM, 2012) ต้องเป็นวัสดุที่มีความละเอียดมาก (ผ่านตะแกรงเบอร์ 325) แต่สำหรับเถ้ากะลามะพร้าวที่นำมาใช้ในโครงการนี้จะมีขนาดปะปนกัน โดยทั้งหมดจะเป็นเถ้ากะลามะพร้าวที่มีขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ซึ่งใหญ่กว่าที่มาตรฐานกำหนด แต่ด้วยลักษณะของ

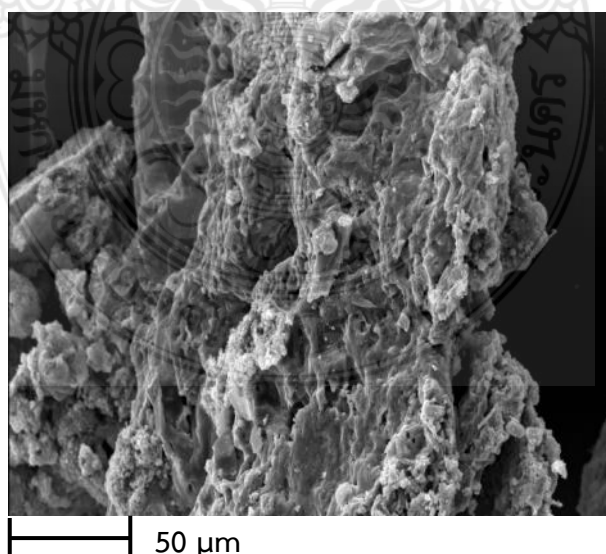
เถ้ากะลามะพร้าวส่วนใหญ่จะมีขนาดค่อนข้างใหญ่ หากทำการแยกให้มีเฉพาะเถ้ากะลามะพร้าวขนาดเล็ก จะทำให้ไม่สามารถนำเถ้ากะลามะพร้าวทั้งหมดมาใช้ประโยชน์ได้ (ปริมาณเถ้ากะลามะพร้าวที่ผ่าน ตะแกรงเบอร์ 325 มีเพียงร้อยละ 5.61 ของปริมาณเถ้ากะลามะพร้าวทั้งหมด)

4.2 ภาพขยายของเถ้ากะลามะพร้าวและคอนกรีตบล็อก

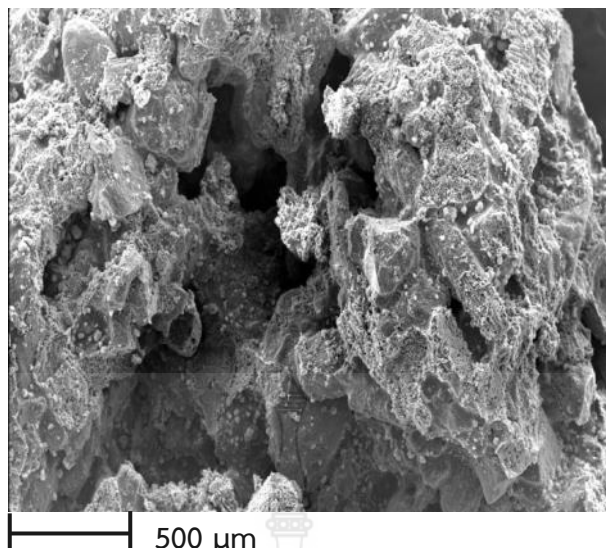
ลักษณะของเถ้ากะลามะพร้าวและคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวจากภาพขยายของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.2 ถึง 4.3



รูปที่ 4.1 ภาพขยายเถ้ากะลามะพร้าวจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด
ที่กำลังขยาย 100 เท่า



รูปที่ 4.2 ภาพขยายเถ้ากะลามะพร้าวจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด
ที่กำลังขยาย 500 เท่า



รูปที่ 4.3 ภาพขยายคอนกรีตบล็อกเถ้ากะลามะพร้าวจากห้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 50 เท่า

จากรูปที่ 4.1 และ 4.2 แสดงภาพขยายเถ้ากะลามะพร้าวจากห้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 100 และ 500 เท่า พบว่า เถ้ากะลามะพร้าวมีลักษณะขรุขระ พื้นผิวมีช่องว่างจำนวนมาก ขนาดประมาณ 5 ถึง 500 ไมโครเมตร เมื่อผสมเข้ากับปูนซีเมนต์ หินฝุ่น และน้ำแล้ว จะสามารถยึดเกาะเป็นรูปทรงต่างๆ ได้ดี โดยไม่มีการหลุดร่อนของผงเถ้ากะลามะพร้าว ดังรูปที่ 4.3 และผลการพิจารณาลักษณะโดยทั่วไปของคอนกรีตบล็อกในหัวข้อ 4.3

4.3 ลักษณะโดยทั่วไปของคอนกรีตบล็อก

ลักษณะโดยทั่วไปของคอนกรีตบล็อกทุกก้อนตามที่มาตรฐาน มอก.58 กำหนด จะต้องแข็งแรง ปราศจากรอยแตกร้าว และมีพื้นผิวที่เหมาะสมต่อการยึดเกาะของปูนฉาบ ซึ่งผลการพิจารณาลักษณะโดยทั่วไปของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.4 ถึง 4.6



รูปที่ 4.4 คอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวที่อัดจนมีรูปร่างตามต้องการ



รูปที่ 4.5 คอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวที่อัดจนมีรูปร่างตามต้องการ

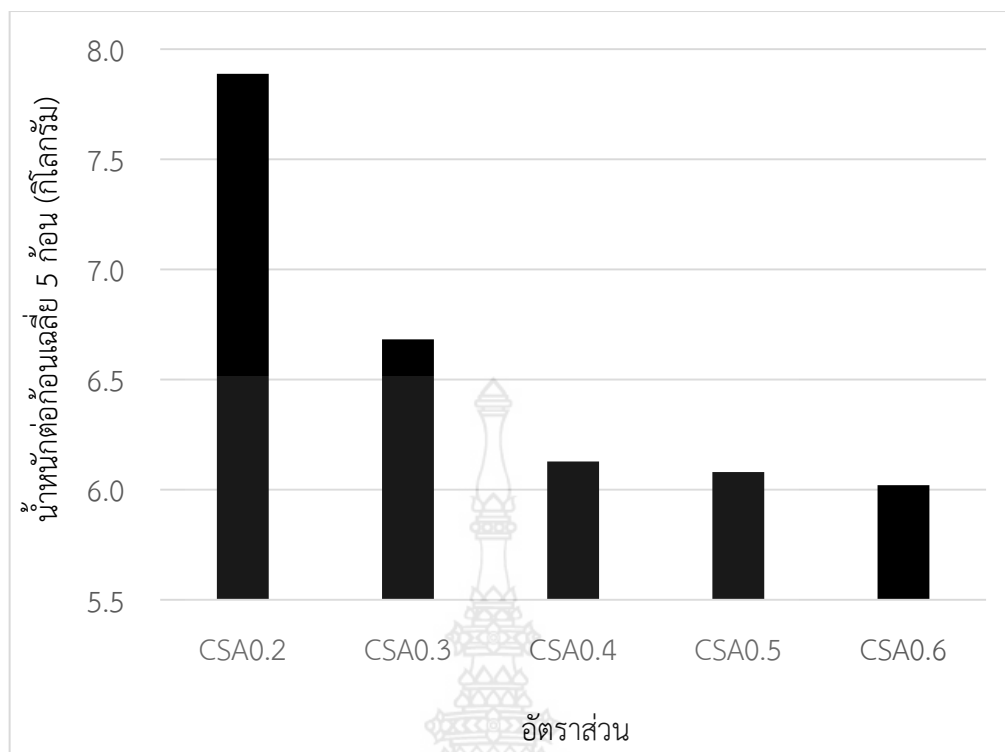


รูปที่ 4.6 คอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวที่อัดจนมีรูปร่างตามต้องการ

จากรูปที่ 4.4 ถึง 4.6 พบว่า คอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวทุกอัตราส่วน มีลักษณะสมบูรณ์ ไม่มีรอยบิ่นหรือร้าว และส่วนผิวของคอนกรีตบล็อกทั้งหมดมีความหยาบพอควรแก่การจับยึดของปูนฉาบหรือปูนแต่งได้ดี จากผลการพิจารณาดังกล่าวแสดงว่า การผสมเถ้ากะลามะพร้าวลงในคอนกรีตบล็อก ไม่ส่งผลต่อคุณลักษณะที่ต้องการด้านลักษณะโดยทั่วไปของคอนกรีตบล็อก ตามที่มาตรฐาน มอก.58 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก กำหนด

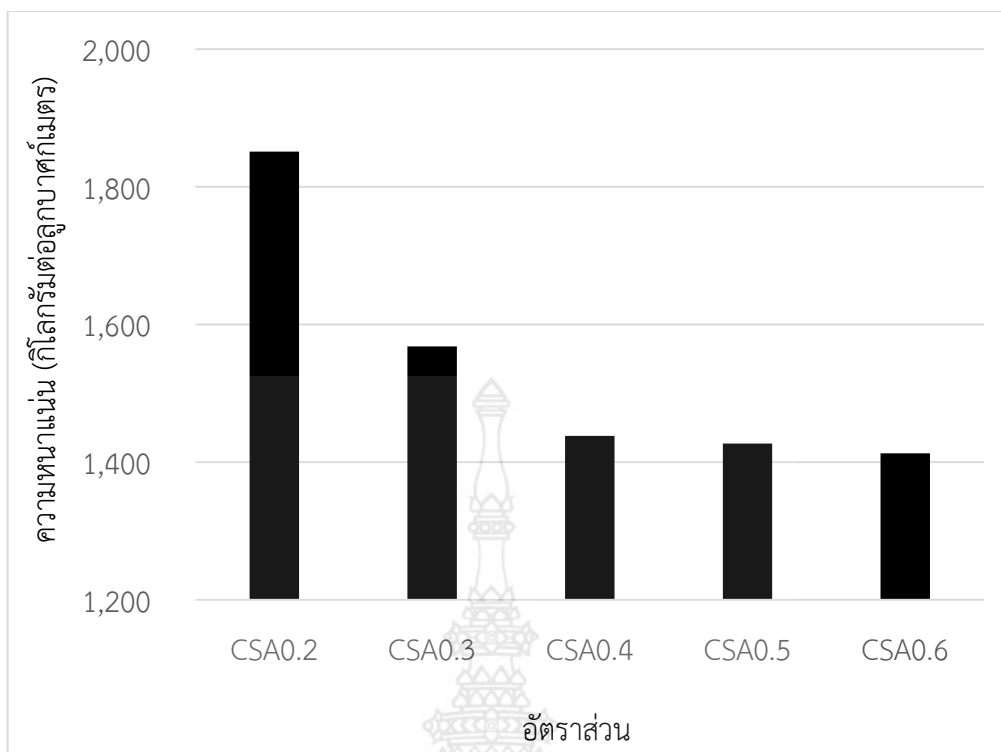
4.4 ความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อก

ความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว เป็นคุณสมบัติที่แสดงถึงน้ำหนักของคอนกรีตบล็อก โดยคอนกรีตบล็อกที่มีความหนาแน่นสูง จะมีน้ำหนักต่อก้อนมาก และคอนกรีตบล็อกที่มีความหนาแน่นต่ำ ก็จะมีน้ำหนักต่อก้อนน้อยตามไปด้วย ซึ่งผลการทดสอบน้ำหนักต่อก้อนเฉลี่ย 5 ก้อน และความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวทุกอัตราส่วน สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ผลการทดสอบน้ำหนักเฉลี่ย 5 ก้อนของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว

น้ำหนักเฉลี่ย 5 ก้อนของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวในรูปที่ 4.7 พบว่า คอนกรีตบล็อกดังกล่าวมีน้ำหนักต่อน้ำหนักอยู่ระหว่าง 6.02 – 7.89 กิโลกรัม ซึ่งเบากว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไปที่มีน้ำหนักประมาณ 8 – 10 กิโลกรัมต่อน้ำหนัก ทั้งนี้ คอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้ากะลามะพร้าวในปริมาณมาก จะมีแนวโน้มของน้ำหนักเบาว่าคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้ากะลามะพร้าวน้อย โดยผลการทดสอบค่าความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกแต่ละอัตราส่วนได้ มีดังรูปที่ 4.8

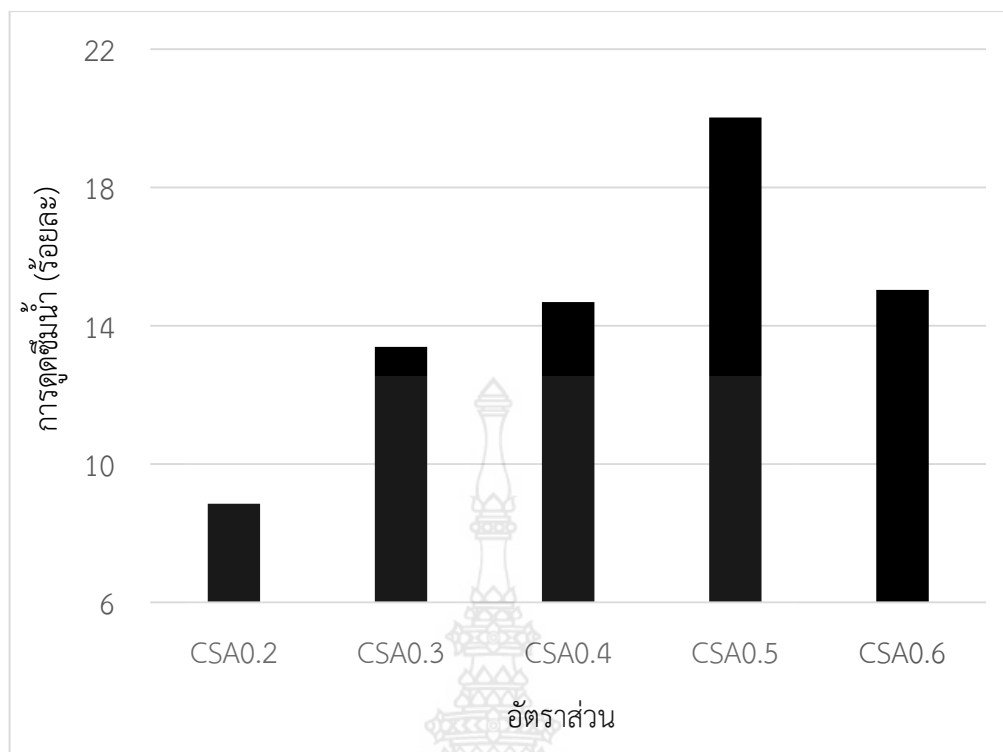


รูปที่ 4.8 ผลการทดสอบความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว

จากรูปที่ 4.8 พบว่า คอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวอัตราส่วน CSA0.2 มีค่าความหนาแน่นสูงที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน CSA0.3, CSA0.4, CSA0.5 และ CSA0.6 มีค่าความหนาแน่นต่ำที่สุดตามลำดับ โดยทั้งหมดมีแนวโน้มต่ำกว่าคอนกรีตและคอนกรีตบล็อกทั่วไป (คอนกรีตทั่วไป 2,400 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และคอนกรีตบล็อกทั่วไป 1,900 – 2,100 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ซึ่งเป็นผลมาจากลักษณะของเถ้ากะลามะพร้าวที่มีช่องว่างภายในเนื้อจำนวนมาก (ชัชวาลย์, 2540; ปราโมทย์ และ กิตติพงษ์, 2557) ดังเห็นได้จากภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ในรูปที่ 4.1 และ 4.2 นอกจากนี้ ค่าความถ่วงจำเพาะของเถ้ากะลามะพร้าว ยังมีค่าต่ำเพียง 1.9 ถึง 2.3 ในขณะที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และหินปูน เป็นวัสดุที่มีค่าความถ่วงจำเพาะ เท่ากับ 3.15 และ 2.72 ตามลำดับ (ชัย และวีรชาติ, 2555; ปริญญา และชัย, 2555; ดนุพล, 2553)

4.5 การดูดซึมน้ำและการหดตัวแห้งของคอนกรีตบล็อก

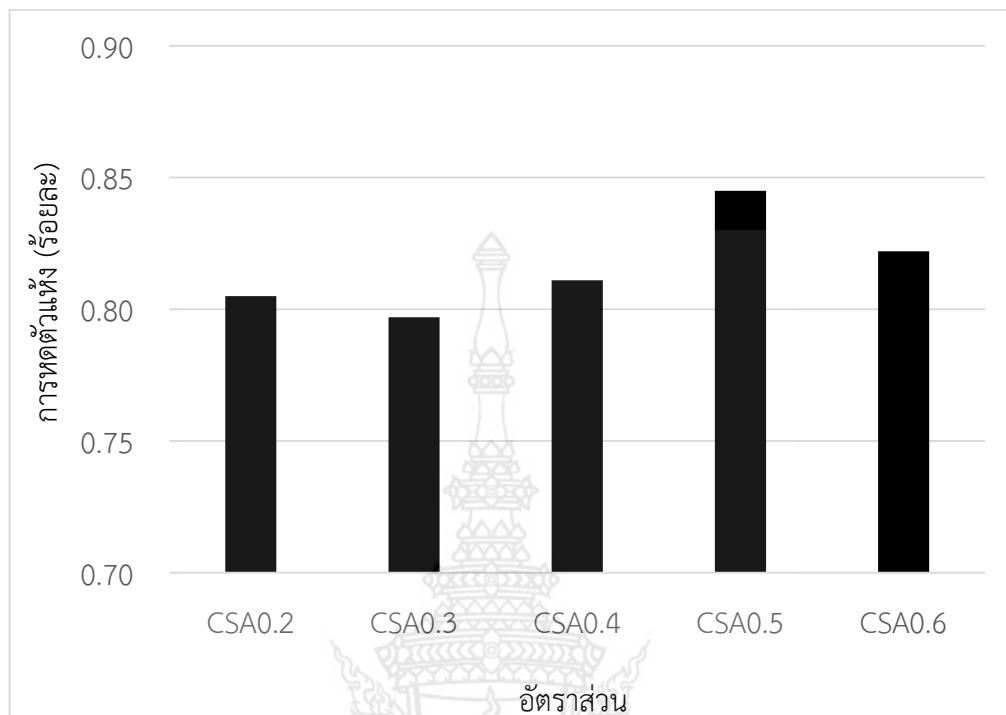
คอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว ทั้ง 5 อัตราส่วน มีค่าการดูดซึมน้ำหรือค่าการดูดกลืนน้ำแตกต่างกัน โดยสามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว

ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวในรูปที่ 4.9 พบว่า ปริมาณเถ้ากะลามะพร้าวมีผลต่อการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกอย่างชัดเจน เช่นเดียวกับน้ำหนักต่อก่อนและสมบัติด้านความหนาแน่นที่ความพรุนและขนาดของเถ้ากะลามะพร้าวมีผลต่อสมบัติดังกล่าว ซึ่งคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากลับในปริมาณมาก จะมีค่าการดูดซึมน้ำสูงกว่าคอนกรีตบล็อกที่มีปริมาณเถ้ากะลามะพร้าวน้อย โดยคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวอัตราส่วน CSA0.6 มีค่าการดูดซึมน้ำสูงที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน CSA0.5, CSA0.4, CSA0.3 และ CSA0.2 มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำที่สุด ตามลำดับ เป็นผลมาจากลักษณะของเถ้ากะลามะพร้าวที่มีความพรุนสูง (รูปที่ 4.1 และ 4.2) จะทำให้เกิดการดูดซึมน้ำเข้าไปในเนื้อเถ้ากะลามะพร้าวได้ง่าย ซึ่งเป็นลักษณะเช่นเดียวกันกับการผสมเถ้าชีวมวลชนิดอื่นๆ (ชัย และวีรชาติ, 2555; ปราโมทย์ และกิตติพงษ์, 2557) ทั้งนี้ การดูดซึมน้ำเป็นสมบัติของคอนกรีตบล็อกที่แสดงถึงความสามารถในการก่อ-ฉาบของคอนกรีตบล็อก โดยคอนกรีตบล็อกที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในงานก่อสร้างอาคารควรมีค่าการดูดซึมน้ำที่ต่ำ เนื่องจากคอนกรีตบล็อกที่มีค่าการดูดซึมน้ำสูง จะมีผลต่อปัญหาการแตกร้าวของปูนก่อ-ฉาบ เพราะการสูญเสียน้ำจากปูนมอร์ตาร์ (ปูนซีเมนต์ ผสมทราย และน้ำ) ไปยังคอนกรีตบล็อกมาก ทำให้ปฏิกิริยาไฮเดรชัน (Hydration Reaction) ของปูนซีเมนต์และน้ำไม่สมบูรณ์ เกิดเป็นรอยร้าวตั้งแต่ขนาดเล็กที่มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ไปจนถึงรอยร้าวขนาดใหญ่ที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (ปริญา และชัย, 2555) ทั้งนี้ การดูดซึมน้ำตามมาตรฐานของคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก (มอก.58) ต้องไม่เกิน ร้อยละ 25 เมื่อคอนกรีตบล็อกมีค่าการหดตัวมากกว่า ร้อยละ 0.045 ดังรูปที่ 4.10 รวมทั้ง มีความชื้นสัมพัทธ์รายปีเฉลี่ยน้อยกว่า ร้อยละ 50 (เป็นค่าการดูดซึมน้ำที่กำหนดไว้ต่ำที่สุดของมาตรฐาน) (สมอ., 2533) เห็นได้ว่า คอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้ากะลามะพร้าวทุกอัตราส่วน ยังคงมีค่า

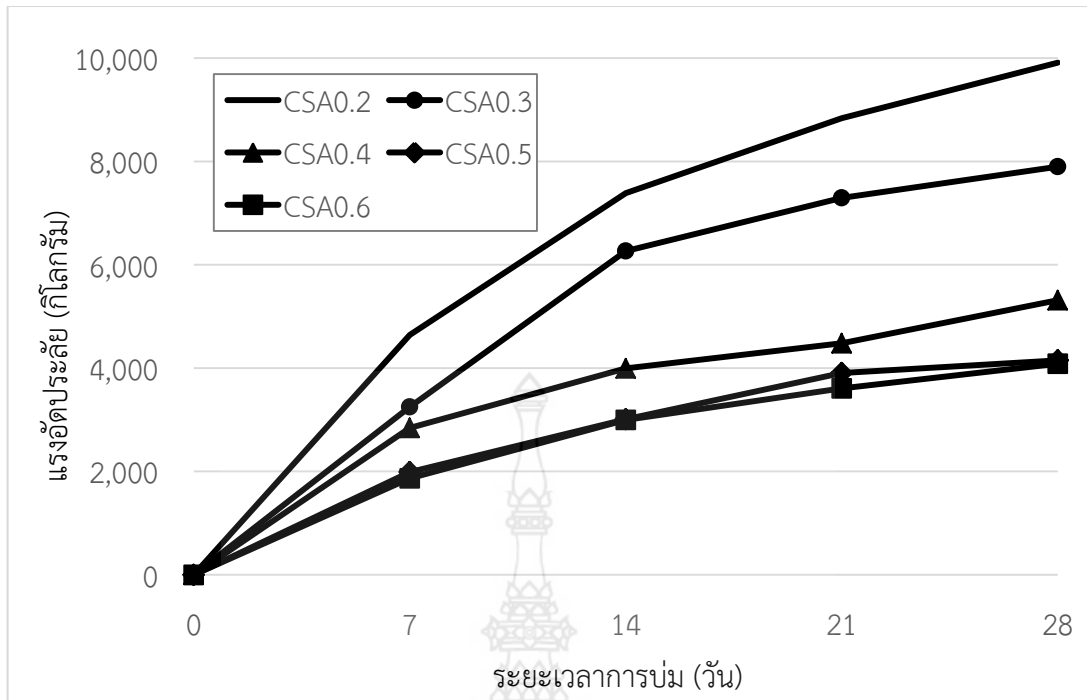
การดูซึมน้ำเป็นไปตามที่มาตรฐานกำหนด สามารถนำไปใช้ก่อสร้างเป็นผนังก่อ-ฉาบได้โดยไม่เกิดปัญหาการแตกร้าวที่ปูนก่อ-ฉาบ



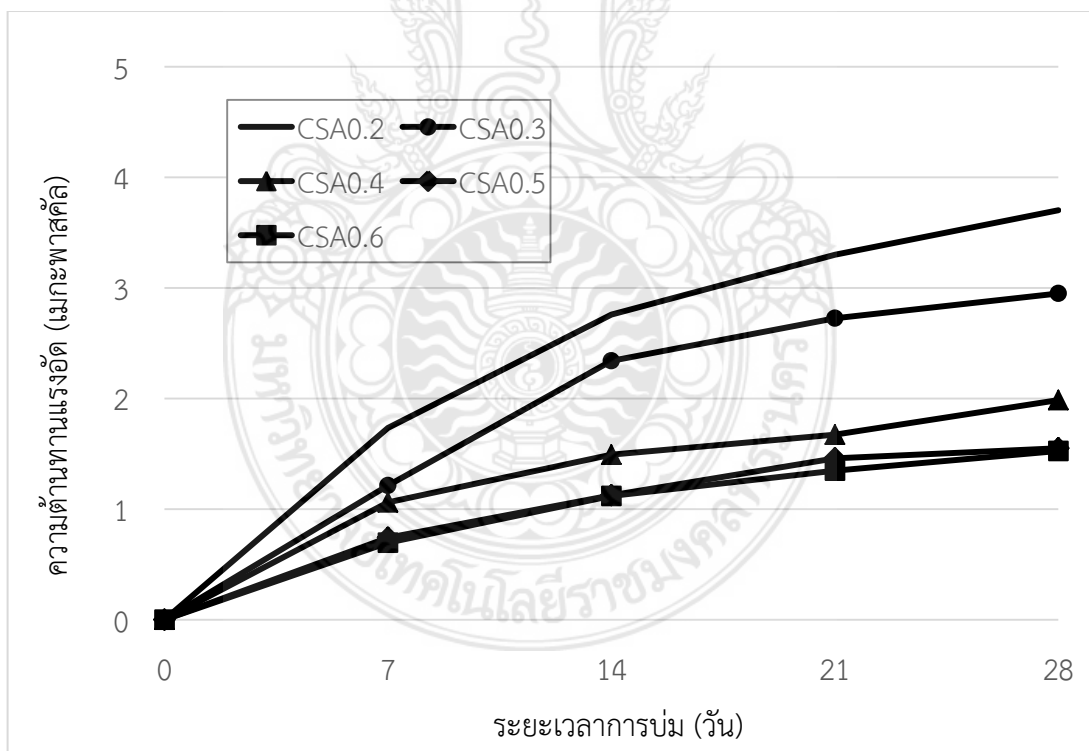
รูปที่ 4.10 ผลการทดสอบการดูดตัวทางยาวของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว

4.6 ความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อก

จากผลการทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวทุกอัตราส่วนสามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.11 และ 4.12



รูปที่ 4.11 ผลการทดสอบแรงอัดประลัยของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว



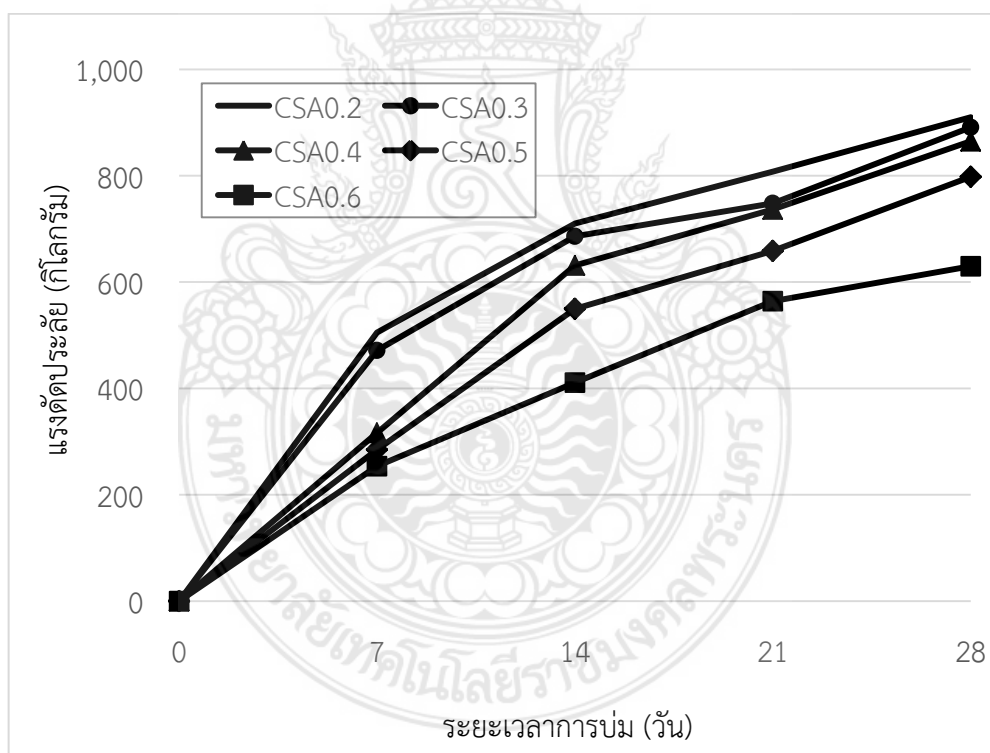
รูปที่ 4.12 ผลการทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว

จากรูปที่ 4.11 และ 4.12 พบว่า แรงอัดประลัยและความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวอัตราส่วน CSA0.2 มีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน CSA0.3, CSA0.4, CSA0.5

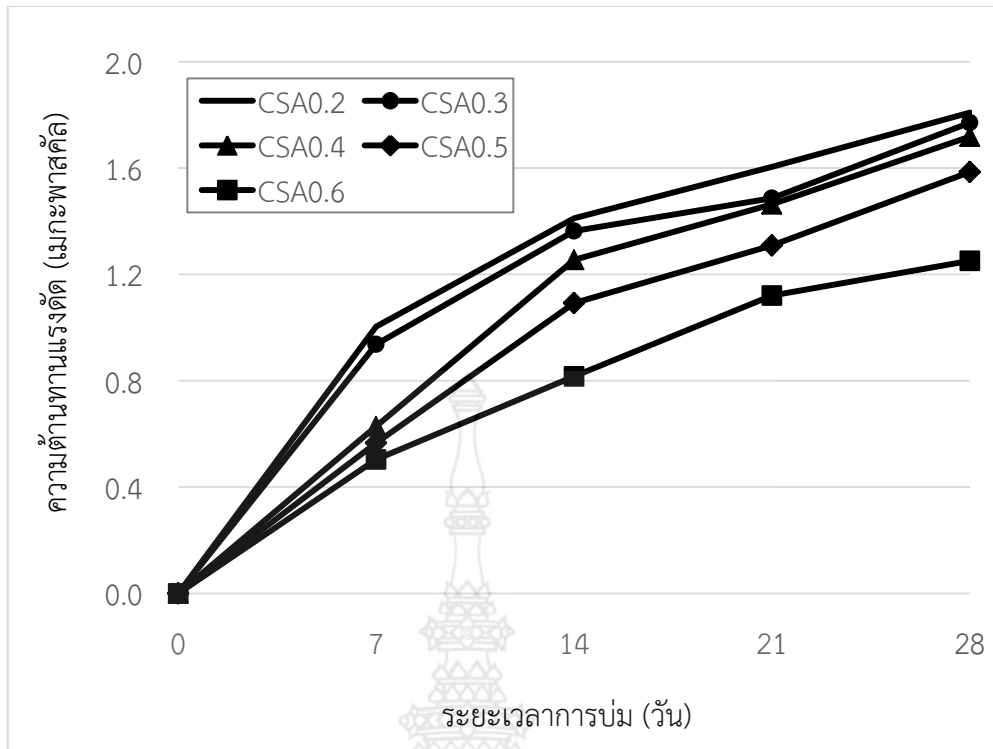
และ CSA0.6 มีค่าแรงอัดประลัยและความต้านทานแรงอัดต่ำที่สุด ตามลำดับ จากค่าดังกล่าวสรุปได้ว่า ปริมาณของเถ้ากะลามะพร้าวที่มากขึ้น มีผลทำให้ความต้านทานแรงอัดลดต่ำลง ทั้งนี้ เป็นผลมาจาก ลักษณะของเถ้ากะลามะพร้าวที่มีช่องว่างภายในเนื้อค่อนข้างมาก เมื่อผสมลงในคอนกรีตบล็อกจึงทำให้ พื้นที่รับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกลดลง (ปราโมทย์ และกิตติพงษ์, 2557) นอกจากนี้ เถ้ากะลามะพร้าวที่ผสมลงไปเนื้อคอนกรีตบล็อก ยังมีความแข็งแรงต่ำกว่าหินปูนหรือปูนซีเมนต์ โดยเมื่อเปรียบเทียบค่าความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว ตามมาตรฐาน มอก.58 ที่กำหนดให้ความต้านทานแรงอัดเฉลี่ยของคอนกรีตบล็อก ต้องไม่ต่ำกว่า 2.0 เมกะพาสคัล หรือประมาณ 20 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และเมื่อเฉลี่ย 5 ก้อน ต้องไม่ต่ำกว่า 2.5 เมกะพาสคัล หรือประมาณ 25 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (สมอ., 2533) พบว่า คอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวอัตราส่วน CSA0.2 และ CSA0.3 สามารถผ่านค่าที่มาตรฐานกำหนดได้

4.7 ความต้านทานแรงดัดของคอนกรีตบล็อก

สำหรับความต้านทานแรงดัดหรือโมดูลัสการแตกหักของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว เป็นคุณสมบัติหนึ่งที่มีประโยชน์ต่อการนำมาใช้งาน โดยเฉพาะการนำไปก่อสร้างเป็นผนังซึ่งมีระดับหรือส่วนฐานรองรับผนังไม่เท่ากัน ซึ่งผลการทดสอบดังกล่าวสามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.13 และ 4.14



รูปที่ 4.13 ผลการทดสอบแรงดัดประลัยของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว

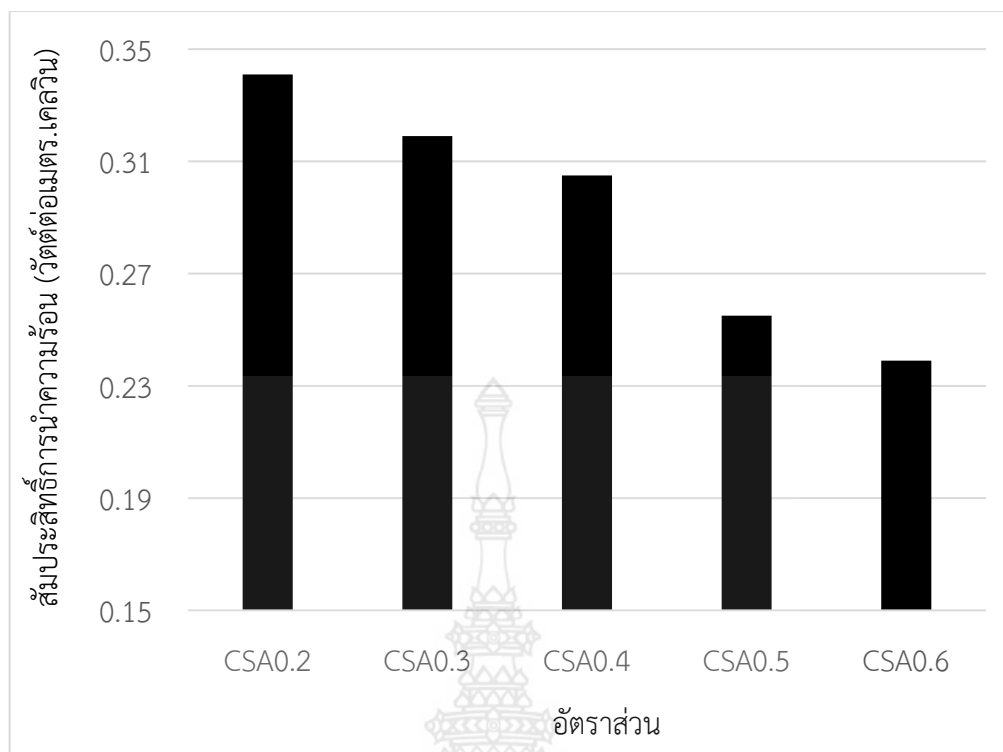


รูปที่ 4.14 ผลการทดสอบโมดูลัสการแตกหักของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว

จากรูปที่ 4.13 และ 4.14 พบว่า ค่าแรงดัดประลัย และค่าโมดูลัสการแตกหักหรือความต้านทานแรงดัดของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว มีแนวโน้มเช่นเดียวกับค่าความต้านทานแรงอัด กล่าวคือ เมื่อคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว จะทำให้ความสามารถในการรับแรงดัดลดลง ซึ่งก็เป็นผลมาจากลักษณะของเถ้ากะลามะพร้าวเช่นเดียวกับคุณสมบัติอื่นๆ

4.8 สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อก

ความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว สามารถวัดค่าได้ด้วยสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (K) ซึ่งสามารถสรุปผลได้ ดังรูปที่ 4.15

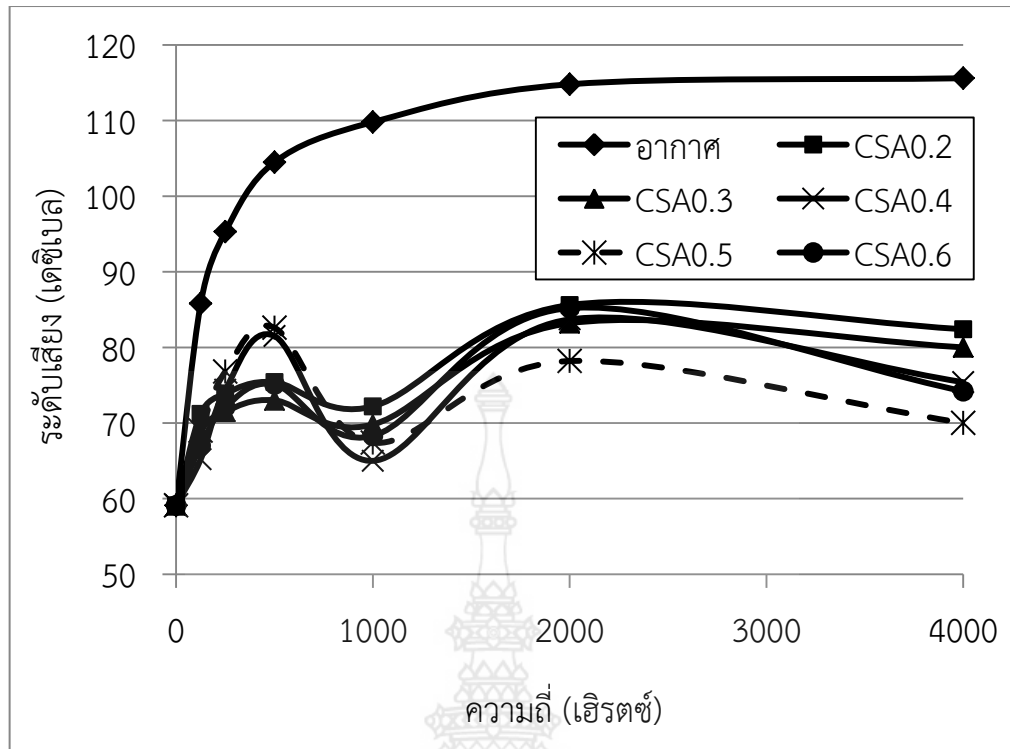


รูปที่ 4.15 ผลการทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว

จากการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวที่อัตราส่วนต่างๆ รวม 5 อัตราส่วน ดังรูปที่ 4.15 พบว่า เถ้ากะลามะพร้าวที่ผสมลงในคอนกรีตบล็อกมีผลต่อการลดลงของค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน หรือกล่าวได้ว่าเถ้ากะลามะพร้าวมีผลทำให้คอนกรีตบล็อกดังกล่าวมีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีขึ้น เนื่องจากเถ้ากะลามะพร้าวเป็นวัสดุที่มีความพรุนของเนื้อหรือช่องว่างจำนวนมาก ซึ่งเป็นลักษณะของวัสดุที่มีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี (ธนัญชัย และคณะ, 2549; ปราโมทย์ และกิตติพงษ์, 2557) โดยคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวอัตราส่วน CSA0.6 ซึ่งมีปริมาณเถ้ากะลามะพร้าวมากที่สุด เป็นคอนกรีตบล็อกที่มีสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน CSA0.5, CSA0.4, CSA0.3 และอัตราส่วน CSA0.2 ซึ่งมีปริมาณเถ้ากะลามะพร้าวน้อยที่สุด เป็นคอนกรีตบล็อกที่มีสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสูงที่สุด ตามลำดับ

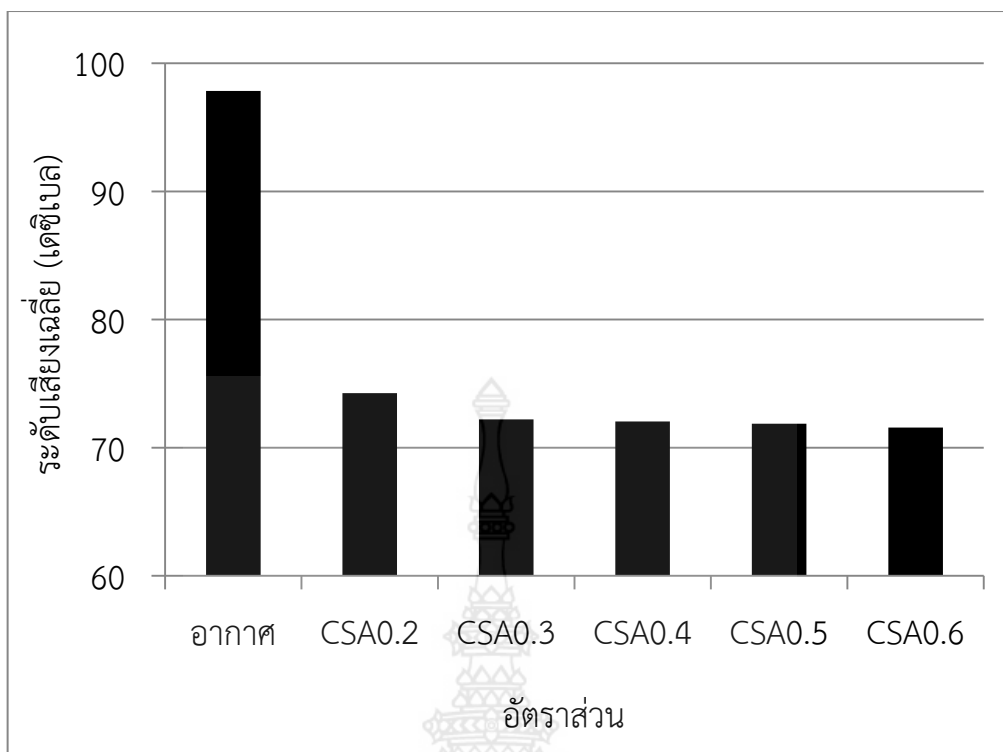
4.9 ประสิทธิภาพการป้องกันเสียงของคอนกรีตบล็อก

ประสิทธิภาพในการป้องกันเสียงของแผ่นคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว ซึ่งถูกติดตั้งในห้องจำลองที่มีแหล่งกำเนิดเสียงความถี่ต่างๆ สามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังรูปที่ 4.16



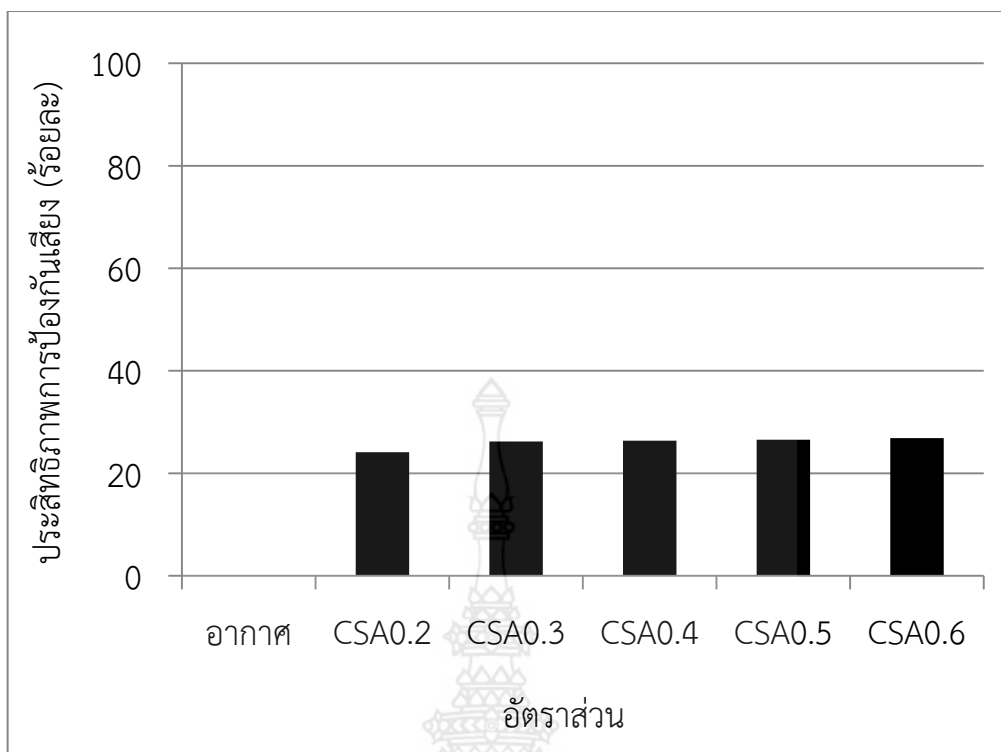
รูปที่ 4.16 ระดับเสียงที่ผ่านแผ่นคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวจากห้องจำลอง ที่อายุการบ่ม 28 วัน

จากรูปที่ 4.16 แสดงระดับเสียงที่ผ่านออกจากห้องจำลอง ซึ่งภายในมีการติดตั้งแหล่งกำเนิดเสียง ที่ความถี่ต่างๆ ไว้ โดยมีแผ่นคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวอัตราส่วนต่างๆ ทำหน้าที่เป็นฉนวน ป้องกันเสียง พบว่า แผ่นคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวทั้งหมดสามารถช่วยลดระดับเสียงให้ต่ำลง ได้ ดังจะเห็นได้จากเส้นกราฟ “อากาศ” เป็นระดับเสียงที่ไม่มีการติดตั้งแผ่นใดๆ ขวาง เป็นกรณีที่มีระดับ เสียงมากที่สุด โดยเฉพาะในช่วงความถี่สูงที่ 1,000 ถึง 4,000 เฮิร์ตซ์ ส่วนระดับเสียงจากห้องจำลองที่มีการ ติดตั้งแผ่นคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวมีค่าลดต่ำลงอย่างชัดเจน ทั้งนี้ แผ่นคอนกรีตบล็อก ผสมเถ้ากะลามะพร้าวแต่ละอัตราส่วน สามารถลดระดับเสียงที่ความถี่ต่างๆ ได้แตกต่างกัน โดยแผ่น คอนกรีตบล็อกที่มีปริมาณเถ้ากะลามะพร้าวมาก มีแนวโน้มในการลดระดับเสียงได้ดีที่ความถี่สูง และแผ่น คอนกรีตบล็อกที่มีปริมาณเถ้ากะลามะพร้าวน้อย มีแนวโน้มในการลดระดับเสียงได้ดีที่ความถี่ต่ำ เมื่อนำ ระดับเสียงทุกความถี่มาคำนวณเป็นค่าเฉลี่ย สามารถสรุปผลได้ ดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 ระดับเสียงเฉลี่ยที่ผ่านแผ่นคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวจากห้องจำลองที่อายุการบ่ม 28 วัน

สำหรับระดับเสียงเฉลี่ยที่ผ่านแผ่นคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวจากห้องจำลองในรูปที่ 4.17 แสดงให้เห็นว่า แผ่นคอนกรีตบล็อกที่มีปริมาณเถ้ากะลามะพร้าวมาก มีระดับเสียงเฉลี่ยโดยรวมต่ำกว่าแผ่นคอนกรีตบล็อกที่มีปริมาณเถ้ากะลามะพร้าวน้อย ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาลักษณะโครงสร้างภายในพบว่า แผ่นคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวเป็นวัสดุแบบรูพรุน (Porous Absorber) คือ มีเซลล์เปิดอยู่ภายในค่อนข้างมาก เนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมีของซีเมนต์เกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ ทำให้รูพรุนที่อยู่ในเนื้อวัสดุมีความสม่ำเสมอ รวมทั้ง ตัวแผ่นซีเมนต์บอร์ด ยังคงมีความหนาแน่นค่อนข้างสูง จึงช่วยให้เกิดการสูญเสียพลังงาน ในรูปของการเสียดทานและความหนืด (Frictional and Viscous Loss) ได้อย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้ โครงสร้างแบบรูพรุน ยังสามารถดูดซับเสียงในช่วงความถี่สูงได้ดี และมีความสามารถในการดูดซับเสียงลดลงเมื่อความถี่ต่ำลงได้อีกด้วย (ปราโมทย์ และกิตติพงษ์, 2558; ศักดิ์ชัย, 2541; บุรฉัตร, 2544) จากผลการทดสอบดังกล่าว สามารถสรุปเป็นค่าประสิทธิภาพการป้องกันเสียงเฉลี่ยของแผ่นคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลา ซึ่งช่วยลดระดับเสียงลงจากระดับเสียงที่ไม่มีการติดตั้งแผ่นคอนกรีตบล็อกได้ดังรูปที่ 4.18 โดยพบว่า แผ่นคอนกรีตบล็อกที่มีปริมาณเถ้ากะลามะพร้าวมาก จะมีแนวโน้มของความเป็นฉนวนป้องกันเสียงที่ดีกว่าแผ่นคอนกรีตบล็อกที่มีปริมาณเถ้ากะลามะพร้าวน้อย



รูปที่ 4.18 ประสิทธิภาพการป้องกันเสียงของแผ่นคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวจากห้องจำลอง ที่อายุการบ่ม 28 วัน

4.10 การใช้งานจริงของคอนกรีตบล็อก

จากการคัดเลือกคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวอัตราส่วน CSA0.3 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่มีคุณสมบัติผ่านตามมาตรฐาน มอก.58 เรืองคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก กำหนด มาทำการทดลองก่อสร้างเป็นผนังอาคารขนาด 4 x 2.5 เมตร ซึ่งเป็นวิธีการใช้งานคอนกรีตบล็อกที่นิยมมากที่สุด เก็บข้อมูลการก่อสร้างทุกขั้นตอน พร้อมทั้งพิจารณาการแตกร้าวของปูนฉาบที่ฉาบลงบนคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว ซึ่งสามารถสรุปผลการใช้งานได้ ดังรูปที่ 4.19 ถึง 4.25



รูปที่ 4.19 การหุบกอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวด้วยค้อนให้มีขนาดตามต้องการ



รูปที่ 4.20 การก่อและยึดคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวเป็นผนังด้วยปูนก่อ



รูปที่ 4.21 การก่อผนังคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวที่มีการกำหนดระดับด้วยการชิงเอ็น



รูปที่ 4.22 ลักษณะการเรียงตัวของผนังจากคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว



รูปที่ 4.23 ความสามารถในการรับน้ำหนักของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวเมื่อนำมาก่อเป็นผนัง



รูปที่ 4.24 ลักษณะของผนังที่ก่อด้วยคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวก่อนการฉาบด้วยปูนฉาบ



รูปที่ 4.25 ลักษณะของผนังที่ก่อด้วยคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวที่ฉาบด้วยปูนฉาบแล้ว

จากรูปที่ 4.19 ถึง 4.25 พบว่า คอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวอัตราส่วน CSA0.3 สามารถนำใช้ก่อสร้างเป็นผนังอาคารได้ดีเช่นเดียวกับคอนกรีตบล็อกทั่วไป โดยผิวที่ขรุขระของคอนกรีตบล็อกมีส่วนช่วยให้การยึดเกาะของปูนฉาบมีความแน่นหนาดี (สมอ., 2533) ส่วนค่าการดูดซึมน้ำหรือการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวที่ต่ำก็ทำให้ผนังที่ก่อด้วยคอนกรีตบล็อกนี้ ไม่เกิดปัญหาการแตกร้าวของปูนฉาบและได้ผนังที่มีความเรียบและสวยงาม สำหรับความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวนี้ก็มีค่าสูงมาก เพียงพอต่อการใช้งานและรับน้ำหนักโครงสร้างผนังได้ดีตลอดจนการแบ่งก้อนคอนกรีตบล็อกให้มีขนาดเล็กลง ก็สามารถทำได้โดยการใช้ค้อนทุบเช่นเดียวกับคอนกรีตบล็อกทั่วไป ทั้งหมดนี้แสดงให้เห็นว่า คอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวอัตราส่วน CSA0.3 มีแนวโน้มนำไปสู่การนำไปประยุกต์ใช้เป็นผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ในส่วนของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ผ่านตามมาตรฐาน มอก.58 (สมอ., 2533) ได้ดี

4.11 ความคุ้มครองด้านทรัพย์สินทางปัญญา

จากผลการดำเนินงานที่ผ่านมา ทำให้สามารถร่างคำขอรับความคุ้มครองด้านทรัพย์สินทางปัญญาประเภทอนุสิทธิบัตร เรื่อง “คอนกรีตบล็อกเถ้ากะลามะพร้าวสำหรับป้องกันความร้อนและเสียง และกรรมวิธีการผลิต” ในนาม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

4.12 บทความวิจัยเพื่อเผยแพร่

ภายหลังจากยื่นขอรับความคุ้มครองด้านทรัพย์สินทางปัญญาแล้ว จึงได้เขียนและนำบทความวิจัยเพื่อเผยแพร่สู่กลุ่มเป้าหมาย ผ่านทางวารสารหรืองานประชุมวิชาการ ระดับชาติหรือนานาชาติ



บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากผลการดำเนินงานโครงการ “การใช้เถ้ากะลามะพร้าวเป็นมวลรวมน้ำหนักเบาในคอนกรีตบล็อกเพื่อการประหยัดพลังงาน” ที่ผ่านมา ทำให้สรุปผลและข้อเสนอแนะได้ ดังนี้

5.1 สรุปผล

จากวัตถุประสงค์ของโครงการ สามารถสรุปผลการดำเนินงานแบ่งเป็นข้อๆ ได้ ดังนี้

5.1 คอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าว สามารถใช้ขั้นตอนการผลิตและเครื่องจักรได้เช่นเดียวกับคอนกรีตบล็อกทั่วไป แต่จะมีขั้นตอนการคัดขนาดเถ้ากะลามะพร้าวเพิ่มเข้ามา โดยเริ่มจากการนำเถ้ากะลามะพร้าวมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 จากนั้น ผสมเข้ากับปูนซีเมนต์ หินฝุ่น และนำด้วยเครื่องผสมคอนกรีตจนเข้ากัน แล้วจึงอัดขึ้นรูปเป็นคอนกรีตบล็อกด้วยเครื่องอัดคอนกรีตบล็อกแบบสั้นเขย่า บ่มทิ้งไว้ 28 วัน ได้คอนกรีตบล็อกที่มีคุณสมบัติตามที่มาตรฐาน มอก.58 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก กำหนด

5.2 อัตราส่วนของเถ้ากะลามะพร้าวที่เหมาะสมในการผลิตคอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบาเพื่อการประหยัดพลังงาน คือ อัตราส่วน CSA0.3 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่มีปริมาณของเถ้ากะลามะพร้าวสูงที่สุดในขณะที่ยังมีคุณสมบัติผ่านตามที่มาตรฐาน มอก.58 กำหนด โดยอัตราส่วนผสม ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ ปอร์ตแลนด์ประเภทที่1: หินฝุ่น: เถ้ากะลามะพร้าว: น้ำ เท่ากับ 1: 6.7: 0.3: 0.6 และมีคุณสมบัติ ได้แก่ ค่าความหนาแน่น 1,568.19 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าการดูดซึมน้ำ ร้อยละ 13.39 การหดตัวแห้ง ร้อยละ 0.797 ความต้านทานแรงอัด 2.95 เมกะพาสคัล ความต้านทานแรงดัด 1.77 เมกะพาสคัลสัมประสิทธิ์การนำความร้อน 0.319 วัตต์ต่อเมตร.เคลวิน ประสิทธิภาพการป้องกันเสียง (ความถี่ 125, 250, 500, 1,000, 2,000 และ 4,000 เฮิรตซ์) ร้อยละ 26.21

5.3 สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกเมื่อมีการผสมเถ้ากะลามะพร้าว พบว่า ปริมาณเถ้ากะลามะพร้าวที่เพิ่มขึ้น สามารถช่วยลดน้ำหนักต่อก้อนหรือความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกลง เพิ่มความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนและเสียง ซึ่งเป็นการพัฒนาคอนกรีตบล็อกให้มีน้ำหนักเบาและช่วยประหยัดพลังงานภายในอาคารได้ดี อย่างไรก็ตาม ปริมาณของเถ้ากะลามะพร้าวที่เพิ่มขึ้น กลับมีผลต่อค่าการดูดซึมน้ำที่สูงขึ้น และค่าความต้านทานแรงอัดและดัดที่ต่ำลง

5.4 คอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวอัตราส่วน CSA0.3 สามารถใช้ก่อสร้างเป็นผนังได้เช่นเดียวกับคอนกรีตบล็อกทั่วไป โดยสามารถก่อ-ฉาบได้โดยไม่มีปัญหาการแตกร้าว ผนังฉาบติดกับปูนฉาบได้ดี ทำให้ฉาบง่าย เรียบ และสวยงาม รวมทั้ง สามารถทุบแบ่งเป็นก้อนขนาดเล็กได้แบบคอนกรีตบล็อกที่ไม่มีส่วนผสมของเถ้ากะลามะพร้าว

5.5 ผลจากการดำเนินโครงการ “การใช้เถ้ากะลามะพร้าวเป็นมวลรวมน้ำหนักเบาในคอนกรีตบล็อกเพื่อการประหยัดพลังงาน” สามารถร่างคำขอรับความคุ้มครองทรัพย์สินทางปัญญาประเภทอนุสิทธิบัตร เรื่อง “คอนกรีตบล็อกเถ้ากะลามะพร้าวสำหรับป้องกันความร้อนและเสียง และกรรมวิธีการผลิต” ในนาม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร รวมทั้ง สามารถเขียนเป็นบทความวิชาการสำหรับเผยแพร่ได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

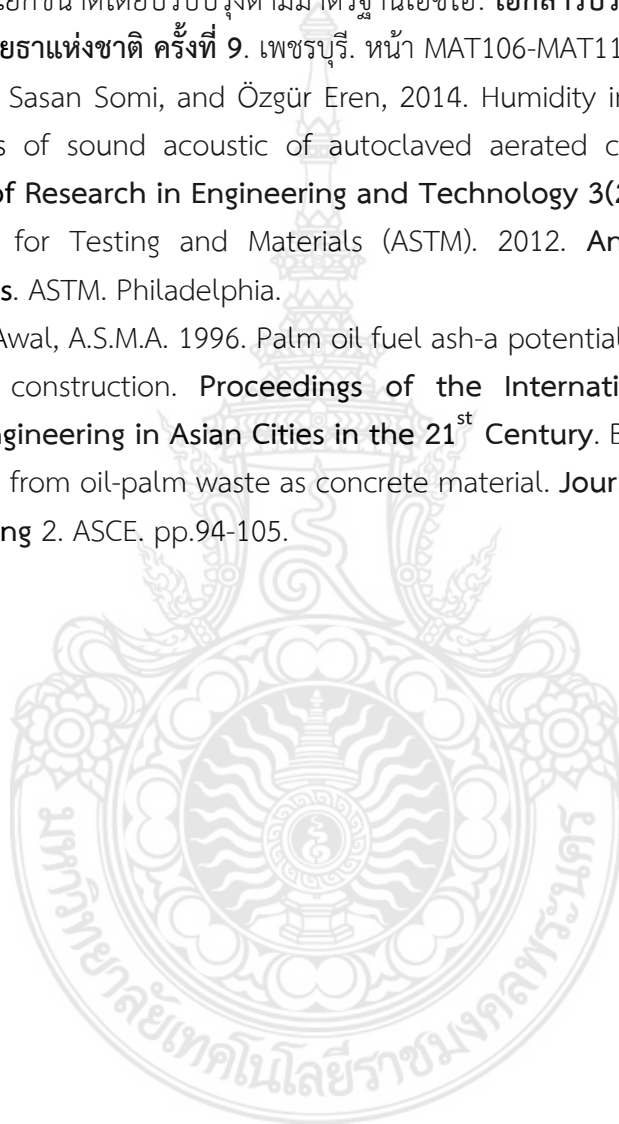
ในการศึกษาวิจัยต่อไป ควรมีการพัฒนาคอนกรีตบล็อกให้มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำ และมีความต้านทานแรงอัดสูงคอนกรีตบล็อกทั่วไป เพื่อให้คอนกรีตบล็อกดังกล่าว สามารถผสมเข้ากับกะลาหะพร้าวได้มากขึ้น และยังคงผ่านตามที่มาตรฐาน มอก.58 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก กำหนด

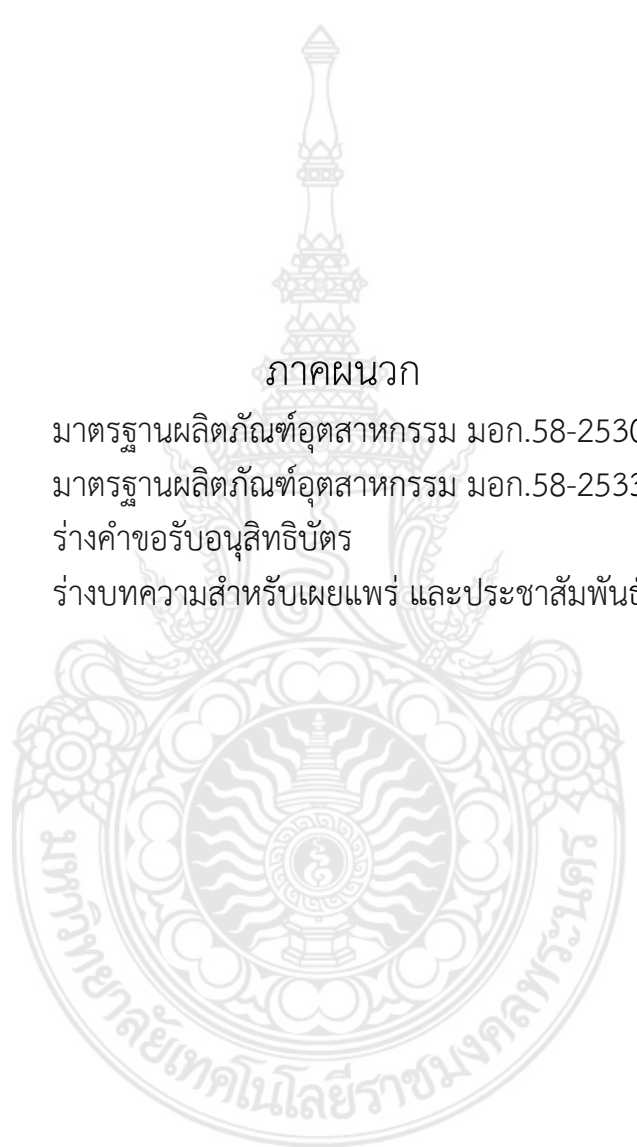


เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มพลังงานชีวมวล. 2555. **พลังงานชีวมวล**. กลุ่มพลังงานชีวมวล สำนักค้นคว้าพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทน กระทรวงพลังงาน. กรุงเทพฯ. 27 หน้า.
- ชัชวาลย์ เศรษฐบุตตร. 2540. **คอนกรีตเทคโนโลยี**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ. หน้า 25-30.
- สุรพันธ์ สุคันธปริย์ ชรินทร์ นมรักษ์ และชัย จาตุรพิทักษ์กุล. 2545. การใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าปาล์มน้ำมันในงานคอนกรีต. **เอกสารประกอบการประชุมใหญ่ทางวิศวกรรมประจำปี 2545**. กรุงเทพฯ. หน้า 191-199.
- ชัย จาตุรพิทักษ์กุล และวีรชาติ ตั้งจิรภัทร. 2555. การใช้ประโยชน์จากเถ้าและวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อเป็นวัสดุในงานคอนกรีต. พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพฯ. หน้า 94.
- ธัญชัย ปศุณทรกิจ พันธดา พุฒิไพโรจน์ วรธรรม อุจน์จิตติชัย และพรรณจิรา ทิศาวิภาต. 2549. ประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของฉนวนอาคารจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. **วารสารวิจัยและสาระสถาปัตยกรรม/การผังเมือง 4**.
- دنوپล ตันนโยภาส. 2553. **แร่และหิน**. พิมพ์ครั้งที่ 2. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.
- บุรฉัตร ฉัตรวีระ และเชิดพงษ์ วิสารทานนท์. 2545. การใช้เถ้าแกลบในงานคอนกรีต. **เอกสารประกอบการประชุมใหญ่ทางวิศวกรรมประจำปี 2545**. กรุงเทพฯ. หน้า 178-190.
- บุรฉัตร วิริยะ. 2544. การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับเสียงของวัสดุพีชแห้งและเส้นใยแก้ว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. นครราชสีมา.
- ปราโมทย์ วีรานุกูล และกิตติพงษ์ สุวีโร. 2557. การใช้น้ำยางธรรมชาติพัฒนาคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าปาล์มน้ำมัน. **เอกสารประกอบการประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 6 (6th RMUTNC)**. 23 - 25 กรกฎาคม 2557. อาคารเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์หันตรา. พระนครศรีอยุธยา.
- ปราโมทย์ วีรานุกูล และกิตติพงษ์ สุวีโร. 2558. การพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวสำหรับการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม. **เอกสารประกอบการประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 7 (7th RMUTNC)**. 1 - 3 กันยายน 2558. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน. นครราชสีมา.
- ปริญญา จินดาประเสริฐ และชัย จาตุรพิทักษ์กุล. 2555. **ปูนซีเมนต์ ปอชโซลาน และคอนกรีต**. พิมพ์ครั้งที่ 7. สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ. 381 หน้า.
- วินิต ช่อวีเชียร. 2527. **คอนกรีตเทคโนโลยี**. พิมพ์ครั้งที่ 5. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.
- วีรชาติ ตั้งจิรภัทร จตุพล ตั้งปกาศิต ศักดิ์สินธุ์ แววกุ่ม และชัย จาตุรพิทักษ์กุล. 2546. วัสดุปอชโซลานชนิดใหม่จากเถ้าปาล์มน้ำมัน. **วารสารวิจัยและพัฒนา มจร**. 26(4). หน้า 459-474.
- ศักดิ์ชัย อมรศักดิ์ชัย. 2541. การศึกษาประสิทธิภาพในการลดเสียงของวัสดุเหลือใช้เมื่อใช้ซีเมนต์เป็นสารเชื่อมประสาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพฯ.

- ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. 2545. **สถิติการเกษตรแห่งประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2544/45**. เล่มที่ 43. ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. กรุงเทพฯ. 121 หน้า.
- สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (สนพ.). 2545. **วารสารนโยบายพลังงาน (55)**. สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ กระทรวงพลังงาน. กรุงเทพฯ.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.). 2533. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก**. กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ.
- สัญชัย สะอาดกิตินันท์. 2547. การออกแบบส่วนผสมคอนกรีตกำลังสูงผสมเถ้าขานอ้อยแม่เมาะแบบค้ำและไม่ค้ำแยกขนาดโดยปรับปรุงตามมาตรฐานเอซีไอ. **เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 9**. เพชรบุรี. หน้า MAT106-MAT112.
- Abdullah Keyvani, Sasan Somi, and Özgür Eren, 2014. Humidity intrusion effects on the properties of sound acoustic of autoclaved aerated concrete. **International Journal of Research in Engineering and Technology** 3(2). pp. 6 – 11.
- American Society for Testing and Materials (ASTM). 2012. **Annual Book of ASTM Standards**. ASTM. Philadelphia.
- Hussin, M.W. and Awal, A.S.M.A. 1996. Palm oil fuel ash-a potential pozzolanic material in concrete construction. **Proceedings of the International Conference on Urban Engineering in Asian Cities in the 21st Century**. Bangkok. D361-D366.
- Tay, J.H. 1990. Ash from oil-palm waste as concrete material. **Journal of Material in Civil Engineering** 2. ASCE. pp.94-105.





ภาคผนวก

- ก มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58-2530
- ข มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58-2533
- ค ร่างคำขอรับอนุสิทธิบัตร
- ง ร่างบทความสำหรับเผยแพร่ และประชาสัมพันธ์

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ ๑๒๕๕ (พ.ศ. ๒๕๓๐)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. ๒๕๑๑

เรื่อง ยกเลิกมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

และกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

โดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก. ๕๘-๒๕๑๖

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๑๕ แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม ออกประกาศยกเลิกประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม 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

๕๕ ๕
 ทงน ดงแต่วันที่ ๑ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๓๑ เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๒๔ ธันวาคม ๒๕๓๐

ประมวล สภาวสุ

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด ประเภท ขนาดและเกณฑ์ ความคลาดเคลื่อน วัสดุ คุณลักษณะที่ต้องการ เครื่องหมายและ ฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน และการทดสอบคอนกรีต บล็อกไม่รับน้ำหนัก

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

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

กับผิวชารน้อยกว่าร้อยละ 75 ของพื้นที่หน้าตัดรวมที่ระนาบเดียวกัน

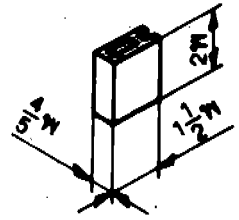
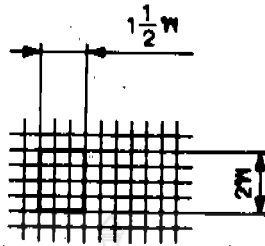
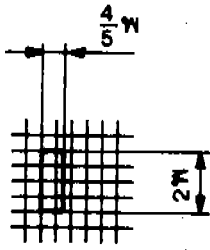
- 2.2 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (hollow non-load-bearing concrete masonry unit) หมายถึง คอนกรีตบล็อกใช้สำหรับผนังที่ออกแบบไม่รับน้ำหนักบรรทุกใด ๆ นอกจากน้ำหนักตัวเอง
- 2.3 เปลือก(face-shell) หมายถึง ผนังด้านนอกของคอนกรีตบล็อก

3. ประเภท

- 3.1 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักตามมาตรฐานนี้ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ
 - 3.1.1 ประเภทควบคุมความชื้น
 - 3.1.2 ประเภทไม่ควบคุมความชื้น

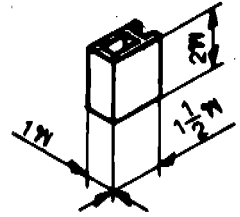
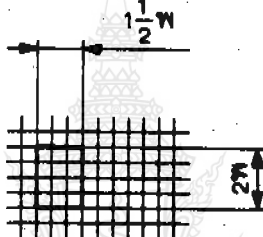
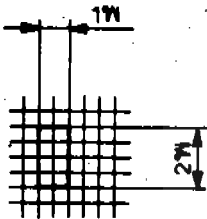
4. ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

- 4.1 ความหนาของเปลือกต้องไม่น้อยกว่า 12 มิลลิเมตร
- 4.2 ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักให้มีขนาดดังแสดงในรูปที่ 1 และตารางที่ 1 โดยจะคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 2 มิลลิเมตร



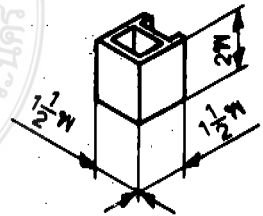
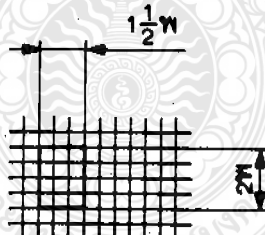
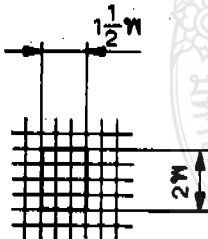
มิติที่กัด $\frac{4}{5} \times 2 \times 1\frac{1}{2}$

ขนาดที่หา 70 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 140 มิลลิเมตร



มิติที่กัด $1 \times 2 \times 1\frac{1}{2}$

ขนาดที่หา 90 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 140 มิลลิเมตร

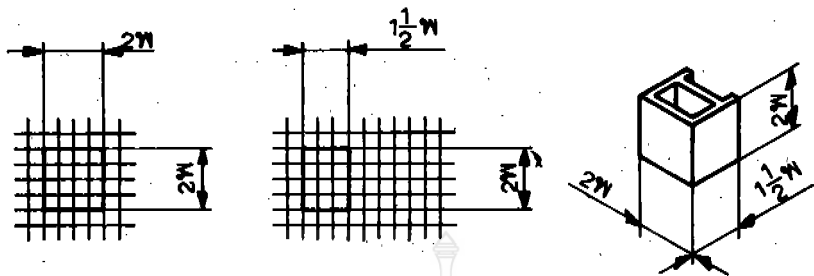


มิติที่กัด $1\frac{1}{2} \times 2 \times 1\frac{1}{2}$

ขนาดที่หา 140 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 140 มิลลิเมตร

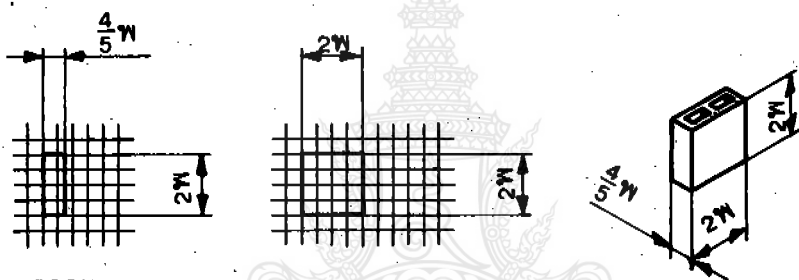
รูปที่ 1 ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

(ข้อ 4.2)



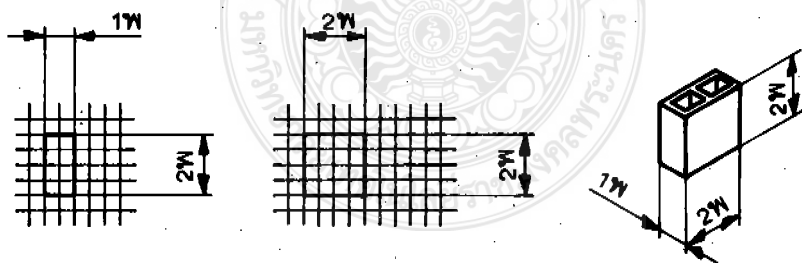
มิติที่กัด $2 \times 2 \times 1\frac{1}{2}$

ขนาดที่ท่า 190 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 140 มิลลิเมตร



มิติที่กัด $\frac{4}{5} \times 2 \times 2$

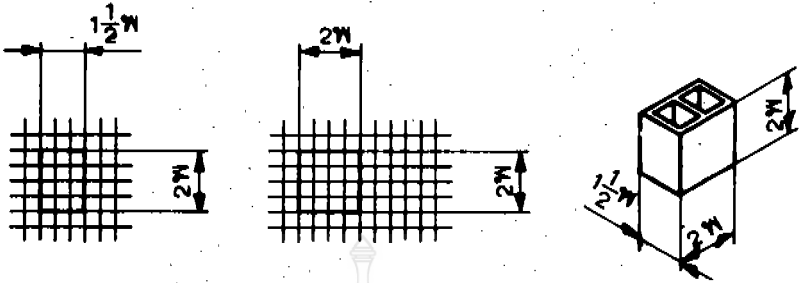
ขนาดที่ท่า 70 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร



มิติที่กัด $1 \times 2 \times 2$

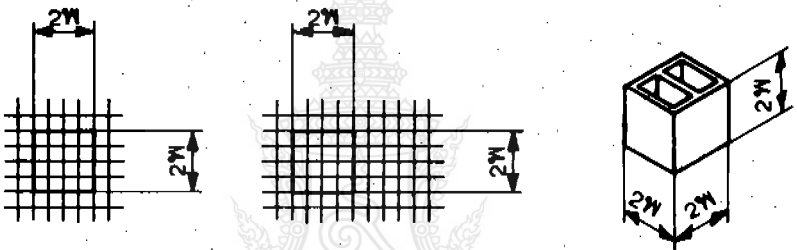
ขนาดที่ท่า 90 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร

รูปที่ 1 ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก(ต่อ)



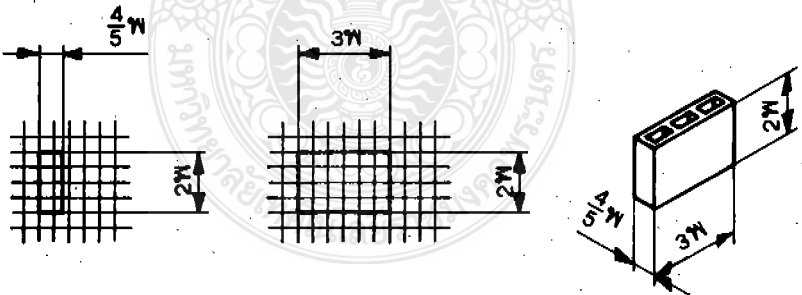
มิติพิกัด $1\frac{1}{2} \times 2 \times 2$

ขนาดที่หา 140 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร



มิติพิกัด $2 \times 2 \times 2$

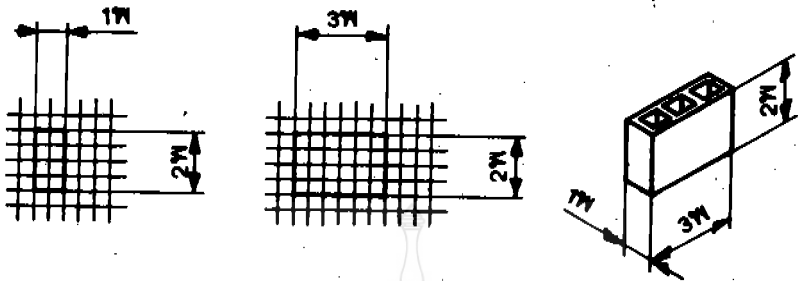
ขนาดที่หา 190 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร



มิติพิกัด $\frac{4}{5} \times 2 \times 3$

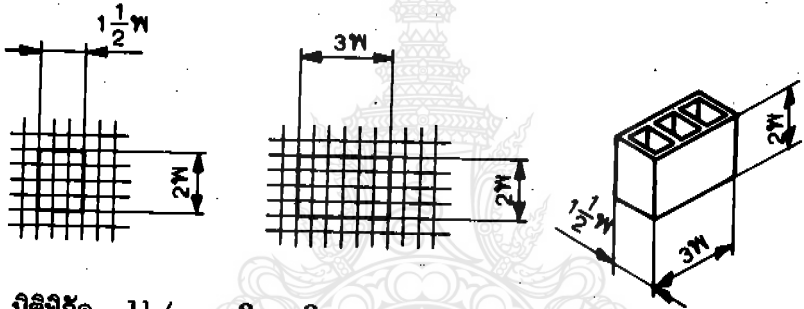
ขนาดที่หา 70 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 290 มิลลิเมตร

รูปที่ 1 ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก(ต่อ)



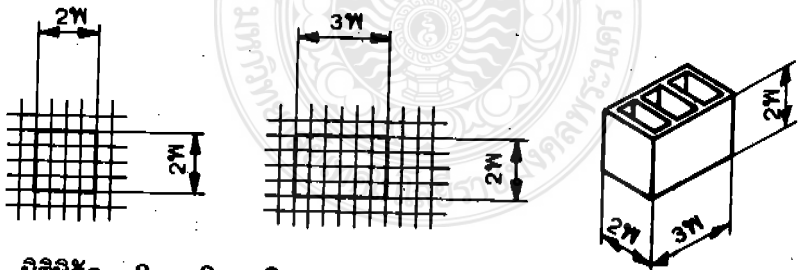
มิติพิกัด 1 x 2 x 3

ขนาดที่หา 90 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 290 มิลลิเมตร



มิติพิกัด 1 1/2 x 2 x 3

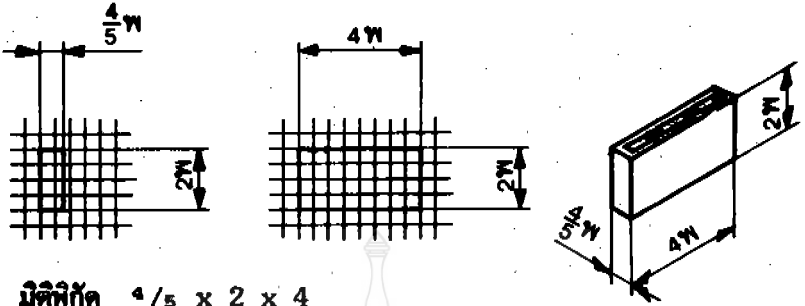
ขนาดที่หา 140 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 290 มิลลิเมตร



มิติพิกัด 2 x 2 x 3

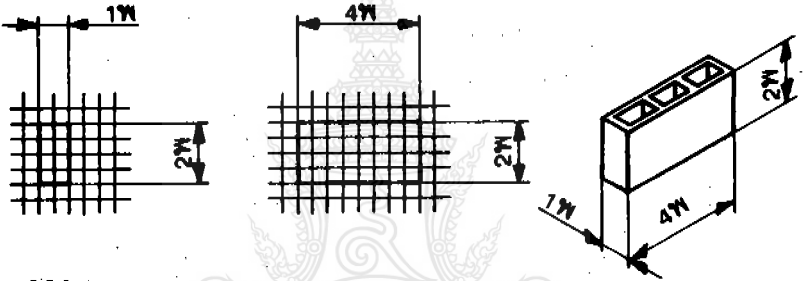
ขนาดที่หา 190 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 290 มิลลิเมตร

รูปที่ 1 ขนาดของคอกกรังเหล็กไม่รับน้ำหนัก(ต่อ)



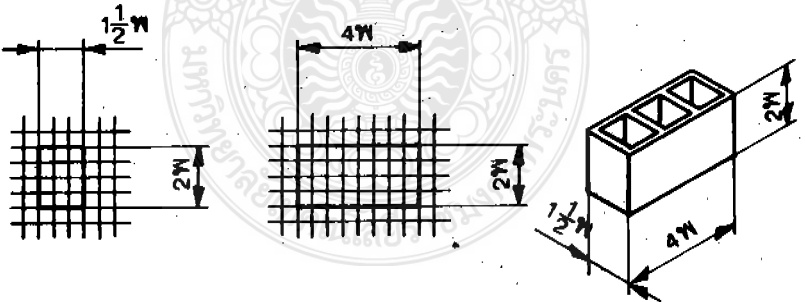
มิติที่กัด $\frac{4}{5} \times 2 \times 4$

ขนาดที่หา 70 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 390 มิลลิเมตร



มิติที่กัด $1 \times 2 \times 4$

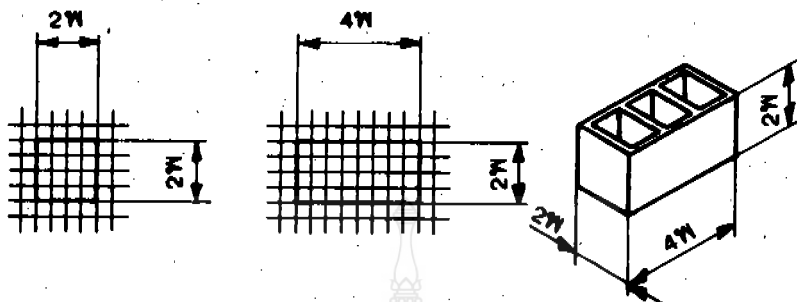
ขนาดที่หา 90 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 390 มิลลิเมตร



มิติที่กัด $1\frac{1}{2} \times 2 \times 4$

ขนาดที่หา 140 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 390 มิลลิเมตร

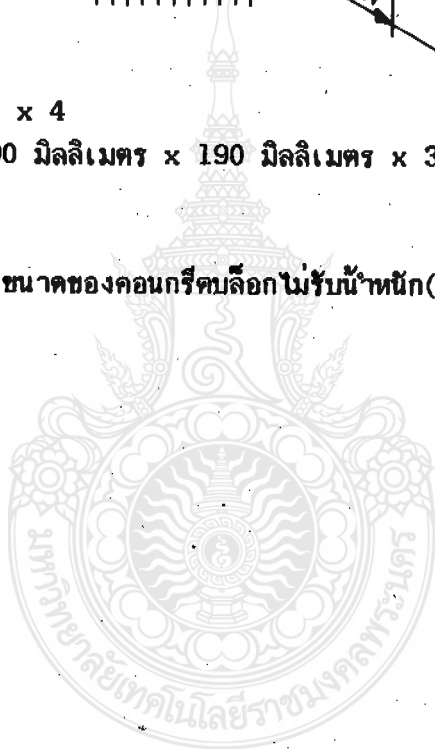
รูปที่ 1 ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก(ต่อ)



มิติพิกัด $2 \times 2 \times 4$

ขนาดที่หา 190 มิลลิเมตร \times 190 มิลลิเมตร \times 390 มิลลิเมตร

รูปที่ 1 ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก(ต่อ)



ตารางที่ 1 ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

(ข้อ 4.2)

มิติที่กัก หนา x สูง x ยาว ม	ขนาดที่หา หนา x สูง x ยาว มิลลิเมตร x มิลลิเมตร x มิลลิเมตร
$\frac{4}{5} \times 2 \times 1\frac{1}{2}$	70 x 190 x 140
$1 \times 2 \times 1\frac{1}{2}$	90 x 190 x 140
$1\frac{1}{2} \times 2 \times 1\frac{1}{2}$	140 x 190 x 140
$2 \times 2 \times 1\frac{1}{2}$	190 x 190 x 140
$\frac{4}{5} \times 2 \times 2$	70 x 190 x 190
$1 \times 2 \times 2$	90 x 190 x 190
$1\frac{1}{2} \times 2 \times 2$	140 x 190 x 190
$2 \times 2 \times 2$	190 x 190 x 190
$\frac{4}{5} \times 2 \times 3$	70 x 190 x 290
$1 \times 2 \times 3$	90 x 190 x 290
$1\frac{1}{2} \times 2 \times 3$	140 x 190 x 290
$2 \times 2 \times 3$	190 x 190 x 290
$\frac{4}{5} \times 2 \times 4$	70 x 190 x 390
$1 \times 2 \times 4$	90 x 190 x 390
$1\frac{1}{2} \times 2 \times 4$	140 x 190 x 390
$2 \times 2 \times 4$	190 x 190 x 390

หมายเหตุ ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่กำหนดนี้ เป็นขนาดที่ออกแบบ เพื่อให้เป็นไปตามระบบการประสานทางฟิสิกส์ในการก่อสร้างอาคาร ซึ่งได้กำหนดหน่วยฟิสิกส์มูลฐาน ม ให้เท่ากับ 100 มิลลิเมตร และกำหนดความหนาของปูนก้นในรอยต่อมาตรฐาน เท่ากับ 10 มิลลิเมตร

5. วัสดุ

5.1 ปูนซีเมนต์ ให้ใช้อย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

5.1.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 1 ข้อกำหนดคุณภาพ มาตรฐานเลขที่ มอก.15 เล่ม 1

5.1.2 ปูนซีเมนต์ผสม

ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ผสม มาตรฐานเลขที่ มอก.80

5.2 มวลผสมคอนกรีต

ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มวลผสมคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก.566 ยกเว้นเกณฑ์กำหนดการค้ำคานามวลผสมคอนกรีต

5.3 ส่วนผสมอื่น ๆ

ตัวทำฟองอากาศ สี สารกันน้ำ ฯลฯ หินขี้เถ้า ควรเป็นสารที่เหมาะสมสำหรับใช้กับคอนกรีต และควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง

6. คุณสมบัติที่ต้อการ

6.1 ลักษณะทั่วไป

6.1.1 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักทุกก้อน ต้องแข็งแรง ปราศจากรอยแตกร้าว หรือส่วนเสียนใดอันเป็นอุปสรรคต่อการก่อคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักร้อย่างถูกต้องหรือทำให้สิ่งก่อสร้างเสียวาลังหรือความคงทนถาวร รอยร้าวเล็กน้อยที่มักเกิดขึ้นในกรรมวิธีผลิตตามปกติหรือรอยปริเล็กน้อยเนื่องจากวิธีการเคลื่อนย้ายหรือขนส่งอย่างธรรมดา จะต้องไม่เป็นสาเหตุอ้างในการ ไม่ยอมรับ

6.1.2 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ซึ่งต้องการฉาบปูนหรือแต่งปูน ต้องมีผิวหน้าหยาบพอควรแก่การจับยึดของปูนฉาบหรือปูนแต่งได้อย่างดี

6.1.3 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ซึ่งต้องการก่อแบบผิวหยาบ ด้านผิวหยาบจะต้องไม่มีรอยป็น รอยร้าว หรือตำหนิอื่น ๆ ถ้าในการสังเคราะห์หนึ่งมีก้อนซึ่งมีรอยป็นเล็กน้อยที่ยาวมากกว่า 25 มิลลิเมตร เป็นจำนวนไม่มากกว่าร้อยละ 5 จะต้องไม่ถือเป็นสาเหตุในการ ไม่ยอมรับ

การทดสอบให้ทำโดยการตรวจฉินิจ

6.2 ความต้านแรงอัดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

เมื่อส่งถึงที่ก่อสร้าง หั้ค่าเฉลี่ยและค่าแต่ละก้อน ต้องเป็นไปตาม ตารางที่ 2

การทดสอบให้ปฏิบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อสร้างห้ด้วยคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก. 109

ตารางที่ 2 ความต้านแรงอัด

(ข้อ 6.2)

ความต้านแรงอัด ค่าสุด 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⁾	ความชื้น สูงสุด		
	ร้อยละของการดูดกลืนน้ำทั้งหมด (เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน)		
	ความชื้นสัมพัทธ์รายปีเฉลี่ย ร้อยละ ²⁾		
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	25	30	35

- หมายเหตุ ¹⁾ ทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีทดสอบการหดตัวของคอนกรีตบล็อก (ในกรณีที่ยังมิได้มีการประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าว ให้เป็นไปตาม ASTM C 426) และทดสอบก่อนกำหนดจำหน่ายไม่เกิน 12 เดือน
- ²⁾ อาศัยสถิติตามประกาศของกรมอุตุนิยมวิทยา สำหรับสถานีที่ใกล้แหล่งผลิตมากที่สุด

7. เครื่องหมายและฉลาก

7.1 ที่คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักทุกก้อน อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมาย แจ่งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(1) ประเภท

(2) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้า

ในกรณีที่ใช้ภาษาคำต่างประเทศ 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

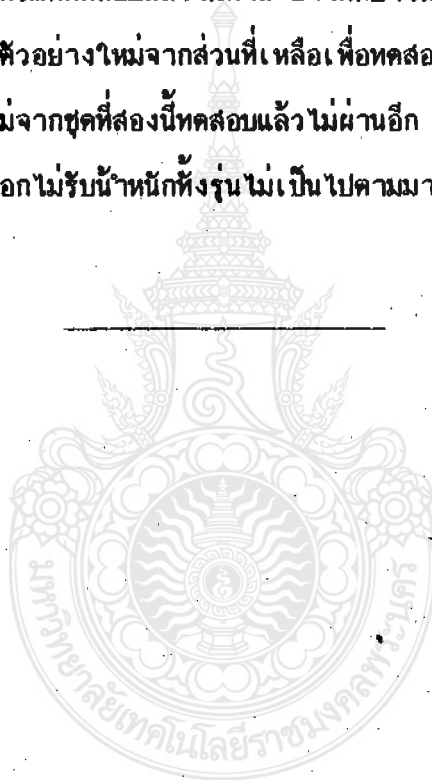
8.3 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

8.3.1 การซีกตัวอย่าง

ให้เป็นไปตาม มอก. 109

8.3.2 เกณฑ์ตัดสิน

ในกรณีที่ทดสอบแล้วไม่ผ่าน อาจคัดบางส่วนออก แล้วเลือกซีกตัวอย่างใหม่จากส่วนที่เหลือเพื่อทดสอบใหม่ 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 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์
อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออก
ประกาศแก้ไขเพิ่มเติมมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำ
หนัก 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

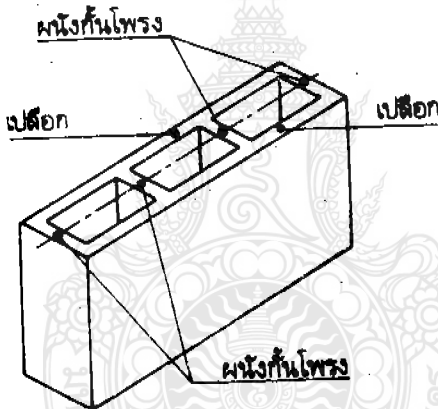
"1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด ประเภทและ
สัญลักษณ์ ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน วัสดุ
คุณลักษณะที่ต้องการ เครื่องหมายและฉลาก การชัก

ตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสินและการทดสอบคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

3. ให้ยกเลิกความในข้อ 2.3 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

“2.3 เปลือก (face-shell) หมายถึง ผนังของคอนกรีตบล็อกซึ่งเชื่อมต่อกับผนังกันโพรง 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 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ควบคุม

ความชื้น ใช้สัญลักษณ์ 1

3.1.2 ประเภท 2 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักไม่ควบคุม
ความชื้น ใช้สัญลักษณ์ 2”

6. ให้แก่ความจาก “รูปที่ 1” เป็น “รูปที่ 2” ทุกแห่ง
7. ให้ยกเลิกความในข้อ 6.2 และข้อ 6.3 และให้ใช้ความต่อไปนี้

แทน

“6.2 ความต้านแรงอัดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก
หึ่งค่าเฉลี่ยและค่าแต่ละก้อนต้องเป็นไปตามตารางที่ 2

การทดสอบให้ปฏิบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
วิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อสร้างทำด้วยคอนกรีต
มาตรฐานเลขที่ มอก. 109

6.3 ปริมาณความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก
ประเภท ๑) ต้องเป็นไปตามตารางที่ 3”

8. ให้ยกเลิกข้อตารางที่ 3 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

“ตารางที่ 3 ความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักประเภท
1)”

9. ให้ยกเลิกความในหมายเหตุ 1) ท้ายตารางที่ 3 และให้ใช้ความ
ต่อไปนี้แทน

“หมายเหตุ 1) ทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธี
ทดสอบการหดแห้งของคอนกรีตบล็อก (ในกรณี
ที่ยังไม่มีการประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าว ให้
เป็นไปตาม ASTM C 426)”

10. ให้ยกเลิกความใน (1) ของข้อ 7.1 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน
“(1) สัญลักษณ์แสดงประเภท”
11. ให้ยกเลิกความในข้อ 8.2 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน
“8.2 การชักตัวอย่างเพื่อการทดสอบ ให้กระทำ ณ สถานที่ผลิต และต้องใช้เวลาสำหรับการทดสอบจนครบทุกรายการอย่างน้อย 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 จึงจะถือว่าคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ในกรณีที่มีตัวอย่างใดไม่เป็นไปตามข้อ 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

คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักนั้นเป็นไปตามมาตรฐาน
ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ยกเว้นรายการความต้านแรงอัด
ตัวอย่างต้องมีความต้านแรงอัดไม่ต่ำกว่าร้อยละ ๘๕ ของ
เกณฑ์ที่กำหนดในตารางที่ ๒ จึงจะยอมให้ทดสอบซ้ำใน
รายการความต้านแรงอัดได้”

๕๕ ให้มีผลเมื่อพ้นกำหนด ๒๗๐ วัน นับแต่วันที่ประกาศในราชกิจจา
นุเบกษา เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๑๔ มิถุนายน ๒๕๓๓

พลตำรวจเอก ประมาณ อติเรกสาร

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม





คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

- การประดิษฐ์
 การออกแบบผลิตภัณฑ์
 อนุสิทธิบัตร

ข้าพเจ้าผู้ลงลายมือชื่อในคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้
 ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ตามพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ 2522
 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 2) พ.ศ 2535
 และ พระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 3) พ.ศ 2542

สำหรับเจ้าหน้าที่

วันรับคำขอ

เลขที่คำขอ

วันยื่นคำขอ

สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ

ใช้กับแบบผลิตภัณฑ์

ประเภทผลิตภัณฑ์

วันประกาศโฆษณา

เลขที่ประกาศโฆษณา

วันออกสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

เลขที่สิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

ลายมือชื่อเจ้าหน้าที่

1. ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์

คอนกรีตบล็อกเกาะลามาพร้าวสำหรับป้องกันความร่อนและเสียง และกรรมวิธีการผลิต

2. คำขอรับสิทธิบัตรการออกแบบผลิตภัณฑ์นี้เป็นคำขอสำหรับแบบผลิตภัณฑ์อย่างเดียวกันและเป็นคำขอลำดับที่

ในจำนวน คำขอ ที่ยื่นในคราวเดียวกัน

3. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร และที่อยู่ (เลขที่ ถนน ประเทศ)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ที่อยู่ เลขที่ 399 ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร

รหัสไปรษณีย์ 10300 ประเทศไทย

3.1 สัญชาติ ไทย

3.2 โทรศัพท์ 0 2282 9009, 08 1255 4189

3.3 โทรสาร 0 2282 9009

3.4 อีเมล wiharn.d@mutp.ac.th

4. สิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

 ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบ ผู้รับโอน ผู้ขอรับสิทธิโดยเหตุอื่น

5. ตัวแทน(ถ้ามี)/ที่อยู่ (เลขที่ ถนน จังหวัด รหัสไปรษณีย์)

ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร ที่อยู่ เลขที่ 8/3 หมู่ที่ 8 ถนนพุทธรักษา

ตำบลท้ายบ้านใหม่ อำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ

รหัสไปรษณีย์ 10280 ประเทศไทย

5.1 ตัวแทนเลขที่ 2262

5.2 โทรศัพท์ 08 1199 4705

5.3 โทรสาร 0 2549 4032

5.4 อีเมล siam_macho@hotmail.com

6. ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ และที่อยู่ (เลขที่ ถนน ประเทศ)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิหาร ดิปัญญา และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ วิวานุกูล ที่อยู่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

เลขที่ 1381 ถ.พินุลสงคราม แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10800 และ ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร ที่อยู่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เลขที่ 39 หมู่ที่ 1 ถนนรังสิต-นครนายก คลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี รหัสไปรษณีย์

12110 ประเทศไทย

7. คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิม

ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอให้ถือว่าได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ ในวันเดียวกับคำขอรับสิทธิบัตร

เลขที่ วันยื่น เพราะคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิมเพราะ

- คำขอเดิมมีการประดิษฐ์หลายอย่าง ถูกคัดค้านเนื่องจากผู้ขอไม่มีสิทธิ ขอเปลี่ยนแปลงประเภทของสิทธิ

หมายเหตุ ในกรณีที่ไม้อาจระบุรายละเอียดได้ครบถ้วน ให้จัดทำเป็นเอกสารแนบท้ายแบบพิมพ์นี้โดยระบุหมายเลขกำกับข้อและหัวข้อที่แสดงรายละเอียดเพิ่มเติมดังกล่าวด้วย

รายละเอียดการประดิษฐ์

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์

คอนกรีตบล็อกเถ้ากะลามะพร้าวสำหรับป้องกันความร้อนและเสียง และกรรมวิธีการผลิต

สาขาวิทยาการที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์

- 5 สาขาวิศวกรรมวัสดุที่เกี่ยวข้องกับคอนกรีตบล็อกเถ้ากะลามะพร้าวสำหรับป้องกันความร้อนและเสียง และกรรมวิธีการผลิต

ภูมิหลังของศิลปะหรือวิทยาการที่เกี่ยวข้อง

- เถ้ากะลามะพร้าว เป็นขยะเหลือทิ้งของโรงงานไฟฟ้าและโรงงานแปรรูปมะพร้าวจากกระบวนการเผากะลามะพร้าวเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า โดยปริมาณเถ้ากะลามะพร้าวที่เหลือทิ้งคิดเป็นร้อยละ 10 ของปริมาณกะลามะพร้าวก่อนเผา ประกอบกับประเทศไทยมีการส่งออกมะพร้าวมากเป็นอันดับต้นๆ ของโลก ทำให้เถ้ากะลามะพร้าวมีปริมาณมากกว่า 222,000 ตันต่อปี เป็นขยะเหลือทิ้งที่ต้องมีแนวทางการกำจัดหรือการนำไปใช้ประโยชน์อย่างชัดเจนและเร่งด่วน เมื่อวิเคราะห์ลักษณะของเถ้ากะลามะพร้าว พบว่า เถ้าส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นก้อนจากเศษกะลามะพร้าวที่เผาไหม้ไม่หมด ปะปนอยู่กับผงกะลามะพร้าวขนาดเล็ก มีน้ำหนักเบา และแข็งมากพอสมควร จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำเถ้ากะลามะพร้าวมาผสมเป็นมวลรวมในคอนกรีตบล็อก เพื่อช่วยในการลดน้ำหนักและเพิ่มสมบัติการเป็นฉนวนป้องกันความร้อนของคอนกรีตบล็อก โดยจะเป็นการช่วยประหยัดพลังงานและลดขนาดโครงสร้างของอาคารลงได้
- 10
- 15

- คอนกรีตบล็อก เป็นวัสดุก่อผนังที่ผลิตจากปูนซีเมนต์ ทราย หินฝุ่น และน้ำ มีลักษณะเป็นก้อนสี่เหลี่ยม ผู้ผลิตคอนกรีตบล็อกส่วนใหญ่เป็นวิสาหกิจชุมชน ชาวบ้าน และโรงงานขนาดเล็ก ผลิตด้วยใช้เครื่องจักรที่สร้างได้เองภายในประเทศ แต่ด้วยสมบัติที่ด้อยกว่าอิฐมวลเบา เช่น น้ำหนักมาก ไม่เป็นฉนวนป้องกันความร้อน ไม่ดูดซับเสียง และแตกหักง่าย ตลาดคอนกรีตบล็อกจึงถูกแย่งด้วยอิฐมวลเบาที่มีสมบัติที่ดีกว่า แต่ด้วยต้นทุนที่สูงและเครื่องจักรที่ต้องนำเข้าของอิฐมวลเบา จึงส่งผลต่อราคาค่าก่อสร้างที่สูงขึ้นตลอดจนเม็ดเงินที่ต้องสูญเสียออกนอกประเทศ
- 20

- การใช้เถ้ากะลามะพร้าวเป็นมวลรวมน้ำหนักเบาในคอนกรีตบล็อกเพื่อการประหยัดพลังงาน เป็นการนำขยะเถ้ากะลามะพร้าวไปใช้ประโยชน์ได้อย่างชัดเจนและเป็นรูปธรรม มีสมบัติที่โดดเด่นกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไป โดยเฉพาะในด้านป้องกันความร้อนและเสียง รวมทั้งมีต้นทุนต่ำ และผลิตได้โดยใช้เครื่องจักรขนาดเล็ก
- 25

ลักษณะและความมุ่งหมายของการประดิษฐ์

ลักษณะของคอนกรีตบล็อกเก้าะลามาะพร้าวสำหรับป้องกันความร้อนและเสียง ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 หินปูน เก้าะลามาะพร้าว และน้ำ มีกรรมวิธีการผลิต ได้แก่ การร่อน ส่วนผสม การผสมส่วนผสมให้เข้ากัน การอัดและเขย่าส่วนผสมด้วยเครื่องอัดคอนกรีตบล็อก การถอดแบบ และการบ่ม

ความมุ่งหมายของการประดิษฐ์นี้ เพื่อนำขยะเก้าะลามาะพร้าวไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์ คอนกรีตบล็อกที่มีสมบัติที่โดดเด่นกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไป ต้นทุนต่ำ และเป็นวัสดุก่อสร้างเพื่อสิ่งแวดล้อม

การเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

คอนกรีตบล็อกเก้าะลามาะพร้าวสำหรับป้องกันความร้อนและเสียง มีส่วนผสมประกอบด้วย

10	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1	เท่ากับ	1 ส่วนโดยน้ำหนัก
	หินปูน	เท่ากับ	6.7 – 6.9 ส่วนโดยน้ำหนัก
	เก้าะลามาะพร้าว	เท่ากับ	0.2 – 0.4 ส่วนโดยน้ำหนัก
	น้ำ	เท่ากับ	0.6 ส่วนโดยน้ำหนัก

กรรมวิธีการผลิตคอนกรีตบล็อกเก้าะลามาะพร้าวสำหรับป้องกันความร้อนและเสียง มีดังนี้

- 15 ก. ร่อนหินปูนและเก้าะลามาะพร้าวให้มีขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 (4.76 มิลลิเมตร) และ ค้างตะแกรงเบอร์ 30 (0.595 มิลลิเมตร)
- ข. ผสมปูนซีเมนต์และเก้าะลามาะพร้าวที่ผ่านการร่อนแล้วให้เข้ากัน
- ค. แบ่งน้ำออกเป็น 2 ส่วน จากนั้นเติมน้ำส่วนที่ 1 ลงในส่วนผสม แล้วผสมให้ส่วนผสมเข้า
- กัน
- 20 ง. ทอยยเทหินปูนลงในส่วนผสม พร้อมกับทอยยเติมน้ำส่วนที่ 2 และผสมจนส่วนผสมเข้า กันทั้งหมด
- จ. นำส่วนผสมที่ผสมเข้ากันดีแล้ว ไปเทใส่ในแบบของเครื่องอัดคอนกรีตบล็อกจนเต็ม
- ฉ. อัดส่วนผสม พร้อมทั้งทำการสั่นเขย่า ด้วยเครื่องอัดคอนกรีตบล็อก ได้คอนกรีตบล็อก
- ผสมเก้าะลามาะพร้าวที่มีรูปทรงและขนาดตามแบบ
- 25 ช. นำคอนกรีตบล็อกผสมเก้าะลามาะพร้าวออกจากเครื่องอัด แล้วใช้แท่นพลิกคอนกรีต บล็อก เพื่อทำการถอดแบบ
- ซ. ภายหลังจากก้อนคอนกรีตบล็อกแข็งตัวเป็นเวลา 24 ชั่วโมงให้นำคอนกรีตบล็อกที่ได้ไป กองบ่มในที่ร่มเป็นระยะเวลา 21 วัน แล้วจึงนำคอนกรีตบล็อกผสมเก้าะลามาะพร้าวไปใช้งาน

เมื่อนำคอนกรีตบล็อกเก่าๆมาปะผิวสำหรับป้องกันความร้อนและเสียงไปทดสอบประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนและเสียง สามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังนี้

5 ถ้ากะลามะพร้าวขนาดที่ผสมลงในคอนกรีตบล็อกมีผลต่อการลดลงของค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน หรือกล่าวได้ว่า ถ้ากะลามะพร้าวดังกล่าว ทำให้คอนกรีตบล็อกมีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีขึ้น เนื่องจากถ้ากะลามะพร้าวขนาดนี้ เป็นช่วงของถ้ากะลามะพร้าวที่มีความพรุนของเนื้อหรือช่องว่างจำนวนมาก ซึ่งเป็นลักษณะของวัสดุที่มีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี โดยคอนกรีตบล็อกผสมถ้ากะลามะพร้าวในปริมาณมาก จะเป็นคอนกรีตบล็อกที่มีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนดีหรือมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไปถึงร้อยละ 20 – 40 แต่การผสมถ้ากะลามะพร้าวมากเกินไป จะทำให้คุณสมบัติทางกลด้อยลงจนไม่สามารถใช้งานได้

10 ส่วนผลการทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียง พบว่า คอนกรีตบล็อกที่มีปริมาณถ้ากะลามะพร้าวมาก มีแนวโน้มในการลดระดับเสียงได้ดีที่ความถี่สูง และคอนกรีตบล็อกที่มีปริมาณถ้ากะลามะพร้าวน้อย มีแนวโน้มในการลดระดับเสียงได้ดีที่ความถี่ต่ำ เมื่อนำระดับเสียงทุกความถี่มาคำนวณเป็นค่าเฉลี่ย แสดงให้เห็นว่า คอนกรีตบล็อกที่มีปริมาณถ้ากะลามะพร้าวมาก มีระดับเสียงเฉลี่ยโดยรวมต่ำกว่าคอนกรีตบล็อกที่มีปริมาณถ้ากะลามะพร้าวน้อย ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาลักษณะโครงสร้างภายใน พบว่า
15 แผ่นคอนกรีตบล็อกผสมถ้ากะลามะพร้าวเป็นวัสดุแบบรูพรุน (Porous Absorber) คือ มีเซลล์เปิดอยู่ภายในค่อนข้างมาก เนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมีของซีเมนต์เกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ ทำให้รูพรุนที่อยู่ในเนื้อวัสดุมีความสม่ำเสมอ รวมทั้ง ตัวคอนกรีตบล็อก ยังคงมีความหนาแน่นค่อนข้างสูง จึงช่วยให้เกิดการสูญเสียพลังงาน ในรูปของการเสียดทานและความหนืด (Frictional and Viscous Loss) ได้อย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้ โครงสร้างแบบรูพรุน ยังสามารถดูดซับเสียงในช่วงความถี่สูงได้ดี และมีความสามารถในการดูด
20 ซับเสียงลดลงเมื่อความถี่ต่ำลงได้อีกด้วย โดยสามารถลดระดับเสียงได้มากกว่าร้อยละ 25 – 50 ในทุกความถี่

วิธีการในการประดิษฐ์ที่ดีที่สุด

ดังได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อการเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

ข้อถือสิทธิ

1. คอนกรีตบล็อกเถ้ากะลามะพร้าวสำหรับป้องกันความร้อนและเสียง มีส่วนผสมประกอบด้วย

	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1	เท่ากับ	1 ส่วนโดยน้ำหนัก
	หินปูน	เท่ากับ	6.7 – 6.9 ส่วนโดยน้ำหนัก
5	เถ้ากะลามะพร้าว	เท่ากับ	0.2 – 0.4 ส่วนโดยน้ำหนัก
	น้ำ	เท่ากับ	0.6 ส่วนโดยน้ำหนัก

2. กรรมวิธีการผลิตคอนกรีตบล็อกเถ้ากะลามะพร้าวสำหรับป้องกันความร้อนและเสียง ตามข้อถือสิทธิข้อที่ 1 มีขั้นตอน ดังนี้

10 ก. ร่อนหินปูนและเถ้ากะลามะพร้าวให้มีขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 (4.76 มิลลิเมตร) และค้ำตะแกรงเบอร์ 30 (0.595 มิลลิเมตร)

ข. ผสมปูนซีเมนต์และเถ้ากะลามะพร้าวที่ผ่านการร่อนแล้วให้เข้ากัน

ค. แบ่งน้ำออกเป็น 2 ส่วน จากนั้นเติมน้ำส่วนที่ 1 ลงในส่วนผสม แล้วผสมให้ส่วนผสมเข้ากัน

15 ง. ทอยเทหินปูนลงในส่วนผสม พร้อมกับทอยเติมน้ำส่วนที่ 2 และผสมจนส่วนผสมเข้ากันทั้งหมด

จ. นำส่วนผสมที่ผสมเข้ากันดีแล้ว ไปเทใส่ในแบบของเครื่องอัดคอนกรีตบล็อกจนเต็ม

ฉ. อัดส่วนผสม พร้อมทั้งทำการสั่นเขย่า ด้วยเครื่องอัดคอนกรีตบล็อก ได้คอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวที่มีรูปทรงและขนาดตามแบบ

20 ช. นำคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวออกจากเครื่องอัด แล้วใช้แทนพริกคอนกรีตบล็อก เพื่อทำการถอดแบบ

ซ. ภายหลังจากก้อนคอนกรีตบล็อกแข็งตัวเป็นเวลา 24 ชั่วโมงให้นำคอนกรีตบล็อกที่ได้ไปกองบ่มในที่ร่มเป็นระยะเวลา 21 วัน แล้วจึงนำคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากะลามะพร้าวไปใช้งาน

บทสรุปการประดิษฐ์

คอนกรีตบล็อกเก้าะลามาะพร้าวสำหรับป้องกันความร้อนและเสียง ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 หินปูน เก้าะลามาะพร้าว และน้ำ มีกรรมวิธีการผลิต ได้แก่ การร่อนส่วนผสม การผสมส่วนผสมให้เข้ากัน การอัดและเขย่าส่วนผสมด้วยเครื่องอัดคอนกรีตบล็อก การถอดแบบ และการบ่ม เพื่อ

5 เป็นการนำขยะเก้าะลามาะพร้าวไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกที่มีสมบัติที่โดดเด่นกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไป ต้นทุนต่ำ และเป็นวัสดุก่อสร้างเพื่อสิ่งแวดล้อม



หนังสือสัญญาโอนสิทธิขอรับสิทธิบัตร / อนุสิทธิบัตร

เขียนที่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล
เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300

วันที่ 11 กันยายน 2559

สัญญาระหว่างผู้โอน คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิหาร ดีปัญญา และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล ที่อยู่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เลขที่ 1381 ถ.พิบูลสงคราม แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10800 ประเทศไทย และ ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร ที่อยู่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เลขที่ 39 ม.1 ถ.รังสิต-นครนายก คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 12110 ประเทศไทย โดยมีผู้รับโอน คือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร โดย รองศาสตราจารย์สุภัทรา โกไศยกานนท์ ตำแหน่ง อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่อยู่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เลขที่ 399 ถ.สามเสน แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10300 ประเทศไทย

โดยสัญญานี้ ผู้โอนซึ่งเป็นผู้ประดิษฐ์ **คอนกรีตบล็อกแก้วอะลามะพร้าวสำหรับป้องกันความร้อนและเสียง และกรรมวิธีการผลิต** ขอโอนสิทธิในการประดิษฐ์ดังกล่าว ซึ่งรวมถึงสิทธิขอรับอนุสิทธิบัตรและสิทธิอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องให้แก่ผู้รับโอน โดยผู้รับโอนได้จ่ายค่าตอบแทนที่เหมาะสมให้แก่ผู้โอน เพื่อเป็นพยานหลักฐานแห่งการนี้ ผู้โอนและผู้รับโอนได้ลงลายมือชื่อไว้ข้างล่างนี้

(ลงชื่อ) ผู้โอน (ลงชื่อ) ผู้โอน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิหาร ดีปัญญา) (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล)

(ลงชื่อ) ผู้โอน
(ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร)

(ลงชื่อ) ผู้รับโอน
(รองศาสตราจารย์สุภัทรา โกไศยกานนท์)

(ลงชื่อ) พยาน (ลงชื่อ) พยาน
(นายกิตติพันธ์ บุญโตสีตระกุล) (ดร.ผกามาศ ชูสิทธิ์)

หนังสือมอบอำนาจ

ข้าพเจ้า **มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร** โดย รองศาสตราจารย์สุภัทรา โกไศยกานนท์ ตำแหน่ง อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่อยู่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เลขที่ 399 ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10300 ประเทศไทย ขอมอบหมายและแต่งตั้งให้ **ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร** (ตัวแทนสิทธิบัตรเลขที่ 2262) ที่อยู่ เลขที่ 8/3 หมู่ที่ 8 ถนนพุทธรักษา ตำบลท้ายบ้านใหม่ อำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ รหัสไปรษณีย์ 10280 ประเทศไทย เป็นตัวแทนและผู้รับมอบอำนาจของข้าพเจ้าอันแท้จริง และขอด้วยกฎหมายเพื่อข้าพเจ้าและในนามข้าพเจ้า ให้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตรและให้ได้มาซึ่งสิทธิบัตร ภายใต้ชื่อ **“คอนกรีตบล็อกเก่าะลามะพร้าวสำหรับป้องกันความร้อนและเสียง และกรรมวิธีการผลิต”** ให้รับโอนการประดิษฐ์การออกแบบผลิตภัณฑ์สิทธิบัตรและคำขอรับสิทธิบัตรต่างๆ และเพื่อความประสงค์ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในนามของข้าพเจ้า ให้ลงนามและยื่นบรรดาหนังสือและเอกสารทั้งหมดซึ่ง ตัวแทนผู้รับมอบอำนาจในฐานะดังที่ได้กล่าวมาแล้วอาจคิดเห็นว่าเป็นการจำเป็นหรือพึงต้องการ ให้เปลี่ยนแปลงแก้ไขและเพิกถอนคำขอรับสิทธิบัตรและเอกสารต่างๆ เช่นว่ามานั้น ให้ไปปฏิบัติการ ณ สถานที่ราชการหรือ ณ ที่อื่นใด ให้ต่อสู้หรือป้องกันคำขอและสิทธิบัตรให้พ้นจากการปฏิเสธการคัดค้านหรือ การขัดขวางใดๆ ให้ยื่นคำร้องคัดค้านและคำอุทธรณ์ ให้ชำระค่าธรรมเนียมทั้งหลายทั้งปวง และให้แต่งตั้ง ตัวแทนช่วงภายใต้อำนาจของตัวแทนผู้รับมอบอำนาจเพื่อกระทำการอย่างหนึ่งอย่างใดหรือกระทำการ ทั้งหมดดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น และให้มีอำนาจยกเลิกการแต่งตั้งตัวแทนช่วงได้ตามอำเภอใจเช่นเดียวกัน และโดยหนังสือนี้ข้าพเจ้าขอยืนยันและให้สัตยาบันรับรองทุกสิ่งทุกอย่างที่ตัวแทนของข้าพเจ้าหรือตัวแทน ช่วงอาจได้กระทำไปโดยชอบด้วยกฎหมายอาศัยอำนาจแห่งหนังสือนี้

ลงวันที่ ณ วันที่ 11 กันยายน 2559

(ลงชื่อ)

ผู้มอบอำนาจ

(รองศาสตราจารย์สุภัทรา โกไศยกานนท์)

(ลงชื่อ)

ผู้รับมอบอำนาจ

(ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร)

(ลงชื่อ)

พยาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิหาร ดีปัญญา)

(ลงชื่อ)

พยาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ วีรานุกุล)