รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

การใช้เศษกระดาษเหลือทิ้งเป็นมวลรวมในบล็อกประสานมวลเบาจากหน้าดินขาว

Utilization of Paper Waste as Aggregate in Lightweight Interlocking Block from Kaolin Top Soil

คณะผู้วิจัย

ผศ.ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล

ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณประจำปี 2557

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล และสมบัติความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนของอิฐบล็อกประสานมวลเบาหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม กำหนดอัตราส่วนปูนซีเมนต์: มวลรวม (หน้าดินขาว และเศษกระดาษกล่องนม): น้ำประปา เท่ากับ 1: 7: 1 โดยน้ำหนัก ซึ่งมวลรวม จำนวน 10 อัตราส่วน ถูกใช้ในการผสม ประกอบด้วย อัตราส่วนหน้าดินขาวต่อเศษกระดาษกล่องนม เท่ากับ 7: 0, 6.8: 0.2, 6.6: 0.4, 6.4: 0.6, 6.2: 0.8, 6: 1, 5.8: 1.2, 5.6: 1.4, 5.4: 1.6, และ 5.2: 1.8 โดยน้ำหนัก ขึ้นรูปตัวอย่างและทดสอบสมบัติตามมาตรฐาน มผช.602–2547 พบว่า อัตราส่วนหน้าดินขาวต่อเศษกระดาษกล่องนมที่มีปริมาณเศษกระดาษกล่องนมมากที่สุด และมีสมบัติผ่านตามมาตรฐาน คือ อัตราส่วน 6.2: 0.8 ซึ่งปริมาณเศษกระดาษกล่องนมที่เหมาะสม สามารถลดความหนาแน่น, การดูดกลืนน้ำ, และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวได้ดี

คำสำคัญ: อิฐบล็อกประสาน, หน้าดินขาว, เศษกระดาษกล่องนม, น้ำหนักเบา

Abstract

The objective of this research is to study about physical, mechanical, and thermal insulation properties of light-weight Kaolin top soil interlocking block mixed with milk carton waste. The ratio of cement: aggregates (Kaolin top soil and milk carton waste): sanitary water is 1: 7: 1 by weight. 10 ratios of aggregates (Kaolin top soil to milk carton waste ratio) are fixed at 7: 0, 6.8: 0.2, 6.6: 0.4, 6.4: 0.6, 6.2: 0.8, 6: 1, 5.8: 1.2, 5.6: 1.4, 5.4: 1.6, and 5.2: 1.8 by weight. The interlocking block samples are cast for testing the necessary properties followed the TCPS standard 602-2547. From the experiment, the best Kaolin top soil to milk carton waste ratio which has the most milk carton waste and can pass the standard is 6.2: 0.8. The suitable quantity of milk carton waste can reduce the density, water absorption, and thermal conductivity of Kaolin top soil interlocking block.

Keywords: Interlocking block, Kaolin top soil, Milk carton waste, Light-weight

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
สารบัญ	ข
สารบัญรูป	ง
สารบัญตาราง	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	4
2.1 อิฐบล็อกประสาน	4
2.2 การผลิตอิฐบล็อกประสานให้ได้คุณภาพ	4
2.3 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสาน	5
2.4 การคำนวณสมบัติที่สำคัญของอิฐบล็อกประสาน	6
2.5 ปูนซีเมนต์	9
2.6 คอนกรีต	12
2.7 หน้าดินขาว	13
2.8 ประวัติการค้นพบดินขาว	14
2.9 แหล่งกำเนิดดินขาว	15
2.10 คุณสมบัติทางเคมีของดินขาว	16
2.11 คุณสมบัติทางกายภาพของดินขาว	17
2.12 แหล่งดินขาวในประเทศไทย	18
2.13 ประโยชน์ของดินขาว	19
2.14 การตรวจสอบดินขาว	19
2.15 กระดาษกล่องนม	20
2.16 การแยกกระดาษกล่องนมเพื่อนำกลับไปใช้ใหม่	21
2.17 พลาสติก	22
2.18 ประเภทของพลาสติก	22
2.19 คุณสมบัติของพลาสติก	22
2.20 พลาสติกรีไซเคิล	23
2.21 สมบัติทางกลของเทอร์โมพลาสติก	26
2.22 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง	27
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	29
3.1 วัสดุที่ใช้ในการวิจัย	29
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	32
3.3 การเตรียมวัสดุในการวิจัย	34
3.4 การออกแบบอัตราส่วนของอิฐบล็อกประสาน	34

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.5 การขึ้นรูปอิฐบล็อกประสาน	35
3.6 การบ่มอิฐบล็อกประสาน	37
3.7 การทดสอบสมบัติของอิฐบล็อกประสาน	37
3.8 การทดสอบใช้งานจริงของอิฐบล็อกประสาน	40
3.9 การวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย	40
3.10 การขอรับความคุ้มครองด้านทรัพย์สินทางปัญญา	40
3.11 การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนเป้าหมาย	40
บทที่ 4 ผลการวิจัย	41
4.1 ลักษณะทั่วไป และมิติ	41
4.2 น้ำหนักเฉลี่ย 5 ก้อน และความหนาแน่น	41
4.3 การดูดกลืนน้ำ	43
4.4 การหดตัวแห้ง	46
4.5 ความต้านทานแรงอัด	47
4.6 โมดูลัสการแตกหัก	48
4.7 สัมประสิทธิ์การนำความร้อน	49
4.8 การทดสอบใช้งานจริง	50
4.9 การขอรับความคุ้มครองด้านทรัพย์สินทางปัญญา	52
4.10 การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนเป้าหมาย	52
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	53
5.1 สรุปผล	53
5.2 ข้อเสนอแนะ	53
เอกสารอ้างอิง	54
ภาคผนวก	56
มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.602–2547 เรื่องอิฐบล็อกประสาน	
เอกสารประกอบคำขอรับอนุสิทธิบัตร	
หนังสือรับรองการนำไปใช้ประโยชน์	

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	อิฐบล็อกประสานแบบตรง ขนาด 10x12.5x 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร	4
2.2	อิฐบล็อกประสานแบบโค้งขนาด 10x15x30 ลูกบาศก์เซนติเมตร	4
2.3	ความยาว L_x ของอิฐบล็อกประสาน	8
2.4	ความกว้างของโพรง และความหนาของเปลือกของอิฐบล็อกประสาน	9
2.5	กระดาษกล่องนมสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บสั้น (Short-life products)	20
2.6	กระดาษกล่องนมสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บยาว (Long-life products)	21
2.7	ผลิตภัณฑ์โพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต (Poly Ethylene Terephthalate, PET)	23
2.8	ผลิตภัณฑ์โพลิเอทธิลีนความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene, HDPE)	24
2.9	ผลิตภัณฑ์โพลิไวนิลคลอไรด์ (Poly Vinyl Chloride), PVC)	24
2.10	ผลิตภัณฑ์โพลิเอทธิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene, LDPE)	25
2.11	ผลิตภัณฑ์โพลิโพรพิลีน (Polypropylene, PP)	25
2.12	ผลิตภัณฑ์โพลิสไตรีน (Polystyrene, PS)	26
2.13	พลาสติกอื่นๆ ที่ไม่ใช่ 6 ชนิดแรก	26
2.14	โครงสร้างส่วนประกอบทางเคมีของกระดาษ	28
3.1	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1	29
3.2	หน้าดินขาว	29
3.3	ภาพขยายหน้าดินขาวที่นำมาวิจัยด้วยกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 50 เท่า	30
3.4	ภาพขยายหน้าดินขาวที่นำมาวิจัยด้วยกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 100 เท่า	31
3.5	ภาพขยายหน้าดินขาวที่นำมาวิจัยด้วยกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 200 เท่า	31
3.6	ภาพขยายหน้าดินขาวที่นำมาวิจัยด้วยกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า	31
3.7	ภาพขยายหน้าดินขาวที่นำมาวิจัยด้วยกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 5,000 เท่า	32
3.8	เศษกระดาษกล่องนมประเภทกล่องยูเอชทีบดละเอียด	32
3.9	เครื่องบดพลาสติก	33
3.10	เครื่องผสมคอนกรีต	33
3.11	เครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบมือโยก	33
3.12	เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ UTM	34
3.13	การผสมเศษกระดาษกล่องนมลงในส่วนผสมของบล็อกประสานหน้าดินขาว	35
3.14	การเทส่วนผสมลงในเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบมือโยก	36
3.15	ลักษณะของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบมือโยก	36
3.16	การนำบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมออกจากเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบมือโยก	36
3.17	อิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม	37
3.18	การจัดเรียงอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมสำหรับการบ่ม	37
3.19	การชั่งน้ำหนักอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม	38
3.20	แบบหล่อผิวหน้าของอิฐบล็อกประสานสำหรับการทดสอบความต้านทานแรงอัด	38

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.21	กำมะถันที่ใช้เคลือบผิวหน้าอิฐบล็อกประสานสำหรับการทดสอบความต้านทานแรงอัด	39
3.22	อิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมหลังการทดสอบความต้านทานแรงอัด	39
3.23	อิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมหลังการทดสอบโมดูลัสการแตกหัก	39
3.24	อิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมสำหรับทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน	40
4.1	น้ำหนักเฉลี่ย 5 ก้อนของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม	42
4.2	ความหนาแน่นของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม	42
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของอิฐบล็อกประสานกับน้ำหนักเศษกระดาษที่ผสมแทนที่หน้าดินขาว	43
4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของอิฐบล็อกประสานกับน้ำหนักเศษกระดาษที่ผสมแทนที่หน้าดินขาว	43
4.5	การดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม	44
4.6	ร้อยละการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม	44
4.7	ความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมกับน้ำหนักเศษกระดาษที่ผสมแทนที่หน้าดินขาว	45
4.8	ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมกับน้ำหนักเศษกระดาษที่ผสมแทนที่หน้าดินขาว	45
4.9	การหดตัวแห้งของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม	46
4.10	ความสัมพันธ์ระหว่างการหดตัวแห้งของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมกับน้ำหนักเศษกระดาษที่ผสมแทนที่หน้าดินขาว	46
4.11	ความต้านทานแรงอัดของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม	47
4.12	ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงอัด ที่อายุการบ่ม 28 วัน ของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมกับน้ำหนักเศษกระดาษที่ผสมแทนที่หน้าดินขาว	48
4.13	โมดูลัสการแตกหักของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม	48
4.14	ความสัมพันธ์ระหว่างโมดูลัสการแตกหัก ที่อายุการบ่ม 28 วัน ของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมกับน้ำหนักเศษกระดาษที่ผสมแทนที่หน้าดินขาว	49
4.15	สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม	49
4.16	ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมกับน้ำหนักเศษกระดาษที่ผสมแทนที่หน้าดินขาว	50
4.17	การก่อผนังด้วยอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมอัตราส่วน P0.80	51
4.18	ลักษณะทั่วไปของผนังจำลองที่ก่อ-ฉาบบนอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมอัตราส่วน P0.80	51
4.19	การติดตั้งหลังคาของผนังจำลองที่ก่อ-ฉาบบนอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมอัตราส่วน P0.80	51
4.20	การใช้งานผนังจำลองที่ก่อ-ฉาบบนอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมอัตราส่วน P0.80	52

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	การดูดกลืนน้ำที่ยอมให้ของอิฐบล็อกประสานชนิดรับน้ำหนัก	5
2.2	สารประกอบและคุณสมบัติของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ถึง 5	10
2.3	ความหนาของชั้นหน้าดินขาวกับชั้นดินขาว	14
2.4	องค์ประกอบของดินขาวในประเทศไทย (ร้อยละ)	17
2.5	สมบัติทางกลของเทอร์โมพลาสติก	27
3.1	องค์ประกอบทางเคมีของหน้าดินขาวจากจังหวัดระนอง	30
3.2	อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม	35
4.1	ลักษณะทั่วไปและมิติของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม	41

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ดินขาว (White clay or China Clay) เป็นดินเหนียวชนิดหนึ่ง ประกอบด้วยแร่ เคโอลิไนต์ (Kaolinite) ฮาลลอยไซต์ (Halloysite) หรืออิลไลต์ (Illite) นิยมใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมเซรามิค อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา อุตสาหกรรมยาง อุตสาหกรรมสี อุตสาหกรรมเคลือบกระดาษ และอุตสาหกรรมยาปราบศัตรูพืช เป็นต้น (บรรยง, 2536) แหล่งดินขาวที่สำคัญในประเทศไทยมีอยู่หลายจังหวัด เช่น จังหวัดลำปาง เชียงใหม่ แพร่ พะเยา อุตรดิตถ์ ระนอง ปราจีนบุรี ระยอง จันทบุรี ตราด และนครนายก เป็นต้น (ปริญญา และเจริญชัย, 2550; อนุชาติ และศุภสิทธิ์, 2550) แต่ด้วยความต้องการดินขาวที่มีความละเอียดแตกต่างกันในแต่ละอุตสาหกรรม ทำให้ต้องมีการขนส่งดินขาวไปยังพื้นที่ต่างๆ และดินขาวบางส่วนยังไม่สามารถจำหน่ายหรือนำไปใช้ประโยชน์ได้เท่าที่ควร เนื่องจากมีความละเอียดต่ำและมีการปนเปื้อนของสิ่งแปลกปลอมอยู่มาก โดยกระบวนการล้างเพื่อคัดแยกดินขาวที่มีคุณภาพนั้น มีเพียงร้อยละ 15 ของปริมาณดินขาวที่ขุดขึ้นมา ซึ่งสามารถส่งไปยังอุตสาหกรรมต่างๆ ได้ ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 85 เป็นกากดินขาวคุณภาพต่ำที่แทบไม่มีมูลค่า และหากต้องการนำกากดินขาวคุณภาพต่ำมาใช้งาน ก็ต้องผ่านกระบวนการคัดแยกที่ยุ่งยากและเสียค่าใช้จ่ายค่อนข้างมาก (วิชัย และวชิรพล, 2549; เผ่าพงศ์ และคณะ, 2551)

การนำหน้าดินขาวมาขึ้นรูปเป็นอิฐบล็อกประสาน จึงเป็นอีกผลิตภัณฑ์ที่กำลังเป็นที่ต้องการของชุมชนรอบๆ พื้นที่แหล่งดินขาว (วุฒินัย และนรา, 2553) เนื่องจากดินขาวที่ใช้เป็นดินขาวคุณภาพต่ำ ไม่สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ ได้ และไม่ต้องผ่านกระบวนการล้างให้ยุ่งยาก อิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวจึงเป็นที่นิยมอย่างมาก แต่ด้วยน้ำหนักที่มาก ทำให้ชุมชนมีความต้องการพัฒนาอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวให้มีน้ำหนักเบาลง ยืดหยุ่นมากขึ้น และทึบน้ำ (ประชุม และคณะ, 2554)

เศษกระดาษกล่องนม (Waste Cartons Milk) เป็นขยะที่มีปริมาณมากถึง 4 แสนกล่องต่อวัน (บริษัท อำพลฟูดส์ โพรเซสซิ่ง จำกัด, 2553) ลักษณะเป็นแผ่นบางๆ เชื่อมติดกันเป็นชั้น ผิวหน้าถูกพิมพ์ด้วยหมึกต่างๆ ผลิตจากกระดาษ (Paper) โพลีเอทธิลีน (Poly-ethylene) และแผ่นอลูมิเนียม (Aluminium Foil) ยากต่อการย่อยสลาย ปัจจุบันมีการนำกลับมาใช้ผลิตเป็นเยื่อเวียนสำหรับผลิตกระดาษพิมพ์และเขียน (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2544) แต่ค่อนข้างยุ่งยาก และต้นทุนสูง เช่น การกระจายเยื่อ การแยกหมึกพิมพ์ และการฟอกขาวเยื่อ เป็นต้น และไม่สามารถใช้ประโยชน์จากสมบัติของกระดาษกล่องนมที่มีน้ำหนักเบา คงทน ยืดหยุ่นสูง และทึบน้ำได้ การนำกลับไปใช้ใหม่จึงควรนำไปใช้โดยตรง

การใช้เศษกระดาษกล่องนมเป็นมวลรวมในบล็อกประสานกากดินขาว จึงเป็นการใช้ประโยชน์จากเศษกระดาษกล่องนมที่เหมาะสมที่สุด ทั้งยังเป็นการบรรเทาปัญหาสิ่งแวดล้อม ลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการขนส่งดินขาวไปจำหน่ายยังพื้นที่อื่น สร้างรายได้ให้กับชุมชนรอบแหล่งดินขาว เป็นวัสดุก่อสร้างที่มีต้นทุนต่ำ สามารถใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย และเป็นการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1) เพื่อศึกษากระบวนการผลิตคอนกรีตบล็อกประสานมวลเบาจากหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษเหลือทิ้ง

2) เพื่อทราบอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการผลิตคอนกรีตบล็อกประสานมวลเบาจากหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษเหลือทิ้ง

3) เพื่อทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกประสานมวลเบาจากหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษเหลือทิ้ง

4) เพื่อทำการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตคอนกรีตบล็อกประสานมวลเบาจากหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษเหลือทิ้ง ให้แก่กลุ่มเป้าหมาย ชุมชน หน่วยงานภาครัฐ เอกชน และผู้สนใจทั่วไป

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1) ทำการวิจัยคอนกรีตบล็อกประสานมวลเบาจากหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษเหลือทิ้ง โดยใช้หน้าดินขาวของเหมืองแร่ในจังหวัดระนอง และใช้เศษกระดาษจากโรงงานขยะรีไซเคิล

2) ทำการหล่อคอนกรีตบล็อกประสานขนาด 10 x 10 x 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3) ทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของหน้าดินขาวตามมาตรฐาน ASTM D422-63 (1989) และ ASTM D854-92 (1997)

4) ทำการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของหน้าดินขาวด้วยวิธี XRF และถ่ายภาพอนุภาคหน้าดินขาวด้วย SEM โดยจ้างเหมาทดสอบจากบริษัทที่รับทดสอบ

5) ทำการทดสอบคุณสมบัติทางกลของคอนกรีตบล็อกประสานตามมาตรฐาน มผช.602-2547 (สมอ., 2547)

6) ทำการทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกประสานตามมาตรฐาน ASTM C177-97 (2001b)

7) ทำการผลิตตัวอย่างผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานจากหน้าดินขาว ณ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

8) ทดสอบการใช้งานผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานมวลเบาจากหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษเหลือทิ้ง ณ บริษัท อริยะสุทธิ อินเตอร์เทรด จำกัด อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี

9) จัดการอบรมสัมมนาเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีคอนกรีตบล็อกประสานมวลเบาจากหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษเหลือทิ้ง ให้กับกลุ่มเป้าหมาย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้อัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ หน้าดินขาว และเศษกระดาษ ของคอนกรีตบล็อกประสานที่เหมาะสม สามารถรับกำลังอัดได้ตามมาตรฐาน

2) ได้ทราบถึงคุณสมบัติทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติทางกลของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานมวลเบาจากหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษเหลือทิ้ง

3) เป็นข้อมูลและแนวทางในการประกอบอาชีพจากการผลิตคอนกรีตบล็อกประสานมวลเบาจากหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษเหลือทิ้ง โดยประชากรในชุมชน ตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง

4) สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัสดุเหลือทิ้งในแหล่งพื้นที่เหมืองแร่ดินขาว

5) สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้าง

6) เผยแพร่บทความในวารสารที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม

7) เผยแพร่ผลงานวิจัยในการประชุมสัมมนาวิชาการทั้งในประเทศและต่างประเทศ

8) ได้ความร่วมมือทางเครือข่ายงานวิจัยระหว่างมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น เหมืองแร่ และบริษัทฯ ผู้ผลิตและจำน่ายวัสดุก่อสร้าง

9) จัดสัมมนาถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับชุมชน และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ทั้งจัดสัมมนาถ่ายทอดเอง และร่วมกับโครงการอื่นๆ

10) คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

11) หน่วยงานที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ คือ หน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน และกลุ่มชุมชนในพื้นที่ที่สนใจทั่วไป

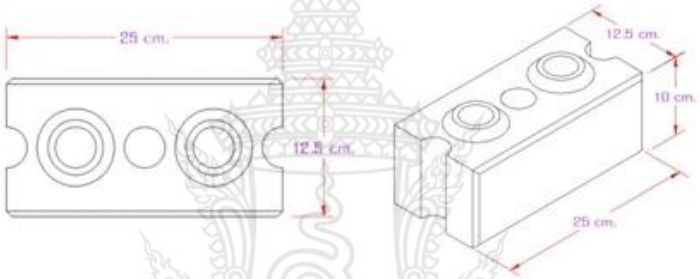
บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรม

2.1 อิฐบล็อกประสาน

อิฐบล็อกประสาน (Interlocking Block) คือ วัสดุก่อรับน้ำหนักที่ได้ทำการพัฒนารูปแบบให้มีรูและเดือยบนตัวบล็อก เพื่อให้สะดวกในการก่อสร้าง โดยเน้นการใช้วัตถุดิบในพื้นที่ ได้แก่ ดินลูกรัง หินฝุ่น ทราย หรือวัสดุเหลือทิ้งต่างๆที่มีความเหมาะสม นำมาผสมกับปูนซีเมนต์ และน้ำในสัดส่วนที่เหมาะสม อัดเป็นก้อนด้วยเครื่องอัดแล้วนำมาบ่ม ให้บล็อกแข็งตัวประมาณ 10 วัน จะได้คอนกรีตบล็อกที่มีความแข็งแกร่ง มีรูปลักษณะพิเศษ ที่สามารถใช้ในการก่อสร้างอาคารต่าง ๆ หรือก่อเป็นถังเก็บน้ำได้อย่างรวดเร็ว สวยงาม และประหยัดกว่างานก่อสร้างทั่วไป (วุฒินัย และนรา, 2553)

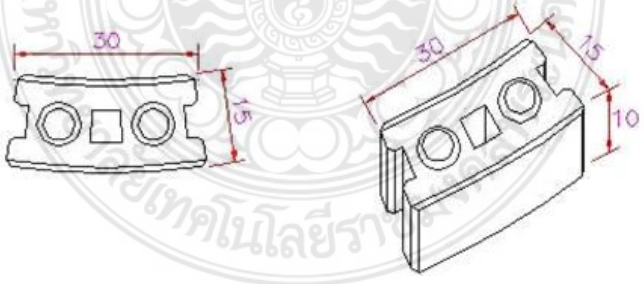
บล็อกประสานแบ่งการใช้งานเป็น 2 ประเภท เพื่อให้เหมาะกับการใช้งาน

1) บล็อกตรงหรือทรงสี่เหลี่ยมใช้สำหรับก่อสร้างอาคาร



รูปที่ 2.1 อิฐบล็อกประสานแบบตรง ขนาด 10x12.5x 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร

2) บล็อกโค้งใช้สำหรับก่อสร้างถังเก็บน้ำ



รูปที่ 2.2 อิฐบล็อกประสานแบบโค้งขนาด 10x15x30 ลูกบาศก์เซนติเมตร

2.2 การผลิตอิฐบล็อกประสานให้ได้คุณภาพ

ความแข็งแรงของอิฐบล็อกประสานนั้น หลักการคล้ายๆกับการรับกำลังอัดของดินซีเมนต์ (Soil Cement) โดยความสามรถในการรับกำลังอัด จะขึ้นอยู่กับคุณภาพของมวลรวม ขนาดคละ และปริมาณปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ถึงแม้ว่าบล็อกประสานจะถูกอัดด้วยเครื่องจักรที่มีกำลังสูง แต่ก็ยังคงมีช่องว่างระหว่างอนุภาคอยู่ และการเชื่อมประสานของปูนซีเมนต์ไม่ได้เติมเต็มช่องว่างระหว่างมวลดิน เช่น คอนกรีต แต่จะเกิดการเชื่อมประสานที่จุดสัมผัส และจะส่งถ่ายกำลังไปสู่อนุภาคของมวลดิน ดังนั้น ถ้าเรา

มีดินที่มีขนาดคละที่ดี และมีอนุภาคที่แข็งแกร่ง รวมถึงการผสมปูนซีเมนต์ให้เข้ากันอย่างทั่วถึงในปริมาณที่พอดี ทำให้ความสามารถในการรับกำลังอัดของบล็อกประสานสูงขึ้น (วุฒินัย และนรา, 2553)

2.3 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสาน

อิฐบล็อกประสาน เป็นผลิตภัณฑ์ที่ควบคุมโดยใช้มาตรฐานผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.602-2547 เรื่องอิฐบล็อกประสาน (สมอ., 2547) ซึ่งมีรายละเอียดที่สามารถสรุปได้ ดังนี้

1) ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

1.1) อิฐบล็อกประสาน หมายถึง อิฐบล็อกที่ได้จากการนำดินลูกรัง ผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสม อาจผสมวัสดุอื่นๆ เช่น หินฝุ่น ทราย กวนให้เข้ากัน เทลงในแบบพิมพ์ที่มีการออกแบบให้มีรูร่อง และเดือย อัดเป็นก้อน แล้วบ่มให้แข็งตัว

1.2) อิฐบล็อกประสาน ชนิดรับน้ำหนัก หมายถึง อิฐบล็อกประสานที่ใช้ก่อเพื่อรับน้ำหนักโครงสร้างอาคารได้ เช่น ก่อเสา ก่อผนัง

1.3) อิฐบล็อกประสาน ชนิดไม่รับน้ำหนัก หมายถึง อิฐบล็อกประสานที่ใช้ก่อผนังกั้นห้องหรือก่อส่วนอื่นภายในอาคารที่ไม่ใช่ส่วนที่ต้องรับน้ำหนักโครงสร้างอาคาร

2) อิฐบล็อกประสาน แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

2.1) ชนิดรับน้ำหนัก

2.2) ชนิดไม่รับน้ำหนัก

3) คุณลักษณะที่ต้องการ

3.1) ลักษณะทั่วไป ต้องไม่มีรอยแตกหรือร้าว อาจบิ่นได้เล็กน้อย

3.2) มิติ ต้องเป็นไปตามที่ระบุไว้ที่ฉลาก โดยแต่ละมิติมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 2 มิลลิเมตร

4) ความต้านแรงอัด

4.1) ชนิดรับน้ำหนัก ค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า 7.0 เมกะพาสคัล

4.2) ชนิดไม่รับน้ำหนัก ค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า 2.5 เมกะพาสคัล

5) การดูดกลืนน้ำ (เฉพาะชนิดรับน้ำหนัก) ต้องเป็นไปตามตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การดูดกลืนน้ำที่ยอมให้ของอิฐบล็อกประสานชนิดรับน้ำหนัก

น้ำหนักอิฐบล็อกประสานเมื่ออบแห้ง กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร	**การดูดกลืนน้ำสูงสุด เฉลี่ยจากอิฐบล็อกประสาน 5 ก้อน กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร**
1,680 และน้อยกว่า	288
1,681 ถึง 1,760	272
1,761 ถึง 1,840	256
1,841 ถึง 1,920	240
1,921 ถึง 2,000	224
มากกว่า 2,000	208

6) การบรรจุ

หากมีการบรรจุ ให้บรรจุอิฐบล็อกประสานในภาชนะบรรจุที่สามารถป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับอิฐบล็อกประสานได้

7) เครื่องหมายและฉลาก

ที่ฉลากหรือภาชนะบรรจุอิฐบล็อกประสาน อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(1) ชื่อผลิตภัณฑ์

(2) มิติ

(3) เดือน ปีที่ทำ

(4) ข้อแนะนำในการใช้และการดูแลรักษา

(5) ชื่อผู้ทำ หรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

8) การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

8.1) รุ่น ในที่นี้ หมายถึง อิฐบล็อกประสานที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

8.2) การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

(1) การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป มิติ การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลากให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 5 ตัวอย่าง เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามที่กำหนด จึงจะถือว่าอิฐบล็อกประสานรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

(2) การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบความต้านแรงอัด ให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ (1) แล้ว จำนวน 5 ตัวอย่าง เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามกำหนด จึงจะถือว่า อิฐบล็อกประสานรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

(3) การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบการดูดกลืนน้ำ ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 5 ตัวอย่าง เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามกำหนด จึงจะถือว่า อิฐบล็อกประสานรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

9) เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างอิฐบล็อกประสานต้องเป็นไปตามกำหนดทุกข้อ จึงจะถือว่า อิฐบล็อกประสานรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

10) การทดสอบ

10.1) การทดสอบลักษณะทั่วไป การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลากให้ตรวจพินิจ

10.2) การทดสอบมิติ ให้ใช้เครื่องวัดที่เหมาะสม

10.3) การทดสอบความต้านทานแรงอัดและการดูดกลืนน้ำ

ให้ใช้วิธีทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก. 57 และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก. 58

2.4 การคำนวณสมบัติที่สำคัญของอิฐบล็อกประสาน

1) ความต้านทานแรงอัด

$$\text{กำลังอัด (กก./ตร.ซม.)} = \frac{\text{แรงอัด (กิโลกรัม)}}{\text{พื้นที่หน้าตัดรวม (ตร.ซม.)}} \qquad (1)$$

2) ความต้านทานแรงดัด

การทดสอบความต้านทานแรงดัด หรือกำลังการรับแรงดัด เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM C 62-69 (2001a) โดยวางก้อนตัวอย่างบนที่รองรับ 2 จุด ซึ่งห่างกันเท่ากับ L และใช้น้ำหนักกระทำแบบจุดกระทำที่จุดกึ่งกลางระหว่างที่รองรับทั้งสอง ในการคำนวณกำลังรับแรงดัด จะคิดค่าโมเมนต์ความเฉื่อยจากบล็อกประสานทั้งก้อนโดยไม่หักช่องว่าง

$$M = \frac{PL}{4} \quad (2)$$

$$\text{กำลังรับแรงดัด} = \frac{MC}{I} \quad (3)$$

เมื่อ M คือ โมเมนต์ดัด (กก. - ซม.)

C คือ ระยะแกนสะเทินถึงผิวนอกสุดของบล็อกประสาน เท่ากับ 5 ซม.

I คือ โมเมนต์ความเฉื่อย เท่ากับ 1,666.67 ซม.^{3}

P คือ แรงที่กระทำต่ออิฐบล็อกประสาน (กก.)

L คือ ระยะระหว่างที่รองรับ เท่ากับ 6.67 ซม.

3) การหดตัวแห้งทางยาวของคอนกรีตบล็อก

$$\Delta L = L_1' - L_3' \quad (4)$$

$$L_{23} = L_X - (T_X - 23.0) \times G\Phi \quad (5)$$

$$s = \frac{\Delta L}{G} \times 100 \quad (6)$$

เมื่อ S คือ การหดตัวแห้งทางยาว (ร้อยละ)

ΔL คือ การเปลี่ยนแปลงมิติทางยาวของตัวอย่างเนื่องจากการทำให้แห้งจากสภาพอิ่มน้ำจนถึงสภาพสมดุล (ซม.)

G คือ ความยาวมาตรฐานก้อนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ ขนาด 20 ซม.

L_1 คือ ความยาวก้อนตัวอย่างในลักษณะอิ่มตัวผิวแห้ง (ซม.)

L_2 คือ ความยาวก้อนตัวอย่างเมื่อเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 50 $^\circ C$ 3 วัน (ซม.)

L_3 คือ ความยาวก้อนตัวอย่างครั้งสุดท้ายเมื่อเข้าเตาอบครบ 5 วัน (ซม.)

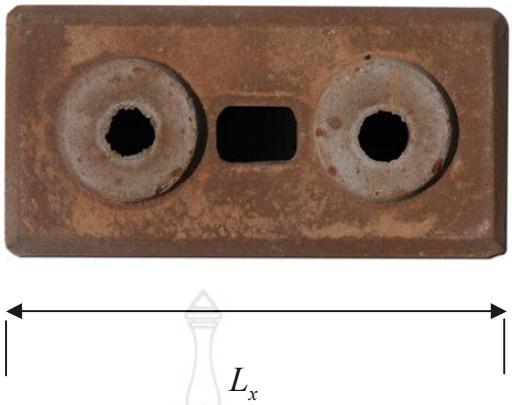
Φ คือ $12 \times 10^{-6} \, at \, 20^0 C$

L_{23} คือ ความยาวก้อนตัวอย่างที่อุณหภูมิ 23 $^\circ C$ (ซม.)

L_x คือ ความยาวก้อนตัวอย่าง ณ อุณหภูมิ T_x (ซม.)

T_x คือ อุณหภูมิขณะทดสอบ ($^\circ C$)

L_1', L_2', L_3' คือ ค่าความยาวหลังการปรับแก้อุณหภูมิ ตามสมการ (5)



รูปที่ 2.3 ความยาว L_x ของอิฐบล็อกประสาน

4) การดูดกลืนน้ำ และปริมาณความชื้น

การดูดกลืนน้ำ = $\frac{A-B}{A-C}\times 100$ (7)

$\frac{D-B}{B}\times 100 \le 0.2\%$ (8)

ปริมาณความชื้น = $\frac{W-B}{A-B}\times 100$ (9)

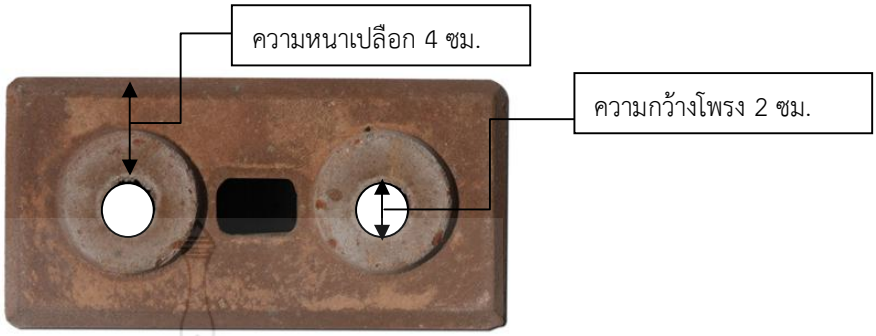
เมื่อ A คือ น้ำหนักของก้อนตัวอย่างเมื่อเปียก (กก.)
B คือ น้ำหนักของก้อนตัวอย่างเมื่ออบแห้ง 24 ชั่วโมง (กก.)
C คือ น้ำหนักของก้อนตัวอย่างเมื่อแขวนจมในน้ำ (กก.)
W คือ น้ำหนักของก้อนตัวอย่างปกติก่อนการทดสอบ (กก.)
D คือ น้ำหนักของก้อนตัวอย่างเมื่ออบแห้งมากกว่ากรณี B 2 ชั่วโมง (กก.)

5) การต้านทานความร้อน เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM C177-97 (2001a) ประกอบด้วย ค่าการต้านทานความร้อน (R)

R = $\frac{x}{k}$ (10)

เมื่อ R คือ ค่าการต้านทานความร้อน (ตารางเมตร.เคลวิน/วัตต์)
x คือ ความหนาของวัสดุ (เมตร)
k คือ ค่าการนำความร้อน (วัตต์/เมตร.เคลวิน)
$k_{อากาศ}$ คือ ค่า เท่ากับ 0.026 (วัตต์/เมตร.เคลวิน)

ค่าการต้านทานความร้อนรวม ($R_{รวม}$)



รูปที่ 2.4 ความกว้างของโพรง และความหนาของเปลือกของอิฐบล็อกประสาน

$$R_{รวม} = R_a + \frac{x_1}{k_1} \qquad (11)$$

เมื่อ R_a คือ ความต้านทานความร้อนของโพรงอากาศ (ตารางเมตร.เคลวิน/วัตต์)
x_1 คือ ความหนาของเปลือกบล็อก (เมตร)
k_1 คือ ค่าการนำความร้อนของบล็อก (วัตต์/เมตร.เคลวิน)

โดยความหนาของบล็อกประสานแต่ละด้านหนา เท่ากับ 4.0 ซม. และความกว้างของโพรงอากาศหรือเดือยของบล็อกประสานหนา เท่ากับ 2.0 ซม.

2.5 ปูนซีเมนต์

1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ตามมาตรฐาน ASTM C 150 The American Society for Testing Material ได้กำหนดให้เลือกใช้ตามความเหมาะสมกับงานก่อสร้างได้ 5 ชนิด (ชัชวาล, 2552) ดังนี้

1.1) ชนิด 1 Normal Portland Cement บางที่เรียก Standard Portland cement เป็นชนิดมาตรฐานเหมาะที่จะให้กับงานก่อสร้างทั่งไปโดยเฉพาะงานคอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforced Concrete) ในงานอาคาร สะพาน ผิวถนน ลานบิน และอื่นๆ ได้ ประเทศไทย ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราช้างตราพญานาค เศียรเดียวสีเขียว ตราเพชร และตราดอกบิกปูนซีเมนต์

1.2) ชนิด 2 Modified Portland cement เป็นชนิดที่ผลิตขึ้นเพื่อต้านทานเกลือซัลเฟต เมื่อปูนซีเมนต์มีปฏิกิริยากับน้ำ (Hydration) จะเกิดความร้อนต่ำ และเพิ่มขึ้นช้ากว่าปูนซีเมนต์ชนิด 1 เหมาะที่จะนำมาใช้กับงานคอนกรีตหลา (Mass Concrete) อุณหภูมิจะค่อยเพิ่มไม่ทำให้ เกิดความเสียหายเนื่องจากความร้อนในคอนกรีต ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราพญานาค 7 เศียร

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

1.4) ชนิด 4 Low – Heat Portland Cement เป็นปูนซีเมนต์ชนิดพิเศษ มีอัตราความร้อนต่ำและกำลังก็เพิ่มขึ้นช้า ๆ เหมาะที่จะเลือกใช้กับงานสร้างเขื่อนขนาดใหญ่

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

ตารางที่ 2.2 สารประกอบและคุณสมบัติของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ถึง 5

ข้อกำหนดทางเคมีเพิ่มเติม	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท				
	1	2	3	4	5
C_3S	49	46	56	25	43
C_2S	25	29	15	50	36
C_3A	12	6	12	5	5
C_4AF	8	12	8	12	13
ความละเอียด (เบลน,ตร.ซม/กรัม)	3000	3000	4500	3000	3000
กำลังอัด (3 วัน,กก/ซม)	180	150	310	80	120
ความร้อนปฏิกิริยา (28 วัน, จูล/กรัม)	400	330	430	270	310

หมายเหตุ กำลังอัดวัดจากลูกบาศก์มอร์ต้าร์ ขนาด 50 มิลลิเมตร

ส่วนปูนซีเมนต์ตราเสือ ตรางูเห่า และตรานกอินทรีย์ เป็นพวกซิลิก้าซีเมนต์ โดยนำทราย หรือหินบดให้ละเอียด ผสมเข้าไปในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิด ประมาณร้อยละ 25 – 30 เพื่อให้มีคุณสมบัติง่ายต่อการใช้งาน ลดการหดตัวเมื่อเกิดการก่อตัวของปูนซีเมนต์ ทำให้ไม่เกิดการแตกร้าว ราคาถูก เหมาะสำหรับอาคารเล็กและงานก่ออิฐฉาบปูน เพราะไม่รับกำลังมากนัก (วินิต, 2527)

2) องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประกอบด้วยออกไซด์หลัก (Major Oxides) และออกไซด์รอง(Minor Oxides) ออกไซด์หลักได้แก่แคลเซียมออกไซด์ (CaO), ซิลิก้า (SiO_2), อลูมินา (Al_2O_3) และเฟอริกออกไซด์ (Fe_2O_3) รวมกันได้กว่าร้อยละ 90 ส่วนที่เหลือเป็นออกไซด์รอง (Minor Oxide) ได้แก่ แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ออกไซด์ของอัลคาไล (Na_2O) และ (K_2O) ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) และยังมีส่วนประกอบของออกไซด์อื่นผสมอยู่บ้าง เช่น ไทเทเนียมออกไซด์ (TiO_2) และฟอสฟอรัสเพนตะออกไซด์ (P_2O_5) นอกจากนี้ยังมีสิ่งที่แปลกปลอมและส่วนประกอบอื่นซึ่งจะจัดรวมอยู่ในการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา (Loss on Ignition) และกากที่ไม่ละลายในกรดและด่าง (Insoluble residue) ออกไซด์เหล่านี้จะทำปฏิกิริยากันและรวมตัวกันอยู่ในรูปของสารประกอบที่มีรูปร่างต่างๆ ขึ้นอยู่ในรูปของสารประกอบที่มีรูปร่างต่างๆ ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบการเผาและการเย็นลงของปูนเม็ด ขนาดและรูปร่างของสารประกอบสามารถใช้กล้องจุลทรรศน์ธรรมดาส่องดู ได้สารประกอบที่สำคัญมีอยู่ 4 ชนิด คือ

2.1) ไตรแคลเซียมซิลิเกต (Tricalcium Silicate) $3CaO.SiO_2$ (C_3S)

2.2) ไดแคลเซียมซิลิเกต (Dicalcium silicate) $2CaO.SiO_2$ ($C2_S$)

2.3) ไตรแคลเซียมอลูมิเนต (Tricalcium Alumnate) $3CaO.Al_2O_3$ (C_3A)

2.4) เตตระแคลเซียมอลูมิโนเฟอร์ไรต์ (Tetracalcium Aluminoferrite) $4CaO.A1_2O.Fe_2O_3$(C_4AF)

3) คุณสมบัติของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ตามข้อกำหนดเพื่อการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM

ความต้องการที่เป็นข้อกำหนด เพื่อใช้สำหรับทดสอบตามมาตรฐานให้มีคุณสมบัติเทียบปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ได้ ดังนี้

3.1) ความละเอียด (Fineness) ASTM C 115 หรือ C 204 เป็นคุณสมบัติทางกายภาพ ซึ่งมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำ (Hydration) ปูนซีเมนต์ที่มีความละเอียดมากจะทำให้เกิดกำลังได้เร็ว เพียง 7 วันก็สามารถรับกำลังได้เต็มที่

3.2) ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ASTM C 188, C 204 การทดลองซีเมนต์ปอร์ตแลนด์พบว่าอยู่ในค่าเฉลี่ยประมาณ 3.12 ถึง 3.16 แต่ปูนซีเมนต์ตราเสือ 2.90 ตราเอราวัณ และตราช้าง 3.05 ค่าเหล่านี้จะนำไปใช้ประโยชน์ในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต (Mixed Design)

3.3) ความอยู่ตัว (Soundness) ASTM C 151 เป็นการทดสอบทางกายภาพ โดยการหาความสามารถในการแข็งตัวของซีเมนต์เพสท์ (Hardened Cement Paste) ที่คงอยู่ในสภาปริมาตรภายหลังการก่อตัวแล้ว

3.4) เวลาของการก่อตัว (Time of Setting) ASTM C 226 หรือ C 191 การก่อตัวเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของปูนซีเมนต์ที่เกี่ยวข้องกับเวลา เป็นความจำเป็น ที่จะต้องให้คอนกรีตอยู่ในสภาพเหลวนานพอที่จะทำการเท แต่งผิว ในช่วงเวลาดังกล่าว จึงต้องกระทำงานให้เสร็จก่อน การทดลองการก่อตัวได้แบ่งออกเป็น 2 ชั้น คือ การก่อตัวครั้งแรก (Intial set) การทดสอบไวแคท (Vicat) ใช้เวลาไม่น้อยกว่า 45 นาที แต่การทดสอบแบบกิลล์มอร์(Gilmore) ใช้เวลาไม่น้อยกว่า 60 นาที ส่วนการก่อตัวครั้งสุดท้าย (Final Set) เกิดขึ้นไม่น้อยกว่า 10 ซม. แต่ปูนซีเมนต์ตราช้างหรือตราเสือ มีเวลาก่อตัวครั้งแรก 90 นาที นับว่าให้ประโยชน์ที่จะลำเลียงคอนกรีตหรือปูนก่อ แม้กระทั่งการตกแต่งได้นานขึ้น

3.5) กำลัง (Strength) ASTM C 109 หมายถึง ความสามารถในการรับกำลังอัด (Compressive strength) ปูนซีเมนต์ในลักษณะที่เป็นคอนกรีตประการหนึ่ง กับการทดสอบกำลังอัดด้วยก้อนลูกบาศก์ของมอร์ต้าร์ (Mortar) ตามมาตรฐาน ASTM 109 โดยนำก้อนตัวอย่างทดลองไปกดตามอายุ 7 และ 28 วัน ผลลัพธ์จะเป็นการรับกำลังต่อหน่วยพื้นที่ เช่น กก./ตร.ซม. เป็นต้น ส่วนการทดสอบการรับแรงดึง (Tensile Strength) หล่อมอร์ต้าร์ รูปบริเคท (Briquettes) เป็นรูปโค้งหัวมน 2 ข้าง เพื่อการจับยึดตอนกลางมีพื้นที่ 1 ตร.นิ้ว มีการทดสอบ ตามมาตรฐาน ASTM C 190 และ BS 12 กำลังต่อหน่วยพื้นที่เช่นเดียวกัน

3.6) ความร้อนที่เกิดเนื่องจากปฏิกิริยากับน้ำ (Heat of Hydration) เป็นความร้อน ที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำ ในปูนซีเมนต์ธรรมดา (Normal) ชนิด 1 มีค่าระหว่าง 85 -100 แคลอรี่ต่อกรัม ส่วนปูนซีเมนต์ (Low – Heat) ชนิดIV เกิดความร้อนขึ้นประมาณ 60 – 70 แคลอรี่ต่อกรัม เมื่อเกิดความร้อนสะสมมากขึ้นเป็นอันตรายต่อคอนกรีต จึงได้มีการควบคุมความร้อน โดยใช้น้ำแข็งทำให้มวลรวมเย็นลง แต่ในการหล่อคอนกรีต เขื่อนใหญ่ ๆ ใช้ท่อน้ำเย็น (Cooling Pipe) วิ่งผ่าน นอกจากนี้อาจต้องปรับจำนวนไตรแคลเซียมซิลิเกตและไตรแคลเซียมอลูมิเนตด้วย เป็นต้น

3.7) การทดสอบความข้นเหลว (Consistency test) โดยการทดลองใส่น้ำลงร้อยละ 25 โดยน้ำหนักในปูนซีเมนต์จำนวน 500 กรัม แล้วนำเครื่องทดลองไวแคทด้านที่เรียก Plunger มาปล่อยในซีเมนต์เพสท์ให้จมในเวลา 30 วินาที อ่านค่าทรุดตัว (Penetration) เป็น มม. จากนั้นเพิ่มน้ำขึ้น 1-2 ลบ.ซม. จนกระทั่งน้ำรวมทั้งสิ้นที่ทดลองผสมประมาณร้อยละ 30 นำค่า มาเขียนกราฟเส้นนอน เป็นระยะการทรุดตัวของ Plunger ด้านตั้งเป็นจำนวนน้ำ ลบ.ซม. (CC) ให้ลากเส้น จากส่วนการทรุดตัวที่ 10 มม. ไปสัมผัสกับเส้นโค้งในกราฟ แล้วขีดเส้นฉากไปทางเส้นตั้งที่แสดงจำนวนน้ำที่ใส่คิดเป็นร้อยละ จากนั้นก็เอาจำนวนน้ำ ตั้ง แล้วหารด้วยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ (ตราเดียวกัน) คูณด้วย 100 ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นจำนวน ร้อยละของน้ำที่พอดี สำหรับความข้นเหลวที่พอเหมาะ เพื่อความแข็งแรงมากที่สุด

4) ปูนซีเมนต์ที่ผลิตในประเทศไทย

ในการก่อสร้างอาคาร ถนน ลานบิน สะพาน เขื่อน และอื่นๆ ที่กำลังสร้างอยู่ในปัจจุบัน เกิดขึ้นจากการใช้ปูนซีเมนต์ที่ผลิตในประเทศไทยทั้งสิ้น เว้นแต่บางปีการผลิตปูนซีเมนต์ไม่ทันกับการใช้ จึงต้องสั่ง

ปูนซีเมนต์จากต่างประเทศเข้ามาใช้ เช่น ปัจจุบันก็มีปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิด 1 ได้ส่งเข้ามาสมทบกับปูนซีเมนต์ที่ผลิตในประเทศใช้ตราดอกจิกซึ่งสั่งจากไต้หวันโดยสามบริษัทผู้ผลิตปูนซีเมนต์ร่วมกัน แต่ละบริษัทได้กำหนดปูนซีเมนต์ไว้ ดังนี้

4.1) บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด เป็นบริษัทแรกที่ผลิตเมื่อ 14 มิถุนายน 2456 (68 ปีมาแล้ว) ปัจจุบันมีผลิตอยู่ 4 ตราดังนี้

- ปูนซีเมนต์ตราเสือ บางทีเรียก ซิลิก้าซีเมนต์ เป็นการนำทรายบดเข้าผสม กับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (ตราช้าง) ด้วยอัตราร้อยละ 30 เพื่อช่วยลดการหดตัว ทำให้ผิวไม่แตกร้าวและลดราคาก่อสร้างลง ทั้งให้กำลังต่ำเหมาะสมกับงานที่ไม่ต้องการ ความแข็งแรงมานัก เช่น หล่อกระเบื้องปูพื้น การผสมทำปูนก่อ – ฉาบ การหล่อคอนกรีตทางเดินภายในอาคารเป็นต้น

- ปูนซีเมนต์ตราช้าง เป็นปูนซีเมนต์ที่มีคุณสมบัติเทียบได้กับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ตามมาตรฐาน ASTM C 150 -58 ของอเมริกา หรือ BS 12 ของอังกฤษ เป็นปูนซีเมนต์เนื้อแท้ ที่ใช้ทำงานก่อสร้างทั่วไป มีความแข็งแรงเต็มที่ เวลาการแข็งตัวก็เป็นไปอย่างปกติ เหมาะที่ใช้กับการรับกำลังในโครงสร้าง เช่น หล่อคอนกรีตของฐานราก คาน เสา และโครงหลังคา เป็นต้น

- ปูนซีเมนต์ตราเอราวัณ เป็นปูนซีเมนต์แข็งตัวได้เร็ว มีอายุของคอนกรีตเพียง 7 วัน ก็มีความแข็งแรงเท่ากับการใช้ปูนซีเมนต์ตราช้างที่มีอายุ 28 วัน เหมาะที่ใช้กับงานเร่งด่วน อาจเป็นการเทพื้นถนนที่มียวดยานคับคั่ง หรือลานบิน หรืออาคารที่ต้องการความแข็งแรงอย่างรวดเร็ว

- ปูนซีเมนต์ตราช้างเผือก ใช้เพื่อตกแต่งและการทำหินขัด หินล้าง หินปู กระเบื้องเคลือบ กระเบื้องโมเสด และงานทางสถาปัตยกรรมอื่น ๆ

4.2) บริษัทชลประทานซีเมนต์ จำกัด เบื้องต้นก็ผลิต เพื่อการก่อสร้างเขื่อน และงานของกรชลประทานเท่านั้น ต่อมาก็ขยายงานออกใช้ทั่วไปดังนี้

- ตรางูเห่า เป็นปูนซีเมนต์ที่นำหินบดเข้าผสมมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับตราเสือ
- ตราพญานาคเศียรเดียวสีเขียว มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับตราช้าง
- ตราพญานาคเศียรเดียวสีแดง เป็นปูนซีเมนต์แข็งตัวเร็วเช่นเดียวกับตราเอราวัณ
- ตราพญานาค 7 เศียร เทียบได้กับปูนซีเมนต์ชนิด 2 ของ ASTM
- ตราปลาฉลาม เป็นปูนซีเมนต์ต้านทานเกลือซัลเฟต เหมาะที่ใช้กับงานสร้างใกล้ทะเลหรือบริเวณเขื่อนที่ต้องสัมผัสกับน้ำเค็ม เทียบได้กับปูนซีเมนต์ชนิด 5 ของ ASTM

4.3) บริษัทปูนซีเมนต์นครหลวง จำกัด มี 3 ตราดังนี้

- ตรานกอินทรีย์ เทียบได้กับตราเสือ
- ตราเพชร เทียบได้กับตราช้าง
- ตราสามเพชร เทียบได้กับตราเอราวัณ

2.6 คอนกรีต

คอนกรีต คือ วัสดุก่อสร้างชนิดหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบันเพราะเป็นวัสดุที่มีความเหมาะสมทั้งด้านราคาและคุณสมบัติต่างๆ คอนกรีตประกอบด้วยส่วนผสม 2 ส่วน คือ วัสดุประสาน ได้แก่ ปูนซีเมนต์กับน้ำ ผสมกับวัสดุผสม ได้แก่ ทราย หิน หรือกรวดเมื่อนำมาผสมกันจะคงสภาพเหลวอยู่ช่วงเวลาหนึ่งพอที่จะไปเทลงในแบบหล่อที่มีรูปร่างตามต้องการ หลังจากนั้นจะแปรสภาพเป็นของแข็งมีความแข็งแรง และสามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้นตามอายุของคอนกรีตที่มากขึ้น

องค์ประกอบของคอนกรีต ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ หิน ทราย และน้ำ โดยเมื่อนำส่วนผสมต่างๆ เหล่านี้มาผสมกันจะมีชื่อเรียกเฉพาะ (ชัชวาล, 2540) ดังนี้

1) ปูนซีเมนต์ ผสมกับ น้ำ เรียกว่า ซีเมนต์เพสต์ (Cement Paste)

2) ซีเมนต์เพสต์ ผสมกับ ทราย เรียกว่า มอร์ต้าร์ (Mortar)

3) มอร์ต้าร์ ผสมกับ หินหรือกรวด เรียกว่า คอนกรีต (Concrete)

หน้าที่และคุณสมบัติของส่วนผสมที่ใช้ในคอนกรีตสามารถสรุปได้ ดังนี้

1) ซีเมนต์เพสต์ ทำหน้าที่เสริมช่องว่างระหว่างมวลรวม หล่อลื่นคอนกรีตสดขณะเท ให้กำลังแก่คอนกรีตเมื่อคอนกรีตแข็งตัว รวมทั้งป้องกันการซึมผ่านของน้ำ

2) มวลรวม ทำหน้าที่เป็นตัวแทรกประสานราคาถูกที่กระจายอยู่ทั่วซีเมนต์เพสต์ ช่วยให้คอนกรีตมีความคงทน ปริมาตรไม่เปลี่ยนแปลงมาก

3) น้ำ ใช้ล้างวัสดุมวลรวมต่างๆ ใช้ผสมทำคอนกรีต ใช้บ่มทำคอนกรีต ก่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่น กับปูนซีเมนต์ ทำหน้าที่หล่อลื่นเพื่อให้คอนกรีตอยู่ในสภาพเหลวสามารถเทได้ เคลือบ หิน ทรายให้เปียกเพื่อให้ซีเมนต์เพสต์จะสามารถเข้าเกาะได้โดยตรง

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

2.7 หน้าดินขาว

หน้าดินขาว เป็นวัสดุที่เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตดินขาวเพื่ออุตสาหกรรม ซึ่งมีปริมาณมากและเป็นปัญหาในการกำจัดของเหมืองแร่ กระบวนการผลิตดินขาวมีหน้าดินในเหมืองแร่ดินขาวซึ่งมีความลึกตั้งแต่ผิวดินลงไปจนถึงความลึกประมาณ 3 เมตร โดยในเหมืองแร่จะมีสายแร่ที่มีความกว้างประมาณ 1 กิโลเมตร ยาวประมาณ 10 กิโลเมตร ซึ่งคิดเป็นเนื้อดินประมาณ 30 ล้านลูกบาศก์เมตร หน้าดินขาวเกิดจากการผุพังของหินแกรนิตเป็นส่วนใหญ่ โดยมีองค์ประกอบหลัก คือ อลูมีน่า (Al_2O_3) และซิลิกา (SiO_2) ที่เหลือเป็นแร่ธาตุต่างๆ เช่น แคลเซี่ยม ควอร์ต และเฟลสปาร์ ดังนั้นจากองค์ประกอบที่มีอยู่จึงน่าจะมีคุณสมบัติในการเป็นวัตถุดิบของบล็อกประสานได้ การวิจัยนี้ได้นำหน้าดินขาวจากจังหวัดระนอง มาเป็นวัสดุที่นำมาทดแทนปูนซีเมนต์ ในการผลิตบล็อกประสาน โดยความลึกของชั้นหน้าดินขาวแต่ละแหล่งในประเทศไทยมีดังนี้

ตารางที่ 2.3 ความหนาของชั้นหน้าดินขาวกับชั้นดินขาว (กรมทรัพยากรธรณี, 2548)

พื้นที่	แหล่งดินขาว	ความหนาชั้นหน้าดินขาว (เมตร)	ความหนาชั้นดินขาว (เมตร)
ภาคเหนือ	จังหวัดเชียงใหม่		
	แหล่งบ้านแม่หยวก อำเภอเมือง	0.5	มากกว่า 3.5
	จังหวัดพะเยา		
	แหล่งบ้านต๋อมดง อำเภอเมือง	0.5	มากกว่า 0.5
	จังหวัดลำปาง		
	แหล่งบ้านกล้วยหลวง อำเภอเมือง	0.5	6
	จังหวัดอุตรดิตถ์		
	แหล่งบ้านวังยาง อำเภอเมือง	1	5
ภาคกลาง	จังหวัดนครนายก		
	แหล่งเขากระเหรี่ยง อำเภอเมือง	2	4
	จังหวัดนครนายก		
	บ้านคลองเสือโตน อำเภอเมือง	1.25	4
ภาคตะวันออก	จังหวัดปราจีนบุรี		
	แหล่งโคกไม้ลาย อำเภอเมือง	1	3
	จังหวัดระยอง		
	แหล่งเขาทับกลาง อำเภอแกลง	3	ไม่ต่ำกว่า 2
	แหล่งบ้านชำมะกอก อำเภอแกลง	0.5	3.5
	จังหวัดจันทบุรี		
	แหล่งเขาดัน อำเภอท่าใหม่	0.5	0.5
	แหล่งบ้านสามหนาด อำเภอท่าใหม่	1	1
	จังหวัดตราด		
	แหล่งบ้านแหลมไทร อำเภอเมือง	0.3	ไม่ต่ำกว่า 0.5
ภาคใต้	จังหวัดระนอง		
	แหล่งบางริ้น อำเภอเมือง	0.06	3-5
	จังหวัดสุราษฎร์ธานี		
	แหล่งห้วยใหญ่ อำเภอนาสาร	4	1-5

2.8 ประวัติการค้นพบดินขาว

ดินขาวหรือเคโอลิน (kaolin) คือ ดินที่มีสีขาวเป็นแร่ธรรมชาติที่เกิดจากการผุผังและสลายตัวทางเคมีของหินบางชนิด ประกอบด้วยแร่ดินในกลุ่มแร่เคโอลิไนต์ (kaolinite group) เป็นส่วนสำคัญเมื่อบริสุทธิ์ จะมีสีขาวแต่มีสีอื่นเมื่อมีมลทิน เช่น ถ้าเกิดปนกับเหล็กออกไซด์ตามขั้นตอนต่างๆของการออกซิเดชั่น (oxidation) เมื่อเผาแล้วจะได้ผลิตภัณฑ์สีแดงเรียกดินเหล่านี้ว่า red burning clay หรือคาโอลินแดง (red kaolinitic clay) ถ้าเกิดปนกับสารอินทรีย์ (เหล็กออกไซด์ปน) และมักเกิดในแอ่งที่ลุ่มน้ำขัง จะทำให้แร่ดินมีสีดำเรียกว่า บอลเคลย์ (ball clay) นอกจากนี้ยังประกอบด้วยแร่อื่นๆอีกเช่น ควอตซ์ (quartz) แคลไซต์ (calacite) เฟลสปาร์ (feldspar) และพวกโลหะแอลคาไล (alkali metal) รวมทั้งมีสารประกอบพวกไทเทเนียม (titanium) ปนอยู่ด้วย (กรมทรัพยากรธรณี, 2548)

จากการสำรวจแหล่งดินขาวในประเทศไทย พบว่ามีแหล่งดินขาวอยู่ในพื้นที่หลายจังหวัด ได้แก่ เชียงราย เชียงใหม่ ลำปาง แพร่ ตาก สุโขทัย อุตรดิตถ์ ลพบุรี ปราจีนบุรี ระยอง ระนอง นครศรีธรรมราช และนราธิวาส ปรากฏว่าดินขาวแต่ละแหล่ง มีคุณสมบัติที่ต่างกันจึงมีประโยชน์ในการใช้งานที่ต่างกัน (ดนุพล, 2553)

ประโยชน์ในการใช้งานจึงแตกต่างกันไปตามคุณภาพของดินแหล่งนั้นๆ ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมเซรามิกซ์ เครื่องสุขภัณฑ์ อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา อุตสาหกรรมยาง กระดาษ สี และปุ๋ย เป็นต้น เนื่องจากประโยชน์ของดินขาวในอุตสาหกรรมต่าง ๆ มีมาก และมีปริมาณความต้องการวัตถุดิบดินขาวจึงเพิ่มมากขึ้นด้วยจึงจำเป็นต้องหาแหล่งวัตถุดิบที่มีคุณภาพเหมาะสมมาในอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ ก่อนการนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรมแต่ละประเภท จึงต้องมีการตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของเนื้อดิน เพื่อจะได้ทราบว่าดินขาวเหล่านั้นเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมใดบ้าง

ดินขาวถูกค้นพบครั้งแรกที่ประเทศจีน จึงถูกเรียกชื่อตามแหล่งที่พบครั้งแรก คือ kaoling หรือ kaolin การค้นพบดินขาวในจีนนำไปสู่การค้นหาดินขาวในยุโรป โดยชาวฝรั่งเศสในจีนนำดินขาวจากจีนไปเป็นตัวอย่าง ต่อมาจึงได้พบดินขาวในเยอรมัน ฝรั่งเศส และอังกฤษ ตามลำดับดินขาวในอังกฤษเป็นดินขาวแหล่งใหญ่และลึกที่สุดและมีคุณภาพที่สุด ซึ่งเป็นแหล่ง cornwall โดยเกิดในกรวยขนาดใหญ่ภายในหินแกรนิต และมีธาตุเหล็กน้อยเพราะไม่ได้เกิดจากการผุพังเป็นดินขาวร่วน มีสีขาวผ่องมีความเหนียวและมีเนื้อละเอียดมาก สำหรับประเทศไทยดินขาวหาดส้มแป้นจังหวัดระนองเป็นดินขาวเคโอลิน (kaolin) แห่งแรกที่ถูกค้นพบมีคุณลักษณะเช่นเดียวกับดินขาวจากแหล่ง cornwall ของประเทศอังกฤษเป็นดินขาวที่เกิดจากการเปลี่ยนภาพของหินแกรนิตด้วยก๊าซต่างๆ (pneumatolytic process) โดยดินขาวที่ค้นพบนี้จะพบได้โดยทั่วไปตามเทือกเขาหินแกรนิตต่างๆ (ดนุพล, 2553)

2.9 แหล่งกำเนิดดินขาว

หินเป็นแหล่งกำเนิดของดินขาว เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของอะลูมิเนียมซิลิเกต (complexaluminum silicate) ในระหว่างเกิดการผุผังหินพวกนี้จะถูกไฮโดรไลซ์ (hydrolyze) ธาตุพวก alkali และalkali earth จะรวมตัวกันเป็นเกลือละลายน้ำได้ ส่วนสารที่เหลืออยู่จะประกอบไปเป็นสารเชิงซ้อนของอะลูมิเนียมซิลิเกตที่มีน้ำผลึก (hydrated aluminum silicate) ที่มีองค์ประกอบและโครงสร้างต่างๆกันหินที่เป็นแหล่งกำเนิดของดินขาวได้แก่ เฟลด์สปาร์ (feldspar) การกำเนิดดินขาวแบ่งออกเป็น 3 แบบ ดังนี้

- แบบเกิดผุพังอยู่กับที่ (residual deposit) เกิดจากการผุพังหรือการแปรสภาพของแร่และหินมักพบในลักษณะเป็นภูเขา หรือที่ราบเป็นแหล่งแร่เฟลด์สปาร์ (feldspar) เมื่อเกิดการผุพังตามธรรมชาติหรือแปรสภาพโดยน้ำฝน น้ำบาดาล หรือก๊าซภายในโลกผลสุดท้ายจะได้ดินขาวซึ่ง ดินขาวจากแหล่งนี้มักพบว่ามีซิลิกา เฟลด์สปาร์ และอื่นๆปนอยู่ด้วย แหล่งดินชนิดนี้พบในประเทศไทยหลายแห่ง เช่น อำเภอแจ้ห่ม จังหวัดลำปาง อำเภอบางละอุ่น หาดส้มแป้น จังหวัดระนอง โดยดินขาวแหล่งนี้ มักพบในเขตภูเขาหรือที่ราบซึ่งมีกระบวนการเกิดดินขาว ดังนี้

- ปฏิกิริยาไฮโดรไลสิส (Hydrolysis)

$$KAlSi_3O_8 + H_2O \quad \text{----------} > \quad HAlSi_3O_8 + KOH \qquad (12)$$

- ปฏิกิริยาการสลายตัวให้ซิลิกา (Desilication)

$HAlSi_3O_8$ ----------> $HAlSiO_4 + 2SiO_2$ (13)

- ปฏิกิริยาการรวมตัวกับน้ำ (Hydration)

$2HAlSiO_4 + H_2O$ ----------> $(OH)_4Al_2Si_2O_5$ (14)

$KAlSi_3O_8$ = หินฟันม้าชนิดโปแตช (Potash Feldspar)
$(OH)_4Al_2Si_2O_5$ = ดินขาว (Kaolinite)

- แบบพัดพาไปสะสมตัว (sedimentary deposit) เกิดจากอนุภาคของดินขาวจากแหล่งต้นกำเนิดถูกพัดพาออกไปจากแหล่งเดิม โดยกระแสน้ำ ธารน้ำแข็ง หรือลม แล้วไปสะสมในบริเวณที่ลุ่ม โดยตกตะกอนทับถมเป็นชั้นๆตามขนาดอนุภาคของดิน ดินขาวที่เกิดแบบนี้จึงมีความบริสุทธิ์กว่าดินขาวที่เกิดแบบผุพังอยู่กับที่ แหล่งดินชนิดนี้ในประเทศไทยพบที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี และจังหวัดนครศรีธรรมราช

- แบบที่เกิดจากน้ำแร่เข้าไปแทนที่ในหิน (hydrothermal replacement) เกิดจากการที่หินอัคนีเย็นตัวน้ำแร่จะไหลซึมเข้าไปในรอยแตก หรือช่องว่างที่มีอยู่ในหินน้ำแร่จะละลายธาตุบางส่วนที่มีอยู่ในหินเดิมออกไป ธาตุและสารประกอบใหม่ที่อยู่ในน้ำแร่จะเกิดการตกผลึกเป็นแร่ชนิดใหม่ การกำเนิดแบบนี้จะขึ้นกับองค์ประกอบที่เหมาะสมหลายประการ เช่น อุณหภูมิ ความดันและความเป็นกรดหรือด่างของน้ำแร่

ดินขาวที่เกิดขึ้นในแต่ละแหล่งจะมีความบริสุทธิ์มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ดังนี้

- ความบริสุทธิ์ของหินต้นกำเนิดเดิม (parent rock)
- ความสมบูรณ์ของการผุสลายของหินที่เป็นขั้นตอนอย่างสมบูรณ์
- ปริมาณของมลทิน (impurity) ถ้าหากมลทินถูกละลายออกไปได้มาก ดินขาวที่ได้จะมีความบริสุทธิ์สูง
- ปริมาณของมลทินจากบริเวณอื่น ที่ถูกพัดพามาสะสมหากมีมากก็ทำให้ดินขาวมีความบริสุทธิ์น้อยลง

2.10 คุณสมบัติทางเคมีของดินขาว

ดินขาวเมื่อบริสุทธิ์จะมีสีขาวประกอบผลึกเล็กๆของแร่คาโอลิไนต์ (kaolinite) มีสูตรทางเคมี คือ $AL_2O_3.2SiO_2.2H_2O$ โดยมีส่วนประกอบทางเคมี ดังนี้

ซิลิกา (SiO_2)	46%
อะลูมินา (Al_2O_3)	40%
น้ำ (H_2O)	14%

ดินขาวมีโครงสร้างแบบ phyllsilicate คือ เป็นแผ่น ๆ ชนิด 1:1 แต่ละแผ่นวางตัวไม่สมมาตรกัน (unsymetry) โดยแผ่นซิลิกาเตตตระฮีดรัล (silica tetrahe) อีกด้านหนึ่ง เมื่อนำมาประกันเป็นแร่เคโอลิไนต์ จะมีรูปผลึกแบบ Triclinic ตรงกลางของแผ่นออกตะฮีดรัลจะมีอนุมวลบวก (cation) อยู่เช่น AL^{3+},Fe^{3+},Ca^{2+},Mg^{2+}

ตารางที่ 2.4 องค์ประกอบของดินขาวในประเทศไทย (ร้อยละ) (ดนุพล, 2553)

องค์ประกอบเคมี	จ.เชียงใหม่	จ.อุตรดิตถ์	จ.ลำปาง	จ.ระนอง
ซิลิกา	44.5	65	61.7	48.6
อะลูมินา	38.2	17	25.8	36.4
เฟอร์ริกออกไซด์	0.8	1.6	1.5	0.94
ไทเทเนียมไดออกไซด์	0.2	0.1	-	0.02
แคลเซียมไดออกไซด์	0.1	0.07	0.73	0.08
โพแทสเซียมไดออกไซด์	0.8	4.2	4.38	2
โซเดียมออกไซด์	-	-	0.83	0.19
แมกนีเซียมไดออกไซด์	-	1.66	0.64	-
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	14.2	ไม่ระบุ	4.31	11.73

จากตารางที่ 2.4 ดินขาวจากต่างแหล่งมักมีส่วนประกอบต่างกันออกไป เนื่องจากโครงสร้าง ของดินขาวมีการแทนที่ของธาตุซึ่งเป็นอนุมูลบวกต่างกัน ดินขาวที่มีคุณภาพสูงจะพบแต่ Al^{3+} เท่านั้น นอกจากนี้ยังมีสารประกอบของแร่อื่น ๆ ปนอยู่ด้วย เช่น ควอตซ์ (quartz) เฟลด์สปาร์ (feldspar) ฮีมาไทดต์ (hematite) ฟลูออไรด์ (fluorite) แมกนีไทต์ (magnetite) ไพไรต์ (pyrite) รูไทล์ (rutile) เป็นต้น

2.11 คุณสมบัติทางกายภาพของดินขาว

ดินขาวมีจุดหลอมเหลวประมาณ 1,785 องศาเซลเซียส มีความแข็ง 2.0-2.5 ความถ่วงจำเพาะ 2.6 ความเหนียวน้อยเมื่อผสมน้ำมีความเหนียว (plasticity) ประมาณ 25-40% (ปริญญา และเจริญชัย, 2550) นอกจากนี้คุณสมบัติของดินขาวที่ควรศึกษาก่อนนำไปใช้ประโยชน์ต่างๆ มีดังนี้ คือ

1) ขนาดของอนุภาค (particle size) ขนาดของอนุภาคดินจะมีผลต่อความเหนียวและการหดตัวของดินเมื่อแห้ง (drying shrinkage) ดินเม็ดละเอียดจะให้ความเหนียว และการหดตัวเมื่อแห้งมากกว่าดินเม็ดหยาบดินเม็ดหยาบจะมีความเหนียวน้อย

2) รูปร่างของอนุภาค (particle shape) รูปร่างของแร่คาโอลิไนต์ โดยทั่วไปจะเป็นแผ่นหกเหลี่ยม (hexagonal plates) ควรมีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.05-10.0 ไมครอน

3) คุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนอนุมูล (base exchange capacity) ปกติดินขาวที่บริสุทธิ์จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงอนุมูล หรือการดูดซึมซับอนุภาคและโมเลกุลอื่นๆ แต่ถ้าไม่บริสุทธิ์จะเกิดการแลกเปลี่ยนอนุมูล หรือดูดซับเอาผลึกแร่ที่มีขนาดเล็กไว้ที่ผิว

4) คุณสมบัติเมื่อแห้ง (drying property) ดินขาวที่บริสุทธิ์จะมีการหดตัวเมื่อแห้ง (drying shrinkage) ไม่สูงนัก ดินขาวที่มีเม็ดละเอียดจะมีค่าการหดตัวมากกว่าเม็ดหยาบ

5) คุณสมบัติด้านความแข็งแรง ความแข็งของเนื้อดินเมื่อแห้งและหลังจากการเผาถ้ามีความแข็งแรงของเนื้อดินสูงจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการแตกหักน้อยและแข็งแรงทนทาน

6) คุณสมบัติหลังการเผา (firing property) เมื่อเผาแล้วจะมีการหดตัวมากน้อยเพียงใด สีของเนื้อดินที่ได้หลังจากการเผาเป็นไปตามต้องการของตลาดหรือไม่ เช่น มีสีขาวเมื่อไปทำผลิตภัณฑ์จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีราคาแพงกว่าสีครีมหรือสีน้ำตาล

2.12 แหล่งดินขาวในประเทศไทย

ดินขาวจะพบอยู่มากมายหลายแหล่ง แต่ละแห่งอาจมีคุณสมบัติแตกต่างกันออกไป แหล่งดินขาวที่สำคัญในประเทศไทย (ดนุพล, 2553) มีดังนี้

1) แหล่งดินขาวจังหวัดระนอง เป็นแหล่งดินที่เกิดในลักษณะ residual deposit เกิดจากกระบวนการก๊าซร้อน(pneumatolytic process) เข้าไปเปลี่ยนสภาพหินเดิมโดยเฉพาะแร่เฟลสปาร์ ได้ถูกก๊าซร้อนดังกล่าวซึ่งมีสภาพเป็นกรดดึงเอาธาตุ Na,K,Ca และซิลิกาออกจากแร่ทำให้เปลี่ยนสภาพกลายเป็นคาโอลิไนต์ บริเวณที่พบแหล่งดินขาวเช่น ตำบลหาดส้มแป้น ตำบลบางริ้นอำเภอเมือง ตำบลบางพระ กิ่งอำเภอละอุ่น ดินขาวจากแหล่งต่าง ๆ ใน 3 ตำบลนี้มีคุณภาพใกล้เคียงกันคือ ดินมีสีขาว เนื้อดินร่วนซุย เวลาล้างจมตัวเร็ว เนื่องจากเนื้อดินหยาบ ในการทดสอบดินขาวที่จังหวัดระนองจำนวน 15 ตัวอย่างมีปริมาณ SiO_2 44.85-48.61% , Al_2O_3 34.13-39.30%, ปริมาณ Fe_2O_3 และ TiO_2 ค่อนข้างต่ำ จึงเหมาะสำหรับงานอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาชนิดสีขาว

2) ดินขาวจังหวัดลำปาง ดินขาวแบบนี้เกิดแบบ residual deposit เนื่องจากการสลายของแร่เฟลด์สปาร์ที่อยู่ในหินไรโอไลต์ ลักษณะเนื้อดินแน่น แตกต่างไปจากดินขาวจังหวัดระนอง และจังหวัดนราธิวาส ดินขาวที่เกิดแบบนี้มักจะมีเม็ดควอตซ์ปนอยู่มากบริเวณที่พบคือ บริเวณปากค่า ตำบลบ้านสา อำเภอแจ้ห่ม จากการทดสอบตัวอย่างหินจากจังหวัดลำปาง 35 ตัวอย่าง มีปริมาณ SiO_2 63.04-76.76%, Al_2O_3 13.10 - 23.92% ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก

3) แหล่งดินขาว จังหวัดปราจีนบุรี ดินขาวแหล่งนี้เกิดแบบ residual deposit ประกอบด้วยแร่เคโอลิไนต์เป็นส่วนใหญ่ และมีควอตซ์ปนดินมีลักษณะขาวเหนียว สีไม่ขาวจัด พบที่บ้านโคกไม้ลาย และบ้านหนองใหญ่ อำเภอเมือง จากการทดสอบตัวอย่างหินจังหวัดปราจีนบุรี 10 ตัวอย่างมีปริมาณ SiO_2 45.54-53.99%, $Al_2O_3$17.61%-39.01% เป็นส่วนผสมในอุตสาหกรรมวัสดุทนไฟ และนิยมใช้ทำฟิลเลอร์หรือสารเติมในอุตสาหกรรมปุ๋ยผสม

4) แหล่งดินขาวจังหวัด อุตรดิตถ์ ดินขาวแบบนี้เกิดแบบ residual deposit ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของ rhyolitic tarff ประกอบด้วย คาโอลิไนต์ ควอตซ์ และอิลไลต์ ดินมีสีขาวมาก มีสิ่งเจือปนคือหินและทราย พบที่ตำบลวังยาง อำเภอ เมืองจากการทดสอบตัวอย่างจากจังหวัดอุตรดิตถ์ ทั้งหมด 15 ตัวอย่าง มีปริมาณ SiO_2 63.75-77.56%, Al_2O_3 12.26-19.87% ใช้ในอุตสาหกรรมสี ยาฆ่าแมลง และปุ๋ย

5) แหล่งดินขาว จังหวัดเชียงราย ดินขาวแหล่งนี้เกิดแบบ sedimentary deposit โดยกระแสน้ำชะดินออกจากหินแกรนิตผุแล้วพาไปตกทับถมในหนองน้ำโบราณ ดินแหล่งนี้หนาประมาณ 2.5เมตร วางตัวอยู่บนชั้นกรวดทราย และวางตัวอยู่ในชั้นลูกรังและทราย ดินมีสีขาวเป็นส่วนใหญ่ มีสีน้ำตาลแดงหรือเหลืองสลับเป็นหย่อม ๆ พบที่บ้านโป่งเทวี อำเภอเวียงป่าเป้า

6) แหล่งดินขาว จังหวัดนราธิวาส ดินขาวแหล่งนี้มีการกำเนิด 2 แบบ ดังนี้

- แบบที่ 1 residual deposit เกิดจากการเปลี่ยนสภาพของหินแกรนิต โดยการกระทำของน้ำฝน น้ำบาดาลหรือก๊าซร้อนภายในโลก ดินขาวแหล่งนี้ประกอบด้วย เคโอลิไนต์ เป็นส่วนใหญ่ พบที่ตำบลโต๊ะเด็ง อำเภอสุไหงปาดี

- แบบที่2 sedimentary deposit เกิดจากการถูกพัดพามาสะสมตัวในที่ลุ่มหรือประกอบด้วยกลุ่มแร่ คาโอลิไนต์ ควอตซ์ อาจมีหรือไม่มีอิลไลต์ปะปน พบที่ตำบลจวบ อำเภอระแงะ

7) แหล่งดินขาว จังหวัดระยอง ดินขาวแหล่งนี้เกิดแบบ sedimentary deposit ดินแหล่งนี้หนาประมาณ 3 เมตร วางตัวอยู่ใต้ชั้นกรวดทรายแม่น้ำ ประกอบด้วย เคโอลิไนต์ และควอตซ์ ดินมีสีขาวแกมเขียวอ่อน สีเทาแกมเขียวอ่อน อาจมีสีเหลืองของเหล็กปะปนเป็นหย่อมๆ พบที่ตำบลเนินฆ้อ อำเภอแกลง จังหวัดระยอง

8) แหล่งดินขาว จังหวัดกระบี่ ดินขาวแบบนี้เกิดการทับถมแบบ sedimentary deposit เนื้อดินเป็นสีขาวประกอบด้วยคาโอลิไนต์ และแร่ควอตซ์ พบที่บ้านทับเที่ยง ตำบลปลายพระยา อำเภอปลายประยา จังหวัดกระบี่

2.13 ประโยชน์ของดินขาว

ดินขาวมีประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่างๆ ดังนี้

1) อุตสาหกรรมเซรามิก เช่น เครื่องสุขภัณฑ์ กระเบื้องคุณภาพสูง

2) อุตสาหกรรมก่อสร้าง เช่น อิฐก่อสร้าง กระเบื้องมุงหลังคา

3) อุตสาหกรรมกระดาษ ดินขาวจะช่วยให้กระดาษมีผิวหน้าเรียบ ช่วยให้กระดาษมีคุณสมบัติดูดซับหมึก ช่วยฟอกสีกระดาษให้ขาวขึ้น เพิ่มน้ำหนักของกระดาษ และทำให้กระดาษทึบแสง

4) อุตสาหกรรมยาง โดยเติมลงไปในยาง ให้มีความแข็งแรง คงทน

5) อุตสาหกรรมเกษตร เช่น ส่วนผสมของยาฆ่าแมลง และปุ๋ย

6) อุตสาหกรรมพรมน้ำมัน ทอผ้า และพลาสติก

7) อุตสาหกรรมยารักษาโรค เครื่องสำอาง และทำฟันปลอม

8) อุตสาหกรรมสี โดยใช้ผลิตสีขาว

9) อุตสาหกรรมไฟฟ้า ใช้ในการทำฉนวนไฟฟ้าที่ทนแรงดันได้สูง

10) ใช้เป็นตัวฟอกสี และเร่งปฏิกิริยาในอุตสาหกรรมปิโตรเลียม

11) ใช้ผสมลงไปในหลุมเจาะที่ใช้งานเจาะสำรวจน้ำมันปิโตรเลียม

12) ใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทนไฟ เช่น อิฐทนไฟเบ้าดินสำหรับหลอมโลหะ

13) ใช้ในการทำปูนซีเมนต์

14) ใช้ทำเครื่องกรองน้ำ (water filter)

15) ใช้ทำเบ้าในอุตสาหกรรมถลุงเหล็กและหล่อเหล็ก

2.14 การตรวจสอบดินขาว

การตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของดินขาวเพื่อวัตถุประสงค์ ดังต่อไปนี้

1) เพื่อบอกชนิดแร่ดินของดินขาวโดยใช้เครื่องมือดังต่อไปนี้

- X-ray Diffract meter (XRD)
- Diffract meter Thermal Analysis (DTA)
- กล้อง Electron Microscope (EM)

2) เพื่อนำไปใช้ด้านเซรามิก ที่นิยมทดสอบมีดังต่อไปนี้

- การทดสอบของเนื้อดินขาว หลังจากการเผา ที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส
- ความทนไฟของเนื้อดินขาว
- การหดตัวของเนื้อดินหลังการเผา (dry shrinkage test)
- ความเหนียวของดิน (plasticity)
- การดูดกลืนน้ำ (water absorption)
- การทดสอบหาค่าโมดูลัสการแตกร้าว (modulus of rupture)

3) เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ มีการทดสอบที่สำคัญดังนี้

- การหาขนาดของเม็ดดิน (particle size distribution)
- การหาความขาวสว่าง (brightness)
- การหาความคมของเม็ดดิน (abrasiveness)

2.15 กระดาษกล่องนม

กระดาษกล่องนม (Milk carton) หรือกล่องกระดาษ (Carton board) เป็นการเรียกกล่องกระดาษสำหรับบรรจุผลิตภัณฑ์น้ำนม น้ำผลไม้ ชาเขียว หรือเครื่องดื่มต่างๆ ที่ไม่มีการอัดก๊าซหรืออัดลม เป็น Plastic-coated cardboard มีหลายชนิดตามส่วนประกอบและชนิดของวัสดุที่นำมาใช้ แบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ตามชนิดของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุ (อภิญญา, 2554) ได้แก่

1) กล่องยูเอชที มีกระดาษ อะลูมิเนียมฟอยล์ และพลาสติกประเภทโพลีเอททีลีน เป็นส่วนประกอบ ซึ่งช่วยให้ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุ สามารถเก็บไว้ได้นาน โดยไม่ต้องแช่เย็น

2) กล่องพาสเจอไรซ์ มีส่วนประกอบเป็นกระดาษ และพลาสติก เท่านั้น จึงต้องแช่เย็นเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอยู่เก็บไว้ได้นาน

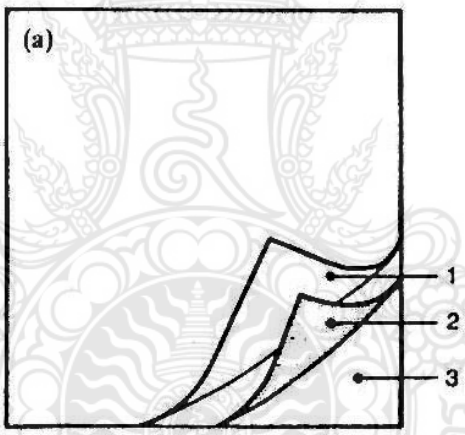
เมื่อแบ่งประเภทของกระดาษกล่องนมตามระยะเวลาของอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ คือ ระยะสั้น และระยะยาว มีดังนี้

1) กระดาษกล่องนมสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บสั้น (Short-life products) ประกอบด้วย

1.1) Exterior PE

1.2) Paper

1.3) interior PE



รูปที่ 2.5 กระดาษกล่องนมสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บสั้น (Short-life products) (อภิญญา, 2554)

2) กระดาษกล่องนมสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บยาว (Long-life products) ประกอบด้วย

2.1) Exterior PE

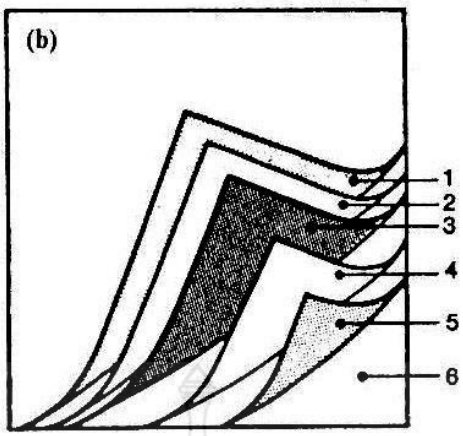
2.2) Paper

2.3) Surlyn

2.4) Al–Foil

2.5) Surlyn

2.6) Interior PE



รูปที่ 2.6 กระดาษกล่องนมสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บยาว (Long-life products) (อภิญญา, 2554)

3) กระดาษกล่องนมสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บยาว (อีกชนิดหนึ่ง) (Long-life products) (อภิญญา, 2554) ประกอบด้วย

3.1) Exterior PE

3.2) Bleached paper (printing)

3.3) Unbleached paper

3.4) Surlyn or PE

3.5) Aluminium foil

3.6) Surlyn or internal coating 1

3.7) Interior PE or internal coating 2

2.16 การแยกกระดาษกล่องนมเพื่อนำกลับไปใช้ใหม่

การแยกกระดาษ (Paper Separation) การแยกวัสดุสามารถทำได้โดยวิธี Gravimetric ซึ่งอาศัยความแตกต่างของมวลหรือน้ำหนัก และวิธี Densiometric ซึ่งอาศัยความแตกต่างของความหนาแน่น ซึ่งวิธีหลังนี้จะให้ประสิทธิภาพในการแยกที่ดีกว่า เนื่องจากความหนาแน่นเป็นค่าเฉพาะของสาร ดังนั้น ขนาดของวัสดุจะไม่มีผลต่อการแยกวิธีนี้ อย่างไรก็ตาม ไม่ควรบดพลาสติกให้มีขนาดเล็กจนเกินไป เพราะอาจจะเกิดการสูญเสียพลาสติกได้ เนื่องจากมวลของพลาสติกใกล้เคียงกับกระดาษโพลีไวนิลอะซีเตท กระดาษและโพลีเอทธิลีนความหนาแน่นสูงใกล้เคียงกัน แต่เนื่องจากกระดาษเป็นส่วนประกอบที่มีรูปร่างบางที่สุด จึงมีน้ำหนักเบาที่สุด ทำให้แยกออกไปได้ง่าย โดยทั่วไปแล้วกระดาษจะถูกแยกออกมาก่อน วิธีที่นิยมใช้คือ Fluidized Bed หรือใช้ Cyclone ซึ่งเป็นวิธี Gravimetric ในกระบวนการ Fluidized Bed อากาศจะถูกป้อนเข้าทางส่วนล่างของ Bed ส่วนที่มีน้ำหนักเบาจะถูกอากาศพัดออกทางส่วนบน และส่วนที่หนักจะตกลงสู่ด้านล่างและถูกแยกออกไป การทำงานของ Cyclone ก็ใกล้เคียงกัน เพียงแต่วัสดุจะถูกป้อนเข้าทางส่วนบนในแนวสัมผัส (Tangentially) กับผนังของกรวย (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2544)

2.17 พลาสติก

พลาสติก (Plastics) ถูกพัฒนาขึ้นใน ปี ค.ศ. 1839 โดยชาร์ล กู๊ดเยียร์ ได้ค้นพบ วิธีการทำยางธรรมชาติ ซึ่งมีความอ่อนให้กลายเป็นยางแข็ง หลังจากนั้นประมาณ 30 ปี จอห์น เวสเลย์ ไฮแอท ชาวอเมริกันค้นพบพลาสติก ที่เรียกว่า เซลลูลอยด์ (Celluloid) ซึ่งนับเป็นพลาสติกชนิดแรก

พลาสติกเป็นวัสดุที่เข้ามามีบทบาทสำคัญมากในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็นในชีวิตประจำวันหรือในงานอุตสาหกรรมและงานวิศวกรรมต่างๆ จะเห็นได้จากการนำพลาสติกมาทำเป็นเครื่องมือเครื่องใช้ในครัวเรือน ชิ้นส่วนรถยนต์ เครื่องจักร เครื่องใช้ไฟฟ้าฯลฯ โดยพลาสติกได้เข้ามาแทนที่วัสดุอื่นๆ เช่น เหล็ก โลหะต่างๆ และไม้ เป็นต้น

พลาสติก คือ วัสดุที่ประกอบด้วยมาโครโมเลกุลที่มีอยู่ตามธรรมชาติ (เช่น ยางธรรมชาติ เซลลูโลส และโปรตีน เป็นต้น) หรือได้จากการสังเคราะห์สารประกอบโมเลกุลต่ำ (เช่น Ethylene และ Benzyl Formaldehyde เป็นต้น)

เนื่องจากพลาสติกเป็นสารประเภทพอลิเมอร์ การสังเคราะห์พลาสติกจึงต้องนำวัตถุดิบมาผ่านกระบวนการทางเคมี ให้ได้โมเลกุลของโมโนเมอร์ก่อน แล้วจึงนำโมโนเมอร์มารวมกันโดยกระบวนการพอลิเมอไรเซชันเป็นพอลิเมอร์ ซึ่งมีวิธีการต่างๆ กัน (สมเกียรติ, 2556)

2.18 ประเภทของพลาสติก

การจัดประเภทพลาสติกโดยใช้ลักษณะของพลาสติกเมื่อได้รับความร้อนเป็นเกณฑ์นั้น สามารถจำแนกประเภทพลาสติกได้เป็น 2 ประเภท (ปุญญานิช, 2551) คือ

1) เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic ย่อว่า TP) เป็นพลาสติกที่ถูกความร้อนแล้วอ่อนตัวหรือหลอมเหลวที่ให้รูปร่างเปลี่ยนไปแล้ว สามารถเอากลับไปหลอมใหม่เป็นรูปเดิมหรือรูปอื่นได้ โดยที่สมบัติยังคงเหมือนเดิม และสามารถเปลี่ยนกลับไปกลับมาได้ตลอด จึงกล่าวได้ว่าเป็น Plastics with a memory หรือ พลาสติกคืนรูป มีโครงสร้างเป็นแบบสายยาว ตัวอย่างเช่น พอลิเอทิลีน พอลิสไตรีน พอลิไวนิล คลอไรด์ (พีวีซี) พอลิเอไมด์ (Polyamide หรือไนลอน) พอลิโพรพิลีน อะคริลิก เป็นต้น

2) เทอร์โมเซต (Thermoses ย่อว่า TS) เป็นพลาสติกที่ถูกความร้อนแล้วไม่อ่อนตัว แต่ถ้าร้อนมากจะไหม้เป็นถ่าน เราเรียกพลาสติกประเภทนี้ว่า พลาสติกคงรูป เนื่องจากในกระบวนการผลิตได้เกิดความแข็งแรงมาก สลายตัวได้ยาก ตัวอย่างเช่น พอลิเอสเทอร์ ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เลามีน ฟอร์มัลดีไฮด์ (หรือ melmac) เบเคไลต์ พอลิยูรีเทน และอีพอกซี เป็นต้น

การแบ่งประเภทของพลาสติกนอกจากสมบัติของพลาสติกเมื่อได้รับความร้อนแล้วยังมีการแบ่งประเภทของพลาสติกโดยใช้สมบัติอื่นๆ อีก เช่น ความหนาแน่น ลักษณะการติดไฟ การละลายในตัวทำละลาย เป็นต้น (วิสุทธิ์, 2551)

2.19 คุณสมบัติของพลาสติก

คุณสมบัติของพลาสติกเป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญมากในการพิจารณาเลือกใช้พลาสติกให้เหมาะสมกับลักษณะของงานชนิดต่างๆ ได้แก่

1) ความต้านทานไฟฟ้า พลาสติกเกือบทุกชนิดมีความต้านทานไฟฟ้าสูง จึงถูกนำมาทำเป็นฉนวนป้องกันไฟฟ้า

2) การนำความร้อน พลาสติกมีคุณสมบัติการนำความร้อนที่ต่ำมาก จึงถูกนำมาใช้ทำฉนวนกับความร้อน

3) ความหนาแน่น พลาสติกเป็นวัสดุที่มีความหนาแน่นต่ำ ความหนาแน่นของพลาสติกมีค่าระหว่าง 0.30 ถึง 0.75 ปอนด์ต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีค่าประมาณ 1 ใน 6 ของความหนาแน่นของเหล็กกล้า ดังนั้น จึงถูกนำไปใช้กับงานที่ต้องการให้มีน้ำหนักเบา

4) ความต้านทานต่อการเกิดกร่อน พลาสติกโดยทั่วไปมีความต้านทานต่อการกัดกร่อนที่ดี สารละลายของเหลวในครัวเรือนส่วนมากไม่สามารถทำละลายต่อพลาสติกได้ แต่อย่างไรก็ตามสารละลายอินทรีย์บางชนิด เช่น อัลคลอไรด์ หรือแก๊สโซลีน สามารถทำละลายต่อพลาสติกบางชนิดได้

5) สมบัติทางแสง ได้แก่ความโปร่งแสง ความโปร่งใส และทึบแสง เช่น ใช้พลาสติกทำเป็นเลนส์แว่นตา

2.20 พลาสติกรีไซเคิล

พลาสติกที่ใช้ในชีวิตประจำวัน มีประมาณ 7 ชนิด ที่สามารถนำกลับมารีไซเคิลได้ และมีการให้สัญลักษณ์ ตัวเลขที่เป็นสากล เพื่อง่ายต่อการแยกประเภทของพลาสติก โดยตัวเลข 1 ถึง 7 จะอยู่ในสัญลักษณ์ลูกศรสามเหลี่ยมสามตัวที่วิ่งตามกัน มักปรากฏบริเวณก้นภาชนะพลาสติก (ศว., 2556) ดังนี้

1) โพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต (Poly Ethylene Terephthalate, PET)

PET ทนแรงกระแทก ไม่เปราะแตกง่าย สามารถทำให้ใสมาก มองเห็นสิ่งที่บรรจุอยู่ภายใน จึงนิยมใช้บรรจุน้ำดื่ม น้ำมันพืช และเครื่องสำอาง นอกจากนี้ขวด PET ยังมีสมบัติป้องกันการแพร่ผ่านของก๊าซได้เป็นอย่างดี จึงใช้เป็นภาชนะบรรจุน้ำอัดลม PET สามารถนำกลับมารีไซเคิลใช้ใหม่ได้ โดยนิยมนำมาผลิตเป็นเส้นใยสำหรับทำเสื้อกันหนาว พรม และเส้นใยสังเคราะห์สำหรับยัดหมอน หรือเสื้อสำหรับเล่นสกี

รูปที่ 2.7 ผลิตภัณฑ์โพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต (Poly Ethylene Terephthalate, PET) (ศว., 2556)

2) โพลิเอทธิลีนความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene, HDPE)

HDPE โพลิเอทธิลีนชนิดหนาแน่นสูง ค่อนข้างแข็ง แต่ยืดได้มาก ไม่แตกง่าย ส่วนใหญ่ มักจะถูกตกแต่งให้มีสีสันสวยงาม ยกเว้น ขวดที่ใช้บรรจุน้ำดื่ม ซึ่งจะขุ่นกว่าขวด PET ราคาถูกขึ้นรูปได้ง่ายทนสารเคมี จึงนิยมใช้ทำบรรจุภัณฑ์สำหรับน้ำยาทำความสะอาด แชมพูสระผม แป้งเด็ก และถุงหูหิ้วแบบหนา นอกจากนี้ภาชนะที่ทำจาก HDPE สามารถป้องกันการแพร่ผ่านของความชื้นได้ดี จึงมักนำมาผลิตขวดบรรจุนมเพื่อยืดอายุของนมให้นานขึ้น HDPE สามารถนำกลับมารีไซเคิลเพื่อผลิตขวดต่างๆ ได้ เช่น ขวดใส่น้ำยาซักผ้า แท่งไม้เทียม เพื่อใช้ทำรั้วหรือม้านั่งในสวน เป็นต้น

รูปที่ 2.8 ผลิตภัณฑ์โพลิเอทธิลีนความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene, HDPE) (ศว., 2556)

3) โพลิไวนิลคลอไรด์ (Poly Vinyl Chloride), PVC)

PVC เป็นพลาสติกแข็งใช้ทำท่อ เช่น ท่อน้ำประปา แต่สามารถทำให้นิ่มโดยใส่สารพลาสติกไซเซอร์ ใช้ทำสายยางใส แผ่นฟิล์มสำหรับห่ออาหาร ม่านในห้องอาบน้ำ แผ่นกระเบื้องยาง แผ่นพลาสติกปูโต๊ะ ขวดใส่แชมพูสระผม PVC เป็นพลาสติกที่มีสมบัติหลากหลาย สามารถนำมาใช้ผลิตผลิตภัณฑ์อุ่นได้อีกมาก เช่น ประตู หน้าต่าง วงกบ และหนังเทียม PVC สามารถนำกลับมารีไซเคิล เพื่อผลิตท่อประปาสำหรับการเกษตร กรวยจราจร และเฟอร์นิเจอร์ประเภทม้านั่งพลาสติก

รูปที่ 2.9 ผลิตภัณฑ์โพลิไวนิลคลอไรด์ (Poly Vinyl Chloride), PVC) (ศว., 2556)

4) โพลิเอทธิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene, LDPE)

LDPE เป็นพลาสติกนิ่ม สามารถยืดตัวได้มาก และมีความใส นิยมนำมาทำเป็นฟิล์ม สำหรับห่ออาหารและห่อของถุงใส่ขนมปัง และถุงเย็นสำหรับบรรจุอาหาร LDPE สามารถนำกลับมารีไซเคิลใช้ใหม่ได้ โดยใช้ผลิตเป็นถุงดำสำหรับใสขยะ ถุงหิ้วกอบแกบ หรือถังขยะ

รูปที่ 2.10 ผลิตภัณฑ์โพลิเอทธิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene, LDPE) (ศว., 2556)

5) โพลิโพรพิลีน (Polypropylene, PP)

PP เป็นพลาสติกที่แข็ง ทนต่อแรงกระแทกได้ดี ทนต่อสารเคมี ความร้อน และ น้ำมัน ทำให้มีสีสันสวยงามได้ ส่วนใหญ่นิยมนำมาทำภาชนะบรรจุอาหาร เช่น กลอง ชาม จาน ถัง ตะกรา หรือ กระบอกสำหรับใส่น้ำแช่เย็น PP สามารถนำกลับมารีไซเคิลใช้ใหม่ได้ โดยนิยมผลิตเป็นกล่องแบตเตอรี่รถยนต์ ชิ้นส่วนรถยนต์ เช่น กันชน และ กรวยสำหรับกรอกน้ำมัน

รูปที่ 2.11 ผลิตภัณฑ์โพลิโพรพิลีน (Polypropylene, PP) (ศว., 2556)

6) โพลิสไตรีน (Polystyrene, PS)

PS เป็นพลาสติกที่แข็ง ใส แต่เปราะ และแตกง่าย ราคาถูก นิยมนำมาทำเป็นภาชนะบรรจุของใช้ เช่น เทปเพลง สำลี หรือ ของแห้ง เช่น หมูแผน หมูหยอง และคุกกี้ มีการนำพลาสติกประเภทนี้ผสมทำภาชนะหรือถาดโฟมสำหรับบรรจุอาหาร จะทำให้มีน้ำหนักที่เบามาก PS สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ นิยมผลิตเป็นไม้แขวนเสื้อ กล้องวีดีโอ ไม้บรรทัด หรือของใช้อื่นๆ

รูปที่ 2.12 ผลิตภัณฑ์โพลิสไตรีน (Polystyrene, PS) (ศว., 2556)

7) พลาสติกอื่นๆ ที่ไม่ใช่ 6 ชนิดแรก หรือไม่ทราบว่าเป็นพลาสติกชนิดใด

ปัจจุบันเรามีพลาสติกหลายชนิดให้เลือกใช้ พลาสติกที่ใช้ในครัวเรือนส่วนใหญ่สามารถนำกลับมารีไซเคิลเพื่อหลอมใช้ใหม่ได้ การมีสัญลักษณ์ตัวเลข ทำให้เราสามารถแยกพลาสติกออกเป็นชนิดต่างๆ เพื่อนำกลับมารีไซเคิลใช้ใหม่ได้ง่ายขึ้น สำหรับพลาสติกในกลุ่มที่ 7 เป็นพลาสติกชนิดอื่นที่ไม่ใช่ 6 ชนิดแรก ซึ่งมักจะมีตัวเลขระบุ และ ตัวย่อภาษาอังกฤษระบุชนิดของพลาสติกไว้ เช่น โพลิคาร์บอเนต (Polycarbonate, PC) เป็นต้น

รูปที่ 2.13 พลาสติกอื่นๆ ที่ไม่ใช่ 6 ชนิดแรก (ศว., 2556)

2.21 สมบัติทางกลของเทอร์โมพลาสติก

ด้วยพันธะของพลาสติกที่มีความแตกต่างกัน ทำให้สมบัติทางกลของพลาสติกแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน ดังนี้

ตารางที่ 2.5 สมบัติทางกลของเทอร์โมพลาสติก (Jesse, 1992)

	Tensile Strength ($MN.m^{-2}$)	% Elongation	Elastic Modulus ($MN.m^{-2}$)	Density ($Mg.m^{-3}$)	Izod Impact ($J.m^{-1}$)
Polyethylene (PE) :					
Low-density	20	800	270	0.92	480
High-density	37	130	1,200	0.96	214
Ultrahigh molecular weight	47	350	660	0.934	1600
Polyvinyl chloride (PVC)	60	100	4,000	1.40	
Polypropylene (PP)	40	700	1,460	0.90	53
Polystyrene (PS)	53	60	3,000	1.06	21
Polyacrylonitrile (PAN)	60	4	1.15	256	256
Polytetrafluoroethylene (PTFE) (Teflon)	47	400	540	2.17	160
Polyamide (PA) (nylon)	80	300	3,330	1.14	112
Polyester (PET)	70	300	4,000	1.36	32
Polymethyl methacrylate (PMMA) (acrylic, Perspex)	80	5	3,000	1.22	27
Polyoxymethylene (POM)	80	75	3,460	1.42	123
Polycarbonate (PC)	73	130	2,660	1.20	83
Polyetheretherketone (PEEK)	68	150	3,660	1.31	85
Polyphenylene sulphide (PPS)	63	2	3,200	1.30	27
Polyether sulphone (PES)	81	80	2,330	1.37	83
Polyamide-imide (PAI)	180	15	4,860	1.39	214

2.22 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

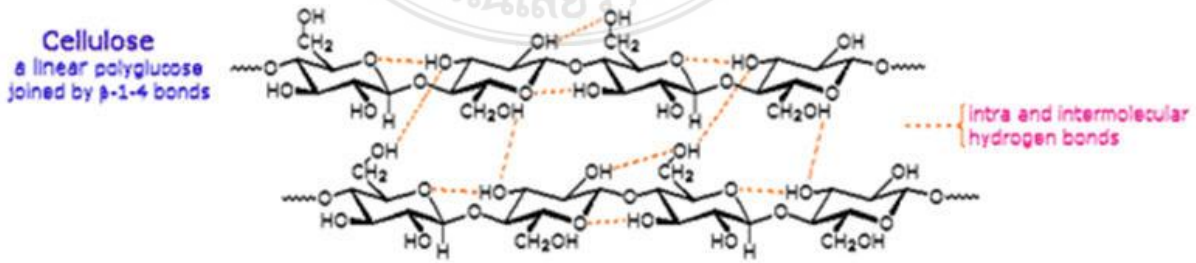
วิชัย สังวรปทานกุล และวชิรพล ฐิตะสัจจา (2549) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความคงทนของดินขาวที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยกลวิธีโพลิเมอร์ไรเซชั่น โดยใช้สารโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวทำปฏิกิริยากับสารประกอบจำพวกแร่อลูมิโนซิลิเกตในดินขาวทำให้มีความสามารถในการรับกำลังอัดได้สูงขึ้น งานวิจัยนี้ใช้ดินขาวทั้งหมด 5 แหล่ง ได้แก่สุราษฎร์ธานี ลำปาง ปราจีนบุรี อุตรดิตถ์ และระนอง นำมาผสมโซเดียมไฮดรอกไซด์ และทำการขึ้นรูปตัวอย่างโดยการอัดแบบสถิต (Static) เพื่อทดสอบหากำลังรับแรงอัดของดินขาวที่อายุ 3 7 14 28 60 90 180 และ 270 วัน ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ปริมาณออกไซด์ของธาตุต่าง ๆ ในดินขาวทุกแหล่งพบว่าออกไซด์หลักประกอบด้วย ซิลิกา อลูมินา และเหล็กออกไซด์ จากการทดสอบกำลังรับแรงอัดของดินระนอง สุราษฎร์ธานี และอุตรดิตถ์ พบว่า กำลังรับแรงอัดจะเพิ่มขึ้น เมื่อใส่โซเดียมไฮดรอกไซด์ส่วนกำลังรับแรงอัดของดินปราจีนบุรี และลำปาง พบว่าลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์และพบว่า เมื่ออายุของดินขาวนานขึ้นส่งผลให้การปรับปรุงคุณภาพและการเพิ่มความดันยิ่งสูงขึ้นไปอีก เมื่อนำดินขาวไปขึ้นรูปตัวอย่างดินขาวทั้ง 5 แหล่งจะมีแนวโน้มของกำลังรับแรงอัดที่สูงขึ้น เมื่อพิจารณาในด้านความคงทนจะพบว่าดินขาวจังหวัดอุตรดิตถ์ จะมีความคงทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศได้ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับจังหวัดอื่นๆ

ปริญญา จินดาประเสริฐ และเจริญชัย ฤทธิรุทธ (2550) ทำการศึกษาสารละลายที่แตกต่างในการผลิต จีโอโพลิเมอร์มอร์ต้าร์จากดินขาวเผา เป็นการศึกษาคุณสมบัติจีโอโพลิเมอร์จากดินขาวระนองเผา โดยทำการทดสอบกำลังอัดของมอร์ต้าร์ที่อายุ 7 วัน จากการทดสอบพบว่าสารละลายโพเทสเซียมไฮดรอกไซค์ จะส่งผลให้กำลังรับแรงอัดของจีโอโพลิเมอร์มอร์ต้าร์มีค่าสูงกว่าตัวอย่างที่ใช้สารละลายโพเทสเซียมไฮดรอกไซด์ และภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อีเล็กตรอนแบบสแกนนิ่งพบว่าวัสดุจีโอโพลิเมอร์ที่เตรียมจากสารละลายโพเทสเซียมไฮดรอกไซด์มีความเป็นเนื้อเดียวกัน และมีพื้นผิวที่ละเอียดมากกว่าตัวอย่างที่ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

อนุชาติ ลื้อนันต์ศักดิศิริ และศุภสิทธิ์ คนใหม่ (2550) ทำการศึกษาจีโอโพลิเมอร์จากเถ้าลอยผสมดินขาว การศึกษาวิธีการผลิตจีโอโพลิเมอร์จากเถ้าลอยผสมดินขาวเผา พบว่า เมื่อนำไปทดสอบหาค่ากำลังอัดจะอยู่ในช่วง 300 – 500 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และการไหลของจีโอโพลิเมอร์นั้นจะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของ Na_2SiO_3/NaOH โดยมีอุณหภูมิที่เหมาะแก่การบ่มในตู้บ่มคือ 75 องศาเซลเซียส

เผ่าพงศ์ นิจจันทร์พันธ์ศรี, สมหมาย ผิวสอาด และ ประชุม คำพุฒ (2551) ได้ทำการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับการผสมดินขาวลงในคอนกรีตมวลเบาขนาด12.5x20x60 cm^3 ที่มีอัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทรายต่อดินขาว เท่ากับ 1:1:0 1:0.8:0.2 1:0.6:0.4 1:0.4:0.6 1:0.2:0.8 และ 1:0:1 ในด้านของการพัฒนาสมบัติทางกายภาพและทางกล สามารถสรุปได้ว่า การผสมดินขาวลงในคอนกรีตมวลเบา สามารถพัฒนาสมบัติในด้านต่างๆ ได้แก่ สมบัติด้านการดูดซึมน้ำ กำลังอัด และกำลังดัด อย่างไรก็ตามการผสมดินขาวลงในคอนกรีตมวลเบาขนาด12.5x20x60 cm^3 ก็ส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพและทางกลบางประการที่ด้อยลงเล็กน้อย ได้แก่ สมบัติด้านความหนาแน่นและการเปลี่ยนแปลงความยาวที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เป็นผลมาจากอนุภาคของดินขาวที่มีขนาดเล็กกว่าอนุภาคของทรายละเอียด ซึ่งอนุภาคดังกล่าวจะสามารถแทรกตัวในระหว่างช่องว่างหรือฟองอากาศที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีของคอนกรีตมวลเบาขนาด12.5x20x60 cm^3 ได้ง่าย เนื้อของคอนกรีตมวลเบาจึงหนาแน่นขึ้นส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพและทางกลที่เปลี่ยนแปลงไป

ผู้รับเหมาก่อสร้างไทย (2555) ได้ทำการสร้างบ้านด้วยซีเมนต์กระดาษ (Papercrete) โดยการนำเอากระดาษที่เหลือใช้ทั้งกล่องกระดาษ เศษกระดาษ ทั้งสี หรือ ขาวดำ ทั้งที่เคลือบมันหรือไม่เคลือบมัน นำมาแช่น้ำแล้วมาตีผสมกับซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1 หรือปูนซีเมนต์โครงสร้าง ในอัตราส่วนปูนซีเมนต์ 10 – 40 % เศษกระดาษ 60 – 90 % และน้ำสะอาด ผสมกันให้เข้ากัน จากนั้นนำไปเทในส่วนของบ้านที่ต้องการ ทั้งนี้อัตราส่วนผสมระหว่างซีเมนต์กับกระดาษนี้ ขึ้นอยู่กับความแข็งแรงที่ต้องการ หากผสมกระดาษมากไป จะทำให้เกิดการยุบตัวได้มาก หรือหากต้องการประหยัดซีเมนต์มากยิ่งขึ้น ก็สามารถผสมกับดินเหนียว หรือขี้เถ้าได้อีก จะทำให้ประหยัดค่าปูนซีเมนต์ได้มากขึ้น หากบริเวณที่มีน้ำหนักกดทับมากๆ อาจผสมกับทราย เพื่อให้รับกำลังได้ดีขึ้น



รูปที่ 2.14 โครงสร้างส่วนประกอบทางเคมีของกระดาษ

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการทดลอง โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและทดสอบสมบัติต่างๆ ภายในห้องปฏิบัติการ ณ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.1 วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1

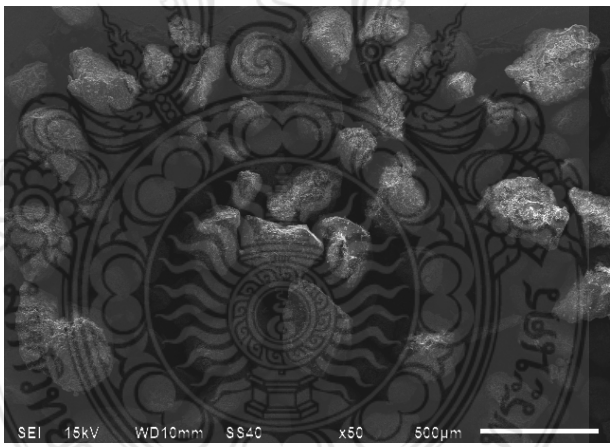
รูปที่ 3.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1

2) หน้าดินขาว ผ่านตระแกรงเบอร์ 100 และ 200 จากจังหวัดระนอง ผสมกันอย่างละครึ่ง โดยมีความถ่วงจำเพาะ เท่ากับ 2.60

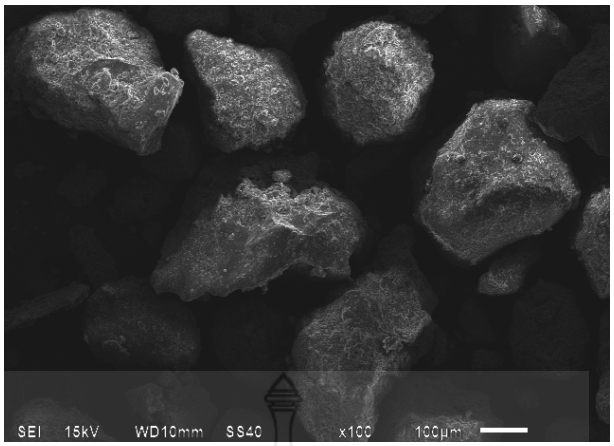
รูปที่ 3.2 หน้าดินขาว

ตารางที่ 3.1 องค์ประกอบทางเคมีของหน้าดินขาวจากจังหวัดระนอง

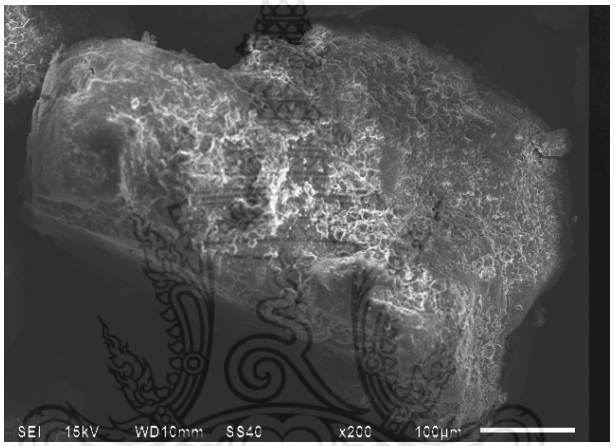
องค์ประกอบทางเคมี	**ปริมาณ**
SiO_2	16.00 %
Al_2O_3	11.30 %
Fe_2O_3	1.47 %
TiO_2	0.04 %
CaO	0.02 %
K_2O	0.84 %
Rb_2O	0.21 %
WO_3	0.11 %
PbO	0.10 %
MnO	0.08 %
Nb_2O_5	0.05 %
ZrO_2	0.03 %
Ga_2O_3	0.02 %
อื่นๆ	69.73 %



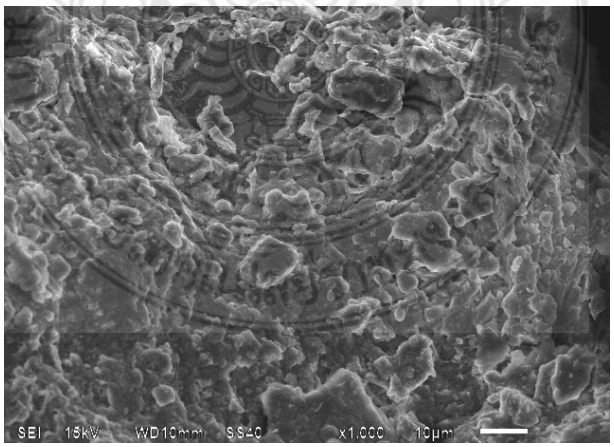
รูปที่ 3.3 ภาพขยายหน้าดินขาวที่นำมาวิจัยด้วยกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 50 เท่า



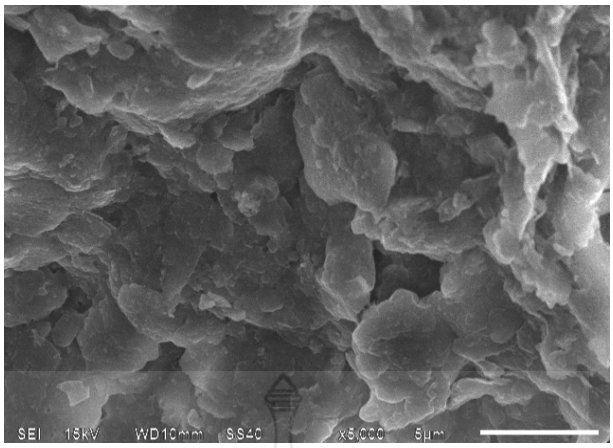
รูปที่ 3.4 ภาพขยายหน้าดินขาวที่นำมาวิจัยด้วยกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 100 เท่า



รูปที่ 3.5 ภาพขยายหน้าดินขาวที่นำมาวิจัยด้วยกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 200 เท่า



รูปที่ 3.6 ภาพขยายหน้าดินขาวที่นำมาวิจัยด้วยกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า



รูปที่ 3.7 ภาพขยายหน้าดินขาวที่นำมาวิจัยด้วยกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 5,000 เท่า

3) เศษกระดาษกล่องนมบดละเอียด ประเภทกล่องยูเอชที มีกระดาษ อะลูมิเนียมฟอยล์ และพลาสติกประเภทโพลีเอททีลีน (PE) เป็นส่วนประกอบ

4) น้ำประปา

รูปที่ 3.8 เศษกระดาษกล่องนมประเภทกล่องยูเอชทีบดละเอียด

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1) เครื่องบดพลาสติก พร้อมตะแกรงเบอร์ 4

รูปที่ 3.9 เครื่องบดพลาสติก

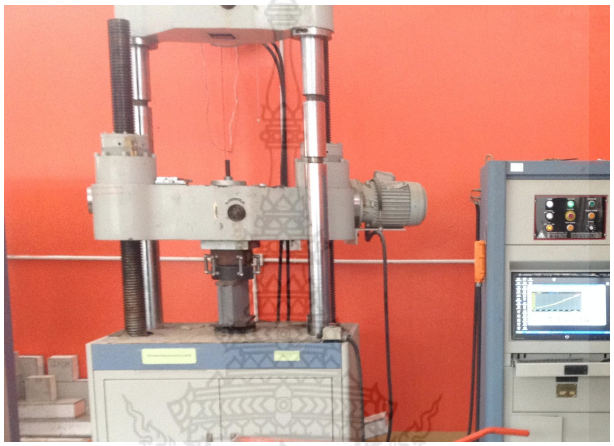
2) เครื่องผสมคอนกรีต

รูปที่ 3.10 เครื่องผสมคอนกรีต

3) เครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบมือโยก

รูปที่ 3.11 เครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบมือโยก

4) แบบหล่ออิฐบล็อกประสาน ขนาด 10 x 10 x 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร
5) แบบหล่ออิฐบล็อกประสาน ขนาด 30 x 30 x 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร
6) ชุดอุปกรณ์เครื่องแก้วสำหรับตวงส่วนผสม
7) ชุดอุปกรณ์วิเคราะห์ขนาด (Sieve Analysis of Aggregate)
8) ชุดอุปกรณ์การทดสอบความหนาแน่นและการดูดซึมน้ำ
9) เครื่องมือชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอลความละเอียด 0.05 กรัม
10) เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ UTM (Universal Testing Machine)



รูปที่ 3.12 เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ UTM

11) เครื่องทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน
12) เครื่องทดสอบองค์ประกอบทางเคมี (XRF)
13) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)
14) คอมพิวเตอร์
15) อ่างน้ำ
16) ตู้อบ

3.3 การเตรียมวัสดุในการวิจัย

1) นำหน้าดินขาว ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 100 และตะแกรงเบอร์ 200 ผสมหน้าดินขาว ทั้ง 2 ขนาด ให้เข้ากัน โดยใช้อัตราส่วนดินขาวผ่านตะแกรงเบอร์ 100 ต่อดินขาวผ่านตะแกรงเบอร์ 100 คือ 1 ต่อ 1 โดยน้ำหนัก

2) ย่อยเศษกระดาษกล่องนมให้เป็นชิ้นเล็กๆ โดยการบดด้วยเครื่องบดพลาสติกที่มีการติดตั้งตะแกรงเบอร์ 4 จากนั้นทำความสะอาดเศษกระดาษที่บดด้วยการแช่น้ำ แล้วเศษกระดาษกล่องที่สะอาดแล้วมาตากแดดแห้งสนิท

3.4 การออกแบบอัตราส่วนของอิฐบล็อกประสาน

การออกแบบอัตราส่วนผสมของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมนั้น ใช้อัตราส่วนของอิฐบล็อกประสานทั่วไป คือ ปูนซีเมนต์ 1 ส่วน ดินลูกรัง 7 ส่วน และน้ำประปา 1 ส่วน ในการอ้างอิง (วุฒินัย และนรา, 2553) โดยทำการเปลี่ยนส่วนผสมจากดินลูกรังเป็นหน้าดินขาวทั้งหมด และ

ค่อยๆ แทนที่หน้าดินขาวด้วยเศษกระดาษกล่องนมในปริมาณมากขึ้นตามลำดับ ดังรายละเอียดอัตราส่วนผสมของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมต่อไปนี้

ตารางที่ 3.2 อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม

อัตราส่วน	ปูนซีเมนต์	หน้าดินขาว	เศษกระดาษกล่องนม	น้ำประปา
P0.00	1.00	7.00	0.00	1.00
P0.20	1.00	6.80	0.20	1.00
P0.40	1.00	6.60	0.40	1.00
P0.60	1.00	6.40	0.60	1.00
P0.80	1.00	6.20	0.80	1.00
P1.00	1.00	6.00	1.00	1.00
P1.20	1.00	5.80	1.20	1.00
P1.40	1.00	5.60	1.40	1.00
P1.60	1.00	5.40	1.60	1.00
P1.80	1.00	5.20	1.80	1.00

3.5 การขึ้นรูปอิฐบล็อกประสาน

1) ทำการตวงส่วนผสมทั้งหมดตามที่กำหนด

2) ผสมหน้าดินขาวกับปูนซีเมนต์ให้เข้ากัน

3) ค่อยๆ เติมเศษกระดาษกล่องนม พร้อมๆ กับการพ่นน้ำเป็นละอองกว้างจนครบ

4) หลังจากผสมส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากันดีแล้ว ให้ทำการตรวจสอบความสามารถในการขึ้นรูปด้วยการใช้มือกำส่วนผสมว่า จับตัวกันเป็นก้อนได้หรือไม่ ถ้ากำได้แสดงว่า ส่วนผสมมีความพร้อมสำหรับนำไปขึ้นรูปเป็นอิฐบล็อกประสานแล้ว

5) นำส่วนผสมที่เข้ากันมาอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบมือโยก

รูปที่ 3.13 การผสมเศษกระดาษกล่องนมลงในส่วนผสมของบล็อกประสานหน้าดินขาว

รูปที่ 3.14 การเทส่วนผสมลงในเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบมือโยก

รูปที่ 3.15 ลักษณะของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบมือโยก

รูปที่ 3.16 การนำบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมออกจากเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบมือโยก

รูปที่ 3.17 อิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม

3.6 การบ่มอิฐบล็อกประสาน

หลังจากนำอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมออกจากเครื่องอัดแล้ว ให้จัดเรียงอิฐบล็อกประสานในที่ร่มจนมีอายุครบ 1 วัน เริ่มบ่มโดยการรดน้ำด้วยฝักบัวหรือฉีดพ่นเป็นละอองให้ชุ่ม แล้วคลุมด้วยผ้าพลาสติกไม่ให้ไอน้ำระเหยออก ทิ้งไว้อย่างน้อย 7 วัน หรือตามอายุการบ่มที่ต้องการเพื่อความแข็งแรงก่อนการนำไปใช้งาน อย่างไรก็ตามไม่ควรเคลื่อนย้ายอิฐบล็อกประสานก่อนกำหนด เพราะทำให้เกิดการบิ่นหรือแตกร้าวได้ง่าย ทั้งนี้การบ่มไม่ควรให้น้ำมากเกิน เพราะอาจทำให้อิฐบล็อกประสานดังกล่าวมีปัญหาคราบขาวได้ ซึ่งควรบ่มด้วยปริมาณน้ำที่น้อยที่สุดหรือเพียงให้มีความชื้น

รูปที่ 3.18 การจัดเรียงอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมสำหรับการบ่ม

3.7 การทดสอบสมบัติของอิฐบล็อกประสาน

การทดสอบสมบัติต่างๆ ของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม กำหนดให้ใช้ตัวอย่างทดสอบ จำนวน 10 ตัวอย่างต่ออัตราส่วนต่อการทดสอบ โดยมีประเภทของการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.602-2547 เรื่องอิฐบล็อกประสาน ประกอบด้วย

1) ลักษณะทั่วไป ที่อายุการบ่ม 28 วัน
2) มิติ ที่อายุการบ่ม 28 วัน
3) น้ำหนักเฉลี่ย 5 ก้อน ที่อายุการบ่ม 28 วัน

4) การดูดกลืนน้ำ ที่อายุการบ่ม 28 วัน
5) ความต้านทานแรงอัด ที่อายุการบ่ม 7, 14, 21 และ 28 วัน
นอกจากนี้ มีการทดสอบสมบัติอื่นๆ ที่มีประโยชน์ต่อการนำไปใช้งานเพิ่มเติม ได้แก่
1) ความหนาแน่น ที่อายุการบ่ม 28 วัน
2) การหดตัวแห้ง ที่อายุการบ่ม 28 วัน
3) โมดูลัสการแตกหัก ที่อายุการบ่ม 7, 14, 21 และ 28 วัน
4) สัมประสิทธิ์การนำความร้อน ที่อายุการบ่ม 28 วัน

รูปที่ 3.19 การชั่งน้ำหนักอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม

รูปที่ 3.20 แบบหล่อผิวหน้าของอิฐบล็อกประสานสำหรับการทดสอบความต้านทานแรงอัด

รูปที่ 3.21 กำมะถันที่ใช้เคลือบผิวหน้าอิฐบล็อกประสานสำหรับการทดสอบความต้านทานแรงอัด

รูปที่ 3.22 อิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมหลังการทดสอบความต้านทานแรงอัด

รูปที่ 3.23 อิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมหลังการทดสอบโมดูลัสการแตกหัก

รูปที่ 3.24 อิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม
สำหรับทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

3.8 การทดสอบใช้งานจริงของอิฐบล็อกประสาน

1) คัดเลือกอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมที่นำมาทดสอบการใช้งานจริง โดยเลือกจากอิฐบล็อกประสานที่มีสมบัติผ่านมาตรฐาน มผช.602–2547 (สมอ., 2547) และมีปริมาณเศษกระดาษกล่องนมมากที่สุด

2) ก่อผนังอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมด้วยปูนก่อทั่วไป ให้มีขนาด 1 x 1 x 1 ลูกบาศก์เมตร

3) ฉาบผนังทุกด้านที่ก่อจากอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมด้วยปูนฉาบทั่วไป

4) ติดตั้งหลังคา พร้อมสังเกตผลการใช้งานจริงของผนังกลางแจ้ง เป็นระยะเวลา 3 เดือน

3.9 การวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย

วิเคราะห์และสรุปผลความสัมพันธ์ในรูปแบบของแผนภูมิแท่ง และกราฟเส้น โดยเปรียบเทียบผลของการเพิ่ม-ลดปริมาณเศษกระดาษกล่องนมกับสมบัติต่างๆ

3.10 การขอรับความคุ้มครองด้านทรัพย์สินทางปัญญา

จากผลการวิจัยในโครงการ “การใช้เศษกระดาษเหลือทิ้งเป็นมวลรวมในบล็อกประสานมวลเบาจากหน้าดินขาว” ให้ทำการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการขอรับความคุ้มครองด้านทรัพย์สินทางปัญญา เช่น สิทธิบัตรการประดิษฐ์ อนุสิทธิบัตร และลิขสิทธิ์ เป็นต้น พร้อมทั้งดำเนินการร่าง จัดเตรียมเอกสาร และยื่นคำขอรับความคุ้มครองในนาม “มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร”

3.11 การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนเป้าหมาย

ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ หน่วยงานภาครัฐ หน่วยงานภาคเอกชน ชุมชน บริษัท และห้างร้านต่างๆ นั้น เป็นการเขียนบทความและดำเนินการนำเสนอผ่านการประชุมวิชาการระดับชาติ ตลอดจนการนำผลงานวิจัยไปถ่ายทอดและประยุกต์ใช้แก่กลุ่มเป้าหมายโดยตรง

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ผลการดำเนินงานของโครงการ “การใช้เศษกระดาษเหลือทิ้งเป็นมวลรวมในบล็อกประสานมวลเบาจากหน้าดินขาว” สามารถสรุปได้ ดังต่อไปนี้

4.1 ลักษณะทั่วไป และมิติ

จากการตรวจพินิจลักษณะทั่วไปและมิติขนาดของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม ทั้ง 10 อัตราส่วน ที่อายุการบ่ม 28 วัน สามารถสรุปผลได้ ดังตารางที่ 4.1

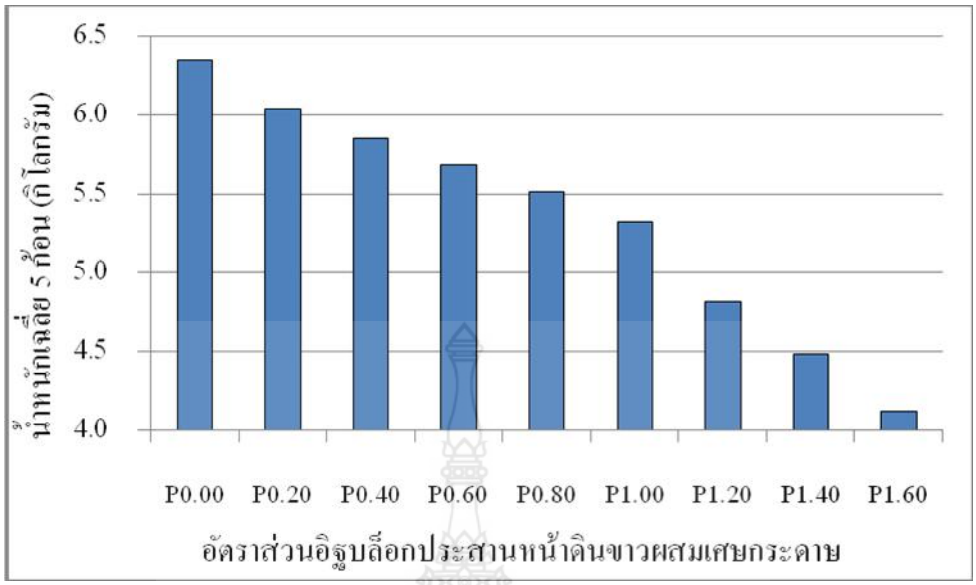
ตารางที่ 4.1 ลักษณะทั่วไปและมิติของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม

อัตราส่วน	ลักษณะทั่วไป และมิติ
P0.00	ผ่าน
P0.20	ผ่าน
P0.40	ผ่าน
P0.60	ผ่าน
P0.80	ผ่าน
P1.00	ผ่าน
P1.20	ผ่าน
P1.40	ไม่ผ่าน
P1.60	ไม่ผ่าน
P1.80	ไม่สามารถขึ้นรูปได้

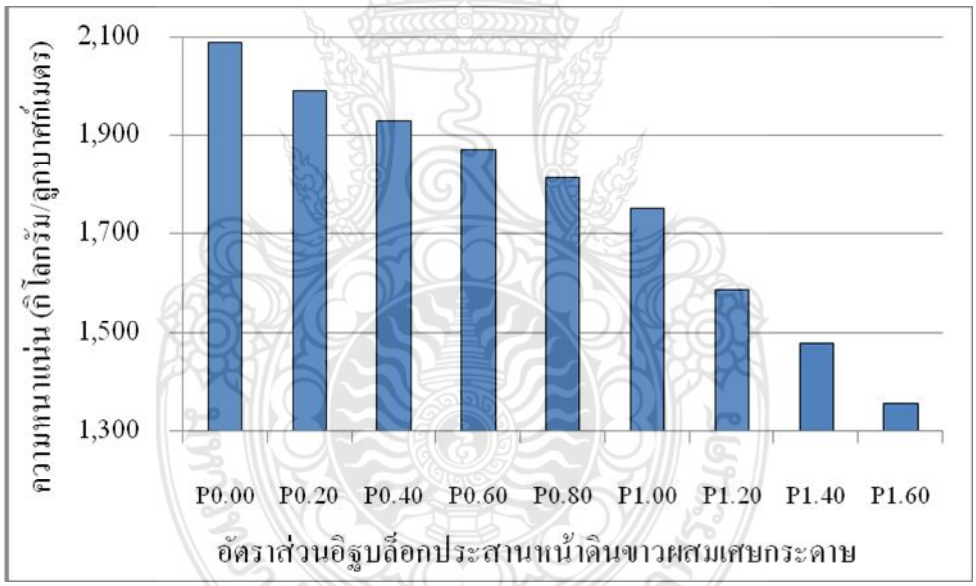
ลักษณะทั่วไปของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม ตามมาตรฐาน มผช. 602-2547 เรื่องอิฐบล็อกประสาน กำหนดให้พื้นผิวต้องไม่มีรอยแตกหรือร้าว แต่อาจบิ่นได้เล็กน้อย ส่วนมิติขนาด ต้องคลาดเคลื่อน ไม่เกิน ± 2 มิลลิเมตร (สมอ., 2547) ทั้งนี้ผลการตรวจพินิจในตารางที่ 4.1 พบว่า ปริมาณเศษกระดาษกล่องนมที่ใช้แทนที่หน้าดินขาว มีผลทำให้การขึ้นรูปอิฐบล็อกประสานเป็นไปได้ยากขึ้น โดยปริมาณเศษกระดาษกล่องนม ไม่สามารถผสมได้มากกว่าอัตราส่วน P1.60 เนื่องจากที่อัตราส่วน P1.80 เศษกระดาษกล่องนมมีปริมาณมากเกินไป และมีการพองตัวสูง การอัดขึ้นรูปจึงไม่สามารถทำได้ อย่างไรก็ตาม อัตราส่วน P1.40 และ P1.60 ก็มีลักษณะทั่วไปและมิติที่ไม่ผ่านมาตรฐาน เนื่องจากปัญหาการพองตัวของเศษกระดาษกล่องนม เช่นเดียวกับที่ทำให้อัตราส่วน P1.80 ไม่สามารถขึ้นรูปได้ หากพิจารณาปริมาณของเศษกระดาษกล่องนมที่สามารถแทนที่หน้าดินขาว จากลักษณะทั่วไปและมิติของอิฐบล็อกประสานนั้น ปริมาณของเศษกระดาษกล่องนมที่สามารถแทนที่หน้าดินขาว จึงไม่ควรเกินอัตราส่วน P1.20 เพราะอิฐบล็อกประสานที่ได้จะมีลักษณะบิ่นและมิติขนาดใหญ่กว่าปกติซึ่งไม่ผ่านตามที่มาตรฐานกำหนด

4.2 น้ำหนักเฉลี่ย 5 ก้อน และความหนาแน่น

น้ำหนักเฉลี่ย 5 ก้อน และความหนาแน่นของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม ที่อายุการบ่ม 28 วัน สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.1 และ 4.2



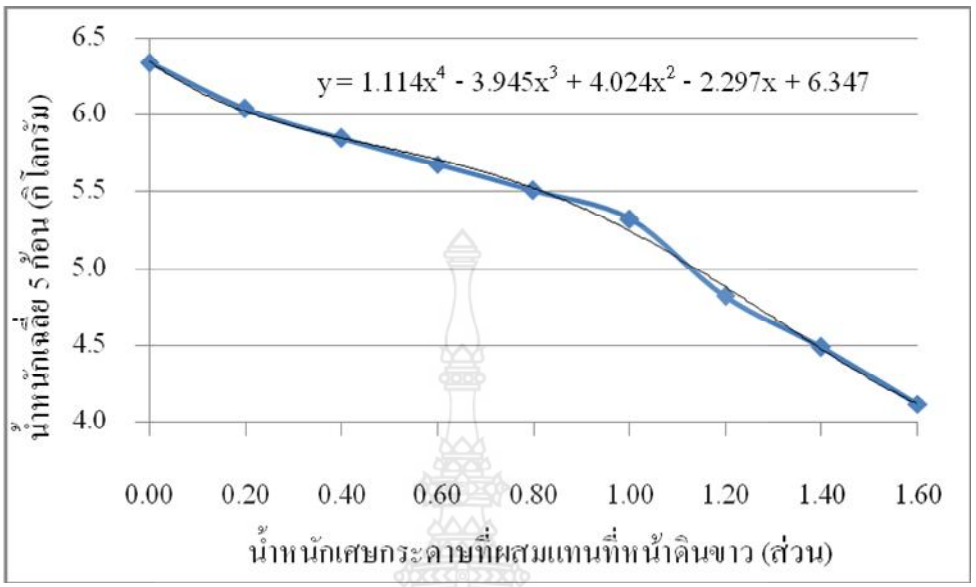
รูปที่ 4.1 น้ำหนักเฉลี่ย 5 ก้อนของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม



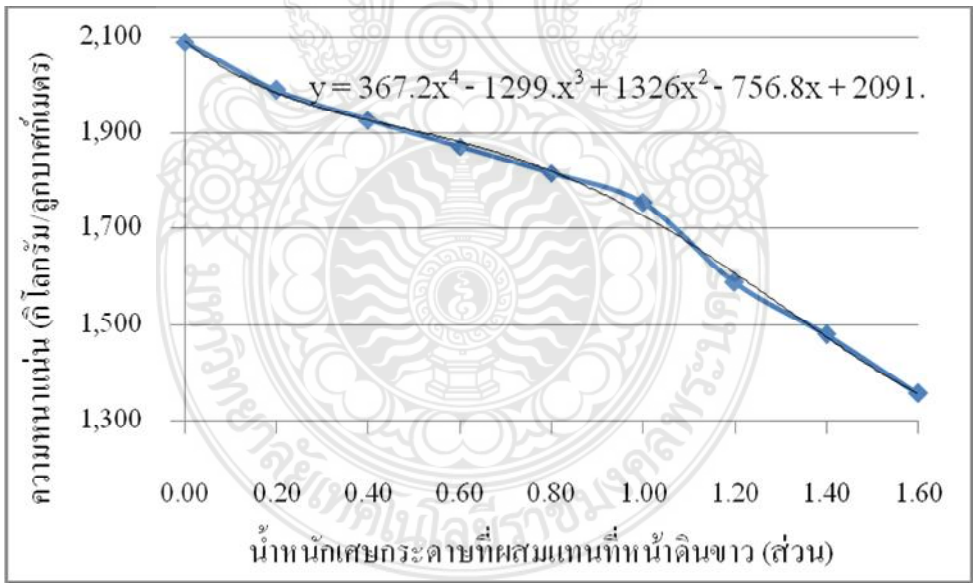
รูปที่ 4.2 ความหนาแน่นของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม

จากรูปที่ 4.1 และ 4.2 พบว่า ปริมาณเศษกระดาษกล่องนม มีผลต่อน้ำหนักเฉลี่ย 5 ก้อน และความหนาแน่นของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาว โดยปริมาณเศษกระดาษกล่องนมที่เพิ่มขึ้นแทนที่หน้าดินขาวนั้น ทำให้อิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวมีน้ำหนักและความหนาแน่นที่ลดลงอย่างมาก ทั้งนี้เป็นผลมาจากความหนาแน่นของเศษกระดาษกล่องนมที่ต่ำ เพราะแต่ละชั้นของกล่องนมประกอบด้วยวัสดุน้ำหนักเบา ได้แก่ กระดาษ อะลูมิเนียมฟอยล์ และพลาสติกโพลีเอททีลีน (PE) ซึ่งมีความหนาแน่นเฉลี่ย ประมาณ 960 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (Jesse, 1992) ทำให้เมื่อนำมาแทนที่หน้าดินขาวที่มีความหนาแน่นประมาณ 2,600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร น้ำหนักและความหนาแน่นของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวจึงลดลง ซึ่งสามารถแสดงเป็นความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและความหนาแน่นกับน้ำหนักเศษกระดาษที่ผสมแทนที่หน้าดินขาวได้ ดังรูปที่ 4.3 และ 4.4 นอกจากนี้ ยังสามารถสรุปได้อีกว่า น้ำหนักและความ

หนาแน่นของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวลดลงอย่างมาก เมื่อมีการแทนที่ด้วยเศษกระดาษกล่องนม มากกว่าอัตราส่วน P1.00



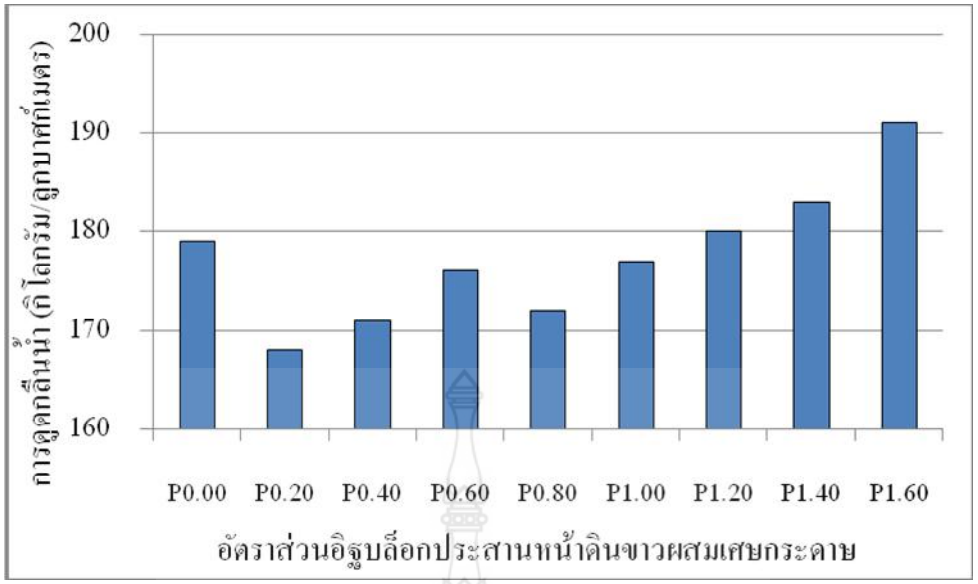
รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของอิฐบล็อกประสาน
กับน้ำหนักเศษกระดาษที่ผสมแทนที่หน้าดินขาว



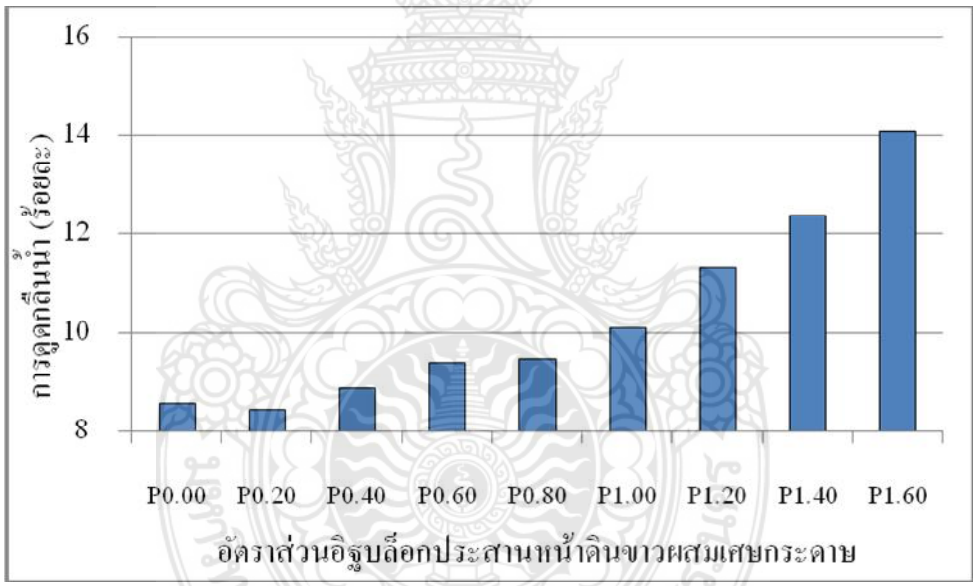
รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของอิฐบล็อกประสาน
กับน้ำหนักเศษกระดาษที่ผสมแทนที่หน้าดินขาว

4.3 การดูดกลืนน้ำ

สำหรับการดูดกลืนน้ำ ที่อายุการบ่ม 28 วัน ของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาว ซึ่งมีการแทนที่หน้าดินขาวด้วยเศษกระดาษกล่องนม สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.5 และ 4.6



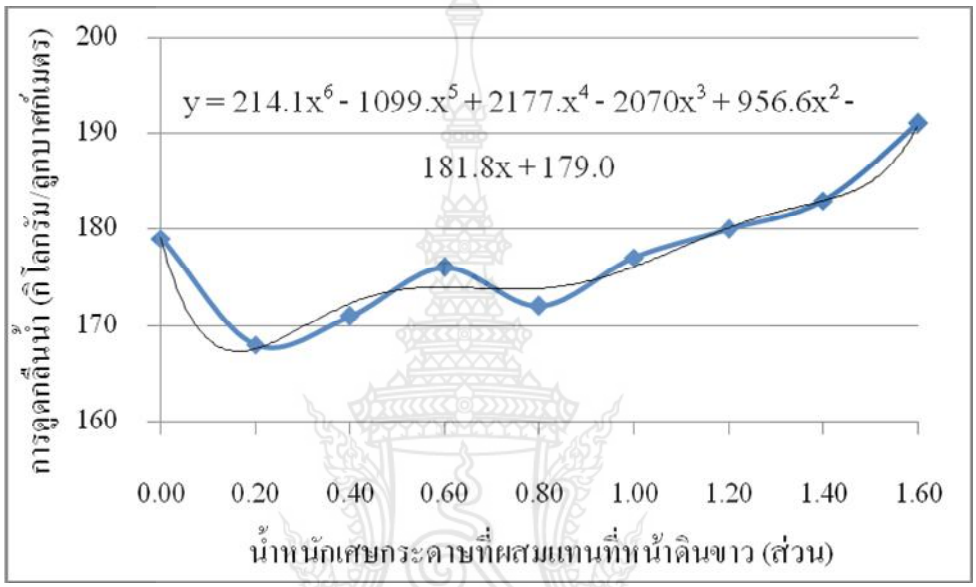
รูปที่ 4.5 การดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม



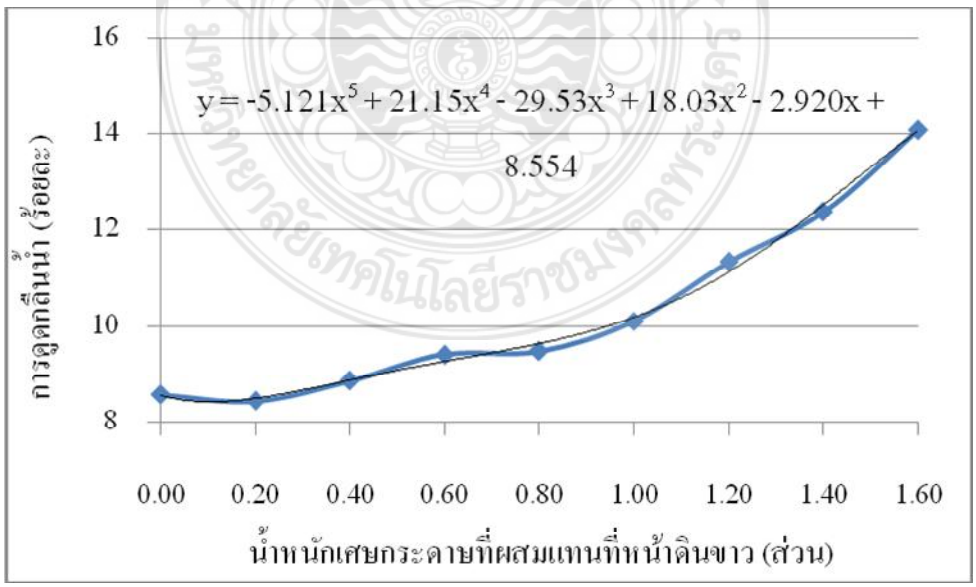
รูปที่ 4.6 ร้อยละการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม

เมื่อมีการแทนที่หน้าดินขาวซึ่งเป็นวัสดุหลักของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาว ด้วยเศษกระดาษกล่องนมในปริมาณที่เพิ่มขึ้น พบว่า การผสมเศษกระดาษกล่องนมในปริมาณที่ไม่มาก หรือไม่เกินอัตราส่วน P1.00 มีผลช่วยให้อิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมมีค่าการดูดกลืนน้ำลดลงกว่าอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวที่ไม่มีการแทนที่หน้าดินขาวด้วยเศษกระดาษกล่องนม ดังรูปที่ 4.5 โดยการแทนที่หน้าดินขาวด้วยเศษกระดาษกล่องนมในอัตราส่วน P0.20 มีการดูดกลืนน้ำต่ำลงจากอัตราส่วน P0.00 ที่ไม่ผสมเศษกระดาษกล่องนม เท่ากับ 179 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เหลือเพียง 168 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อพิจารณาเป็นร้อยละการดูดกลืนน้ำในรูปที่ 4.6 ก็ยังพบว่า ที่อัตราส่วน P0.20 มีร้อยละการดูดกลืนน้ำที่ต่ำกว่าอัตราส่วน P0.00 เช่นกัน ทั้งนี้สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนน้ำและร้อยละการดูดกลืนน้ำกับน้ำหนักเศษกระดาษที่ผสมแทนที่หน้าดินขาวได้ ดังรูปที่ 4.7 และ 4.8 เนื่องจากเศษกระดาษกล่องนมส่วนใหญ่เป็นพลาสติกโพลีเอทธิลีนซึ่งเป็นวัสดุที่มีความทึบน้ำ จึง

ทำให้เมื่อผสมเข้ากับอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวแล้ว สามารถช่วยลดการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกดังกล่าวลงได้ ปกติค่าการดูดกลืนน้ำของผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก จะไม่มีการกำหนดค่าที่ยอมให้ตามมาตรฐาน มผช.602–2547 ไว้ มีเพียงแต่อิฐบล็อกประสานชนิดรับน้ำหนัก ซึ่งกำหนดให้การดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสานเฉพาะชนิดรับน้ำหนัก ต้องไม่เกิน 208 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (สมอ., 2547) อย่างไรก็ตาม หากนำอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมทุกอัตราส่วนไปทดสอบการดูดกลืนน้ำตามมาตรฐาน ตั้งแต่อัตราส่วน P0.00 ถึง P1.60 ก็ยังมีค่าการดูดกลืนน้ำตามที่มาตรฐานกำหนดทั้งหมด



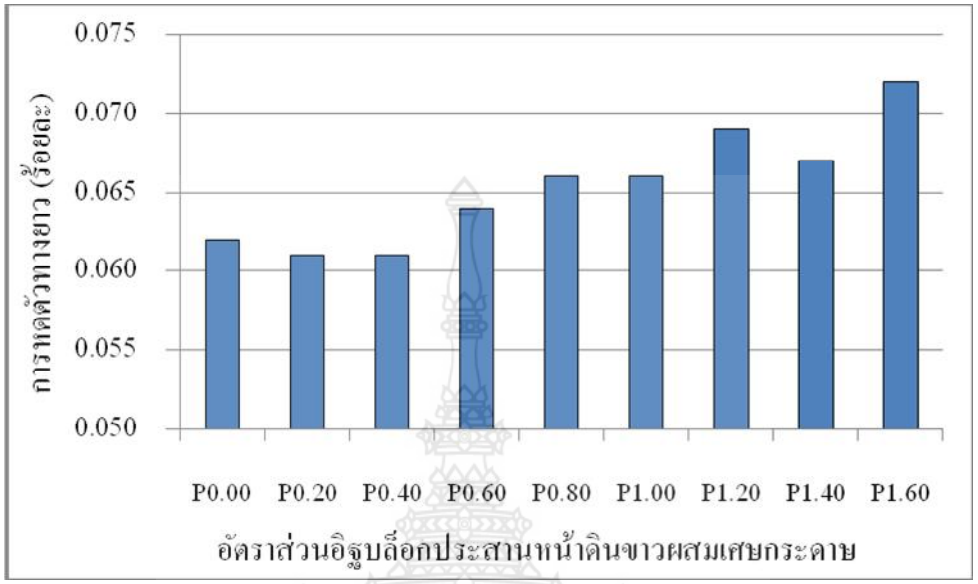
รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมกับน้ำหนักเศษกระดาษที่ผสมแทนที่หน้าดินขาว



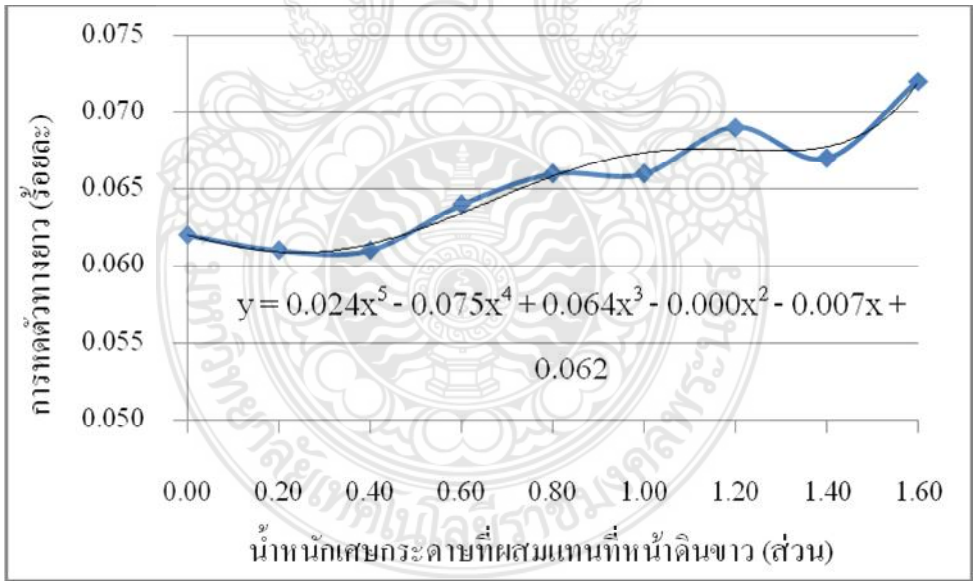
รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมกับน้ำหนักเศษกระดาษที่ผสมแทนที่หน้าดินขาว

4.4 การหดตัวแห้ง

การหดตัวแห้งของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม ที่อายุการบ่ม 28 วัน สามารถสรุปได้ ดังนี้



รูปที่ 4.9 การหดตัวแห้งของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม

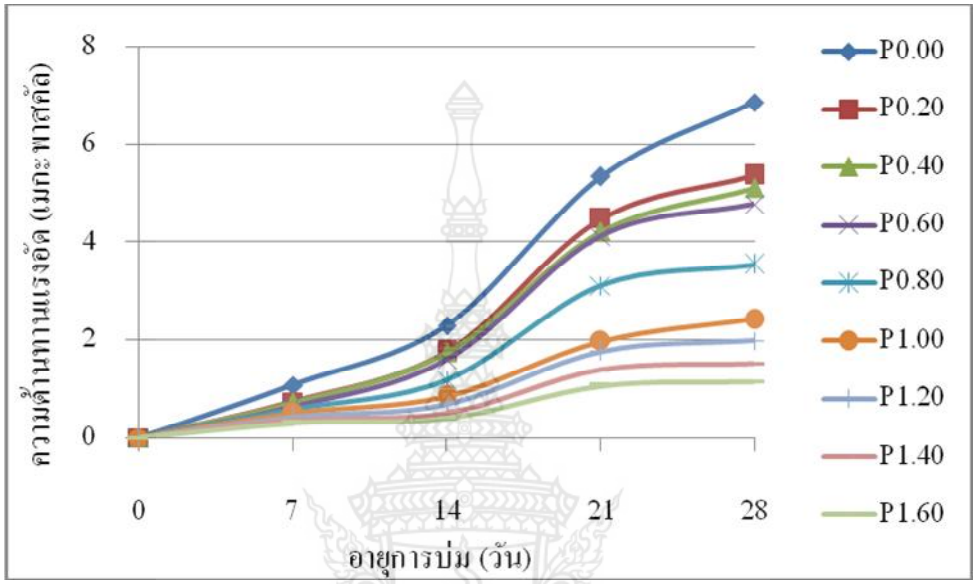


รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างการหดตัวแห้งของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมกับน้ำหนักเศษกระดาษที่ผสมแทนที่หน้าดินขาว

จากรูปที่ 4.9 พบว่า เศษกระดาษกล่องนมมีผลต่อการหดตัวแห้งของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาว โดยการแทนที่หน้าดินขาว ด้วยเศษกระดาษกล่องนมในปริมาณไม่มากกว่าอัตราส่วน P0.40 ทำให้การหดตัวแห้งมีค่าลดลง ทั้งนี้ สามารถแสดงเป็นความสัมพันธ์ระหว่างการหดตัวแห้งของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมกับน้ำหนักเศษกระดาษที่ผสมแทนที่หน้าดินขาวได้รูปที่ 4.10

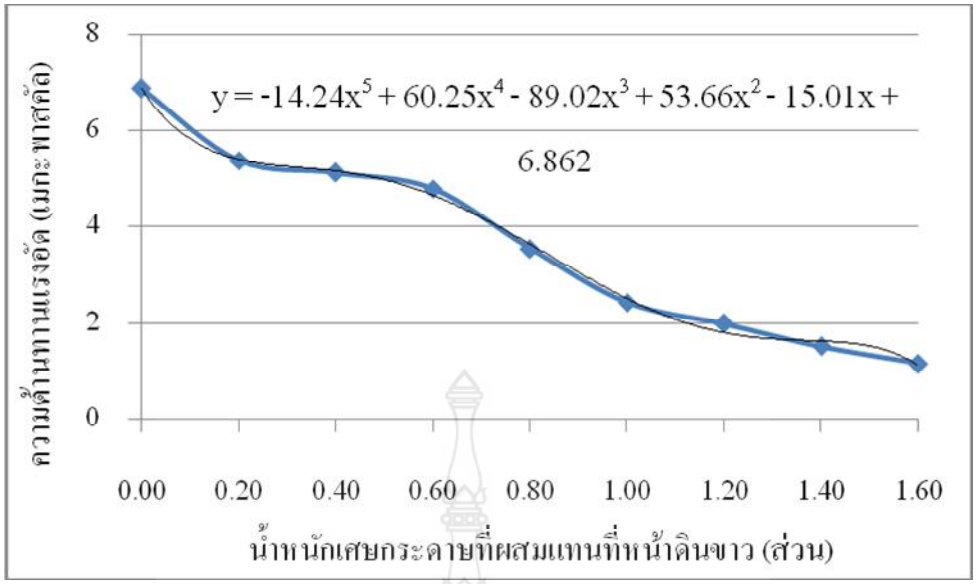
4.5 ความต้านทานแรงอัด

ความต้านทานแรงอัด เป็นสมบัติทางกลของผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสานที่มีความสำคัญมากที่สุด เนื่องจากอิฐบล็อกประสานต้องรับแรงอัดขณะใช้งานค่อนข้างมาก ทั้งนี้ผลการทดสอบความต้านทานแรงอัดของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม ที่อายุการบ่ม 7, 14, 21 และ 28 วัน สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 ความต้านทานแรงอัดของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม

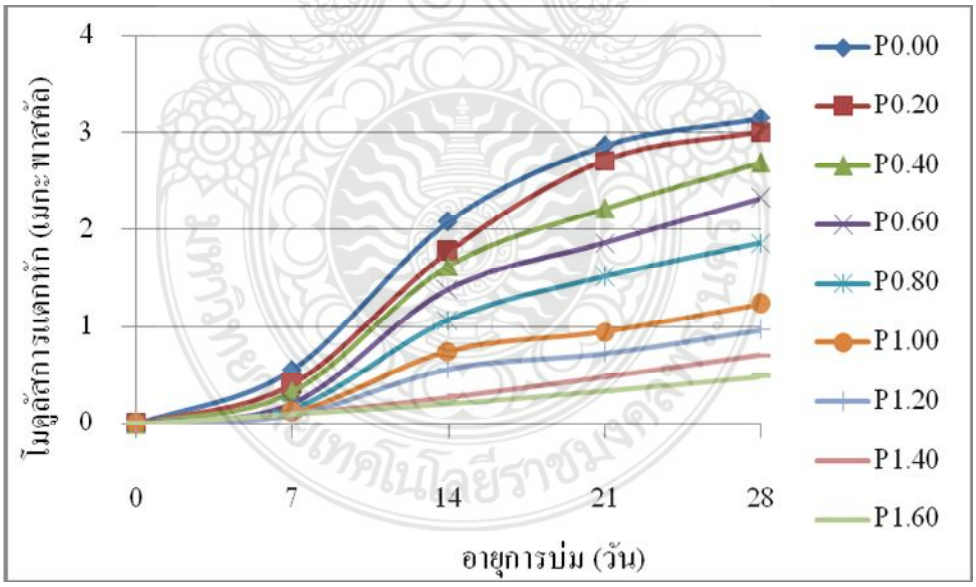
ความต้านทานแรงอัด จากรูปที่ 4.11 พบว่า การผสมเศษกระดาษกล่องนมในปริมาณที่มากขึ้น ทำให้ความต้านทานแรงอัดมีค่าลดลง ดังแสดงในกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงอัด ที่อายุการบ่ม 28 วัน ของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมกับน้ำหนักเศษกระดาษที่ผสมแทนที่หน้าดินขาวในรูปที่ 4.12 ทั้งนี้เมื่อเทียบกับมาตรฐาน มผช.602-2547 เรื่องอิฐบล็อกประสาน ชนิดไม่รับน้ำหนัก กำหนดให้ความต้านทานแรงอัด ต้องไม่ต่ำกว่า 2.5 เมกะพาสคัล (สมอ., 2547) เห็นได้ว่า อิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม อัตราส่วน P.0.80 เป็นปริมาณเศษกระดาษกล่องนมที่มากที่สุดซึ่งสามารถแทนที่หน้าดินขาว และยังคงมีความต้านทานแรงอัดสูงกว่ามาตรฐานได้ การที่ปริมาณเศษกระดาษกล่องนมมีผลต่อความต้านทานแรงอัดของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวที่ลดลง เป็นผลมาจากความหนาแน่นของเศษกระดาษกล่องนมที่ต่ำกว่าดินขาว (Jesse, 1992) ทำให้เมื่อแทนที่วัสดุด้วยการชั่งน้ำหนัก จึงมีผลต่อปริมาตรของมวลรวมที่เพิ่มมากขึ้น ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการยึดเกาะมวลรวมและสร้างความแข็งแรงให้อิฐบล็อกประสานจึงอาจไม่เพียงพอ ความต้านทานแรงอัดของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวที่มีการผสมเศษกระดาษกล่องนมจึงลดลง นอกจากนี้ ขนาดของเศษกระดาษกล่องนมที่ใหญ่กว่าดินขาว ก็มีผลต่อการเรียงตัวของมวลรวม ช่องว่างของเนื้ออิฐบล็อก และพื้นที่รับแรงอัดที่ลดลงอีกด้วย (วุฒินัย และนรา, 2553)



รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงอัด ที่อายุการบ่ม 28 วัน ของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมกับน้ำหนักเศษกระดาษที่ผสมแทนที่หน้าดินขาว

4.6 โมดูลัสการแตกหัก

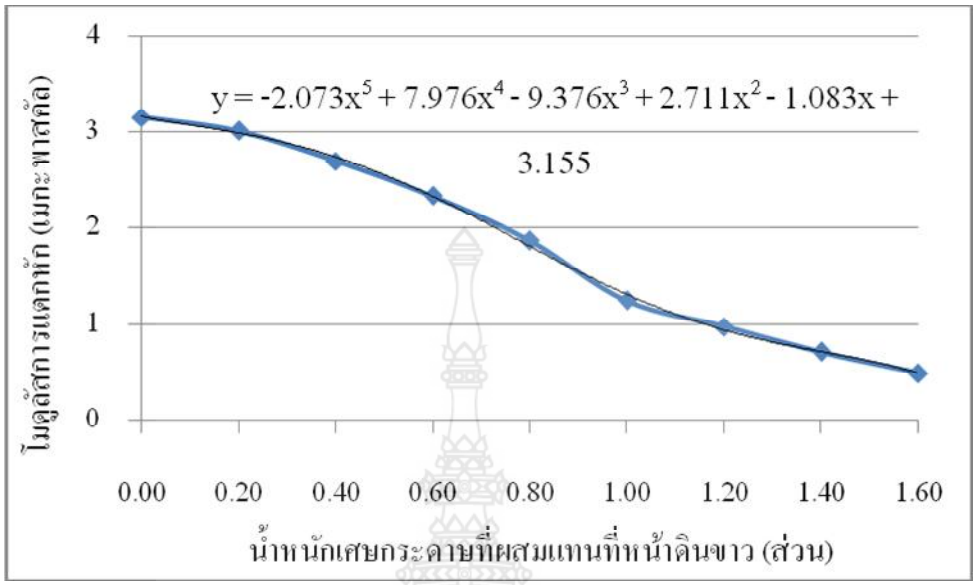
ในการทดสอบโมดูลัสการแตกหักหรือความต้านทานแรงดัดของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม ที่อายุการบ่ม 7, 14, 21 และ 28 วัน สามารถสรุปผลได้ ดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 โมดูลัสการแตกหักของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม

โมดูลัสการแตกหัก เป็นสมบัติทางกลที่ไม่มีระบุอยู่ในมาตรฐาน มผช.602-2547 เรื่องอิฐบล็อกประสาน แต่ก็เป็นสมบัติทางกลที่สำคัญ เนื่องจากการก่อผนังด้วยอิฐบล็อกประสาน บางครั้งส่วนล่างของผนังอาจไม่เรียบ จึงทำให้เกิดแรงดัดขึ้นในตัวของวัสดุได้ จากรูปที่ 4.13 พบว่า ผลการทดสอบโมดูลัสการแตกหักมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง เมื่อมีการแทนที่ปริมาณหน้าดินขาวด้วยเศษกระดาษกล่องนมมากขึ้น ซึ่งเป็นไปในทางเดียวกับความต้านทานแรงอัด ทั้งนี้เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างโมดูลัสการแตกหัก ที่อายุการ

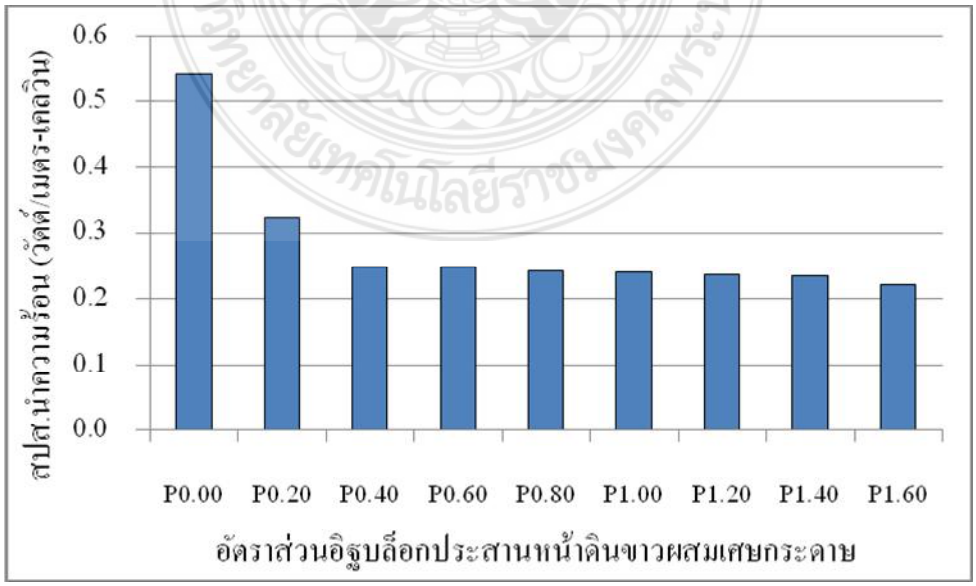
บ่ม 28 วัน ของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมกับน้ำหนักเศษกระดาษที่ผสมแทนที่หน้าดินขาวนั้น ทำให้เห็นแนวโน้มที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้นของผลกระทบที่มีต่อสมบัติดังกล่าว



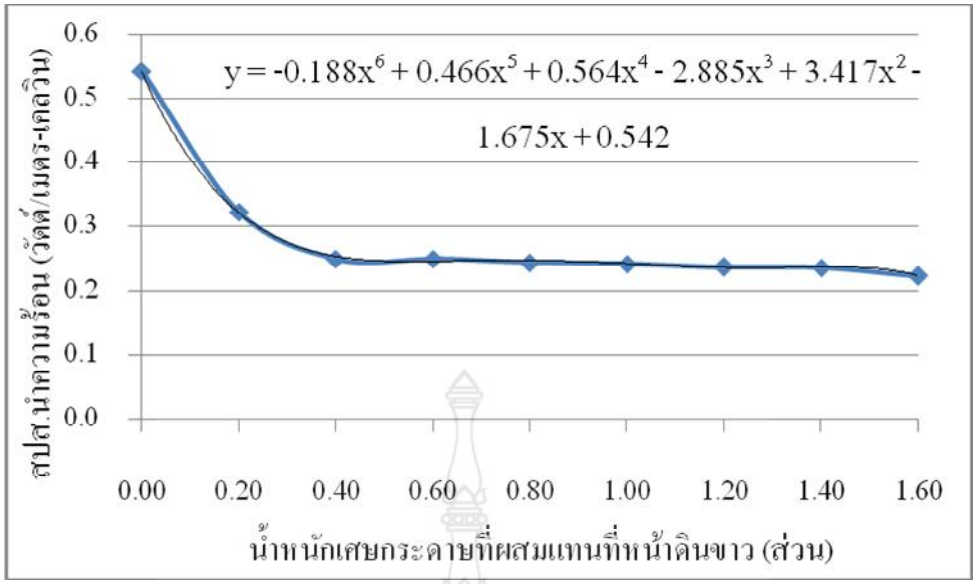
รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างโมดูลัสการแตกหัก ที่อายุการบ่ม 28 วัน ของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมกับน้ำหนักเศษกระดาษที่ผสมแทนที่หน้าดินขาว

4.7 สัมประสิทธิ์การนำความร้อน

สัมประสิทธิ์การนำความร้อน เป็นสมบัติที่แสดงถึงความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนของวัสดุ โดยวัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมาก แสดงว่า วัสดุดังกล่าวไม่มีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน แต่ถ้าวัสดุมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมีค่าน้อย แสดงว่า วัสดุมีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี (ประชุม, 2550; สสอ., 2552) ทั้งนี้ผลการทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม ที่อายุการบ่ม 28 วัน สามารถสรุปได้ ดังนี้



รูปที่ 4.15 สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม



รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมกับน้ำหนักเศษกระดาษที่ผสมแทนที่หน้าดินขาว

จากรูปที่ 4.15 พบว่า ปริมาณเศษกระดาษกล่องนมที่แทนที่หน้าดินขาวของอิฐบล็อกประสาน มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ลดลงอย่างมาก เห็นได้จากความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมกับน้ำหนักเศษกระดาษที่ผสมแทนที่หน้าดินขาวในรูปที่ 4.16 ทั้งนี้การแทนที่ของเศษกระดาษกล่องนมเพียงอัตราส่วน P0.20 ก็ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนลดลงจากอัตราส่วน P0.00 โดยลดลงจาก 0.542 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน เหลือเพียง 0.323 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน ซึ่งมีผลอย่างมากต่อความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีขึ้น เป็นผลมาจากความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีของเศษกระดาษกล่องนม ได้แก่ กระดาษ และพลาสติกโพลีเอทธิลีน (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2544; สสอ., 2552)

4.8 การทดสอบใช้งานจริง

อิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม อัตราส่วน P0.80 ถูกคัดเลือก มาใช้ในทดสอบการใช้งานจริงเป็นผนังจำลอง เนื่องจากมีสมบัติผ่านตามที่มาตรฐาน มผช.602–2547 (สมอ., 2547) กำหนด และใช้ปริมาณเศษกระดาษกล่องนมมากที่สุด ซึ่งผลการดำเนินงาน พบว่า การก่อ-ฉาบผนังจำลอง ขนาด 1 x 1 x 1 ลูกบาศก์เมตร สามารถทำได้เช่นเดียวกับอิฐบล็อกประสานทั่วไป และจากการสังเกตเป็นเวลา 3 เดือน ไม่พบการแตกร้าวหรือความผิดปกติอื่นใดจากการใช้งาน ดังรูปที่ 4.17 ถึง 4.20

รูปที่ 4.17 การก่อผนังด้วยอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมอัตราส่วน P0.80

รูปที่ 4.18 ลักษณะทั่วไปของผนังจำลองที่ก่อ-ฉาบบนอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาว ผสมเศษกระดาษกล่องนมอัตราส่วน P0.80

รูปที่ 4.19 การติดตั้งหลังคาของผนังจำลองที่ก่อ-ฉาบบนอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาว ผสมเศษกระดาษกล่องนมอัตราส่วน P0.80

รูปที่ 4.20 การใช้งานผนังจำลองที่ก่อ-ฉาบบนอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาว ผสมเศษกระดาษกล่องนมอัตราส่วน P0.80

4.9 การขอรับความคุ้มครองด้านทรัพย์สินทางปัญญา

จากผลการวิจัยในโครงการ “การใช้เศษกระดาษเหลือทิ้งเป็นมวลรวมในบล็อกประสานมวลเบาจากหน้าดินขาว” สามารถยื่นคำขอรับความคุ้มครองประเภทอนุสิทธิบัตรได้ จำนวน 1 คำขอ เรื่อง “กรรมวิธีการผลิตอิฐบล็อกประสานมวลเบาหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม” โดยได้รับคำแนะนำจาก หน่วยจัดการทรัพย์สินทางปัญญาและถ่ายทอดเทคโนโลยี แห่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล (TLO-RMUT) ในการดำเนินการร่าง จัดเตรียมเอกสาร และยื่นคำขออนุสิทธิบัตรในนาม “มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร”

4.10 การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนเป้าหมาย

ได้นำเสนอและตีพิมพ์บทความวิจัยเรื่อง “การใช้เศษกระดาษกล่องนมเป็นมวลรวมในบล็อกประสานกากดินขาว” ในการประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 13 ระหว่างวันที่ 26 – 28 มีนาคม 2557 ณ โรงแรมเดอะ ทวิน ทาวเวอร์ รองเมือง กรุงเทพมหานคร ซึ่งมีผู้สนใจ ได้แก่ หน่วยงานภาครัฐ หน่วยงานภาคเอกชน ชุมชน บริษัท และห้างร้านต่างๆ

นอกจากนี้ ยังมีบริษัทที่นำผลงานวิจัยดังกล่าวไปทดลองประยุกต์ใช้ในเบื้องต้นแล้ว จำนวน 3 ราย ซึ่งทั้งหมดต่างก็พอใจในผลการศึกษาของโครงการ ประกอบด้วย

1) บริษัท อริยะสุทธิ อินเตอร์เทรด จำกัด
2) ห้างหุ้นส่วนจำกัด เคแอนด์พี อินโนเวชั่น (ไทยแลนด์)
3) ห้างหุ้นส่วนจำกัด พี.ที. สุพรรณ วัสดุก่อสร้างและการเกษตร

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

โครงการ “การพัฒนาแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากการประยุกต์ใช้เส้นใยธรรมชาติจากกากมะพร้าวและต้นข้าวโพด” มีผลการดำเนินงาน ซึ่งสามารถสรุปผลและข้อเสนอแนะได้ ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผล

จากวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยและผลการดำเนินงานทั้งหมด สามารถสรุปเป็นข้อๆ ได้แก่

1) กระบวนการผลิตอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม มีความใกล้เคียงกับกระบวนการผลิตอิฐบล็อกประสานทั่วไป โดยสามารถใช้เครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบมือโยกชนิดเดียวกันในการขึ้นรูปได้

2) อัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดจากการดำเนินงานวิจัยที่ผ่านมา คือ อิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม อัตราส่วน P0.80 โดยเป็นอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวที่มีการผสมเศษกระดาษกล่องนมมากที่สุด และยังคงมีสมบัติต่างๆ ผ่านตามที่มาตรฐาน มผช.602-2547 เรื่องอิฐบล็อกประสาน กำหนด

3) เศษกระดาษกล่องนมที่นำมาแทนที่หน้าดินขาว มีผลต่อสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอิฐบล็อกประสาน โดยปริมาณเศษกระดาษกล่องนมที่เพิ่มขึ้น ทำให้สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลด้อยลง แต่มีผลดีต่อสมบัติด้านความหนาแน่นหรือน้ำหนักของอิฐบล็อกประสานที่เบาลง และสามารถพัฒนาความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนได้ดี

4) เทคโนโลยีการผลิตอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม ได้เผยแพร่ไปสู่กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ ชุมชน หน่วยงานภาครัฐ เอกชน และผู้สนใจทั่วไป ผ่านทางงานประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 13 และมี 3 บริษัทที่นำเทคโนโลยีดังกล่าวไปประยุกต์ใช้งานแล้ว

5.2 ข้อเสนอแนะ

ควรมีการทดลองใช้สารเคมีที่ช่วยด้านสมบัติทางกลของอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมเพิ่มเติม เพื่อให้อิฐบล็อกประสานดังกล่าวสามารถแทนที่ด้วยเศษกระดาษกล่องนมในปริมาณมากกว่าอัตราส่วน P0.80 ซึ่งจะช่วยให้ปริมาณของเศษกระดาษกล่องนมถูกใช้ไปมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรธรณี, 2548. **แหล่งดินขาว,** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.dmr.go.th/download/document/minerals/clays/e_192_262.pdf.

กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2544. **การผลิตเยื่อเวียนทำใหม่จากเศษกระดาษกล่องนม**, โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ, กรุงเทพฯ.

ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2540. **คอนกรีตเทคโนโลยี**, พิมพ์ครั้งที่ 5, กรุงเทพฯ.

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

ดนุพล ตันนโยภาส, 2553. **แร่และหิน,** พิมพ์ครั้งที่ 2, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

บริษัท อำพลฟูดส์ โพรเซสซิ่ง จำกัด, 2553. **เอกสารโครงการกล่องวิเศษ**, บริษัท อำพลฟูดส์ โพรเซสซิ่ง จำกัด, กรุงเทพฯ.

บรรยง แบบประเสริฐ, 2536. ดินขาวและประโยชน์, **วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ**, 41 (133), หน้า 9-11.

ประชุม คำพุฒ, 2550. การใช้น้ำยางพาราปรับปรุงสมบัติด้านการรับกำลังและการเป็นฉนวนกันความร้อนของคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ, **วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ.**, ปีที่ 30, ฉบับที่ 2, 363-376.

ประชุม คำพุฒ, สมเกียรติ รุ่งทองใบสุรีย์ และกิตติพงษ์ สุวีโร, 2554. บล็อกประสานจากหน้าดินขาว, **เอกสารประกอบการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 4**, จังหวัดชลบุรี.

ปริญญา จินดาประเสริฐ และเจริญชัย ฤทธิรุทธ, 2550. การศึกษาสารละลายที่แตกต่างในการผลิตจีโอโพลีเมอร์มอร์ต้าร์จากดินขาวเผา, **เอกสารประกอบการประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 3**, โรงแรมลองบีช การ์เด้น โฮเตล แอนด์ สปา พัทยา จังหวัดชลบุรี, 24-26 ตุลาคม 2550.

ผู้รับเหมาก่อสร้างไทย, 2555. **สร้างบ้านด้วยซีเมนต์กระดาษ**, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.thaicontractors.com/content/cmenu/1/22/472.html.

เผ่าพงศ์ นิจจันทร์พันธ์ศรี, สมหมาย ผิวสะอาด และประชุม คำพุฒ, 2551. การศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับการผสมดินขาวลงในคอนกรีตมวลเบา, **รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์**, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

วิชัย สังวรปทานกุล และวชิรพล ฐิตะสัจจา, 2549. ความคงทนของดินขาวที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยกลวิธีโพลิเมอร์ไรเซชั่น, **เอกสารประกอบการประชุมวิชาการโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 11**, โรงแรมเมอร์ลินบีช รีสอร์ท จังหวัดภูเก็ต.

วุฒินัย กกกำแหง และนรา รัตนวงศ์, 2553. **บล็อกประสานจากหน้าดินขาว**, งานวิจัยวิศวกรโยธา ฝ่ายถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชนบท, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.).

วินิต ช่อวิเชียร, 2527. **คอนกรีตเทคโนโลยี**, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิสุทธิ์ แก้วสกุล, 2551. **เทอร์โมพลาสติกอิลาสโตเมอร์จากการเบลนด์ยางธรรมชาติกับโคพอลิเมอร์ของเอทิลีนกับไวนิลอะซิเตท**, วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีพอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (ศว.), 2556. พลาสติกรีไซเคิล**, เอกสารประกอบการให้ความรู้,** ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ.

สมเกียรติ ฐิติภูมิเดชา, 2556. **เอกสารประกอบการเรียนรายวิชาวัสดุวิศวกรรม**, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.), 2547. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.602-2547 เรื่องอิฐบล็อกประสาน**, สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

สำนักส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (สสอ.), 2552. **ฉนวนความร้อน,** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www2.dede.go.th/dede/homesafe/ book/acc.htm.

อนุชาติ ลื้ออนันต์ศักดิ์ศิริ และศุภสิทธิ์ คนใหญ่, 2550. การศึกษาจีโอโพลีเมอร์จากเถ้าลอยผสมดินขาว, **เอกสารประกอบการประชุมวิชาการโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 12**, โรงแรมมอมรินทร์ลากูล จังหวัดพิษณุโลก, 2-4 พฤษภาคม 2550.

อภิญญา เจริญกุล, 2554. เทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์นม, **เอกสารประกอบการสอน**, มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.

American Society for Testing and Materials, 1997. **ASTM D 854-92: Standard Test Method for specific gravity of soils,** Annual Book of ASTM Standards, Vol. 4.08, Philadelphia, 88-91.

American Society for Testing and Materials, 1989. **ASTM D 422-63: Standard Test Method for particle size analysis of soils,** Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04-08, Philadelphia, 83-92.

American Society for Testing and Materials, 2001a. **Standard Specification for Building Brick ASTM C 62-69**, Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia.

American Society for Testing and Materials, 2001b. **Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means the Guarded-Hot-Plate Apparatus ASTM C 177-97**, Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia.

Jesse Edenbaum, 1992. **Plastics additives and modifiers handbook**, New York: Van Nostrand Reinhold, p.95–101.

ภาคผนวก

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน
อิฐบล็อกประสาน

๑. ขอบข่าย

๑.๑ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะอิฐบล็อกประสานที่มีดินลูกรังและปูนซีเมนต์เป็นส่วนประกอบหลัก

๒. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

๒.๑ อิฐบล็อกประสาน หมายถึง อิฐบล็อกที่ได้จากการนำดินลูกรัง ผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสม อาจผสมวัสดุอื่น ๆ เช่น หินฝุ่น ทราย กวนให้เข้ากัน เทลงในแบบพิมพ์ที่มีการออกแบบให้มีรูร่อง และเดือย อัดเป็นก้อน แล้วบ่มให้แข็งตัว

๒.๒ อิฐบล็อกประสาน ชนิดรับน้ำหนัก หมายถึง อิฐบล็อกประสานที่ใช้ก่อเพื่อรับน้ำหนักโครงสร้างอาคารได้ เช่น ก่อเสา ก่อผนัง

๒.๓ อิฐบล็อกประสาน ชนิดไม่รับน้ำหนัก หมายถึง อิฐบล็อกประสานที่ใช้ก่อผนังกั้นห้องหรือก่อส่วนอื่นภายในอาคารที่ไม่ใช่ส่วนที่ต้องรับน้ำหนักโครงสร้างอาคาร

๓. ชนิด

๓.๑ อิฐบล็อกประสาน แบ่งออกเป็น ๒ ชนิด คือ

๓.๑.๑ ชนิดรับน้ำหนัก

๓.๑.๒ ชนิดไม่รับน้ำหนัก

๔. คุณลักษณะที่ต้องการ

๔.๑ ลักษณะทั่วไป

ต้องไม่มีรอยแตกหรือร้าว อาจบิ่นได้เล็กน้อย

๔.๒ มิติ

ต้องเป็นไปตามที่ระบุไว้ที่ฉลาก โดยแต่ละมิติมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน $\pm$ ๒ มิลลิเมตร

๔.๓ ความต้านแรงอัด

๔.๓.๑ ชนิดรับน้ำหนัก

ค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า ๗.๐ เมกะพาสคัล

๔.๓.๒ ชนิดไม่รับน้ำหนัก

ค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า ๒.๕ เมกะพาสคัล

๔.๔ การดูดกลืนน้ำ (เฉพาะชนิดรับน้ำหนัก)

ต้องเป็นไปตามตารางที่ ๑

ตารางที่ ๑ การดูดกลืนน้ำ

(ข้อ ๔.๔)

น้ำหนักอิฐบล็อกประสานเมื่ออบแห้ง กิโลกรัม	การดูดกลืนน้ำสูงสุด เฉลี่ยจากอิฐบล็อกประสาน ๕ ก้อน กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
๑ ๖๘๐ และ น้อยกว่า	๒๘๘
๑ ๖๘๑ ถึง ๑ ๗๖๐	๒๗๒
๑ ๗๖๑ ถึง ๑ ๘๔๐	๒๕๖
๑ ๘๔๑ ถึง ๑ ๙๒๐	๒๔๐
๑ ๙๒๑ ถึง ๒ ๐๐๐	๒๒๔
มากกว่า ๒ ๐๐๐	๒๐๘

๕. การบรรจุ

๕.๑ หากมีการบรรจุ ให้บรรจุอิฐบล็อกประสานในภาชนะบรรจุที่สามารถป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับอิฐบล็อกประสานได้

๖. เครื่องหมายและฉลาก

๖.๑ ที่ฉลากหรือภาชนะบรรจุอิฐบล็อกประสาน อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(๑) ชื่อผลิตภัณฑ์

(๒) มิติ

(๓) เดือน ปีที่ทำ

(๔) ข้อแนะนำในการใช้และการดูแลรักษา

(๕) ชื่อผู้ทำ หรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียนใน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

๗. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

๗.๑ รุ่น ในที่นี้ หมายถึง อิฐบล็อกประสานที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

๗.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

๗.๒.๑ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป มิติ การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๕ ตัวอย่าง เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๔.๑ ข้อ ๔.๒ ข้อ ๕. และข้อ ๖. จึงจะถือว่าอิฐบล็อกประสานรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๒.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบความต้านแรงอัด ให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ ๖.๒.๑ แล้ว จำนวน ๕ ตัวอย่าง เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๔.๓ จึงจะถือว่าอิฐบล็อกประสานรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๒.๓ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบการดูดกลืนน้ำ ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๕ ตัวอย่าง เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๔.๔ จึงจะถือว่าอิฐบล็อกประสานรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๓ เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างอิฐบล็อกประสานต้องเป็นไปตามข้อ ๗.๒.๑ ข้อ ๗.๒.๒ และข้อ ๗.๒.๓ ทุกข้อ จึงจะถือว่าอิฐบล็อกประสานรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

๘. การทดสอบ

๘.๑ การทดสอบลักษณะทั่วไป การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก

ให้ตรวจพินิจ

๘.๒ การทดสอบมิติ

ให้ใช้เครื่องวัดที่เหมาะสม

๘.๓ การทดสอบความต้านทานแรงอัดและการดูดกลืนน้ำ

ให้ใช้วิธีทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก. ๕๗ และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก. ๕๘

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
กรรมวิธีการผลิตอิฐบล็อกประสานมวลเบาหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม

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 ต่อ 6144, 08 5908 0401 3.3 โทรสาร 0 2282 9009 ต่อ 6500 3.4 อีเมล์ p.v_eng@hotmail.com

4.สิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร
☐ ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบ ☑ ผู้รับโอน ☐ ผู้ขอรับสิทธิโดยเหตุอื่น

5.ตัวแทน(ถ้ามี)/ที่อยู่ (เลขที่ ถนน จังหวัด รหัสไปรษณีย์)	
	5.1 ตัวแทนเลขที่
	5.2 โทรศัพท์
	5.3 โทรสาร
	5.4 อีเมล์

6.ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ และที่อยู่ (เลขที่ ถนน ประเทศ)
ผศ.ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล ที่อยู่ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เลขที่ 399 ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10300 ประเทศไทย และ ว่าที่ ร.อ.กิตติพงษ์ สุวีโร ที่อยู่ หน่วยจัดการทรัพย์สินทางปัญญาและถ่ายทอดเทคโนโลยี แห่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เลขที่ 39 ม.1 ถ.รังสิต-นครนายก ต.รังสิต อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 12110 ประเทศไทย

7. คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิม
ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอให้ถือว่าได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ ในวันเดียวกับคำขอรับสิทธิบัตร เลขที่ วันยื่น เพราะคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิมเพราะ
☐ คำขอเดิมมีการประดิษฐ์หลายอย่าง ☐ ถูกคัดค้านเนื่องจากผู้ขอไม่มีสิทธิ ☐ ขอเปลี่ยนแปลงประเภทของสิทธิ

หมายเหตุ ในกรณีที่ไม่อาจระบุรายละเอียดได้ครบถ้วน ให้จัดทำเป็นเอกสารแนบท้ายแบบพิมพ์นี้โดยระบุหมายเลขกำกับข้อและหัวข้อที่แสดงรายละเอียดเพิ่มเติมดังกล่าวด้วย

8.การยื่นคำขอนอกราชอาณาจักร

วันยื่นคำขอ	เลขที่คำขอ	ประเทศ	สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ	สถานะคำขอ
8.1				
8.2				
8.3				

8.4 ☐ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรขอสิทธิให้ถือว่าได้ยื่นคำขอนี้ในวันที่ได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรในต่างประเทศเป็นครั้งแรกโดย

☐ ได้ยื่นเอกสารหลักฐานพร้อมคำขอนี้ ☐ ขอยื่นเอกสารหลักฐานหลังจากวันยื่นคำขอนี้

9.การแสดงการประดิษฐ์ หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรได้แสดงการประดิษฐ์ที่หน่วยงานของรัฐเป็นผู้จัด

วันแสดง วันเปิดงานแสดง ผู้จัด

10.การประดิษฐ์เกี่ยวกับจุลชีพ

10.1 เลขทะเบียนฝากเก็บ	10.2 วันที่ฝากเก็บ	10.3 สถาบันฝากเก็บ/ประเทศ

11.ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอยื่นเอกสารภาษาต่างประเทศก่อนในวันยื่นคำขอนี้ และจะจัดยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ที่จัดทำเป็นภาษาไทยภายใน 90 วัน นับจากวันยื่นคำขอนี้ โดยขอยื่นเป็นภาษา

☐ อังกฤษ ☐ ฝรั่งเศส ☐ เยอรมัน ☐ ญี่ปุ่น ☐ อื่นๆ

12.ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอให้อธิบดีประกาศโฆษณาคำขอรับสิทธิบัตร หรือรับจดทะเบียน และประกาศโฆษณาอนุสิทธิบัตรนี้หลังจากวันที่ เดือน พ.ศ

☐ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรขอให้ใช้รูปเขียนหมายเลข ในการประกาศโฆษณา

13.คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ประกอบด้วย

ก. แบบพิมพ์คำขอ	2	หน้า
ข. รายละเอียดการประดิษฐ์ หรือคำพรรณนาแบบผลิตภัณฑ์	3	หน้า
ค. ข้อถือสิทธิ	1	หน้า
ง. รูปเขียน	รูป	หน้า
จ. ภาพแสดงแบบผลิตภัณฑ์		
☐ รูปเขียน	รูป	หน้า
☐ ภาพถ่าย	รูป	หน้า
ฉ. บทสรุปการประดิษฐ์	1	หน้า

14.เอกสารประกอบคำขอ

- ☑ เอกสารแสดงสิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร
- ☐ หนังสือรับรองการแสดงการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์
- ☐ หนังสือมอบอำนาจ
- ☐ เอกสารรายละเอียดเกี่ยวกับจุลชีพ
- ☐ เอกสารการขอนับวันยื่นคำขอในต่างประเทศเป็นวันยื่นคำขอในประเทศไทย
- ☐ เอกสารขอเปลี่ยนแปลงประเภทของสิทธิ
- ☐ เอกสารอื่น ๆ

15. ข้าพเจ้าขอรับรองว่า

☑ การประดิษฐ์นี้ไม่เคยยื่นขอรับสิทธิบัตร/ อนุสิทธิบัตรมาก่อน

☐ การประดิษฐ์นี้ได้พัฒนาปรับปรุงมาจาก.....

16.ลายมือชื่อ (☑ ผู้ขอรับสิทธิบัตร / อนุสิทธิบัตร; ☐ ตัวแทน)

(รองศาสตราจารย์สุภัทรา โกไศยกานนท์)

รักษาการอธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

หมายเหตุ บุคคลใดยื่นขอรับสิทธิบัตรการประดิษฐ์หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ หรืออนุสิทธิบัตร โดยการแสดงข้อความอันเป็นเท็จแก่พนักงานเจ้าหน้าที่ เพื่อให้ได้ไปซึ่งสิทธิบัตรหรืออนุสิทธิบัตร ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินหกเดือน หรือปรับไม่เกินห้าพันบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ

รายละเอียดการประดิษฐ์

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์

กรรมวิธีการผลิตอิฐบล็อกประสานมวลเบาหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม

สาขาวิทยาการที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์

สาขาวิศวกรรมวัสดุที่เกี่ยวข้องกับกรรมวิธีการผลิตอิฐบล็อกประสานมวลเบาหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม

ภูมิหลังของศิลปะหรือวิทยาการที่เกี่ยวข้อง

ดินขาว (White clay or China Clay) เป็นดินเหนียวชนิดหนึ่ง ประกอบด้วยแร่ เคโอลิไนต์ (Kaolinite) ฮาลลอยไซต์ (Halloysite) หรืออิลไลต์ (Illite) นิยมใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมเซรามิค อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา อุตสาหกรรมยาง อุตสาหกรรมสี อุตสาหกรรมเคลือบกระดาษ และอุตสาหกรรมยาปราบศัตรูพืช เป็นต้น แหล่งดินขาวที่สำคัญในประเทศไทยมีอยู่หลายจังหวัด เช่น จังหวัดลำปาง เชียงใหม่ แพร่ พะเยา อุตรดิตถ์ ระนอง ปราจีนบุรี ระยอง จันทบุรี ตราด และนครนายก เป็นต้น แต่ด้วยความต้องการดินขาวที่มีความละเอียดแตกต่างกันในแต่ละอุตสาหกรรม ทำให้ต้องมีการขนส่งดินขาวไปยังพื้นที่ต่างๆ และดินขาวบางส่วนยังไม่สามารถจำหน่ายหรือนำไปใช้ประโยชน์ได้เท่าที่ควร เนื่องจากมีความละเอียดต่ำและมีการปนเปื้อนของสิ่งแปลกปลอมอยู่มาก โดยกระบวนการล้างเพื่อคัดแยกดินขาวที่มีคุณภาพนั้น มีเพียงร้อยละ 15 ของปริมาณดินขาวที่ขุดขึ้นมา ซึ่งสามารถส่งไปยังอุตสาหกรรมต่างๆ ได้ ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 85 เป็นกากดินขาวคุณภาพต่ำที่แทบไม่มีมูลค่า และหากต้องการนำกากดินขาวคุณภาพต่ำมาใช้งาน ก็ต้องผ่านกระบวนการคัดแยกที่ยุ่งยากและเสียค่าใช้จ่ายค่อนข้างมาก

การนำหน้าดินขาวมาขึ้นรูปเป็นอิฐบล็อกประสาน จึงเป็นอีกผลิตภัณฑ์ที่กำลังเป็นที่ต้องการของชุมชนรอบๆ พื้นที่แหล่งดินขาว เนื่องจากดินขาวที่ใช้เป็นดินขาวคุณภาพต่ำ ไม่สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ ได้ และไม่ต้องผ่านกระบวนการล้างให้ยุ่งยาก อิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวจึงเป็นที่นิยมอย่างมาก แต่ด้วยน้ำหนักที่มาก ทำให้ชุมชนมีความต้องการพัฒนาอิฐบล็อกประสานหน้าดินขาวให้มีน้ำหนักเบาลง ยืดหยุ่นมากขึ้น และทึบน้ำ

เศษกระดาษกล่องนม (Waste Cartons Milk) เป็นขยะที่มีปริมาณมากถึง 4 แสนกล่องต่อวัน ลักษณะเป็นแผ่นบางๆ เชื่อมติดกันเป็นชั้น ผิวหน้าถูกพิมพ์ด้วยหมึกต่างๆ ผลิตจากกระดาษ (Paper) โพลีเอทธิลีน (Poly-ethylene) และแผ่นอลูมิเนียม (Aluminium Foil) ยากต่อการย่อยสลาย ปัจจุบันมีการนำกลับมาใช้ผลิตเป็นเยื่อเวียนสำหรับผลิตกระดาษพิมพ์และเขียน แต่ค่อนข้างยุ่งยาก และต้นทุนสูง เช่น การกระจายเยื่อ การแยกหมึกพิมพ์ และการฟอกขาวเยื่อ เป็นต้น และไม่สามารถใช้ประโยชน์จากสมบัติของกระดาษกล่องนมที่มีน้ำหนักเบา คงทน ยืดหยุ่นสูง และทึบน้ำได้ การนำกลับไปใช้ใหม่จึงควรนำไปใช้โดยตรง

การใช้เศษกระดาษกล่องนมเป็นมวลรวมในบล็อกประสานกากดินขาว จึงเป็นการใช้ประโยชน์จากเศษกระดาษกล่องนมที่เหมาะสมที่สุด ทั้งยังเป็นการบรรเทาปัญหาสิ่งแวดล้อม ลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการขนส่งดินขาวไปจำหน่ายยังพื้นที่อื่น สร้างรายได้ให้กับชุมชนรอบแหล่งดินขาว เป็นวัสดุก่อสร้างที่มีต้นทุนต่ำ สามารถใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย และเป็นการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน

ลักษณะและความมุ่งหมายของการประดิษฐ์

ลักษณะของอิฐบล็อกประสานมวลเบาหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม เป็นอิฐบล็อกประสานน้ำหนักเบาที่มีส่วนประกอบหลัก คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1 หน้าดินขาว เศษกระดาษกล่องนม และน้ำประปา ทำการขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ได้บล็อกประสานมวลเบาหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม ที่มีความแข็งแรง น้ำหนักเบา ทึบน้ำ และเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีกว่าอิฐบล็อกประสานทั่วไป

ความมุ่งหมายของการประดิษฐ์อิฐบล็อกประสานมวลเบาหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม เพื่อใช้เป็นวัสดุก่อผนังในอุตสาหกรรมการก่อสร้างทั่วไป

การเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

ส่วนผสมของอิฐบล็อกประสานมวลเบาหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม ประกอบด้วย

- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1	เท่ากับ	1	ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด
- หน้าดินขาว	เท่ากับ	3 – 10	ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด
- กระดาษกล่องนม	เท่ากับ	0.05 – 5	ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด
- น้ำประปา	เท่ากับ	0.5 – 2.0	ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด

กรรมวิธีการผลิตอิฐบล็อกประสานมวลเบาหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม เริ่มจากการแบ่งหน้าดินขาวออกเป็น 2 ส่วน นำหน้าดินขาวส่วนที่ 1 มาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 100 (ขนาดรูตะแกรง 0.0059 นิ้ว หรือ 0.149 มิลลิเมตร) พร้อมทั้งนำหน้าดินขาวส่วนที่ไม่ผ่านตะแกรงออก และนำหน้าดินขาวส่วนที่ 2 มาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 200 (ขนาดรูตะแกรง 0.0029 นิ้ว หรือ 0.074 มิลลิเมตร) อีกขนาดหนึ่ง พร้อมทั้งนำหน้าดินขาวส่วนที่ไม่ผ่านตะแกรงออกเช่นเดียวกัน นำหน้าดินขาวส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 มาผสมให้เข้ากัน พักไว้ จากนั้นนำกระดาษกล่องนมมาเข้าเครื่องย่อยพลาสติก ให้มีขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 (ขนาดรูตะแกรง 0.187 นิ้ว หรือ 4.76 มิลลิเมตร) ก่อนนำเศษกระดาษกล่องนมไปแช่น้ำทำความสะอาด และทำให้แห้ง พักไว้ จากนั้นตวงส่วนผสมทั้งหมด และเริ่มทำการผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1 และหน้าดินขาวที่ร่อนผ่านตะแกรงแล้ว ให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมคอนกรีต โดยใช้ความเร็วต่ำ จากนั้นจึงทยอยเติมเศษกระดาษกล่องนมที่ย่อยแล้วลงเครื่องผสมคอนกรีต พร้อมทำการพ่นหรือเทน้ำประปาให้ทั่วส่วนผสม แล้วจึงผสมต่อไปโดย

ใช้ความเร็วปานกลางจนกระทั่งส่วนผสมทั้งหมดเข้ากันอย่างดี ทั้งหมดใช้เวลาในการผสมไม่เกิน 15 นาที นำส่วนผสมไปอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ได้บล็อกประสานมวลเบาหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม ก่อนนำอิฐบล็อกประสานที่ได้ไปบ่มในที่ร่มจนมีความแข็งแรงตามต้องการ จึงนำบล็อกประสานมวลเบาหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมไปใช้ประโยชน์ต่อไป

5 <u>วิธีการในการประดิษฐ์ที่ดีที่สุด</u>

ดังได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อการเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

ข้อถือสิทธิ

1. ส่วนผสมของอิฐบล็อกประสานมวลเบาหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม ประกอบด้วย

- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1	เท่ากับ	1	ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด
- หน้าดินขาว	เท่ากับ	3 – 10	ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด
- กระดาษกล่องนม	เท่ากับ	0.05 – 5	ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด
- น้ำประปา	เท่ากับ	0.5 – 2.0	ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด

2. กรรมวิธีการผลิตอิฐบล็อกประสานมวลเบาหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม เริ่มจากการแบ่งหน้าดินขาวออกเป็น 2 ส่วน นำหน้าดินขาวส่วนที่ 1 มาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 100 (ขนาดรูตะแกรง 0.0059 นิ้ว หรือ 0.149 มิลลิเมตร) พร้อมทั้งนำหน้าดินขาวส่วนที่ไม่ผ่านตะแกรงออก และนำหน้าดินขาวส่วนที่ 2 มาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 200 (ขนาดรูตะแกรง 0.0029 นิ้ว หรือ 0.074 มิลลิเมตร) อีกขนาดหนึ่ง พร้อมทั้งนำหน้าดินขาวส่วนที่ไม่ผ่านตะแกรงออกเช่นเดียวกัน นำหน้าดินขาวส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 มาผสมให้เข้ากัน พักไว้ จากนั้นนำกระดาษกล่องนมมาเข้าเครื่องย่อยพลาสติก ให้มีขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 (ขนาดรูตะแกรง 0.187 นิ้ว หรือ 4.76 มิลลิเมตร) ก่อนนำเศษกระดาษกล่องนมไปแช่น้ำทำความสะอาด และทำให้แห้ง พักไว้ จากนั้นตวงส่วนผสมทั้งหมด และเริ่มทำการผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1 และหน้าดินขาวที่ร่อนผ่านตะแกรงแล้ว ให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมคอนกรีต โดยใช้ความเร็วต่ำ จากนั้นจึงทยอยเติมเศษกระดาษกล่องนมที่ย่อยแล้วลงเครื่องผสมคอนกรีต พร้อมทำการพ่นหรือเทน้ำประปาให้ทั่วส่วนผสม แล้วจึงผสมต่อไปโดยใช้ความเร็วปานกลางจนกระทั่งส่วนผสมทั้งหมดเข้ากันอย่างดี ทั้งหมดใช้เวลาในการผสมไม่เกิน 15 นาที นำส่วนผสมไปอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ได้บล็อกประสานมวลเบาหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม ก่อนนำอิฐบล็อกประสานที่ได้ไปบ่มในที่ร่มจนมีความแข็งแรงตามต้องการ จึงนำบล็อกประสานมวลเบาหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนมไปใช้ประโยชน์ต่อไป

บทสรุปการประดิษฐ์

กรรมวิธีการผลิตอิฐบล็อกประสานมวลเบาหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม เป็นกระบวนการและอัตราส่วนผสมที่ใช้ผลิตอิฐบล็อกประสานน้ำหนักเบาที่มีส่วนประกอบหลัก คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1 หน้าดินขาว เศษกระดาษกล่องนม และน้ำประปา ทำการผสมส่วนผสมให้เข้ากัน และขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ได้บล็อกประสานมวลเบาหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม ที่มีความแข็งแรงน้ำหนักเบา ทึบน้ำ และเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีกว่าอิฐบล็อกประสานทั่วไป สำหรับใช้เป็นวัสดุก่อผนังในอุตสาหกรรมการก่อสร้างทั่วไป

หนังสือสัญญาโอนสิทธิขอรับสิทธิบัตร

เขียนที่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล
เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300

วันที่ 10 กันยายน 2557

สัญญาระหว่างผู้โอน คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล ที่อยู่ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เลขที่ 399 ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10300 ประเทศไทย และ ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร ที่อยู่ หน่วยจัดการทรัพย์สินทางปัญญาและถ่ายทอดเทคโนโลยี แห่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เลขที่ 39 ม.1 ถ.รังสิต-นครนายก ต.รังสิต อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 12110 ประเทศไทย โดยมีผู้รับโอน คือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร โดย รองศาสตราจารย์สุภัทรา โกไศยกานนท์ ตำแหน่ง รักษาการอธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่อยู่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เลขที่ 399 ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10300 ประเทศไทย

โดยสัญญานี้ ผู้โอนซึ่งเป็นผู้ประดิษฐ์ กรรมวิธีการผลิตอิฐบล็อกประสานมวลเบาหน้าดินขาวผสมเศษกระดาษกล่องนม ขอโอนสิทธิในการประดิษฐ์ดังกล่าว ซึ่งรวมถึงสิทธิขอรับอนุสิทธิบัตรและสิทธิอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องให้แก่ผู้รับโอน โดยผู้รับโอนได้จ่ายค่าตอบแทนที่เหมาะสมให้แก่ผู้โอน

เพื่อเป็นพยานหลักฐานแห่งการนี้ ผู้โอนและผู้รับโอนได้ลงลายมือชื่อไว้ข้างล่างนี้

(ลงชื่อ) ผู้โอน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล)

(ลงชื่อ) ผู้โอน
(ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร)

(ลงชื่อ) ผู้รับโอน
(รองศาสตราจารย์สุภัทรา โกไศยกานนท์)

(ลงชื่อ) พยาน
(ดร.ผกามาศ ชูสิทธิ์)

(ลงชื่อ) พยาน
(นายประชุม คำพุฒ)

บริษัท อริยะสุทธิ อินเตอร์เทรด จำกัด

199/93 หมู่ 4 ถ.รังสิต – นครนายก ต.รังสิต อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี

วันที่ 5 กันยายน 2556

เรื่อง ขอขอบคุณ ผศ.ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล ในงานวิจัยเรื่อง การใช้เศษกระดาษเหลือทิ้งเป็นมวลรวมในบล็อกประสานมวลเบาจากหน้าดินขาว

เรียน อธิการบดี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ด้วยทาง บริษัท อริยะสุทธิ อินเตอร์เทรด จำกัด ได้นำเอาผลงานวิจัยหรือผลงานสิ่งประดิษฐ์ ของ ผศ.ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล ในงานวิจัยเรื่อง การใช้เศษกระดาษเหลือทิ้งเป็นมวลรวมในบล็อกประสานมวลเบาจากหน้าดินขาว ไปใช้ในการเพิ่มมูลค่าและพัฒนากระบวนการผลิตของบล็อกประสาน โดยได้นำเอาผลงานดังกล่าวไปใช้ในส่วนของ กรรมวิธีการผลิต รวมไปถึงผลทดสอบสมบัติต่างๆ เป็นผลให้ทาง บริษัท อริยะสุทธิ อินเตอร์เทรด จำกัด สามารถเพิ่มมูลค่าและคุณสมบัติทางกลที่ดีขึ้นของบล็อกประสาน ทำให้บริษัทมีรายได้เพิ่มขึ้นจากการพัฒนาผลิตภัณฑ์

ในการนี้ ทางบริษัท จึงขอขอบคุณมายัง ผศ.ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล ในงานวิจัยเรื่อง ในงานวิจัยเรื่อง การใช้เศษกระดาษเหลือทิ้งเป็นมวลรวมในบล็อกประสานมวลเบาจากหน้าดินขาว

บริษัท อริยะสุทธิ อินเตอร์เทรด จำกัด
ARIYASUTTHI INTERTRADE CO.,LTD.

(.....)

นายธวัชชัย อริยะสุทธิ

กรรมการผู้จัดการ

บริษัท อริยะสุทธิ อินเตอร์เทรด จำกัด

K&P
หจก. เคแอนด์พี อินโนเวชั่น (ไทยแลนด์)

ห้างหุ้นส่วนจำกัด เคแอนด์พี อินโนเวชั่น(ไทยแลนด์)
เลขที่ 80 หมู่ที่ 4 ตำบลสนามชัย อำเภอเมืองสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี
วันที่ 12 กันยายน 2557

เรื่อง ขอขอบคุณ ผศ.ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล
ในงานวิจัยเรื่อง การใช้เศษกระดาษเหลือทิ้งเป็นมวลรวมในบล็อกประสานมวลเบาจากหน้าดินขาว

เรียน อธิการบดี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ด้วยทาง ห้างหุ้นส่วนจำกัด เคแอนด์พี อินโนเวชั่น(ไทยแลนด์) ได้นำเอาผลงานวิจัยหรือผลงานสิ่งประดิษฐ์ ของ ผศ.ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล ในงานวิจัยเรื่อง การใช้เศษกระดาษเหลือทิ้งเป็นมวลรวมในบล็อกประสานมวลเบาจากหน้าดินขาว โดยได้นำเอาผลงานดังกล่าวไปใช้ในส่วนของ กรรมวิธีการผลิต รวมไปถึงผลการทดสอบสมบัติของบล็อกประสาน เป็นผลให้ทางห้างหุ้นส่วนจำกัด เคแอนด์พี อินโนเวชั่น (ไทยแลนด์) สามารถผลิตบล็อกประสานออกจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ได้ ทำให้ห้างหุ้นส่วนจำกัดมีรายได้เพิ่มขึ้นจากการพัฒนาผลิตภัณฑ์

ในการนี้ ทางห้างหุ้นส่วนจำกัด จึงขอขอบคุณมายัง ผศ.ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล ในงานวิจัยเรื่อง การใช้เศษกระดาษเหลือทิ้งเป็นมวลรวมในบล็อกประสานมวลเบาจากหน้าดินขาว

ห้างหุ้นส่วนจำกัด เคแอนด์พี อินโนเวชั่น (ไทยแลนด์) K&P INNOVATION (THAILAND) LIMITED PARTNERSHIP

(.....)
นางสาวสุรีย์รัตน์ อริยะสุทธิ
หุ้นส่วนกรรมการ

ห้างหุ้นส่วนจำกัด พี.ที. สุพรรณ วัสดุก่อสร้างและการเกษตร
P.T. SUPHAN CONSTRUCTION MATERIALS AND AGRICULTURE LIMITED PARTNERSHIP
เลขที่ 80 หมู่ที่ 4 ตำบล สนามชัย อำเภอเมือง สุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี 72000

วันที่ 10 กันยายน 2557

เรื่อง ขอขอบคุณ ผศ.ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล
ในงานวิจัยเรื่อง การใช้เศษกระดาษเหลือทิ้งเป็นมวลรวมในบล็อกประสานมวลเบาจากหน้าดินขาว

เรียน อธิการบดี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ด้วยทาง ห้างหุ้นส่วนจำกัด พี.ที. สุพรรณ วัสดุก่อสร้างและการเกษตร ได้นำเอาผลงานวิจัยหรือผลงานสิ่งประดิษฐ์ของ ผศ.ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล ในงานวิจัยเรื่อง การใช้เศษกระดาษเหลือทิ้งเป็นมวลรวมในบล็อกประสานมวลเบาจากหน้าดินขาว ไปใช้ในการพัฒนากระบวนการผลิตของห้างหุ้นส่วนฯ เป็นผลให้ห้างหุ้นส่วนฯ สามารถลดต้นทุนในการผลิต และช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมได้ดี

ในการนี้ ทางห้างหุ้นส่วนฯ จึงขอขอบคุณมายัง ผศ.ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล ในงานวิจัยเรื่อง การใช้เศษกระดาษเหลือทิ้งเป็นมวลรวมในบล็อกประสานมวลเบาจากหน้าดินขาว และขอขอบคุณคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ที่ให้ความช่วยเหลือด้านเทคนิควิธี และให้คำปรึกษาในการดำเนินงานมา ณ ที่นี้

ห้างหุ้นส่วนจำกัด พี.ที. สุพรรณ วัสดุก่อสร้างและการเกษตร
P.T. SUPHAN CONSTRUCTION MATERIALS AND AGRICULTURE LIMITED PARTNERSHIP

.....

(นางสาวปวีณา อ่อนสนิท)
หุ้นส่วนกรรมการ
ห้างหุ้นส่วนจำกัด พี.ที. สุพรรณ
วัสดุก่อสร้างและการเกษตร