การใช้ประโยชน์จากกระเบื้องเหลือทิ้งสำหรับผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสานน้ำหนักเบาเพื่อส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน

Utilization of Ceramic Tile Waste for Light Weight Interlocking Brick Product to Promote Community Enterprise

นายอดิศร จรัลวรกูลวงศ์
ผกามาศ ชูสิทธิ์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล และสมบัติความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนของอิฐบล็อกประสานผสมกระเบื้องเหลือทิ้ง กำหนดอัตราส่วนปูนซีเมนต์: กระเบื้องเหลือทิ้ง: ทรายละเอียด: ปูนขาว: น้ำประปา โดยให้ทรายละเอียด ปูนขาว น้ำประปา คงที่ที่ 0.3:0.1:0.4 องค์ประกอบกระเบื้องเหลือทิ้งเท่ากับ 0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 โดยน้ำหนัก ซึ่งมวลรวมถูกใช้ในการผสมประกอบด้วยการขึ้นรูปตัวอย่างและทดสอบสมบัติตามมาตรฐาน มผช.602–2547 พบว่า อัตราส่วนปูนซีเมนต์ผสมกระเบื้องเหลือทิ้งมากที่สุด และมีสมบัติผ่านตามมาตรฐาน คือ B20-B60 มีอัตราส่วนกระเบื้องเหลือทิ้ง 0.2 0.4 และ 0.6 โดยน้ำหนัก ที่ 0.6 เหมาะสมที่สุดในกลุ่มตัวอย่างซึ่งปริมาณกระเบื้องเหลือทิ้งที่เหมาะสม สามารถลดความหนาแน่น, การดูดกลืนน้ำ, และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอิฐบล็อกประสานผสมกระเบื้องเหลือทิ้งอยู่ในมาตรฐาน

คำสำคัญ: อิฐบล็อกประสาน, กระเบื้องเหลือทิ้ง, น้ำหนักเบา

Abstract

The objective of this research is to study about physical, mechanical, and thermal insulation properties of light-weighted cement interlocking brick mixed with tile waste. The ratio of aggregates (sand: kaolin powder: sanitary water) 0.3:0.1:0.4 without cement and 5 ratios of cement and tile waste are as follows 0, 0.2, 0.4, 0.6 and 0.8 by weighted. The interlocking brick samples are press-cast for testing the necessary properties followed the TCPS standard 602-2547. From the experiment, the good interlocking bricks with tile waste ratio based-on standard are B20-B60, which has the good cement mixed of tile waste and can pass the standard is 1: 0.6 by weighted. The suitable quantity of tile waste can reduce the density, water absorption, and thermal conductivity of tile waste interlocking brick.

Keywords: Interlocking brick, Tile 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	4
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	5
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	7
2.1 อิฐบล็อกประสาน	7
2.2 การผลิตอิฐบล็อกประสานให้ได้คุณภาพ	8
2.3 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสาน	8
2.4 การคำนวณสมบัติที่สำคัญของอิฐบล็อกประสาน	10
2.5 ปูนซีเมนต์	13
2.6 คอนกรีต	17
2.7 คุณสมบัติทางเคมีของดินขาว	18
2.8 คุณสมบัติทางกายภาพของดินขาว	19
2.9 แหล่งดินขาวในประเทศไทย	19
2.10 ประโยชน์ของดินขาว	21
2.11 การตรวจสอบองค์ประกอบ	21
2.12 สมมติฐาน	22
2.13 กรอบแนวความคิด	22
2.14 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	23
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	28
3.1 วัสดุที่ใช้ในการวิจัย	28
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	30
3.3 การเตรียมวัสดุในการวิจัย	32
3.4 การออกแบบอัตราส่วนของอิฐบล็อกประสาน	32
3.5 การขึ้นรูปอิฐบล็อกประสาน	32
3.6 การบ่มอิฐบล็อกประสาน	35
3.7 การทดสอบสมบัติของอิฐบล็อกประสาน	36

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.8 การทดสอบใช้งานจริงของอิฐบล็อกประสาน	37
3.9 การวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย	37
3.10 การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนเป้าหมาย	38
บทที่ 4 ผลการวิจัย	39
4.1 ลักษณะทั่วไป และมิติ	39
4.2 การดูดกลืนน้ำ	41
4.3 การหดตัวแห้ง	42
4.4 ความต้านทานแรงอัด	42
4.5 สัมประสิทธิ์การนำความร้อน	44
4.6 การทดสอบใช้งานจริง	44
4.7 การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนเป้าหมาย	45
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	45
5.1 สรุปผล	46
5.2 ข้อเสนอแนะ	46
เอกสารอ้างอิง	46
ภาคผนวก	47
มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.602–2547 เรื่องอิฐบล็อกประสาน	50
	51

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	เครื่องจักรของอุตสาหกรรมผลิตกระเบื้องปูพื้นเซรามิกประเภทดินเผา	1
1.2	เครื่องจักรของอุตสาหกรรมผลิตเซรามิกประเภทดินเผา	2
1.3	อิฐบล็อกประสานรูปทรงสี่เหลี่ยมสำหรับนำไปก่อสร้างผนังอาคาร	2
1.4	อิฐบล็อกประสานรูปโค้งสำหรับนำไปก่อสร้างถังเก็บน้ำ	3
1.5	การผลิตอิฐบล็อกประสานที่สามารถขึ้นรูปได้ด้วยเครื่องอัดขนาดเล็ก	3
1.6	เศษกระเบื้องดินเผาแตกหักที่เหมาะสำหรับนำไปขึ้นรูปอิฐบล็อกประสานในโครงการ	4
2.1	อิฐบล็อกประสานแบบตรง ขนาด 10x12.5x 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร	7
2.2	อิฐบล็อกประสานแบบโค้งขนาด 10x15x30 ลูกบาศก์เซนติเมตร	7
2.3	ความยาว L_x ของอิฐบล็อกประสาน	11
2.4	ความกว้างของโพรง และความหนาของเปลือกของอิฐบล็อกประสาน	12
2.5	กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	23
3.1	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1	28
3.2	เศษกระเบื้องสีรอการบดละเอียด	28
3.3	เศษกระเบื้องหลังบดละเอียดเพื่อนำผสม	29
3.4	เครื่องชั่งดิจิตอล	30
3.5	เครื่องผสมคอนกรีต	30
3.6	เครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบมือโยก	30
3.7	เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ UTM	31
3.8	ตู้อบ	31
3.9	การผสมเศษกระเบื้องเหลือทิ้งเป็นส่วนผสมของบล็อกประสานน้ำหนักเบา	33
3.10	การเทส่วนผสมลงในเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบมือโยก	33
3.11	ลักษณะของอิฐบล็อกประสานที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบมือโยก	33
3.12	ภาพขยายอิฐบล็อกประสานน้ำหนักเบาผสมกระเบื้องเหลือทิ้งด้วยกล้อง (SEM)	34
3.13	ภาพขยายอิฐบล็อกผสมกระเบื้องเหลือทิ้งด้วยกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 50 เท่า	34
3.14	ภาพขยายอิฐบล็อกประสานผสมกระเบื้องเหลือทิ้งที่นำมาวิจัยด้วยกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 100 เท่า	34
3.15	การนำบล็อกประสานผสมกระเบื้องเหลือทิ้งแช่น้ำเพื่อทดสอบ	35
3.16	อิฐบล็อกประสานผสมเศษกระเบื้องเหลือทิ้ง	35
3.17	การจัดเรียงอิฐบล็อกประสานผสมกระเบื้องเหลือทิ้งเพื่อการบ่ม	35
3.18	การชั่งน้ำหนักอิฐบล็อกประสานผสมกระเบื้องเหลือทิ้ง	36
3.19	การทดสอบแรงอัดกับอิฐบล็อกประสานผสมกระเบื้องเหลือทิ้ง	36
3.20	ทดสอบโมดูลัสกับอิฐบล็อกประสานผสมกระเบื้องเหลือทิ้งเพื่อหาโมดูลัสการแตกหัก	37

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		
3.21	ชิ้นอิฐบลิกประสานผสมกระเบื้องเหลือทิ้งสำหรับทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน	37
4.1	ความหนาแน่นของอิฐบลิกประสานผสมกระเบื้องเหลือทิ้ง	40
4.2	ค่าร้อยละการหดตัวของอิฐบล็อกประสานผสมกระเบื้องเหลือทิ้ง	40
4.3	ค่าการดูดซึมน้ำของอิฐบล็อกประสานผสมกระเบื้องเหลือทิ้ง	41
4.4	การหดตัวแห้งของอิฐบลิกประสาน	42
4.5	ค่าแรงอัดของอิฐบล็อกประสานผสมกระเบื้องเหลือทิ้ง	43
4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด	43
4.7	สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอิฐบล็อกประสานผสมกระเบื้องเหลือทิ้ง	44

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	การดูดกลืนน้ำที่ยอมให้ของอิฐบล็อกประสานชนิดรับน้ำหนัก	9
2.2	สารประกอบและคุณสมบัติของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ถึง 5	14
2.3	ความหนาของชั้นหน้าดินขาวกับชั้นดินขาว	14
2.4	องค์ประกอบของดินขาวในประเทศไทย (ร้อยละ)	18
2.5	สมบัติทางกลของเทอร์โมพลาสติก	27
3.1	องค์ประกอบทางเคมีของดินขาวจากจังหวัดระนอง	29
3.2	อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักของอิฐบล็อกประสานผสมกระเบื้องเหลือทิ้ง	32
4.1	ลักษณะทั่วไปและมิติของอิฐบล็อกประสานผสมกระเบื้องเหลือทิ้ง	39

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

อุตสาหกรรมเซรามิก เป็นอุตสาหกรรมที่ใช้วัตถุดิบในประเทศเป็นส่วนใหญ่ การผลิตจะใช้แรงงานเป็นจำนวนมาก เป็นอุตสาหกรรมที่สนองนโยบายของรัฐในการสร้างงานและกระจายรายได้ไปสู่ภูมิภาค จึงนับว่าเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญอุตสาหกรรมหนึ่ง อุตสาหกรรมเซรามิกเป็นอุตสาหกรรมที่มีผลิตภัณฑ์มากมายหลายชนิด และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากอุตสาหกรรมเซรามิกจะนำไปใช้เป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานของอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น อุตสาหกรรมก่อสร้างอุตสาหกรรมไฟฟ้า อุตสาหกรรมรถยนต์ อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์สำหรับผู้บริโภค ตลอดจนอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ เป็นต้น ในปี พ.ศ.2552 อุตสาหกรรมเซรามิก มีมูลค่ารวมกว่า 25,000 ล้านบาท (มูลนิธิสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2555)ซึ่งประเภทของอุตสาหกรรมเซรามิกที่แพร่หลายอยู่ในชุมชนท้องถิ่น คือ อุตสาหกรรมเซรามิกแบบดินเผา ซึ่งมีผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้แก่ อ่างล้างหน้า โถปัสสาวะแบบไม่กักน้ำ กระเบื้องปูพื้น (รูปที่ 1.1) โอ่งเก็บน้ำ (รูปที่ 1.2) กระถางต้นไม้ตลอดจนอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญ **ปัญหาที่สำคัญของอุตสาหกรรมนี้ คือ เศษกระเบื้องเหลือทิ้ง** ทั้งจากกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม และการรื้อถอนสิ่งก่อสร้าง โดยทั่วไปจะใช้วิธีการกำจัดด้วยการฝังกลบหรือนำไปถมที่ดินเนื่องจากเป็นวัสดุที่ยากต่อการนำไปรีไซเคิล และหากนำไปรีไซเคิลก็ต้องใช้พลังงานสูง เพราะจะต้องทำการบดให้เศษกระเบื้องดังกล่าวเป็นอนุภาคขนาดเล็กมากๆแต่ด้วยคุณสมบัติของเซรามิกที่มีคุณสมบัติมีความแข็งสูง (Hardness) มีความต้านทานต่อแรงกดได้ดี (Compressive Strength) เป็นฉนวนไฟฟ้า(Dielectric) เป็นฉนวนความร้อน (Thermal insulation) จุดหลอมเหลวสูงทนการกัดกร่อนจากสารเคมีได้ดีและมีน้ำหนักเบา (Light-weight)(สถาบันวิจัยวิจัยสังคม, 2545) ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ดีของวัสดุที่จะนำมาใช้เป็นผนังอาคารและโครงสร้าง

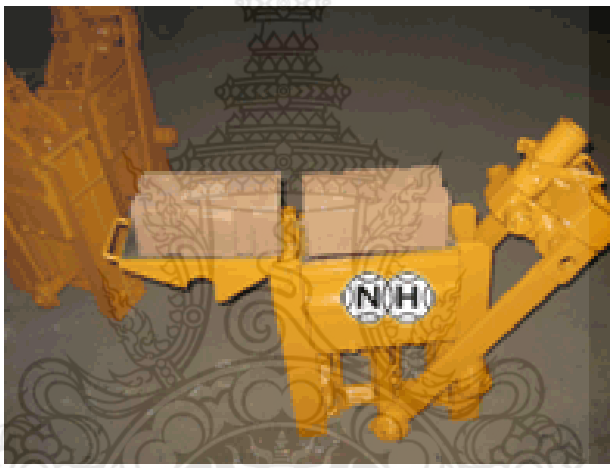
รูปที่ 1.1 เครื่องจักรของอุตสาหกรรมผลิตกระเบื้องปูพื้นเซรามิกประเภทดินเผา

รูปที่ 1.2 เครื่องจักรของอุตสาหกรรมผลิตเซรามิกประเภทดินเผา

อิฐบล็อกประสาน เป็นวัสดุก่อรับน้ำหนักที่ได้ทำการพัฒนารูปแบบให้มีรู และเดือยบนตัวบล็อก เพื่อให้สะดวกในการก่อสร้าง โดยเน้นการใช้วัตถุดิบในพื้นที่ ได้แก่ ดินลูกรัง หินฝุ่น ทราย หรือวัสดุเหลือทิ้งต่างๆที่มีความเหมาะสม นำมาผสมกับปูนซีเมนต์ และน้ำในสัดส่วนที่เหมาะสม อัดเป็นก้อนด้วยเครื่องอัดแล้วนำมาบ่มให้บล็อกแข็งตัว จะได้คอนกรีตบล็อกที่มีความแข็งแกร่ง มีรูปลักษณะพิเศษที่สามารถใช้ในการก่อสร้างอาคารต่าง ๆ หรือก่อเป็นถังเก็บน้ำได้อย่างรวดเร็ว สวยงาม และประหยัดกว่างานก่อสร้างทั่วไปบล็อกประสาน ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.602) เรื่องอิฐบล็อกประสานแบ่งการใช้งานเป็น 2 ประเภท เพื่อให้เหมาะกับการใช้งาน คือ บล็อกตรงหรือทรงสี่เหลี่ยมใช้สำหรับก่อสร้างอาคาร ดังรูปที่ 3และบล็อกโค้งใช้สำหรับก่อสร้างถังเก็บน้ำ(สมอ., 2547) ดังรูปที่ 4จากลักษณะของอิฐบล็อกประสาน ซึ่งสามารถก่อได้โดยไม่ต้องทำการฉาบผิวและอาจไม่ต้องใช้ปูนซีเมนต์ดังกล่าว ทำให้วัสดุก่อสร้างชนิดนี้ ได้รับความนิยมทั้งในการก่อสร้างและการตกแต่งอาคาร สวนหย่อม และโครงสร้างต่างๆ โดยเฉพาะในงานก่อสร้างอาคารที่ต้องการการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ อิฐบล็อกประสานยังเป็นวัสดุก่อสร้างที่สามารถอัดขึ้นรูปได้ด้วยเครื่องอัดแบบมือโยก ดังรูปที่ 1,5 ซึ่งไม่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าทำให้วิสาหกิจชุมชนขนาดเล็กสามารถผลิตและขึ้นรูปวัสดุก่อสร้างชนิดนี้ได้เอง

รูปที่ 1.3 อิฐบล็อกประสานรูปทรงสี่เหลี่ยมสำหรับนำไปก่อสร้างผนังอาคาร

รูปที่ 1.4 อิฐบล็อกประสานรูปโค้งสำหรับนำไปก่อสร้างถังเก็บน้ำ



รูปที่ 1.5 การผลิตอิฐบล็อกประสานที่สามารถขึ้นรูปได้ด้วยเครื่องอัดขนาดเล็ก

เศษกระเบื้องดินเผา หรือเศษกระเบื้องเซรามิกแบบดินเผา เป็นเศษเซรามิกชนิดหนึ่งที่มีปริมาณมากที่สุด และมีความเป็นได้สูงที่จะนำมาใช้เป็นมวลรวมในอิฐบล็อกประสาน ดังรูปที่ 1.6 เนื่องจากการที่สีของเนื้อเศษรามิกส่วนใหญ่ที่ค่อนข้างส้มถึงแดง ทำให้เมื่อผสมในอิฐบล็อกประสานแล้วจะได้เนื้ออิฐบล็อกที่สีส้มถึงแดงตามไปด้วย นอกจากนี้ เศษกระเบื้องเซรามิกแบบดินเผาขณะแตกหรือถูกบดหยาบนั้น จะให้เนื้อหรืออนุภาคที่มีขนาดเล็กมากกว่าเซรามิกแบบพอร์ซเลน และสามารถบดทำให้ละเอียดได้ง่ายกว่ามาก(สถาบันวิจัยวิจัยสังคม, 2545)ทั้งนี้ ผู้ผลิตเซรามิกหรือวิสาหกิจชุมชนที่อยู่ในบริเวณที่มีโรงงานเซรามิกนี้ตั้งอยู่ (มีกระจายอยู่ทั่วทุกภูมิภาคของประเทศ) จะสามารถใช้เศษเซรามิกแบบดินเผานี้ สำหรับทดแทนดินลูกรังในการผลิตอิฐบล็อกประสาน ซึ่งเป็นดินที่หาได้เฉพาะบางพื้นที่ได้นอกจากนี้ การพัฒนาอิฐบล็อกประสานผสมเศษกระเบื้องเหลือทิ้ง ยังมีความมุ่งหมายในการพัฒนาต่อยอดผลิตภัณฑ์ให้สามารถใช้งานได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสานสำหรับก่อสร้างถังกักเก็บน้ำ หรืออิฐบล็อกประสานชนิดรับน้ำหนัก ซึ่งต้องการค่าความต้านทานแรงอัดที่สูง และค่าการดูดกลืนน้ำที่

ต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับอิฐบล็อกประสานทั่วไป ดังนั้น โครงการวิจัยนี้ จึงมีระยะเวลาทำวิจัย จำนวน 2 ปี ต่อเนื่อง โดยปีที่ 1 จะเป็นการพัฒนาอิฐบล็อกประสานมวลเบาผสมเศษกระเบื้องเหลือทิ้ง ชนิดไม่รับน้ำหนัก และปีที่ 2 จะเป็นการพัฒนาอิฐบล็อกประสานมวลเบาผสมเศษกระเบื้องเหลือทิ้ง ชนิดรับน้ำหนัก ซึ่งจะมีการเพิ่มเถ้าแกลบและน้ำยางธรรมชาติ สำหรับพัฒนาคุณสมบัติของอิฐบล็อกประสานให้ดีขึ้นได้ คือ เถ้าแกลบ จะทำหน้าที่เป็นวัสดุปอซโซลานช่วยเพิ่มความแข็งแรง และน้ำยางธรรมชาติ จะเป็นฟิล์มยางที่มีความทึบน้ำและเป็นฉนวนป้องกันความร้อน คอยเคลือบและแทรกอยู่ภายในเนื้ออิฐบล็อกประสาน (Ohama, 1987; ประชุม, 2550; สมพิศ และคณะ, 2555) โดยทั้งเถ้าแกลบและน้ำยางธรรมชาติต่างก็เป็นวัตถุดิบที่มีอยู่มากในประเทศไทย ซึ่งเป็นผลพลอยได้และผลผลิตจากพืชเศรษฐกิจอันดับต้นๆ ของไทย

รูปที่ 1.6 เศษกระเบื้องดินเผาแตกหักที่เหมาะสำหรับนำไปขึ้นรูปอิฐบล็อกประสานในโครงการ

จากปัญหาของเศษกระเบื้องเหลือทิ้งของโรงงานและวิสาหกิจชุมชนทั่วประเทศ และลักษณะเฉพาะตัวของอิฐบล็อกประสานที่สามารถอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องจักรขนาดเล็กได้โดยไม่ต้องใช้ไฟฟ้า นั้น โครงการ “การใช้ประโยชน์จากกระเบื้องเหลือทิ้งสำหรับผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสานน้ำหนักเบาเพื่อส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน” จึงเกิดขึ้นเพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาเศษกระเบื้องเซรามิกดินเผาเหลือทิ้งที่ยากต่อการนำเข้ากระบวนการผลิตใหม่ มาประยุกต์ใช้เป็นมวลรวมที่มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสาน โดยคาดว่าผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสานดังกล่าว จะมีน้ำหนักเบา แข็งแรง คงทน เป็นฉนวนป้องกันความร้อน มีต้นทุนการผลิตต่ำ และใช้งานได้หลากหลาย รวมทั้ง จะเป็นที่ต้องการของชุมชนทั่วประเทศ ซึ่งมีความต้องการวัสดุก่อสร้างมากขึ้นทุกปี โดยเฉพาะวัสดุก่อสร้างที่ช่วยประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1) เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสานมวลเบาผสมเศษกระเบื้องเหลือทิ้งสำหรับส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน

2) เพื่อเพิ่มมูลค่าและส่งเสริมให้มีการนำเศษกระเบื้องเหลือทิ้งไปใช้เป็นมวลรวมน้ำหนักเบาในผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสานมวลเบา

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1) ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสานมวลเบาผสมเศษกระเบื้องเหลือทิ้งสำหรับส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน ใช้มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.602) เรื่องอิฐบล็อกประสาน(สมอ., 2547) และมาตรฐาน ASTM ที่เกี่ยวข้อง(ASTM, 2014)

2) ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เป็นวัสดุเชื่อมประสาน

3) ใช้เศษกระเบื้องเนื้อดินเผา จากโรงงานอุตสาหกรรม ขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 10 เป็นมวลรวมน้ำหนักเบา

4) ใช้ทรายหยาบเป็นมวลรวมละเอียดให้กับอิฐบล็อกประสานมวลเบา **(ปีที่ 2)**

5) ใช้เถ้าแกลบ ขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 325 เป็นวัสดุปอซโซลานให้กับอิฐบล็อกประสานมวลเบา **(ปีที่ 2)**

6) ใช้น้ำยางธรรมชาติข้น ร้อยละ 60 ชนิดรักษาด้วยแอมโมเนียสูง (high ammonia) เป็นสารลดการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสานมวลเบา **(ปีที่ 2)**

7) ขึ้นรูปอิฐบล็อกประสานมวลเบา ขนาด 10x 10x 20 เซนติเมตร ด้วยเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบมือโยก

8) โครงการวิจัยนี้ เป็นโครงการวิจัยที่มีระยะเวลาดำเนินการวิจัย 2 ปี โดยในปีที่ 2 เป็นการต่อยอดผลงานวิจัยจากปีที่ 1 ซึ่งมีขอบเขตแตกต่างกัน คือ

ปีที่ 1 (พ.ศ.2561)

พัฒนาอิฐบล็อกประสานมวลเบาชนิด**ไม่รับน้ำหนัก** โดยใช้ส่วนผสม ประกอบด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เศษกระเบื้องดินเผา และน้ำประปา ในการอัดขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสานมวลเบาชนิดไม่รับน้ำหนัก

ปีที่ 2 (พ.ศ.2562)

พัฒนาอิฐบล็อกประสานมวลเบาชนิด**รับน้ำหนัก** โดยใช้ส่วนผสม ประกอบด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เศษกระเบื้องดินเผาน้ำประปา**เถ้าแกลบ ทรายหยาบน้ำยางธรรมชาติและสารลดแรงตึงผิว** ในการอัดขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสานมวลเบาชนิดรับน้ำหนัก

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้อัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ และกระเบื้องเหลือทิ้งเพื่อผลิตอิฐบล็อกประสานน้ำหนักเบาเพื่อส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน สามารถรับกำลังอัดได้ตามมาตรฐาน

2) ได้ทราบถึงคุณสมบัติทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติทางกลของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานมวลเบาจากกระเบื้องเหลือทิ้ง

3) เป็นข้อมูลและแนวทางในการประกอบอาชีพจากการผลิตคอนกรีตบล็อกประสานมวลเบาจากกระเบื้องเหลือทิ้ง โดยประชากรในชุมชน ตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง

4) สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัสดุเหลือทิ้งในแหล่งที่มีเศษกระเบื้องเหลือทิ้ง

5) สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้าง

6) เผยแพร่บทความในวารสารที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม

7) เผยแพร่ผลงานวิจัยในการประชุมสัมมนาวิชาการทั้งในประเทศและต่างประเทศ

6'0¢hëÉÑŅJĶ¦JJIJŅĚöėĶŗ3¥ŋĵĚŅĬÍéĵŕĶŃĮ'ĮŗĚJĮ'ŅÍÑĵŅĸĵĩĬéőĬőĸĵĸĝJĚėĸıĶŃĬėĶ

องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น เหมืองแร่ และบริษัทฯ ผู้ผลิตและจำน่ายวัสดุก่อสร้าง

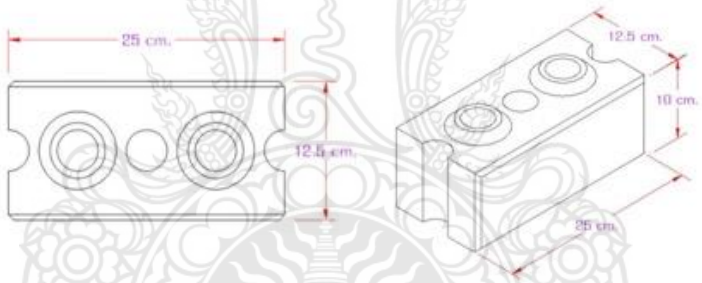
บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรม

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)

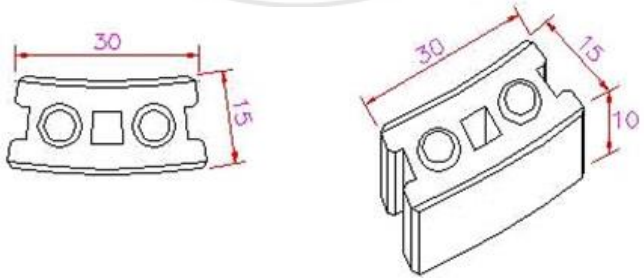
บล็อกประสานแบ่งการใช้งานเป็น 2 ประเภท เพื่อให้เหมาะกับการใช้งาน

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) โดยความสามารถในการรับกำลังอัด จะขึ้นอยู่กับคุณภาพของมวลรวม ขนาดคละ และปริมาณปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ถึงแม้ว่าบล็อกประสานจะถูกอัดด้วยเครื่องจักรที่มีกำลังสูง แต่ก็ยังคงมีช่องว่างระหว่างอนุภาคอยู่ และการเชื่อมประสานของปูนซีเมนต์ไม่ได้เติมเต็มช่องว่างระหว่างมวลดิน เช่น คอนกรีต แต่จะเกิดการเชื่อมประสานที่จุดสัมผัส และจะส่งถ่ายกำลังไปสู่อนุภาคของมวลดิน ดังนั้น ถ้าเรามีดินที่มีขนาดคละที่ดี และมีอนุภาคที่แข็งแกร่ง รวมถึงการผสมปูนซีเมนต์ให้เข้ากันอย่างทั่วถึงในปริมาณที่พอดี ทำให้ความสามารถในการรับกำลังอัดของบล็อกประสานสูงขึ้น (วุฒินัย และนรา, 2553)

2.3 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสาน

อิฐบล็อกประสาน เป็นผลิตภัณฑ์ที่ควบคุมโดยใช้มาตรฐานผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.602-2547 เรื่องอิฐบล็อกประสาน0%L'JI-,*0325'0ซึ่งมีรายละเอียดที่สามารถสรุปได้ 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

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

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

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

$$\Delta L = L_1' - L_3' \tag{4}$$

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

$$s = \frac{\Delta L}{G} \times 100 \tag{6}$$

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.)

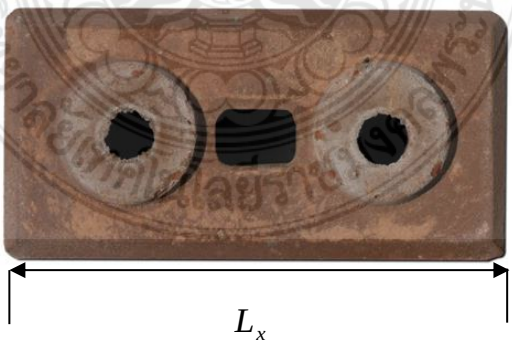
Φ คือ $12 \times 10^{-6} at 20^{0} C$

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

$$\text{การดูดกลืนน้ำ} = \frac{A-B}{A-C} \times 100 \tag{7}$$

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

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

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)

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

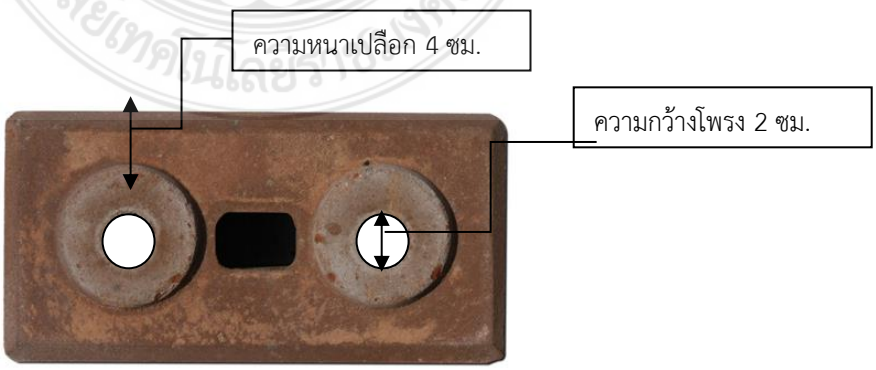
เมื่อ R คือ ค่าการต้านทานความร้อน (ตารางเมตร.เคลวิน/วัตต์)

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

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

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 ปูนซีเมนต์ตราช้างตราพญานาคเศียรเดียวสีเขียว 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 มาปล่อยใน

ซีเมนต์เพสท์ให้จมในเวลา 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 จึงต้องสั่งปูนซีเมนต์จากต่างประเทศเข้ามาใช้ เช่น ปัจจุบันก็มีปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิด 1 ได้ส่งเข้ามาสมทบกับปูนซีเมนต์ที่ผลิตในประเทศใช้ตราดอกจิกซึ่งสั่งจากไต้หวันโดยสามบริษัทผู้ผลิตปูนซีเมนต์ร่วมกัน แต่ละบริษัทได้กำหนดปูนซีเมนต์ไว้ ดังนี้

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

- ปูนซีเมนต์ตราเสือ บางทีเรียก ซิลิก้าซีเมนต์ เป็นการนำทรายบดเข้าผสม กับ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (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 เหมาะที่ใช้กับงานสร้างใกล้ทะเล หรือบริเวณเขื่อนที่ต้องสัมผัสกับน้ำเค็ม 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 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) ฮีมาไทตต์ (hematite) ฟลูออไรด์ (fluorite) แมกนีไทต์ (magnetite) ไพไรต์ (pyrite) รูไทล์ (rutile) เป็นต้น

2.8 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

2.9 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 ค่อนข้างต่ำจึงเหมาะสำหรับงานอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาชนิดสีขาว

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

2.10 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

2.11 การตรวจสอบองค์ประกอบ

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)

2.12 สมมติฐาน

2.7.1 ปีที่ 1 พ.ศ.2561 มีสมมติฐาน คือ เศษกระเบื้อง หรือเศษกระเบื้องดินเผา สามารถเปลี่ยนคุณสมบัติของอิฐบล็อกประสานได้ ได้แก่

- ความหนาแน่นหรือน้ำหนักต่อก้อนที่ลดลง
- ความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีขึ้น
- ต้นทุนการผลิตที่ต่ำลง

2.7.2 ปีที่ 2 พ.ศ.2562 มีสมมติฐาน คือเถ้าแกลบ ทรายหยาบ น้ำยางธรรมชาติ และสารลดแรงตึงผิวสามารถเปลี่ยนคุณสมบัติของอิฐบล็อกประสานมวลเบาได้ ได้แก่

- ความต้านทานแรงอัดที่เพิ่มสูงขึ้น
- การดูดกลืนน้ำที่ลดลง
- ความหนาแน่นหรือน้ำหนักต่อก้อนที่ลดลง
- ความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีขึ้น

2.13 กรอบแนวความคิด

กรอบแนวความคิดของโครงการ “การใช้ประโยชน์จากกระเบื้องเหลือทิ้งสำหรับผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสานน้ำหนักเบาเพื่อส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน” สามารถสรุปกรอบแนวความคิดได้ว่า ส่วนผสมที่นำมาอัดขึ้นรูปอิฐบล็อกประสาน จะมีผลต่อคุณสมบัติของทั้งอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก (ปีที่ 1) และอิฐบล็อกประสานชนิดรับน้ำหนัก (ปีที่ 2) ตามมาตรฐาน มผช.602 (สมอ., 2547) ได้ดังนี้

รูปที่ 2.5 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

2.14 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์จากกระเบื้องเหลือทิ้งสำหรับผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสานน้ำหนักเบาเพื่อส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน สามารถสรุปได้ ดังนี้

วุฒินัย กกกำแหง และนรา รัตนวงศ์ (2551) ได้ศึกษาความสามารถในการรับกำลังอดของอิฐบล็อกประสานที่ผลิตจากหน้าดินจากเหมืองดินขาว เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตดินขาวเพื่ออุตสาหกรรม ซึ่งมีจำนวนมาก และเป็นปัญหาในการกำจัดของเหมืองแร่ ขอบเขตของงานวิจัย จะใช้จากเหมืองแร่ Mineral Resources Development จังหวัดระนอง เป็นวัตถุดิบในการผลิตอิฐบล็อกประสาน ผสมวัตถุดิบที่อัตราส่วน หน้าดินต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 1:5, 1:7 และ 1:9 โดยน้ำหนัก ทดสอบกำลังอัดที่อายุการบ่มด้วยความชื้น 3, 7, 14 และ 28 วัน เพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับกำลังอัดที่ระยะเวลาต่าง ๆ ผลการวิจัยพบว่าบล็อกประสานที่ผลิตได้จากมีค่าความสามารถในการรับกำลังอัดสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ จากการวิจัยสรุปได้ว่าสามารถนำมาใช้ผลิตอิฐบล็อกประสานได้เป็นอย่างดี จึงนับได้ว่าเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งมาสร้างมูลค่าเพิ่ม และเป็นการลดวัสดุ เหลือทิ้งทำให้ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

จรูญ เจริญเนตรกุล(2555)ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำกะลาปาล์มมาแทนที่ทรายบางส่วนเพื่อผลิตเป็นอิฐบล็อกประสานผสมกะลาปาล์ม และเปรียบเทียบคุณสมบัติกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602/2547 การแทนที่ทรายด้วยกะลาปาล์ม ในอัตราส่วนร้อยละ 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 และ 80 โดยน้ำหนัก มวลรวมที่ใช้ในการผลิตคือ ดินลูกรัง ปูนซีเมนต์ ทราย และกะลาปาล์ม บ่มในอากาศ 28 วัน นำมาทดสอบค่าการดูดกลืนน้ำ และทดสอบค่าการรับกำลังอัด จากผลการศึกษา พบว่า ค่าการดูดซึมน้ำ

ของอิฐบล็อกประสานผสมกะลาปาล์มนั้น จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณกะลาปาล์มที่เป็นส่วนผสมในตัวอิฐ ทั้งนี้เนื่องจากกะลาปาล์มที่ผสมลงไปจะเป็นสิ่งที่ทำให้อิฐบล็อกประสานดูดกลืนน้ำมากขึ้น ในด้านของค่ากำลังอัดของอิฐบล็อกประสานผสมกะลาปาล์ม พบว่า ได้ค่ากำลังอัดในแต่ละอัตราส่วนผสม ดังนี้ 50.23, 46.65, 45.01, 43.71, 43.06, 29.82, 24.99 และ 22.98 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ จากค่าที่ได้แสดงให้เห็นว่า เมื่อมีการผสมกะลาปาล์มลงในอิฐบล็อกประสานในอัตราส่วนผสมร้อยละที่เพิ่มมากขึ้นตามลำดับก็จะทำให้ความสามารถในการรับกำลังอัดของอิฐบล็อกประสานผสมกะลาปาล์มนั้น ก็จะลดน้อยลงไปตามอัตราส่วนผสมที่เพิ่มมากขึ้น เมื่อนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602/2547 ชนิดไม่รับน้ำหนักพบว่า มีเพียงอัตราส่วนผสมร้อยละ 70 และร้อยละ 80 เท่านั้นที่มีค่าการรับกำลังอัดไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

ยุวดี หิรัญและคณะ(2554) ได้ศึกษาเบื้องต้นที่นำเอาดินลูกรังบริเวณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร มาผลิตบล็อกประสานพบว่า มีค่ากำลังรับแรงอัดและค่าการดูดกลืนน้ำเป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 57-2530 แต่ลักษณะของผิวบล็อกดินซีเมนต์ไม่เรียบ เนื่องจากดินลูกรังสกลนครมีความเป็นพลาสติกสูง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงคุณภาพของบล็อกประสานที่ทำจากดินลูกรังสกลนครด้วยทรายขี้เป็ด (ทรายถมที่) โดยการแทนที่ดินลูกรังสกลนครด้วยทรายขี้เป็ดในอัตราส่วนดินลูกรังสกลนครต่อทรายขี้เป็ดดังนี้ คือ 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 จากการศึกษาพบว่าความเรียบของผิวบล็อกประสานจะเพิ่มตามปริมาณทรายที่มากขึ้น โดยดินลูกรังสกลนครต่อทรายขี้เป็ดเท่ากับ 70:30 เป็นอัตราส่วนที่ให้ค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดและค่าการดูดกลืนน้ำเป็นไปตามมาตรฐาน

ชูชัย สุจิวรกุล และพินัยศักดิ์ พรหมศร(2553)ได้พัฒนาบล็อกซีเมนต์ประสานที่ใช้ซีเมนต์ และเถ้าจาก แกลบดำ แกลบขาว หรือชานอ้อย เป็นวัสดุผสมหลัก อัตราส่วนของปูนซีเมนต์ที่ใช้คงที่ ทุกอัตราส่วนเท่ากับ 1 อัตราส่วนของทรายที่ใช้เท่ากับ 0, 1 และ 2 อัตราส่วนของเถ้าแกลบดำ เถ้าแกลบขาว หรือเถ้าชานอ้อย เท่ากับ 1, 2, 3, 4 และ 5 โดยน้ำหนัก ตัวอย่างทั้งหมดได้ทำการบ่มที่อายุ 7 วัน ในถุงพลาสติก ผลการวิจัยพบว่า การเพิ่มปริมาณของเถ้าจะส่งผลกระทบต่อการใช้ปริมาณน้ำในการ ขึ้นรูปมากขึ้นและยังส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติของบล็อกซีเมนต์ประสาน คือ ความหนาแน่นลดลง การดูด กลืนน้ำเพิ่มขึ้น และกำลังรับแรงอัดลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าการเพิ่มปริมาณทรายมีผลทำให้ความหนาแน่น ของบล็อกซีเมนต์ประสานเพิ่มขึ้น การดูดกลืนน้ำลดลง และกำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้น สรุปได้ว่า เถ้าแกลบดำ และเถ้าชานอ้อยสามารถที่จะนำมาใช้ในการผลิตบล็อกซีเมนต์ประสานชนิดรับน้ำหนักได้ ส่วนเถ้าแกลบ ขาวไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ผลิตบล็อกซีเมนต์ประสาน แต่สามารถนำไปพัฒนาเพื่อผลิตบล็อกมวลเบาชนิด ไม่รับน้ำหนักได้ดีกว่า

ฐิติพงษ์ ชลธารกัมปนาท และคณะ(2554)ได้ศึกษาอิทธิพลของซีเมนต์ที่มีผลต่อคุณสมบัติของอิฐบล็อกประสาน โดยมส่วนผสมที่แตกต่างกันออกไป โดยเพิ่มอัตราส่วนผสมของซีเมนต์ต่อมวลรวม จาก 1:3 ถึง 1:11 โดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ คงที่เท่ากับ 0.103 ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเป็นอิฐบล็อกประสาน 2 ร่อง ชนิด 3 รูเสียบ ขนาด 25 x 12.5 x 10 เซนติเมตร บ่มด้วยความชื้นที่อายุ 7, 14

และ 28 วัน แล้วจึงทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดและ การดูดซึมน้ำ จากผลการศึกษาพบว่า อิฐบล็อกประสานที่มีค่ากำลังรับแรงอัดสูงที่สุดคือ อัตราส่วนที่ 1:3 มีค่ากำลังรับแรงอัดเท่ากับ 204 กก./ตร.ซม. และมีค่าการดูดซึมน้ำน้อยที่สุดเท่ากับ 10.77 % แต่จะใช้ซีเมนต์ในการผลิตมาก และมีค่าใช้จ่ายสูง และอัตราส่วน 1:7 เป็นอัตราส่วนที่ผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 57-2553 และมีราคาประหยัดที่สุดในการผลิต ค่ากำลังรับแรงอัด มีค่าเท่ากับ 91 กก./ตร.ซม. และมีค่าการดูดซึมน้ำน้อยที่สุดเท่ากับร้อยละ 14.94

สิทธิชัย ศิริพันธุ์ และคณะ(2548) ได้ศึกษาการนำยางพารามาใช้พัฒนางานคอนกรีต โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาเทคนิคการผสมน้ำยางในคอนกรีตอย่างเหมาะสม โดยพิจารณาถึงความสามารถเทได้และกำลังรับแรงของคอนกรีตผสมน้ำยางในสัดส่วน P/C = 0.05, 0.10, 0.15, 0.20 และ 0.25 ตามลำดับ ส่วนผสมคอนกรีตใช้ ซีเมนต์: ทราย: หิน เป็น 1: 2: 4 โดยน้ำหนัก บ่มความชื้น 7 วัน ตามด้วยบ่มแห้งในอากาศที่อายุ 3, 7, 14 และ 28 วัน ตามลำดับ ผลการวิจัยพบว่า น้ำยางผสมกับคอนกรีตได้ ด้วยการผสมสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ สัดส่วน 4% โดยน้ำหนักของซีเมนต์ ด้านความสามารถเทได้พบว่าคอนกรีตจะยุบตัวแบบฮวบทั้งหมด ในด้านกำลังพบว่า คอนกรีตจะมีกำลังรับแรงอัดลดลงประมาณ 60% และมีแนวโน้มลดลง เมื่อปริมาณน้ำยางเพิ่มขึ้น โดยลักษณะการวิบัติ จะมีเส้นใยขนาดเล็กสีขาวยึดรั้งไว้ สำหรับกำลังรับแรงดัดพบว่า ลดลงประมาณ 10% ในแต่ละค่า P/C ที่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อระยะเวลาการบ่มแห้งในอากาศเพิ่มขึ้นเป็น 14 และ 28 วัน ที่ P/C = 0.15 และ 0.20 กำลังรับแรงดัดของคอนกรีตจะสูงขึ้นมากกว่าคอนกรีตปกติ เนื่องจากอนุภาคเนื้อยางเกาะตัวกันเป็นชั้นฟิล์มที่แข็งแรงขึ้น จากผลการวิจัยเสนอแนะให้เลือกใช้ที่ W/C = 0.4 และ P/C = 0.15 ซึ่งจะได้กำลังรับแรงดัดมากกว่า 30 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่อายุบ่มแห้ง 14 วัน ขึ้นไป อย่างไรก็ตามยังไม่เหมาะกับงานโครงสร้างที่ต้องรับแรงอัด แต่อาจเหมาะกับงานซ่อมแซม เนื่องจากการยืดเหนี่ยวของน้ำยาง จะมีประโยชน์ในการเป็นตัวประสานกับคอนกรีตเดิม ทั้งนี้จึงควรศึกษาหาวิธีการพัฒนาคุณสมบัติด้านกำลังของคอนกรีตเพิ่มเติมเพื่อจะได้นำไปใช้งานในด้านอื่นเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งควรศึกษาในด้านของคุณสมบัติการเป็นฉนวนกันความร้อนอีกด้วย ว่าเหมาะสมกับการใช้งานหรือไม่

ประชุม คำพุฒ(2550)ได้ศึกษาการใช้น้ำยางพาราผสมในคอนกรีตมวลเบา พบว่า คุณสมบัติทางด้านความหนาแน่นและการเป็นฉนวนความร้อนไม่สามารถทำให้ดีกว่าคอนกรีตมวลเบาที่จำหน่ายในท้องตลาดได้ แต่คุณสมบัติด้านกำลังอัดและกำลังดัดสูงขึ้นมาก ซึ่งหากนำสมบัติที่ดีในการดำเนินงานที่ผ่านมาดังกล่าว มาใช้ปรับปรุงคุณสมบัติที่ด้อยของคอนกรีตบล็อกที่มีความหนาแน่นมาก ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสูง และความแข็งแรงต่ำได้ ก็จะสามารถผลิตเป็นคอนกรีตบล็อกแบบใหม่ที่มีจุดเด่นในด้านการป้องกันการดูดซึมน้ำ และการเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี ซึ่งถ้าผลการวิจัยสำเร็จตามแนวคิดและแนวโน้มที่ได้จากการลองทดลองในขั้นต้นดังที่กล่าวมาแล้ว คอนกรีตบล็อกนี้จะมีสมบัติด้านการเป็นฉนวนกันความร้อนใกล้เคียงกับคอนกรีตมวลเบา (คอนกรีตบล็อกทั่วไปมีสมบัติการเป็นฉนวนต่ำกว่าคอนกรีตมวลเบาประมาณ 4-5 เท่า) มีการดูดซึมน้ำต่ำกว่าคอนกรีตมวลเบาและคอนกรีตบล็อกทั่วไปมาก (การป้องกันการดูดซึมน้ำนี้นับเป็นจุดเด่นมากๆ) กำลังดัดสูงกว่าคอนกรีตบล็อกและคอนกรีตมวลเบามาก กล่าวโดยสรุป

คือ หากนำน้ำยางพาราผสมในคอนกรีตคาดว่า คุณสมบัติเกือบทุกอย่างจะดีกว่าคอนกรีตบล็อกและคอนกรีตมวลเบา ยกเว้นน้ำหนักต่อก้อนเท่านั้นที่ยังสูงกว่าคอนกรีตมวลเบา (หนักเท่ากับคอนกรีตบล็อกทั่วไป) ซึ่งเหมาะที่จะนำมาใช้กับโครงการบ้านจัดสรรมาก เพราะจุดประสงค์หลักที่บ้านจัดสรรใช้คอนกรีตมวลเบาในการก่อสร้างก็เพียงเพื่อการประหยัดพลังงาน ส่วนในเรื่องน้ำหนักที่เบาเป็นจุดประสงค์รอง ซึ่งหากเป็นเช่นนี้คอนกรีตบล็อกผสมน้ำยางพาราที่ได้ จะน่าใช้งานมากกว่า โดยมีข้อได้เปรียบที่ราคาต่อก้อนถูกกว่าคอนกรีตเบามาก (ราคาใกล้เคียงกับคอนกรีตบล็อกทั่วไป)

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

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

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

จากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า โครงการ “การใช้ประโยชน์จากกระเบื้องเหลือทิ้งสำหรับผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสานน้ำหนักเบาเพื่อส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน”มีความเป็นไปได้อย่างมากที่จะประสบความสำเร็จและบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้ โดยผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสานมวลเบาที่ได้ จะมีคุณสมบัติน้ำหนักเบา ดูดกลืนน้ำต่ำ เป็นฉนวนป้องกันความร้อน และมีความแข็งแรงที่ดี

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) เศษกระเบื้องเหลือทิ้งที่ต้องนำมาบดละเอียดเพื่อเป็นส่วนผสม

รูปที่ 3.2 เศษกระเบื้องสีรอการบดละเอียด

ตารางที่ 3.1 องค์ประกอบทางเคมีของดินขาวจากจังหวัดระนอง

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 %

3) เศษกระเบื้องเหลือทิ้งบดละเอียดเพื่อผสมทำอิฐบล็อกประสาน

รูปที่ 3.3 เศษกระเบื้องหลังบดละเอียดเพื่อนำผสม

4) น้ำประปา

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1) เครื่องมือชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล

รูปที่ 3.4 เครื่องชั่งดิจิตอล

2) เครื่องผสมคอนกรีต

รูปที่ 3.5 เครื่องผสมคอนกรีต

3) เครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบมือโยก

รูปที่ 3.6 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) เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ UTM (Universal Testing Machine)

รูปที่ 3.7 เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ UTM

11) เครื่องทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

12) เครื่องทดสอบองค์ประกอบทางเคมี (XRF)

13) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

14) คอมพิวเตอร์

15) อ่างน้ำ

16) ตู้อบ

รูปที่ 3.8 ตู้อบ

3.3 การเตรียมวัสดุในการวิจัย

1) นำเศษกระเบื้องที่เตรียมทิ้งมาเข้าเครื่องบดหยาบ จากนั้นนำเข้าเครื่องบดละเอียดจนกว่าได้ขนาดเศษกระเบื้องเป็นเม็ดเล็ก ๆ คล้ายกับทราย นำเข้าเตาอบอบให้แห้ง

2) นำผงเศษกระเบื้องเหลือทิ้งมาร่อนผ่านผ่านตะแกรงร่อนเบอร์ 10 เพื่อเอาเศษผงที่ไม่ต้องการออกก่อน

3.4 การออกแบบอัตราส่วนของอิฐบล็อกประสาน

การออกแบบอัตราส่วนผสมของอิฐบล็อกประสานนั้น ใช้อัตราส่วนของอิฐบล็อกประสานทั่วไป คือ ปูนซีเมนต์ 1 ส่วน ดินลูกรัง 7 ส่วน และน้ำประปา 1 ส่วน ในการอ้างอิง (วุฒินัย และนรา, 2553) โดยทำการเปลี่ยนส่วนผสมจากดินลูกรังเป็นทั้งหมด และค่อยๆ แทนที่ด้วยในปริมาณมากขึ้นตามลำดับ ดังรายละเอียดอัตราส่วนผสมของอิฐบล็อกประสานต่อไปนี้

ตารางที่ 3.2 อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักของอิฐบล็อกประสานผสมกระเบื้องเหลือทิ้ง

อัตราส่วน	ปูนซีเมนต์	กระเบื้องเหลือทิ้ง	ทรายละเอียด	ปูนขาว	น้ำประปา
B00	1.00	0	0.3	0.1	0.4
B20	1.00	0.2	0.3	0.1	0.4
B40	1.00	0.4	0.3	0.1	0.4
B60	1.00	0.6	0.3	0.1	0.4
B80	1.00	0.8	0.3	0.1	0.4

3.5 การขึ้นรูปอิฐบล็อกประสาน

1) ทำการตวงส่วนผสมทั้งหมดตามที่กำหนด

2) ผสมกับปูนซีเมนต์ให้เข้ากัน

3) ค่อยๆ เติม พร้อมๆ กับการพ่นน้ำเป็นละอองกว้างจนครบ

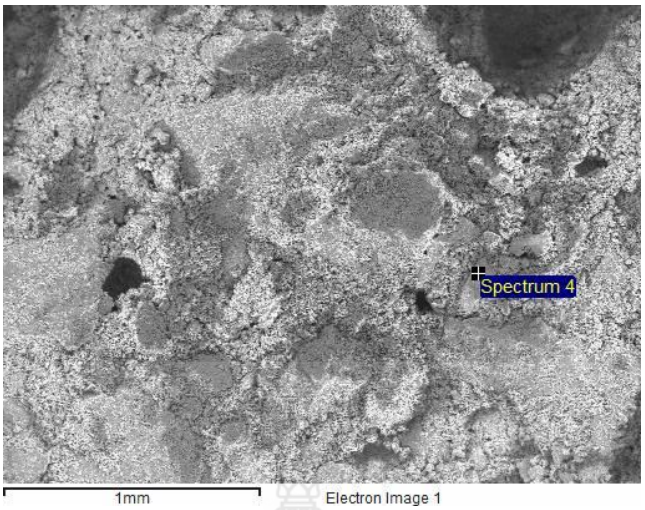
4) หลังจากผสมส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากันดีแล้ว ให้ทำการตรวจสอบความสามารถในการขึ้นรูปด้วยการใช้มือกำส่วนผสมว่า จับตัวกันเป็นก้อนได้หรือไม่ ถ้ากำได้แสดงว่า ส่วนผสมมีความพร้อมสำหรับนำไปขึ้นรูปเป็นอิฐบล็อกประสานแล้ว

5) นำส่วนผสมที่เข้ากันมาอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบมือโยก

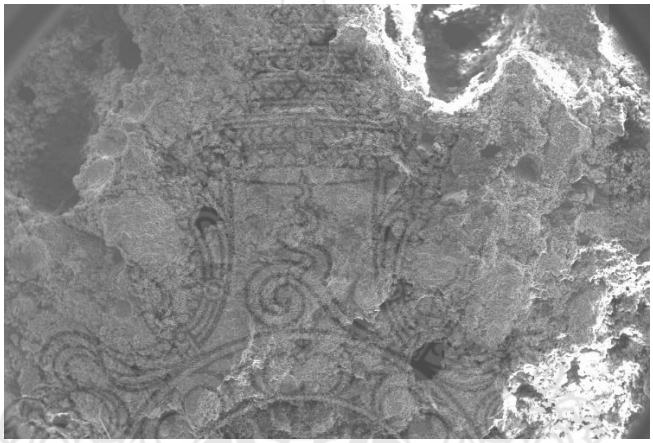
รูปที่ 3.9 การผสมเศษกระเบื้องเหลือทิ้งเป็นส่วนผสมของบล็อกประสานน้ำหนักเบา

รูปที่ 3.10 การเทส่วนผสมลงในเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบมือโยก

รูปที่ 3.11 ลักษณะของอิฐบล็อกประสานที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบมือโยก



รูปที่ 3.12 ภาพขยายอิฐบล็อกประสานน้ำหนักเบาผสมกระเบื้องเหลือทิ้งด้วยกล้อง SEM



รูปที่ 3.13 ภาพขยายอิฐบล็อกผสมกระเบื้องเหลือทิ้งด้วยกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 50 เท่า

รูปที่ 3.14 ภาพขยายอิฐบล็อกประสานผสมกระเบื้องเหลือทิ้งที่นำมาวิจัยด้วยกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 100 เท่า

รูปที่ 3.15 การนำบล็อกประสานผสมกระเบื้องเหลือทิ้งแช่น้ำเพื่อทดสอบ

รูปที่ 3.16 อิฐบล็อกประสานผสมเศษกระเบื้องเหลือทิ้ง

3.6 การบ่มอิฐบล็อกประสาน

หลังจากนำอิฐบล็อกประสานออกจากเครื่องอัดแล้ว ให้จัดเรียงอิฐบล็อกประสานในที่ร่มจนมีอายุครบ 1 วัน เริ่มบ่มโดยการรดน้ำด้วยฝักบัวหรือฉีดพ่นเป็นละอองให้ชุ่ม แล้วคลุมด้วยผ้าพลาสติกไม่ให้ไอน้ำระเหยออก ทิ้งไว้อย่างน้อย 7 วัน หรือตามอายุการบ่มที่ต้องการ เพื่อความแข็งแรงก่อนการนำไปใช้งาน อย่างไรก็ตามไม่ควรเคลื่อนย้ายอิฐบล็อกประสานก่อนกำหนด เพราะทำให้เกิดการบิ่นหรือแตกร้าวได้ง่าย ทั้งนี้การบ่มไม่ควรให้น้ำมากเกิน เพราะอาจทำให้อิฐบล็อกประสานดังกล่าวมีปัญหาคราบขาวได้ ซึ่งควรบ่มด้วยปริมาณน้ำที่น้อยที่สุดหรือเพียงให้มีความชื้น

รูปที่ 3.17 การจัดเรียงอิฐบล็อกประสานผสมกระเบื้องเหลือทิ้งเพื่อการบ่ม

3.7 การทดสอบสมบัติของอิฐบล็อกประสาน

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

1) ลักษณะทั่วไป ที่อายุการบ่ม 28 วัน

2) มิติ ที่อายุการบ่ม 28 วัน

3) การดูดกลืนน้ำ ที่อายุการบ่ม 28 วัน

4) 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 3.18 การชั่งน้ำหนักอิฐบล็อกประสานผสมกระเบื้องเหลือทิ้ง

รูปที่ 3.19 การทดสอบแรงอัดกับอิฐบล็อกประสานผสมกระเบื้องเหลือทิ้ง

รูปที่ 3.20 ทดสอบโมดูลัสกับอิฐบล็อกประสานผสมกระเบื้องเหลือทิ้งเพื่อหาโมดูลัสการแตกหัก

รูปที่ 3.21 ชิ้นอิฐบล็อกประสานผสมกระเบื้องเหลือทิ้งสำหรับทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

3.8 การทดสอบใช้งานจริงของอิฐบล็อกประสาน

1) คัดเลือกอิฐบล็อกประสานที่นำมาทดสอบการใช้งานจริง โดยเลือกจากอิฐบล็อกประสานที่มีสมบัติผ่านมาตรฐาน มผช.602–2547 (สมอ., 2547) และมีปริมาณมากที่สุด

2) ก่อผนังอิฐบล็อกประสานด้วยปูนก่อทั่วไป ให้มีขนาด 1 x 1 x 1 ลูกบาศก์เมตร

3) ฉาบผนังทุกด้านที่ก่อจากอิฐบล็อกประสานด้วยปูนฉาบทั่วไป

4) ติดตั้งหลังคา พร้อมสังเกตผลการใช้งานจริงของผนังกลางแจ้ง เป็นระยะเวลา 3 เดือน

3.9 การวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย

วิเคราะห์และสรุปผลความสัมพันธ์จากที่ได้ดำเนินการวิจัยด้วยการทดสอบอัตราส่วนผสมของตัวอย่างที่แทนด้วย B00, B20, B40, B60 และ B80 นั้นมีสิ่งที่น่าสนใจหลายประการเช่น การดำเนินการพัฒนาใช้ประโยชน์จากกระเบื้องเหลือทิ้งสำหรับผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสานน้ำหนักเบาเพื่อส่งเสริมวิสาหกิจชุมชนนั้น ในแง่ของส่วนผสมหลักที่นำมาใช้ประโยชน์สามารถกระทำได้โดยมีต้นทุนที่ถูกมาก เนื่องจากเศษกระเบื้องเหลือทิ้งโดยสภาพทั่วไปในโรงงานนั้นต้องการพื้นที่ในการจัดเก็บรอทำลาย ทั้งในกระบวนการทำลายก็สิ้นเปลืองทั้งแรงงานและพลังงาน การนำกระเบื้องเหลือทิ้งมาผสมเข้าไปในอิฐบล็อกประสานทำให้ลดต้นทุนของส่วนผสมของอิฐบล็อกประสานลงอย่างเห็นได้ชัดเจน (Significant) และโดย

คุณสมบัติในการตรวจสอบบนมาตรฐานของคุณสมบัติในการทดสอบก็ผ่านเกณฑ์ มผช.602–2547 (สมอ., 2547) มอก. 58-2533 จึงเป็นการยืนยันว่าสามารถประยุกต์ใช้ได้เป็นอย่างดีในการพัฒนาก้อนอิฐ

3.10 การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนเป้าหมาย

ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ หน่วยงานภาครัฐ หน่วยงานภาคเอกชน ชุมชน บริษัท และห้างร้านต่างๆ นั้น เป็นการเขียนบทความและดำเนินการนำเสนอผ่านการประชุมวิชาการระดับชาติ ตลอดจนการนำผลงานวิจัยไปถ่ายทอดและประยุกต์ใช้แก่กลุ่มเป้าหมายโดยตรง

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ผลการดำเนินงานของโครงการ “การใช้ประโยชน์จากกระเบื้องเหลือทิ้งสำหรับผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสานน้ำหนักเบาเพื่อส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน” สามารถสรุปได้ ดังต่อไปนี้

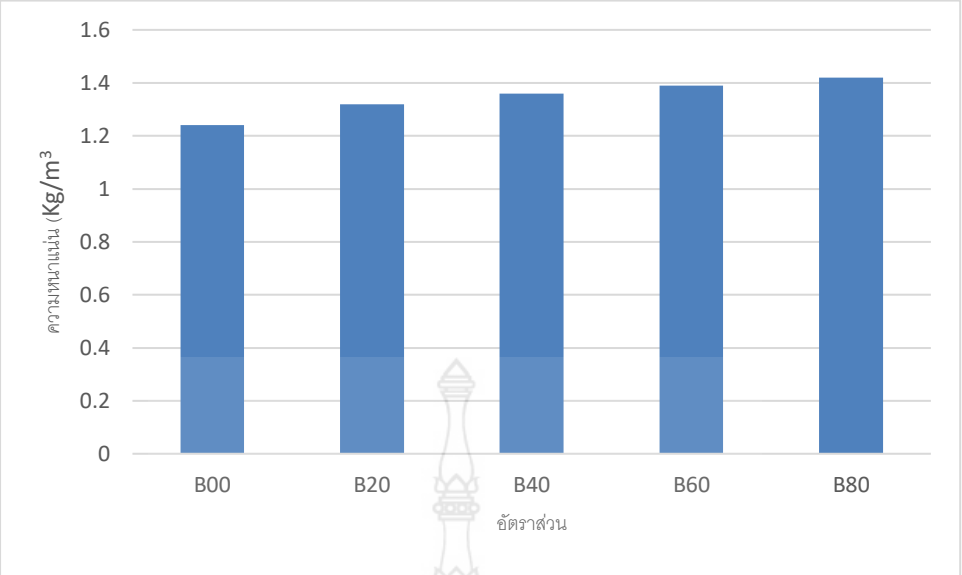
4.1 ลักษณะทั่วไป และมิติ

จากการตรวจพินิจลักษณะทั่วไปและมิติขนาดของอิฐบล็อกประสาน ทั้ง 10 อัตราส่วน ที่อายุการบ่ม 28 วัน สามารถสรุปผลได้ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ลักษณะทั่วไปและมิติของอิฐบล็อกประสานผสมกระเบื้องเหลือทิ้ง

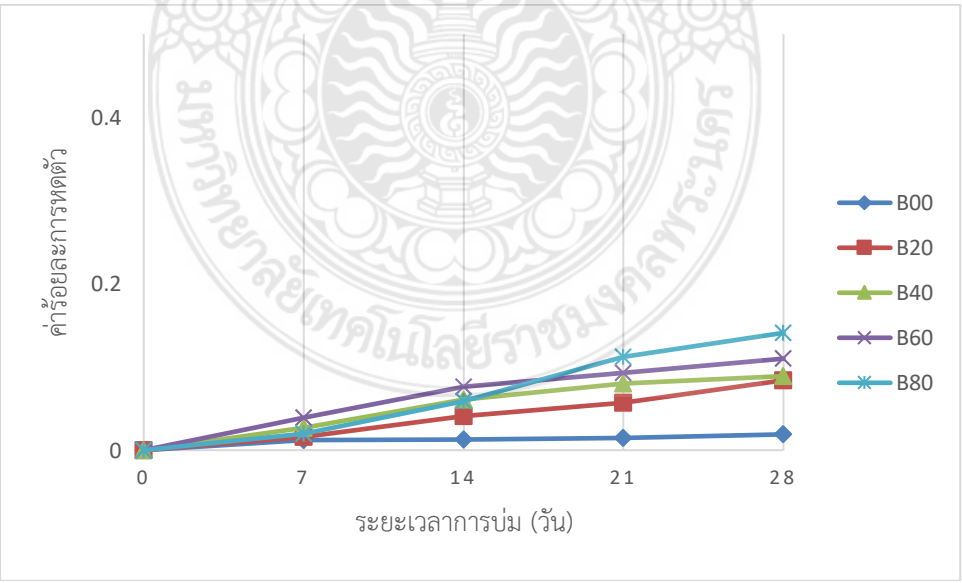
อัตราส่วน	ลักษณะทั่วไป และมิติ
B00	ผ่าน
B20	ผ่าน
B40	ผ่าน
B50	ผ่าน
B60	ผ่าน
B80	ผ่าน

ลักษณะทั่วไปของอิฐบล็อกประสาน ตามมาตรฐาน มผช.602-2547 เรื่องอิฐบล็อกประสาน กำหนดให้พื้นผิวต้องไม่มีรอยแตกหรือร้าว แต่อาจบิ่นได้เล็กน้อย ส่วนมิติขนาด ต้องคลาดเคลื่อน ไม่เกิน ± 2 มิลลิเมตร (สมอ., 2547) ทั้งนี้ผลการตรวจพินิจในตารางที่ 4.1 พบว่า ปริมาณที่ใช้แทนที่ มีผลทำให้การขึ้นรูปอิฐบล็อกประสานเป็นไปได้ยากขึ้น โดยปริมาณ ไม่สามารถผสมได้มากกว่า เนื่องจากที่อัตราส่วนมากกว่าในตาราง และมีการพองตัวสูง การอัดขึ้นรูปจึงไม่สามารถทำได้ อย่างไรก็ตาม จึงกำหนดให้อยู่ในขอบเขตที่สามารถนำมาประมวลคุณลักษณะ เพราะอิฐบล็อกประสานบิ่นได้ง่ายและขยายใหญ่กว่าปกติได้เข้าสู่การมีลักษณะทั่วไปและมิติที่ไม่ผ่านมาตรฐาน เนื่องจากปัญหาการพองตัว เช่นเดียวกับที่ทำให้อัตราส่วน B80 ไม่สามารถขึ้นรูปได้ หากพิจารณาปริมาณของที่สามารถแทนที่ จากลักษณะทั่วไปและมิติของอิฐบล็อกประสานนั้น ปริมาณของที่สามารถแทนที่ จึงไม่ควรเกินอัตราส่วนไปเพราะอิฐบล็อกประสานที่ได้จะมีลักษณะบิ่นและมิติขนาดใหญ่กว่าปกติซึ่งไม่ผ่านตามที่มาตรฐานกำหนด



รูปที่ 4.1 ความหนาแน่นของอิฐบล็อกประสานผสมกระเบื้องเหลือทิ้ง

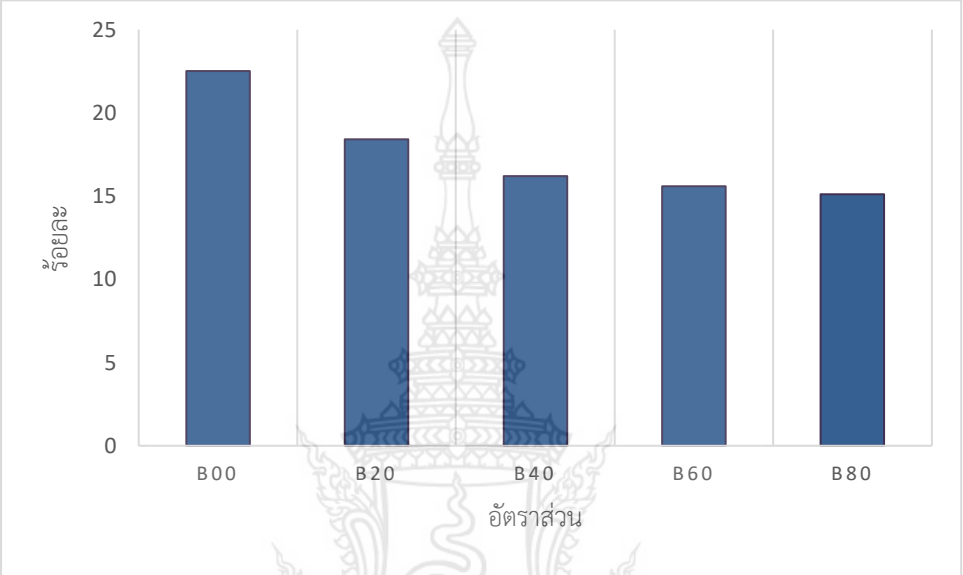
จากรูปที่ 4.1 และ 4.2 พบว่า ปริมาณและความหนาแน่นของอิฐบล็อกประสาน โดยปริมาณที่เพิ่มขึ้นแทนที่นั้น ทำให้อิฐบล็อกประสานมีน้ำหนักและความหนาแน่นที่ลดลงพอควร ทั้งนี้เป็นผลมาจากความหนาแน่นของกระเบื้องเหลือทิ้งที่ต่ำ เพราะประกอบด้วยวัสดุ น้ำหนักและความหนาแน่นของอิฐบล็อกประสานจึงลดลง ซึ่งสามารถแสดงเป็นความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและความหนาแน่นกับกระเบื้องเหลือทิ้งที่ผสมแทนที่ได้ การหดตัวดังรูปที่ 4.2 นอกจากนี้ ยังสามารถสรุปได้อีกว่า น้ำหนักและความหนาแน่นของอิฐบล็อกประสานลดลงอย่างมาก เมื่อมีการแทนที่ด้วยมากกว่าอัตราส่วน B80



รูปที่ 4.2 ค่าร้อยละการหดตัวของอิฐบล็อกประสานผสมกระเบื้องเหลือทิ้ง

4.2 การดูดกลืนน้ำ

สำหรับการดูดกลืนน้ำ ที่อายุการบ่ม 28 วัน ของอิฐบล็อกประสาน ซึ่งมีการแทนที่ด้วยกระเบื้องเหลือทิ้ง สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.3

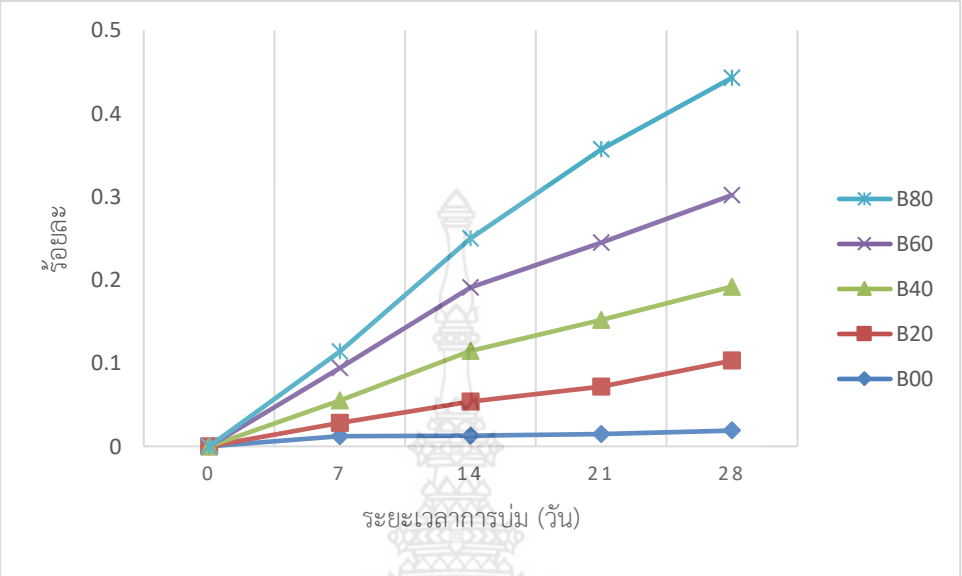


รูปที่ 4.3 ค่าการดูดซึมน้ำของอิฐบล็อกประสานผสมกระเบื้องเหลือทิ้ง

เมื่อมีการแทนที่ซึ่งเป็นวัสดุหลักของอิฐบล็อกประสาน ด้วยในปริมาณที่เพิ่มขึ้น พบว่า การผสมในปริมาณที่ไม่มาก หรือไม่เกินอัตราส่วน มีผลช่วยให้อิฐบล็อกประสานมีค่าการดูดกลืนน้ำลดลงกว่าอิฐบล็อกประสานที่ไม่มีการแทนที่ด้วยกรเบื้องเหลือทิ้ง ดังรูปที่ 4.3 โดยการแทนที่ด้วยในอัตราส่วน B20 มีการดูดกลืนน้ำต่ำลงจากอัตราส่วน B00 ที่ไม่ผสม เท่ากับ 179 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เหลือเพียง 168 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อพิจารณาเป็นร้อยละการดูดกลืนน้ำในรูปที่ 4.3 ก็ยังพบว่า ที่อัตราส่วน B20 มีร้อยละการดูดกลืนน้ำที่ต่ำกว่าอัตราส่วน B00 เช่นกัน ทั้งนี้สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนน้ำและร้อยละการดูดกลืนน้ำกับน้ำหนักที่ผสมแทนที่ได้ จึงทำให้เมื่อผสมเข้ากับอิฐบล็อกประสานแล้ว สามารถช่วยลดการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกดังกล่าวลงได้ ปกติค่าการดูดกลืนน้ำของผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก จะไม่มีการกำหนดค่าที่ยอมให้ตามมาตรฐาน มผช.602–2547 ไว้ มีเพียงแต่อิฐบล็อกประสานชนิดรับน้ำหนัก ซึ่งกำหนดให้การดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสานเฉพาะชนิดรับน้ำหนัก ต้องไม่เกิน 208 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (สมอ., 2547) อย่างไรก็ตาม หากนำอิฐบล็อกประสานทุกอัตราส่วนไปทดสอบการดูดกลืนน้ำตามมาตรฐาน ตั้งแต่อัตราส่วน B00 ถึง B60 ก็ยังมีค่าการดูดกลืนน้ำตามที่มาตรฐานกำหนดทั้งหมด

4.3 การหดตัวแห้ง

การหดตัวแห้งของอิฐบล็อกประสาน ที่อายุการบ่ม 28 วัน สามารถสรุปได้ ดังนี้

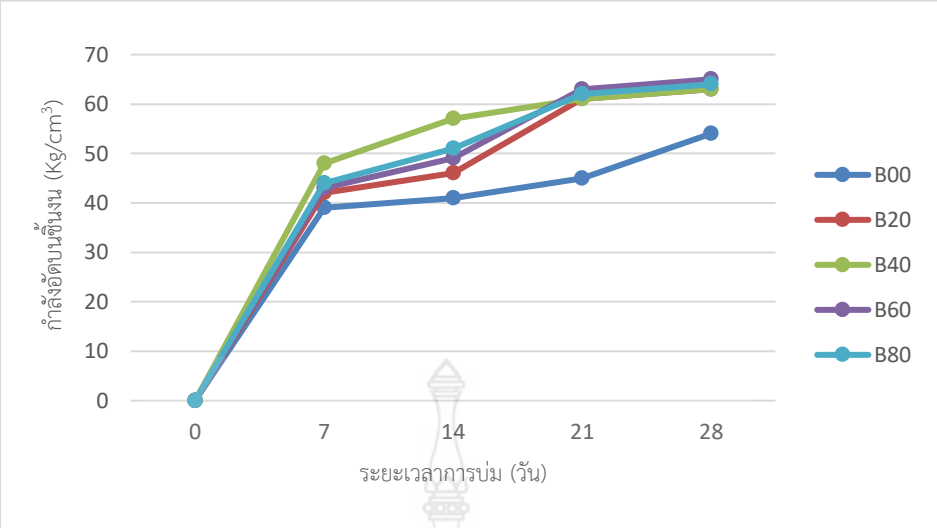


รูปที่ 4.4 การหดตัวแห้งของอิฐบล็อกประสาน

จากรูปที่ 4.4 พบว่า มีผลต่อการหดตัวแห้งของอิฐบล็อกประสาน โดยการแทนที่ B60 มีการหดตัวใกล้เคียงประมาณร้อยละ 0.3 ด้วยในปริมาณไม่มากกว่าอัตราส่วน B40 ที่ประมาณร้อยละ 0.2 เมื่อเทียบกับ B20 ที่ประมาณร้อยละ 0.1 ทำให้การหดตัวแห้งมีค่าลดลง

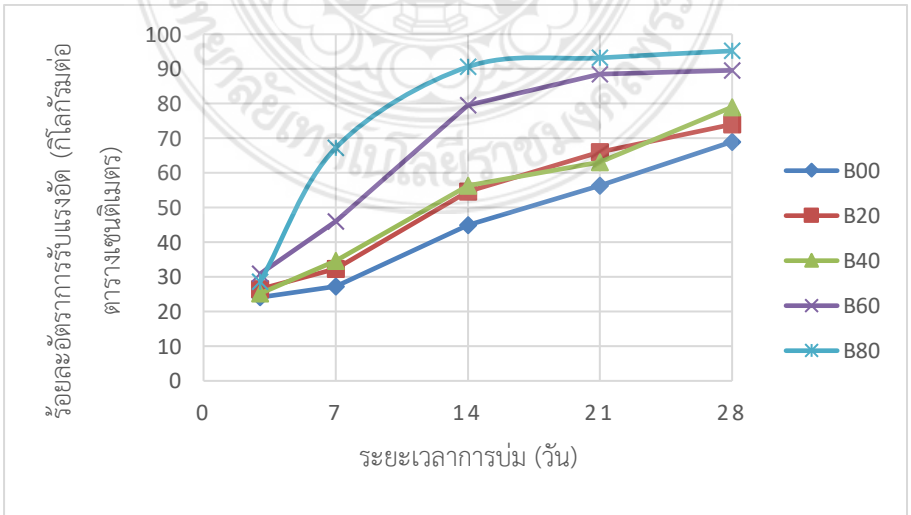
4.4 ความต้านทานแรงอัด

ความต้านทานแรงอัด เป็นสมบัติทางกลของผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสานที่มีความสำคัญมากที่สุด เนื่องจากอิฐบล็อกประสานต้องรับแรงอัดขณะใช้งานค่อนข้างมาก ทั้งนี้ผลการทดสอบความต้านทานแรงอัดของอิฐบล็อกประสาน ที่อายุการบ่ม 7, 14, 21 และ 28 วัน สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ค่าแรงอัดของอิฐบล็อกประสานผสมกระเบื้องเหลือทิ้ง

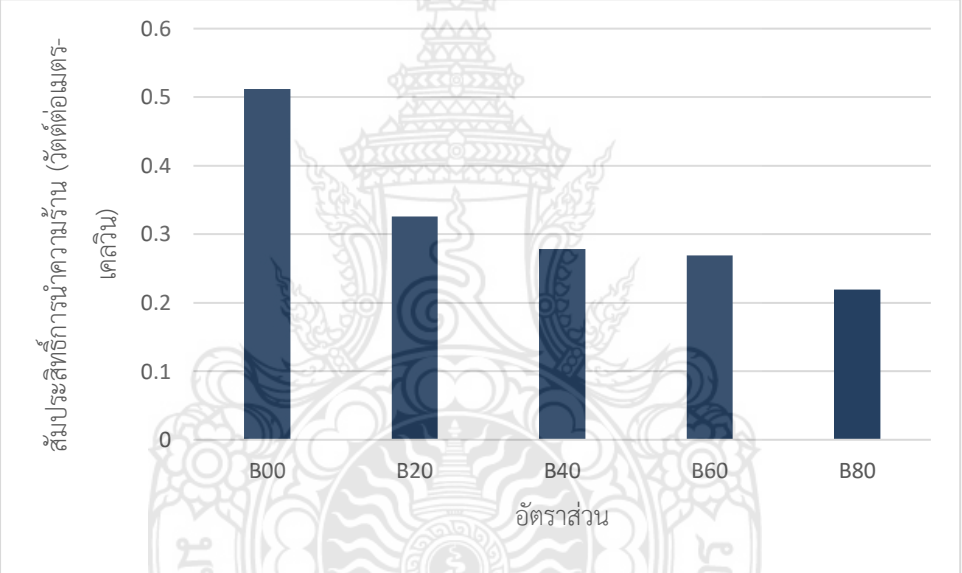
ความต้านทานแรงอัด จากรูปที่ 4.5 พบว่า การผสมในปริมาณที่มากขึ้น ทำให้ความต้านทานแรงอัดมีค่าลดลง ดังแสดงในกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงอัด ที่อายุการบ่ม 28 วัน ของอิฐบล็อกประสานกับน้ำหนักที่ผสมแทนที่ในรูปที่ 4.1 ทั้งนี้เมื่อเทียบกับมาตรฐาน มผช.602-2547 เรื่องอิฐบล็อกประสาน ชนิดไม่รับน้ำหนัก กำหนดให้ความต้านทานแรงอัด ต้องไม่ต่ำกว่า 2.5 เมกะพาสคัล (สมอ., 2547) เห็นได้ว่า อิฐบล็อกประสาน อัตราส่วน B80 เป็นปริมาณที่มากที่สุดซึ่งสามารถแทนที่ และยังคงมีความต้านทานแรงอัดสูงกว่ามาตรฐานได้ การที่ปริมาณมีผลต่อความต้านทานแรงอัดของอิฐบล็อกประสานที่ลดลงเป็นผลมาจากความหนาแน่นของที่ต่ำกว่าเมื่อผสมเศษกระเบื้องเหลือทิ้งมากขึ้น (Jesse, 1992) ทำให้เมื่อแทนที่วัสดุด้วยการชั่งน้ำหนัก จึงมีผลต่อปริมาตรของมวลรวมที่เพิ่มมากขึ้น ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการยึดเกาะมวลรวมและสร้างความแข็งแรงให้อิฐบล็อกประสานจึงอาจไม่เพียงพอ ความต้านทานแรงอัดของอิฐบล็อกประสานที่มีการผสมจึงลดลง นอกจากนี้ ขนาดของที่ใหญ่กว่า ก็มีผลต่อการเรียงตัวของมวลรวม ช่องว่างของเนื้ออิฐบล็อก และพื้นที่รับแรงอัดที่ลดลงอีกด้วย (วุฒินัย และนรา, 2553)



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด

4.5 สัมประสิทธิ์การนำความร้อน

สัมประสิทธิ์การนำความร้อน เป็นสมบัติที่แสดงถึงความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนของวัสดุ โดยวัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมาก แสดงว่า วัสดุดังกล่าวไม่มีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน แต่ถ้าวัสดุมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมีค่าน้อย แสดงว่า วัสดุมีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี (ประชุม, 2550; สสอ., 2552) ทั้งนี้ผลการทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอิฐบล็อกประสาน ที่อายุการบ่ม 28 วัน สามารถสรุปได้ว่า ปริมาณที่แทนที่ของอิฐบล็อกประสาน มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ลดลงอย่างมาก เห็นได้จากความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอิฐบล็อกประสานกับน้ำหนักที่ผสมแทนที่ ทั้งนี้การแทนที่ของเพียงอัตราส่วน B20 ก็ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนลดลงจากอัตราส่วน B00 โดยลดลงจาก 0.512 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน เหลือเพียง 0.326 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน ดังแสดงในรูปที่ 4.7 ซึ่งมีผลอย่างมากต่อความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีขึ้น เป็นผลมาจากความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2544; สสอ., 2552)



รูปที่ 4.7 สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอิฐบล็อกประสานผสมกระเบื้องเหลือทิ้ง

4.6 การทดสอบใช้งานจริง

อิฐบล็อกประสาน อัตราส่วน B80 ถูกคัดเลือก มาใช้ในทดสอบการใช้งานจริงเป็นผนังจำลอง เนื่องจากมีสมบัติผ่านตามที่มาตรฐาน มผช.602–2547 (สมอ., 2547) กำหนด และใช้ปริมาณมากที่สุด ซึ่งผลการดำเนินงาน พบว่า การก่อ-ฉาบผนังจำลอง ขนาด 1 x 1 x 1 ลูกบาศก์เมตร สามารถทำได้เช่นเดียวกับอิฐบล็อกประสานทั่วไป และจากการสังเกตเป็นเวลา 3 เดือน ไม่พบการแตกร้าวหรือความผิดปกติอื่นใดจากการใช้งาน ดังรูปที่ 4.8

รูปที่ 4.8 การก่อผนังด้วยอิฐบล็อกประสานอัตราส่วน B40

4.7 การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนเป้าหมาย

จากเป้าหมายในการวิจัยเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการวิจัยและส่งรายงานการวิจัย ขั้นตอนจากนั้นทำการเขียนบทความวิชาการลงตีพิมพ์ผลงานวิจัยเพื่อเผยแพร่ อาจเป็นการประชุมวิชาการในประเทศหรือต่างประเทศหรือการส่งเผยแพร่ในวารสารวิชาการ เพื่อให้ผู้สนใจได้รับข้อมูลไปใช้งานให้เป็นประโยชน์ต่อไป

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

โครงการ “การใช้ประโยชน์จากกระเบื้องเหลือทิ้สำหรับผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสานน้ำหนักเบาเพื่อส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน” มีผลการดำเนินงาน ซึ่งสามารถสรุปผลและข้อเสนอแนะได้ ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผล

จากวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยและผลการดำเนินงานทั้งหมด สามารถสรุปเป็นข้อๆ ได้แก่

1) กระบวนการผลิตอิฐบล็อกประสาน มีความใกล้เคียงกับกระบวนการผลิตอิฐบล็อกประสานทั่วไป โดยสามารถใช้เครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบมือโยกชนิดเดียวกันในการขึ้นรูปได้

2) อัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดจากการดำเนินงานวิจัยที่ผ่านมา คือ อิฐบล็อกประสาน อัตราส่วน B80 โดยเป็นอิฐบล็อกประสานที่มีการผสมมากที่สุด และยังคงมีสมบัติต่างๆ ผ่านตามที่มาตรฐาน มผช. 602-2547 เรื่องอิฐบล็อกประสาน กำหนด

3) ที่นำมาแทนที่ มีผลต่อสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอิฐบล็อกประสาน โดยปริมาณที่เพิ่มขึ้น ทำให้สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลด้อยลง แต่มีผลดีต่อสมบัติด้านความหนาแน่นหรือน้ำหนักของอิฐบล็อกประสานที่เบาลง และสามารถพัฒนาความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนได้ดี

4) เทคโนโลยีการผลิตอิฐบล็อกประสาน สามารถเผยแพร่ไปสู่กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ ชุมชน หน่วยงานภาครัฐ เอกชน และผู้สนใจทั่วไป ผ่านทางงานประชุมวิชาการต่าง ๆ บริษัทที่นำเทคโนโลยีดังกล่าวไปประยุกต์ใช้งาน

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการทดลองใช้สารเคมีที่ช่วยด้านสมบัติทางกลของอิฐบล็อกประสานเพิ่มเติม เพื่อให้อิฐบล็อกประสานดังกล่าวสามารถแทนที่ด้วยในปริมาณมากกว่าอัตราส่วน B80 ซึ่งจะช่วยให้ปริมาณของถูกหรือของเหลือทิ้งใช้ไปมากยิ่งขึ้น

2. ควรมีการทดลองการใช้ ผสมสารเคมีและปูนซีเมนต์ ในการทำผลิตภัณฑ์ ผนังและฝ้าเพดานเพื่อพัฒนาการเป็นฉนวนในการป้องกันความร้อน

เอกสารอ้างอิง

จรูญ เจริญเนตรกุล. 2555. อิฐบล็อกประสานผสมกะลาปาล์ม. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการการพัฒนาชนบทที่ยั่งยืนประจำปี 2555.ระหว่างวันที่ 16 – 19 กุมภาพันธ์ 2555. ณ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.ขอนแก่น.

ชูชัย สุจิวรกุล และพินัยศักดิ์ พรหมศร. 2553. บล็อกซีเมนต์ประสานที่ใช้เถ้าแกลบดำ เถ้าแกลบขาว หรือเถ้าชานอ้อยเป็นส่วนผสม. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 6. ระหว่างวันที่ 20 – 22 ตุลาคม 2553. ณ โรงแรมแกรนด์ แปซิฟิค ซอฟเฟอริน รีสอร์ท แอนด์ สปา.เพชรบุรี.

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

ฐิติพงษ์ ชลธารกัมปนาทชูเกียรติ นิราพฤศจี จันทเขตรราตรี สีสมบัติสมชาญนัคร วรายุทธสินาด โกศลานันท์ และวรเชษฐ ป้อมเชียงพิณ.2554. การศึกษาอิทธิพลของซีเมนต์ที่มีผลต่อคุณสมบัติของอิฐบล็อกประสาน.ปริญญานิพนธ์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและอัญมณีศาสตร์. มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี. จันทบุรี.

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

ปราโมทย์ วีรานุกูล และกิตติพงษ์ สุวีโร. 2557. การใช้น้ำยางธรรมชาติพัฒนาคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าปาล์มน้ำมัน.เอกสารประกอบการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 6 “เทคโนโลยีและนวัตกรรมสู่อาเซียน”.ระหว่างวันที่ 23-25 กรกฎาคม 2557 ณ อาคารเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ วิทยาเขตหันตรา. พระนครศรีอยุธยา.

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

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

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

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

มายโฮมบล็อก. 2558. เนื้อกระเบื้อง ดินเผา เซรามิก พอร์สเลน แกรนิตโต้ ต่างกันอย่างไร. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://blog.zmyhome.com/เนื้อกระเบื้อง-ดินเผา-เซรามิก-พอร์สเลน-แกรนิตโต้-ต่างกันอย่างไร/ (10 กรกฎาคม 2559)

ยุวดี หิรัญวัจน์วงค์ กรีพละและก้องรัฐ นกแก้ว. 2554. การปรับปรุงคุณภาพบล็อกประสานที่ทำจากดินลูกรังสกลนครด้วยทรายขี้เป็ด. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 16.ระหว่างวันที่ 18 – 20 พฤษภาคม 2554. ณ โรงแรมเดอะซายน์พัทยา.ชลบุรี.

วุฒินัย กกกำแหง และนรา รัตนวงศ์. 2551. บล็อกประสานจาก. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 13.ระหว่างวันที่ 14 – 16 พฤษภาคม 2551. ณ โรงแรม จอมเทียนปาล์มบีชพัทยา.ชลบุรี.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ภาคผนวก

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